

Estudio geotécnico, geológico y geofísico para el emplazamiento de la presa piques – San Juan de Bigote – Morropón – Piura

Geotechnical, geological and geophysical study for the location of the piques dam – San Juan de Bigote – Morropón – Piura

Bella Susy Sanchez Espinoza¹

Recibido: 16/08/2023 - Aprobado: 23/10/2023 – Publicado: 15/12/2023

RESUMEN

En la investigación se realizan los estudios de geotecnia, geología, geofísica, procesamiento de datos e interpretación de la información obtenida In Situ y laboratorio del lugar de emplazamiento de la presa. El estudio geológico comprende de la ejecución de trabajos de cartografiado, mapeo, litoestratigrafía, geomorfología estructural y dinámica. En geotecnia se realizaron perforaciones a cielo abierto cuatro 04(calicatas), el material fue caracterizado por la clasificación SUCS, obteniendo gravas arcillosas y grava bien graduada (GC - GW), con $\Theta=31.60^\circ$, densidad = 2.07g/cm³ y c = 0.34kg/cm², el análisis de estabilidad se realizó en talud más crítico de la presa obteniendo los valores estáticos = 1.836 y pseudoestático = 1.102, estos cumplen las condiciones del método de equilibrio límite, el ensayo geofísico consta de cuatro líneas de refracción sísmica y 26 ensayos de sondaje eléctrico vertical en eje de la presa.

La investigación es del tipo aplicado, diseño descriptivo, enfoque cuantitativo y con nivel correlacional, debido a que tiene como fin establecer el grado de relación entre los variables del estudio.

Palabras claves: Presa, estudio geológico, emplazamiento, geofísica, geotecnia, estabilidad de talud.

ABSTRACT

In the investigation, studies of geotechnics, geology, geophysics, data processing and interpretation of the information obtained in situ and laboratory of the location of the dam are carried out. The geological study includes the execution of cartography, mapping, lithostratigraphy, structural and dynamic geomorphology. In geotechnics, four 04 (pits) were drilled in the open, the material was characterized by the SUCS classification, obtaining clayey gravel and well-graded gravel (GC - GW), with $\Theta=31.60^\circ$, density = 2.07g/cm³ and c = 0.34kg/cm², the stability analysis was carried out on the most critical slope of the dam, obtaining static values = 1.836 and pseudostatic = 1.102, these meet the conditions of the limit equilibrium method, the geophysical test consists of four seismic refraction lines and 26 vertical electrical drilling tests along the axis of the dam.

The research is of the applied type, descriptive design, quantitative approach and with a correlational level, because its purpose is to establish the degree of relationship between the study variables

Keywords: Dam, geological study, emplacement, geophysics, geotechnics, slope stability

1. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y geográfica, Departamento Académico de Ingeniería de Minas.Lima, Perú.

E-mail: bella.sanchez1@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7260-6049>

I. INTRODUCCION

El sistema de afianzamiento de riego en la agricultura es un aspecto muy prioritario, cuyo desarrollo sostenible se ve limitado por la insuficiente disponibilidad del recurso hídrico, causada por la temporalidad de las precipitaciones que son generadores de una baja producción y tierra cultivables en secano. Sin embargo, existe la posibilidad de incrementar en forma importante la producción agrícola, si se utilizan el agua y la infraestructura disponible, mediante una mejor operación de los sistemas de conducción, modernización de la infraestructura, un mejor mantenimiento y prácticas agrícolas más adecuadas con manejos apropiados de los recursos hídricos disponibles.

La investigación consiste en la evaluación de la condición en la que se encuentran los aspectos de la geología, litológica, geomecánicas, estructurales y geofísicas que son datos condicionantes en el diseño, la construcción y por ende el funcionamiento de la estructura (presa Piques), que será de tipología Homogénea emplazada en el eje de la quebrada Piques, con coordenadas; 634 070 E, 9 415 012 N, altura de 30.5 m, longitud de corona de 1 010 m, ancho de 9 m y borde libre de 1.50 m. Añadiendo a ello presentará estructuras de captación que estarán ubicadas en el estribo izquierdo cota 210.00 msnm y en el piso del estribo lado izquierdo de la presa en la cota 200.00 msnm, que consiste en tres tuberías de 650 mm de diámetro (dos de operación y una de reserva y/o mantenimiento), el caudal de diseño proyectado es de 1.559 m³/s, para abastecer la demanda máxima.

Para el efecto de la investigación se realizaron los estudios de geología, geotecnia, geomorfología y geofísica en campo, para verificar su estabilidad, caracterización del material y con ello dar en conformidad del emplazamiento de la estructura.

La investigación se realizó con el propósito de obtener las propiedades geológicas, geotécnicas y geofísicas en la zona de emplazamiento de la presa, con ello tener en claro si cumplen las bases condicionantes que están relacionadas en la identificación de las unidades geomorfológicas, la estratigrafía, factor para la estabilización de talud y rasgos geotécnicos – estructurales de superficie de las rocas que conforman el espacio geográfico en la zona donde se ubicará la presa.

La presa piques en lo que comprende a la geología regional en el marco de la litoestratigrafía está conformado por las unidades del Neo Proterozoico – complejo olmos(Np-Co), grupo salas(Oi-s), grupo Goyllarizquisga(Ki-g), depósitos aluviales(Qh-al) y depósitos fluviales(Q-fl), conformando las terrazas de inundación y el cauce del río, añadiendo a ello presenta un afloramiento en ambos márgenes. Su geología local comprende a un ambiente que está en base a rocas metamórficas y sedimentarias que son parte de la cordillera de los Andes. La geomorfología lo constituyen los valles controlado por una serie relieves montañosos en rocas metamórficas(RM-rm) con pendiente de 25°-45°, colinas, presencia de piedemonte aluvial torrencial(Ta)con

elevaciones que oscilan entre 15°-25°, que se apoya en la colmatación de grandes masas de arena, bloques de rocas con diferentes diámetros y terrazas aluviales cubierto de arbustos. Su geología estructural lo constituyen dos quebradas que son sus ejes axiales de sinclinales(NNE-SSO), que convergen en el eje de la presa, la presencia de acción geodinámica en la zona de presa es mínima y ocasional, ya que se encuentra en la zona sísmica N°3 con $Z=0.35$, esto podría activarse en los periodos de precipitaciones, existiendo la posibilidad de que ocurra un sismo de intensidades VII del orden IX en la escala de Mercalli, con aceleraciones máximas de 0.24 – 0.26g.

La determinación de sus propiedades físicas y geomecánicas del suelo, fue mediante ensayos en el laboratorio de las muestras extraídas de las 04 calicatas a profundidades de 1.80-3.00m. La caracterización del subsuelo fue mediante la aplicación de métodos geofísicos (refracción sísmica y sondaje eléctrico vertical), para el debido reconocimiento de las propiedades geo eléctricas y sísmicas del emplazamiento de la presa, se realizó 4 líneas de refracción sísmica con un total de 105 metros lineales y 26 sondajes eléctrico verticales.

II. MÉTODOS

La investigación es del tipo aplicada, con diseño de investigación descriptivo, enfoque cuantitativo y nivel de investigación correlacional, debido a que tiene como finalidad de establecer el grado de relación. La unidad de análisis de manera poblacional se localiza en la localidad de San Juan de Bigote – Morropón, que comprende a la presa Piques, en el tamaño de la muestra se efectuó el método no probabilístico.

Se emplearon las siguientes técnicas de recolección de datos; fuentes secundarias tales como investigaciones realizadas(tesis), y en fuentes primarias como las investigaciones In Situ laboratorio (recopilación – evaluación de información y ensayos).

En la investigación se persigue realizar el estudio geológico, geotécnico y geofísico para el emplazamiento(ubicación) de la presa Piques, por tal motivo se efectuaron diversos pasos para llegar al análisis y caracterización del terreno:

a. Se identificó las unidades geomorfológicas, estratigráficas y estructurales del área de cierre y embalse de la presa.

b. Se evaluaron a los riesgos y peligros que corresponden a la geodinámica externa tales como; deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de bloques, flujo de lodos, huaycos e inundaciones que afectan la estructura.

c. El análisis de estabilidad de talud se realizó en la pendiente más crítica de la presa mediante la ayuda del software Slide 6.0, por el método simplificado de Morgenstern – Price, que se basa en el análisis del equilibrio limite.

III. RESULTADOS

Para garantizar la estabilidad de la presa y después de haber efectuado el análisis de las investigaciones, los sondeos geofísicos y el mapeo geológico, se obtuvieron los siguientes resultados de ensayo efectuados en el laboratorio.

3.1 Caracterización Geológica

En la tabla 1, se muestra el resultado de la caracterización geológica que corresponde a la presa Piques, y comprende a un sinclinal (pliegue de la corteza terrestre).

Las unidades geomorfológicas que predominan en cierre del embalse está comprendido por relieve montañoso en rocas metamórficas(RM-rm), con pendientes de 25° - 45° piedemonte (P a) con elevaciones de 15°-25. Tal como se pone en evidencia en las figuras 1y 2, que la conforman

la unidad geológica y el contacto geológico a la que estará expuesta la estructura a implantarse.

El tipo de suelo concordando con la corroboración del (Reglamento, 2019), corresponde a suelos intermedios del tipo S2, con periodos que predominan TP(s) = 0.6, factor de amplificación TL(s) = 2.00, aceleraciones máximas que oscilan en; 0.24g a 0.26g.

Al efectuarse el análisis estabilístico en condición estática –pseudo estática resultando valores de (1.836 – 1.102) siendo los factores que condicionan la estabilidad de talud (ver tabla 2), de acuerdo a la caracterización geológica – geotécnica mediante el software Slide 6.0.

El talud presenta factores de seguridad estables, que cumplen con las condiciones del equilibrio limite, tal como se pone en manifiesto en las figuras 3 y 4(Ver figuras 3 y 4).

Tabla 1

Complejo olmos, margen izquierdo, aguas arriba eje de la presa.

Estructura	Azmut	Buzamiento
Foliación Margen izquierda - derecha	156°N	35°SO
	182°N	72°NO
Litología/clas - Sucs	Roca (metamórfica – Sedimentaria)	
Litología/clas - Sucs	Sc(Metamórfica – ígnea)	

Figura 1

Mapa geológico del eje de la presa piques.

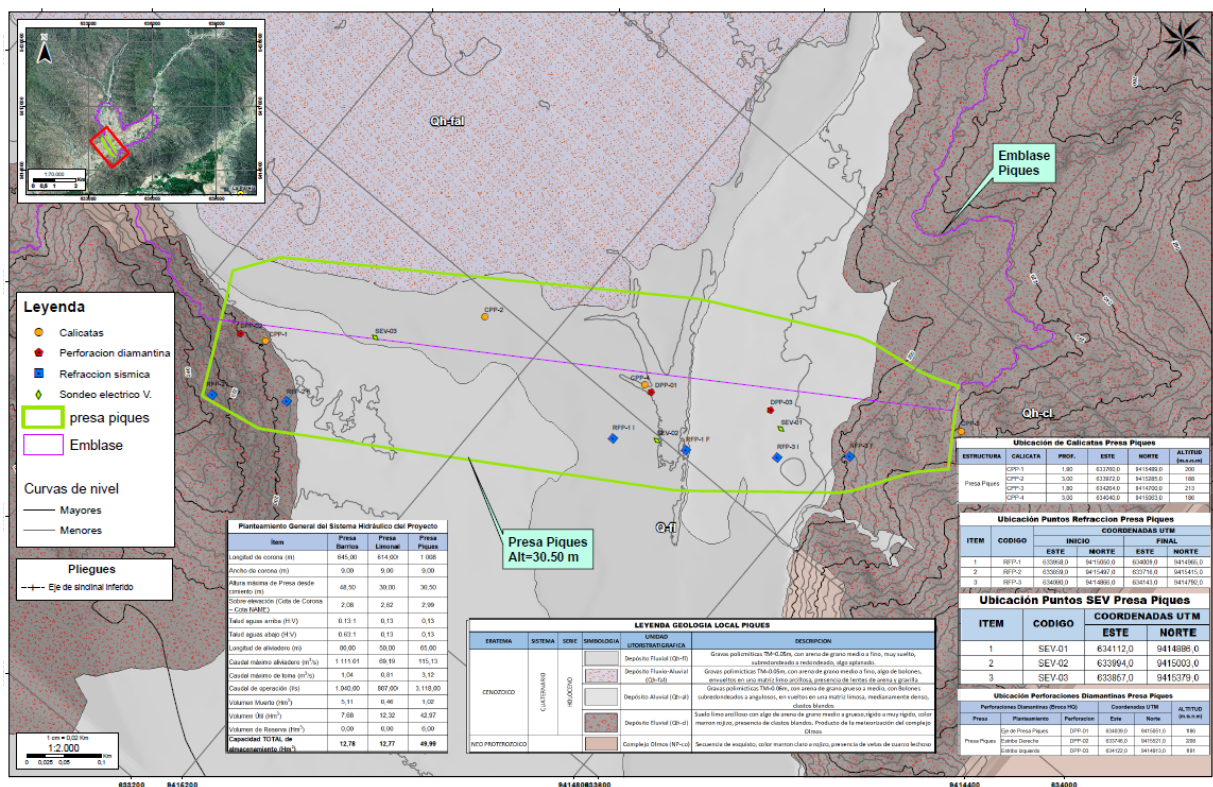


Figura 2
Mapa de contacto geológico de la presa piques.

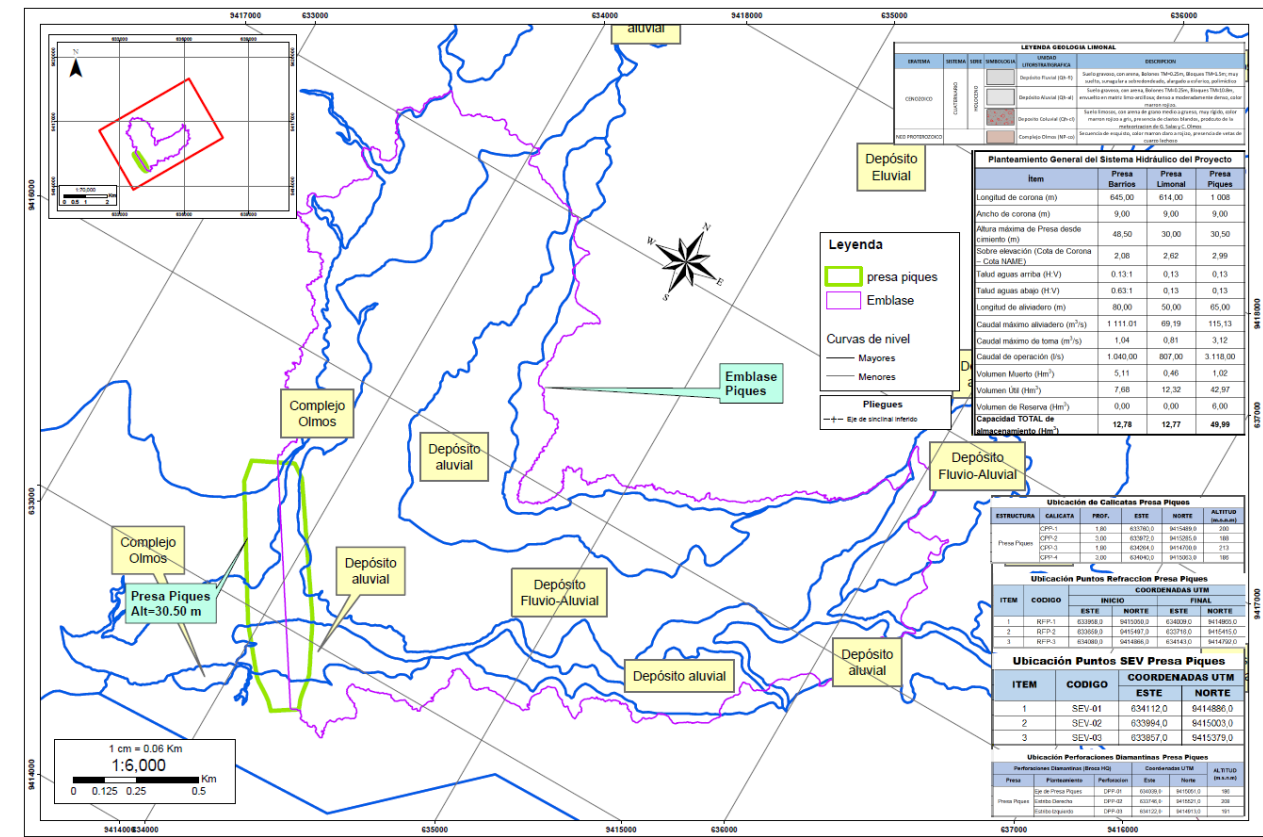


Tabla 2
Valores (1.836 – 1.102) obtenidos del modelamiento con Software Slide 6.0.

Estructura	Factor De Seguridad	
	Estática	Pseudo Estático
Presa Piques	1.836	1.102

Figura 3
Análisis de estabilidad condición Estático presa piques.

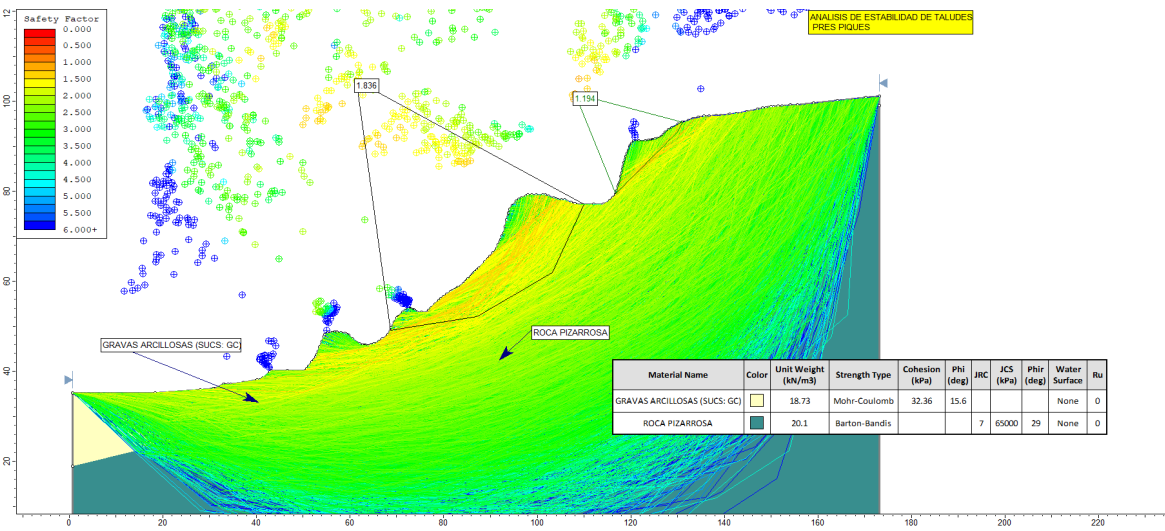
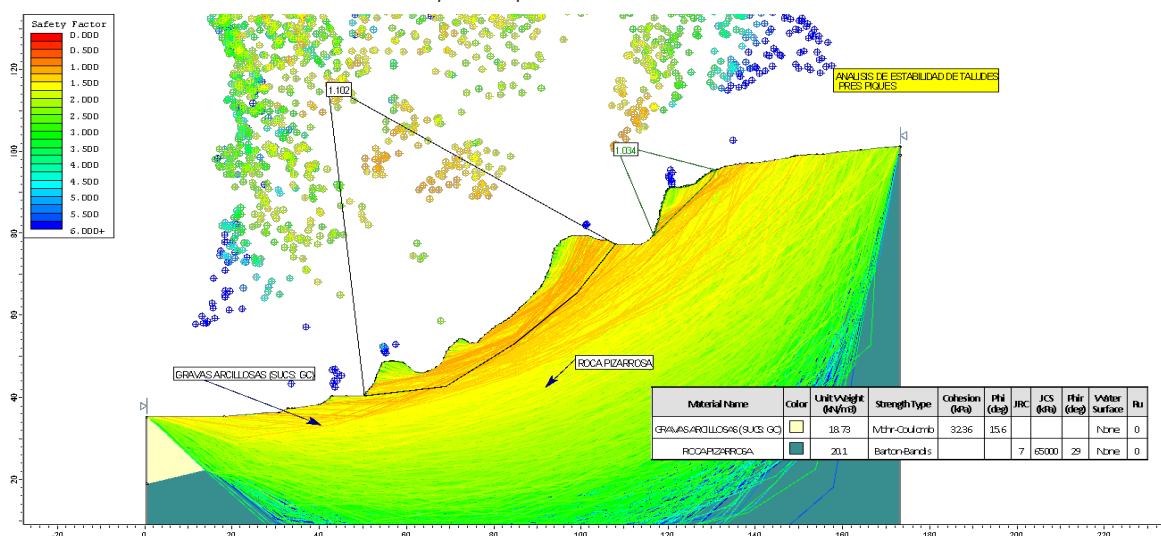


Figura 4*Análisis de estabilidad condición Pseudoestático presa Piques.*

3.2 Caracterización geotécnica

Se efectuó el perfil estratigráfico del suelo de cimentación a una profundidad de 1.80 – 3.00m, de acuerdo al interés del análisis a desarrollar, se hizo la perforación a cielo abierto (04 calicatas), (ver tabla 3), siguiendo la norma ASTM D 420. El suelo está constituido por grava arcillosa con presencia de bolones (TM=0.05 – TM=0.18m), con plasticidad media - alta, compacidad dura - seco, color marrón claro heterogéneo, presenta porcentajes de G = 41.3%, Ar = 23.1%, F = 35.6% y humedad = 9.59%, (ver tabla 4, 5, 6 y 7), tal como se muestran en las tablas mencionadas.

Según las características del material analizado en el laboratorio para la obtención de los datos de capacidad admisible, ancho de la cimentación y profundidad de cimentación se tiene lo siguiente; qadm = 4.01kg/cm² a una profundidad de cimentación(Df) = 10m, B = 1m, en lo que corresponde a la calicata – 1 y qadm = 16.79kg/cm², Df = 10, B = 1m, en calicata – 2, son resultados obtenidos por resistencia.

Las propiedades y características de los suelos se determinan mediante ensayos especiales y estándares (Alva Hurtado, 2012), la capacidad de carga admisible y asentamientos del suelo por debajo de la cimentación de la estructura se calculó en base a las características de los ensayos del material extraído de las calicatas(ver tabla 8 y 9) y la variación de los factores de capacidad de carga están en función del Ángulo de fricción interna del suelo,

en tanto a carga admisible se determinó con la fórmula de (Terzaghi & Peck, 1996), empleando los parámetros de Vesic(1973).

Para concretar la seguridad de las estructuras convencionales que es el caso, se obtiene los datos que corresponden a asentamiento probable Si = 0.43cm, factor forma If = 2.24m/m en C - 1, Si = 0.16cm, Es = 2099.45kg/cm²(módulo de elasticidad) en C – 2. De acuerdo a las restricciones de los máximos permisibles, los resultados obtenidos son menores a 2.54cm.

3.3 Prospección Geofísica

La evaluación geofísica consistió en la realización de las exploraciones del terreno mediante ensayos de refracción sísmica, para determinar la potencia de los estratos, la interpretación de las velocidades de ondas “P” y con el ensayo de sondaje eléctrico vertical se determinó la resistividad del terreno e estratigrafía. El ensayo de refracción sísmica estuvo conformado por una línea de refracción sísmica de 105m, de lo cual se obtuvo el siguiente perfil (ver tabla 10,11, 12, 13,14,15,16 y 17), de la misma forma se identificó la composición del material (ver figura 5,6,7 y 8).

Lo que corresponde a los ensayos de sondaje eléctrico vertical, se realizó un total de 26, que se distribuyeron en 9 secciones geoelectricas, con el propósito de identificar la composición del material (ver tabla 18) y la sección geoelectrica generalizada (ver figura 9).

Tabla 3*Ubicación de calicatas en presa piques.*

Estruct.	Calicata	Prof.	Este	Norte
Presa Piques	CPP-1	1.80	633760.0	9415489.0
	CPP-2	3.00	633972.0	9415285.0
	CPP-3	1.80	634264.0	9414700.0
	CPP-4	3.00	634040.0	9415063.0

Tabla 4*Resumen de resultados de ensayos de las calicatas – presa piques.*

Estruct.	Calicat.	Prof.	% Grav.	% Arena	% Fin.	Clasif. Sucs	Lim. Liqui.	Lim. Plasti.	Ip	% Humed.
Presa Piques	CPP-1	1.8	41.3	23.1	35.6	GC	41.39	23.01	18.38	9.59
	CPP-2	3	63.6	32.1	4.3	GW	14.07	NP	NP	5.2
	CPP-3	1.8	59.2	27	13.8	GC	37.06	20.87	16.19	8.64
	CPP-4	3	58.7	26.7	14.6	GC	29.61	20.56	9.05	5.42

Tabla 5*Resumen del ensayo de corte directo de las calicatas de la presa piques.*

Estruct.	Calicata	Prof.	Clasif. Sucs	Densidad G/Cm3	Cohesion Kg/Cm2	Ang. Fric. Interna
Presa Piques	CPP-1	1.80	GC	1.91	0.33	15.60
	CPP-2	3.00	GW	2.07	0.02	31.60
	CPP-3	1.80	GC	1.93	0.34	16.60

Tabla 6*Cuadro de datos de capacidad admisible de calicata -1.*

Capacidad Portante - Calicata Presa Piques 1(Cpp -1)												
B (m)	Df(m)	γ (g r / cm3)	C (k g / cm2)	ϕ°	Nc'	Nq'	N γ '	Sc'	Sq'	S γ '	q u (k g / cm2)	q adm (kg / cm2)
1	3	1.91	0.33	15.6	11.3	4.17	2.89	0.98	1.02	0.85	6.34	2.11
1	6	1.91	0.33	15.6	11.3	4.17	2.89	0.98	1.02	0.85	8.78	2.93
1	10	1.91	0.33	15.6	11.3	4.17	2.89	0.98	1.02	0.85	12.02	4.01

Tabla 7*Cuadro de datos de capacidad portante de calicata -2.*

Capacidad Portante - Calicata Presa Piques 2(Cpp -2)												
B (m)	Df(m)	γ (gr/cm3)	C (k g / cm2)	ϕ°	Nc'	Nq'	N γ '	Sc'	Sq'	S γ '	q u (k g / cm2)	q adm(kg / cm2)
1	3	2.07	0.02	32	34.33	22.12	28.44	0.92	1.03	0.85	18.63	6.21
1	6	2.07	0.02	32	34.33	22.12	28.44	0.92	1.03	0.85	31.48	10.49
1	10	2.07	0.02	32	34.33	22.12	28.44	0.92	1.03	0.85	50.38	16.79

Tabla 8*Cuadro de datos obtenidos de capacidad portante por asentamiento C -1*

Asentamiento Cpp-1 Presa Piques											
B	Df	Qadm - Re	Esp.	U	Si Max	If	Si	Observ.	Qadm-As	Si - Final	Observ.
m	m	kg/cm2	kg/cm2		cm	m/m	cm		kg/cm2	cm	
1	3	2.11	1789.12	0.223	2.5	2.24	0.25	Ok	1.83	0.22	Ok
1	6	2.93	1789.12	0.223	2.5	2.24	0.35	Ok	2.59	0.31	Ok
1	10	4.01	1789.12	0.223	2.5	2.24	0.48	Ok	3.60	0.43	Ok

Tabla 9*Cuadro de datos obtenidos de capacidad portante por asentamiento C -2.*

Asentamiento Cpp-2 Presa Piques											
B	Df	qadm - re	Esp.	u	Si max	If	Si	Observ.	qadm-as	Si - final	Observ
m	m	kg/cm2	kg/cm2		cm	m/m	cm		kg/cm2	cm	
1	3	6.21	2099.45	0.114	2.5	2.24	0.65	Ok	1.56	0.16	Ok
1	6	10.49	2099.45	0.114	2.5	2.24	1.10	Ok	2.02	0.21	Ok
1	10	16.79	2099.45	0.114	2.5	2.24	1.77	Ok	2.67	0.28	Ok

Tabla 10

Resumen de identificación de materiales encontrados en la línea RFP-2

Material	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
1	357 - 700	0 – 2.3	Material suelto asociado a suelo, asociado a suelo intemperizado o de origen aluvial.
2	700 -1500	1.5 – 8.8	Material de ripado fácil, posiblemente asociado a roca muy alterada o aluvión compacto.
3	1500 - 3000	14.7 – 27.7	Material de ripado duro o no ripable, posiblemente asociado a roca alterada o aluvión muy compacto.
4	3000 - 4181	-	Material no ripable, posiblemente asociado a roca alterada.

Tabla 11

Resumen de resultados de parámetros Pseudo dinámicos RFP-2

RFP-2										
Prof.(m)		Espesor del estrato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Densidad p (Tn/m3)	Relación de Poisson(μ)	Modulo de corte(Gmax) (Tn/m2)	Modulo de Young€ (Tn/m2)	E = 0.1*Emax (Tn/m2)	Modulo de Bulk (k) (Tn/m2)
Desde	Hasta									
0	1,1	1,1	358	670	1,8	0,30	23554,28	61229,44	6122,94	50961,3
1,1	2,3	1,2	465	870	1,82	0,30	40156,67	104387,4	10438,74	86881,6
2,3	3,7	1,4	591	1105	1,84	0,30	65492,29	170247,42	17024,74	141696,9
3,7	5,3	1,6	736	1376	1,86	0,30	102659,13	266862,76	26686,28	222109,9
5,3	7	1,7	853	1595	1,88	0,30	139420,62	362424,37	36242,44	301645,8
7	8,9	1,9	953	1783	1,9	0,30	176077,58	457714,27	45771,43	380955,6
8,9	11	2,1	1066	1994	1,92	0,30	222535,51	578481,8	57848,18	481470,4
11	13,2	2,2	1178	2202	1,94	0,30	274210,54	712811,22	71281,12	593272,8
13,2	15,6	2,4	1308	2446	1,96	0,30	341835,18	888601,71	88860,17	739583,2
15,6	18,1	2,5	1438	2689	1,98	0,30	417344,38	1084888,14	108488,81	902952,4
18,1	20,9	2,8	1594	2980	2	0,30	517738,31	1345862,49	134586,25	1120161,4
20,9	23,7	2,8	1695	3170	2,05	0,30	600509,89	1561027,49	156102,75	1299243,2

Figura 5

Línea sísmica RFP-2

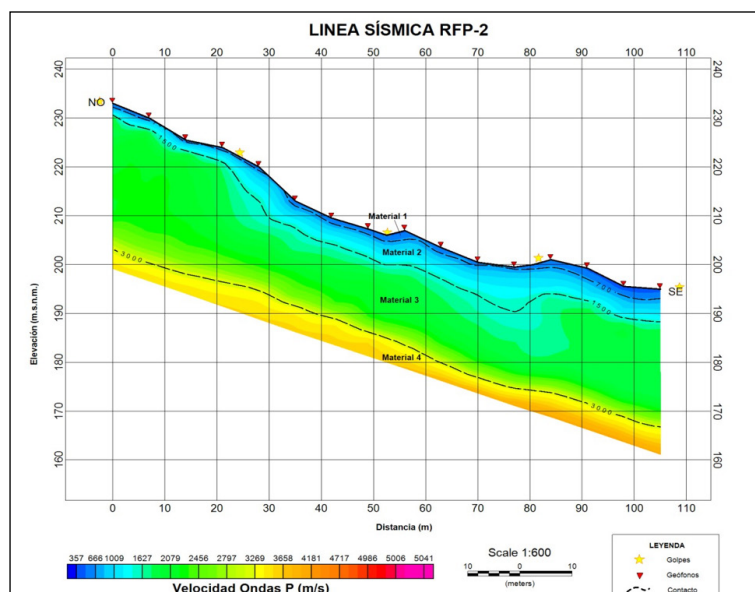


Tabla 12

Resumen de identificación de materiales encontrados en la línea RFP-1

Material	Vp	Espesor	Descripción
	(m/s)	(m)	
1	357 - 700	0 – 1.7	Material Suelto Asociado a Suelo Intemperizado o de origen aluvial
2	700 -1500	2.3 – 7.5	Material ripado facil, posiblemente asociado a roca muy alterada o aluvión compacto.
3	1500 - 3000	6.5 – 19.6	Material de ripado duro o no ripable, posiblemente asociado a roca alterada o aluvión muy compacto.
4	3000 - 5000	9.1 -?	Material no ripable, posiblemente asociado a roca poco alterada.
5	5000 - 5500	-	Material no ripable, posiblemente asociado a roca muy compacta.

Tabla 13

Resumen de resultados de parámetros Pseudo dinámicos RFP-1

RFP-1										
Prof.(m)		Espesor del estrato	Vs	Vp	Densidad p	Relación de Poisson(μ)	Modulo de corte(Gmax)	Modulo de Young ϵ	E = 0.1*Emax	Modulo de Bulk (k)
Desde	Hasta		(m/s)	(m/s)	(Tn/m3)	(Poisson)	(Tn/m2)	(Tn/m2)	(Tn/m2)	(Tn/m2)
0	1,1	1,1	364	680	1,8	0,30	24262,64	6307,08	6307,08	52493,8
1,1	2,3	1,2	439	820	1,82	0,30	35673,59	9273,36	9273,36	77182,2
2,3	3,7	1,4	556	1040	1,84	0,30	58013,93	15080,74	15080,74	125517
3,7	5,3	1,6	690	1290	1,86	0,30	90227,75	23454,74	23454,74	195213,8
5,3	7	1,7	834	1560	1,88	0,30	133368,98	346693,11	34669,31	288552,7
7	8,9	1,9	941	1760	1,9	0,30	171564,22	445981,77	44598,18	371190,6
8,9	11	2,1	1075	2010	1,92	0,30	226121,12	587802,61	58780,26	489228,1
11	13,2	2,2	1214	2270	1,94	0,30	291407,83	757515,65	75751,57	630480,3
13,2	15,6	2,4	1364	2550	1,96	0,30	371521,72	965771,98	96577,2	803812
15,6	18,1	2,5	1529	2860	1,98	0,30	472112	1227256,73	122725,67	1021445,8
18,1	20,9	2,8	1791	3350	2	0,30	654285,64	1700817,74	170081,77	1415590,6
20,9	23,7	2,8	1882	3520	2,05	0,30	740435,05	1924763,41	192476,34	1601980,6
23,7	26,8	3,1	2011	3760	2,1	0,30	865451,56	2249744,25	224974,43	1872462,1
26,8	30	3,2	2053	3840	2,15	0,30	924163,24	2402365,46	240236,55	1999488,8

Figura 6

Línea sísmica RFP-1

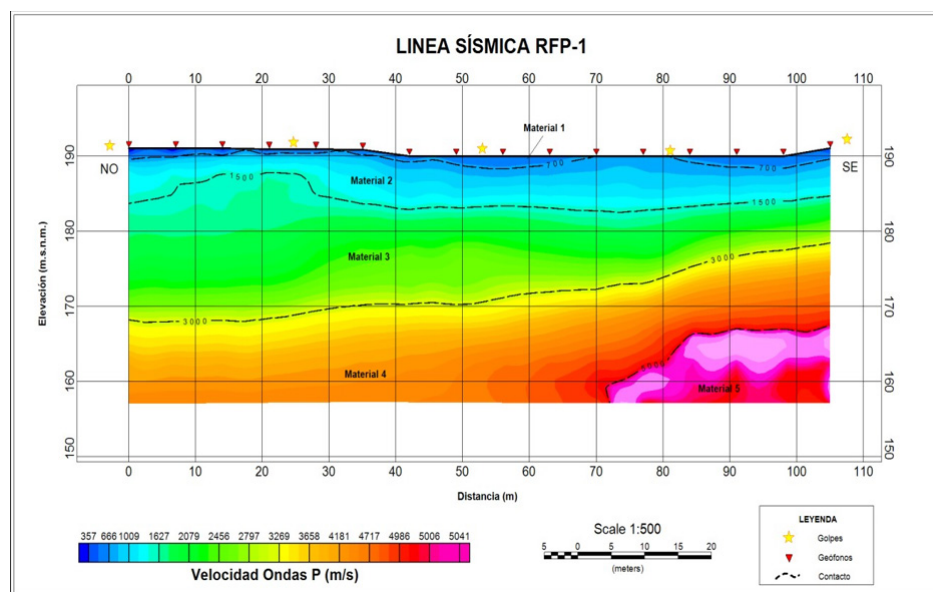


Tabla 14

Resumen de identificación de materiales encontrados en línea RFP-3

Material	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
1	357 - 700	0 – 5.1	Material suelto asociado a suelo asociado a suelo intemperizado o de origen aluvial.
2	700 -1500	2.1 – 10.8	Material de ripado fácil, posiblemente asociado a roca muy alterada o aluvión compacto.
3	1500 - 3000	10.2 – 21.6	Material de ripado duro o no ripable, posiblemente asociado a roca alterada o aluvión muy compacto.
4	3000 - 4181	-	Material no ripable, posiblemente asociado a roca poco alterada.

Tabla 15

Resumen de resultados de parámetros Pseudo dinámicos RFP-3

RFP-3										
Prof.(m)		Espesor del estrato	Vs	Vp	Densidad p	Relación de Poisson(μ)	Modulo de corte(Gmax)	Modulo de Youngé	E = 0.1*Emax	Modulo de Bulk (k)
Desde	Hasta		(m/s)	(m/s)	(Tn/m3)	(Poisson)	(Tn/m2)	(Tn/m2)	(Tn/m2)	(Tn/m2)
0	1,1	1,1	326	610	1,8	0,30	19524,5	50754,01	5075,4	42242,6
1,1	2,3	1,2	358	670	1,82	0,30	23816	61909,77	6190,98	51527,5
2,3	3,7	1,4	419	784	1,84	0,30	32968,39	85701,44	8570,14	71329,3
3,7	5,3	1,6	485	907	1,86	0,30	44604,15	115948,65	11594,86	96504,1
5,3	7	1,7	550	1029	1,88	0,30	58027,84	150843,56	15084,36	125547,1
7	8,9	1,9	646	1208	1,9	0,30	80823,05	210099,8	21009,98	174866,1
8,9	11	2,1	747	1396	1,92	0,30	109073,65	283537,32	28353,73	235988,1
11	13,2	2,2	864	1615	1,94	0,30	147500,86	383428,99	38342,9	319128
13,2	15,6	2,4	1049	1961	1,96	0,30	219714,66	571149,01	57114,9	475367,3
15,6	18,1	2,5	1260	2357	1,98	0,30	320650,66	833532,47	83353,25	693749,1
18,1	20,9	2,8	1467	2743	2	0,30	438661,37	1140301,72	114030,17	949073,1
20,9	23,7	2,8	1695	3170	2,05	0,30	600509,89	1561027,49	156102,75	1299243,2
23,7	26,8	3,1	1824	3410	2,1	0,30	711829,25	1850402,55	185040,26	154000
26,8	30	3,2	2070	3870	2,15	0,30	938659,69	2440049,05	244004,91	2030852,8

Figura 7

Línea sísmica RFP-3

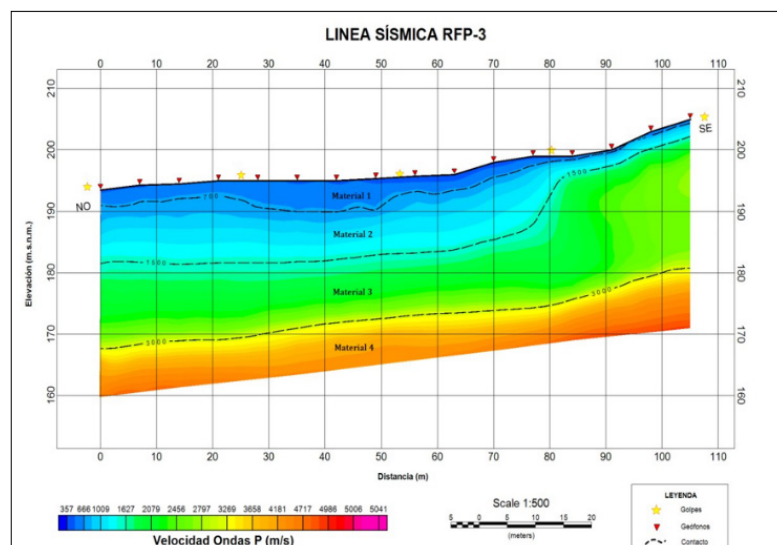


Tabla 16

Resumen de identificación de materiales encontrados en la línea RFT2-1

Material	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción *
1	400 - 700	0 - 1.0	Material suelto asociado a suelo intemperizado o de origen aluvial
2	700 -1500	0 - 3.3	Material de ripado fácil, posiblemente asociado a roca muy alterada o aluvión compacto.
3	1500 - 3000	2.5 - 9.7	Material de ripado duro o no ripable, posiblemente asociado a roca alterada o aluvión muy compacto.
4	3000 - 4986	-	Material no ripable, posiblemente asociado a roca poco alterada.

Tabla 17

Resumen de resultados de parámetros Pseudo dinámicos RFT2-1

RFT2-1										
Prof.(m)	Espesor del estrato		Vs	Vp	Densidad p	Relación de Poisson(μ)	Modulo de corte(Gmax)	Modulo de YoungE	E = 0.1*Emax	Modulo de Bulk (k)
Desde	Hasta		(m/s)	(m/s)	(Tn/m3)	(Poisson)	(Tn/m2)	(Tn/m2)	(Tn/m2)	(Tn/m2)
0	1,1	1,1	1102	2060	1,8	0,30	222666,42	578822,11	57882,21	481753,6
1,1	2,3	1,2	1545	2890	1,82	0,30	443113,37	115874,7	115187,47	958705,3
2,3	3,7	1,4	1626	3040	1,84	0,30	495692,98	1288555,58	128855,56	1072464,8
3,7	5,3	1,6	1663	3110	1,86	0,30	524422,72	1363238,65	136323,86	1134623,5
5,3	7	1,7	1690	3160	1,88	0,30	547242,47	1422558,65	142255,87	1183995,6
7	8,9	1,9	1714	3205	1,9	0,30	568928,18	1478930,74	147893,07	1230914,1
8,9	11	2,1	1773	3315	1,92	0,30	615058	1598845,36	159884,54	1330719
11	13,2	2,2	1813	3390	1,94	0,30	649903,54	1689426,46	168942,65	1406109,6
13,2	15,6	2,4	1840	3440	1,96	0,30	676115,26	1757563,9	175756,39	1462820,4
15,6	18,1	2,5	1888	3530	1,98	0,30	719221,03	1869617,51	186961,75	1556082,7
18,1	20,9	2,8	2024	3784	2	0,30	834795,37	2170053,38	217005,34	1806135,4
20,9	23,7	2,8	2107	3940	2,05	0,30	927671,22	2411484,48	241148,45	2007078,5
23,7	26,8	3,1	2171	4060	2,1	0,30	1009065	2623067,87	262306,79	2183179,4
26,8	30	3,2	2231	4172	2,15	0,30	1090874,62	2835732,27	283573,23	2360180

Figura 8

Línea sísmica RFT2-1

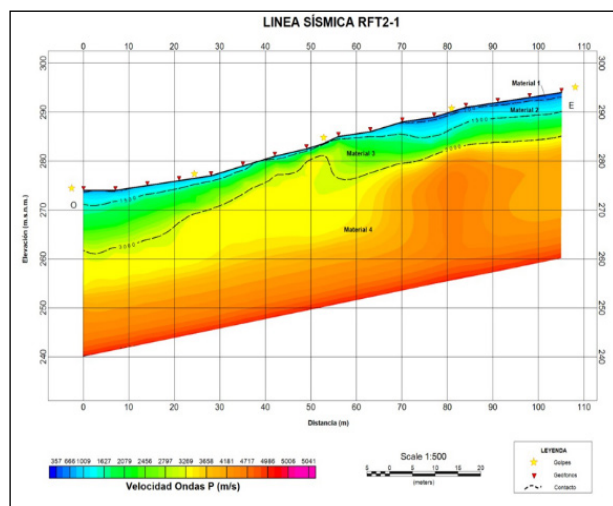


Figura 9

Sección Geo eléctrica generalizada 01-02-03

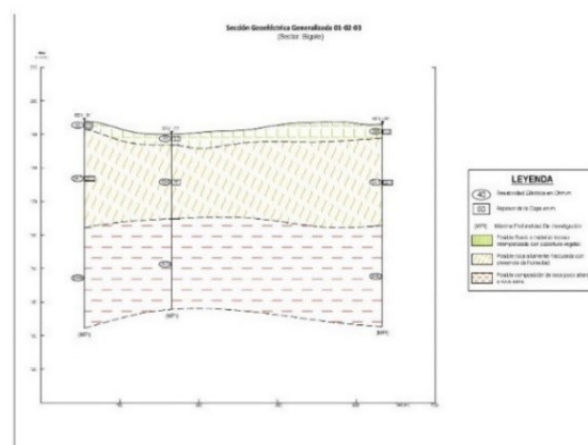


Figura 12*Ejecución del ensayo de sondaje eléctrico vertical.*

V. CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos de la caracterización del material en el laboratorio y en In Situ en base a los requisitos mínimos del (Reglamento Nacional de Construcciones, 2019) en lo que comprende a los estudios de geotecnia se clasificó por el sistema SUCS, el tipo de material que conforma el suelo es GC y GW (grava arcillosa y grava bien gradada de compacidad media – rígida. Con humedades que presentan de 9.59%, 5.2%, 8.64% y 5.42%, con el ángulo de fricción $\phi = 31.60^\circ$, densidad = 2.07g/cm^3 y cohesión = 0.34kg/cm^2 .
- Los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas son valores que garantizan la estabilidad de la estructura ya que este análisis se realizó en base a la exploración en campo y el perfil estratigráfico del suelo.
- De acuerdo a los resultados de los ensayos geofísicos que se han efectuado cuatro (04) líneas de refracción sísmica localizados en el eje de la presa Piques, se parametriza que de 0.00 – 5.1m, está constituido por material limoso con arena de grano medio – grueso muy rígido, de 1.5 – 10.8m conformado por gravas polimicticas con arena de grano grueso – medio, con presencia de bolones sobredondeados – angulosos envueltos en matriz limosa muy suelta, de 2.1 – 9.1m, conformado por roca metamórfica constituido por pizarra en estado muy fracturado de color gris.
- Según los estudios geológicos y geomorfología realizados en el lugar del emplazamiento de la presa y de acuerdo a las condiciones geológicas propias de la zona y tomando las restricciones del material de construcción, es recomendable proyectar una presa cuyo cuerpo estará conformado por material homogéneo a profundidad de 16.80m en el eje, 6.10m en dirección del lado derecho y 12.50m lado izquierdo, cubierto con geomembrana y capa impermeable de material terreo conformado de arcilla $K = 3.28 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ (coeficiente de permeabilidad), con pantalla de

escollera (Rip-Rap), la protección de la erosión en el cuerpo debe ser con filtros.

VI. AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecer a la empresa consultora “Consorcio Irrigación Piura”, por facilitarme a la realización de los estudios en la zona que corresponde a la presa Piques y en segunda línea agradecer a Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por facilitar el escrito, aprobación y finalmente la publicación de mi investigación.

VII. REFERENCIAS

- Alonso Diaz, L. A. (2001). Estudio de Prospección Geofísica y Geotécnica para el Emplazamiento de Embalse de San Esteban de Andagoya (Álava).
- Alva Hurtado, J. E. (2012). Diseño de Cimentaciones (2da Edición ed.). Lima. Perú: Fondo Editorial ICG. Recuperado el 01 de 08 de 2023
- Carlos Quinto, J. M. (2022). Evaluación geoténica para la construcción de la Presa Ucuscancha I, Huancayo - Junín. Cerro de Pasco.
- Hernández Sampierí, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación (4ta Edición ed.). México. Recuperado el 02 de 08 de 2023
- Reglamento, N. d. (2019). Reglamento Nacional de Construcciones.
- Reglamento Nacional de Construcciones, E. (2019). Norma Técnica de Edificaciones. Lima. Recuperado el 01 de 08 de 2023
- Terzaghi, & Peck. (1996). Mecánica de suelos y cimentaciones. Praga, Austria.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de interés.