CONTRATO NO. S-CON-16-2024-X-0

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”



Kawsus

CONSULTORÍA Y ASESORÍA

CAPITULO 3

DEMANDA DE RECURSOS NATURALES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 3 1
3.1. INTRODUCCIÓN 5
3.2. OBJETIVOS 5
3.2.1. OBJETIVO GENERAL 5
3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
3.3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO 5
3.3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA 5
3.4. DESARROLLO 7
3.4.1. RECURSO AGUA 7
3.4.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE 9
3.4.3. FUENTE DE MATERIALES 11
3.4.4. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO 16
3.4.5. APLICABILIDAD DE LOS MATERIALES SEGÚN MOP-001-F 2002 18
3.4.6. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 21
3.4.7. VALIDACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS FUENTES 44
3.4.8. CONCLUSIONES 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica. 6
Figura 2: Ubicación de Fuentes de Materiales 12
Figura 3: Cantera "Juan Pablo 1" 13
Figura 4: Cantera “Petrillos” 14
Figura 5: Cantera “Jerusalén” 15
Figura 6: Cantera “Cerro 4” 16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites máximos permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce. 8
Tabla 2. Consumo de combustible en galones para la ejecución del proyecto. 10
Tabla 2: Posibles fuentes de materiales delimitadas en base a la información recolectada del Geoportal 11
Tabla 3: Resumen de muestras recolectadas para ensayos de laboratorio. 16
Tabla 4: Clasificación de la Sub-base según Granulometría. 20
Tabla 5: Clase de Base según el porcentaje de Trituración 20
Tabla 6: Recomendación sobre el uso de las diferentes clases de Base. 20
Tabla 7: Porcentaje de peso de Base Clase 1, 2, 3 y 4 pasante a través de los tamices. 21
Tabla 8: Granulometría de la muestra Borcorns – Ordoñez. 22
Tabla 9: Humedad natural de la muestra Borcorns – Ordoñez. 22
Tabla 10: Clasificación de la muestra de Borcorns – Ordoñez. 22
Tabla 11: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Borcorns – Ordoñez. 24
Tabla 12: Granulometría de la muestra Paraíso. 25
Tabla 13: Humedad natural de la muestra Borcorns – Ordoñez. 25
Tabla 14: Clasificación de la muestra de Paraíso. 25
Tabla 15: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Paraíso. 27
Tabla 16: Granulometría de la muestra de base Petrillos. 28
Tabla 17: Humedad natural de la muestra de base Petrillos. 28
Tabla 18: Clasificación de la muestra de base Petrillos. 28
Tabla 19: Resultados de desgaste mecánico para la muestra de base Petrillos. 30
Tabla 20: Granulometría de la muestra de mejoramiento Petrillos. 31
Tabla 21: Humedad natural de la muestra de base Petrillos. 31
Tabla 22: Límites de Atterberg de la muestra de mejoramiento Petrillos. 31
Tabla 23: Clasificación de la muestra de mejoramiento Petrillos. 32
Tabla 24: Resultados de desgaste mecánico para la muestra de mejoramiento Petrillos. 34
Tabla 25: Granulometría de la muestra Jerusalén. 35
Tabla 26: Humedad natural de la muestra Jerusalén. 35
Tabla 27: Límites de Atterberg de la muestra Jerusalén. 35
Tabla 28: Clasificación de la muestra Jerusalén. 36
Tabla 29: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Jerusalén. 38
Tabla 30: Granulometría de la muestra Cerro 4. 39
Tabla 31: Humedad natural de la muestra Cerro 4. 39
Tabla 32: Límites de Atterberg de la muestra Cerro 4. 39
Tabla 33: Clasificación de la muestra Cerro 4. 40
Tabla 34: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Cerro 4. 42
Tabla 35: Resumen de resultados de laboratorio para todas las muestras ensayadas. 43
Tabla 36: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra Borcorns - Ordoñez. 45
Tabla 37: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de base Petrillos. 46
Tabla 38: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de mejoramiento Petrillos. 47
Tabla 39: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de Jerusalén. 48

Tabla 40: Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-base para la muestra de Cerro 4. 49
Tabla 41: Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-base para la muestra de Cerro 4. 50

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Borcorns – Ordoñez. 23
Gráfica 2: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Borcorns – Ordoñez. 23
Gráfica 3: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Borcorns – Ordoñez. 24
Gráfica 4: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Paraíso. 26
Gráfica 5: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Paraíso. 26
Gráfica 6: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Paraíso. 27
Gráfica 7: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de base Petrillos. 29
Gráfica 8: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de base Petrillos. ... 29
Gráfica 9: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de base Petrillos. 30
Gráfica 10: Límite líquido para la muestra de mejoramiento Petrillo. 32
Gráfica 11: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de mejoramiento Petrillos. 33
Gráfica 12: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de mejoramiento Petrillos. 33
Gráfica 13: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de mejoramiento Petrillos. 34
Gráfica 14: Límite líquido para la muestra Jerusalén. 36
Gráfica 15: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Jerusalén. 37
Gráfica 16: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Jerusalén. 37
Gráfica 17: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Jerusalén. 38
Gráfica 18: Límite líquido para la muestra Cerro 4. 40
Gráfica 19: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Cerro 4. 41
Gráfica 20: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Cerro 4. 41
Gráfica 21: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Cerro 4. 42
Gráfica 22: Verificación de granulometría para la muestra Borcorns - Ordoñez. 44
Gráfica 23: Verificación de granulometría para la muestra Borcorns - Ordoñez. 44
Gráfica 24: Verificación de granulometría para la muestra de base Petrillos. 45
Gráfica 25: Verificación de granulometría para la muestra de base Petrillos. 46
Gráfica 26: Verificación de granulometría para la muestra de mejoramiento Petrillos. 47
Gráfica 27: Verificación de granulometría para la muestra de Jerusalén. 48
Gráfica 28: Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4. 49
Gráfica 29: Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4. 50

3.1. INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son materiales de la naturaleza que son aprovechados para satisfacer las necesidades de los seres humanos, describiéndolos también como fuente de las materias primas que transformadas sirven para producir bienes muy diversos, por esta razón es de suma importancia establecer los diferentes recursos naturales que pueden ser utilizados dentro del Proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”, es así como en el desarrollo de este capítulo, se presenta en forma detallada, la caracterización de estos recursos naturales demandados y la forma de utilización, aprovechamiento o afectación que se dará para las fases de construcción y operación de dicho proyecto.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Presentar de manera detallada la caracterización de los recursos naturales que demandará el presente proyecto y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes fases y etapas del mismo.

3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificación de los recursos naturales utilizados.
- Determinación de las zonas de aprovechamiento de recursos naturales.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

3.3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio geográficamente se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo, tiene una longitud aproximada de 21 km iniciando desde el poblado cercano Fátima hasta el poblado de Las Vegas.

El proyecto busca beneficiar directamente a 2,762 habitantes de los recintos aledaños a la vía y de manera indirecta, a aproximadamente 38,509 personas que se encuentran dispersas a lo largo de la misma, facilitando la conectividad entre los recintos, mejorando el transporte de las cosechas y asegurando la movilidad de los pobladores especialmente estudiantes.

ZONA No.: 17 S

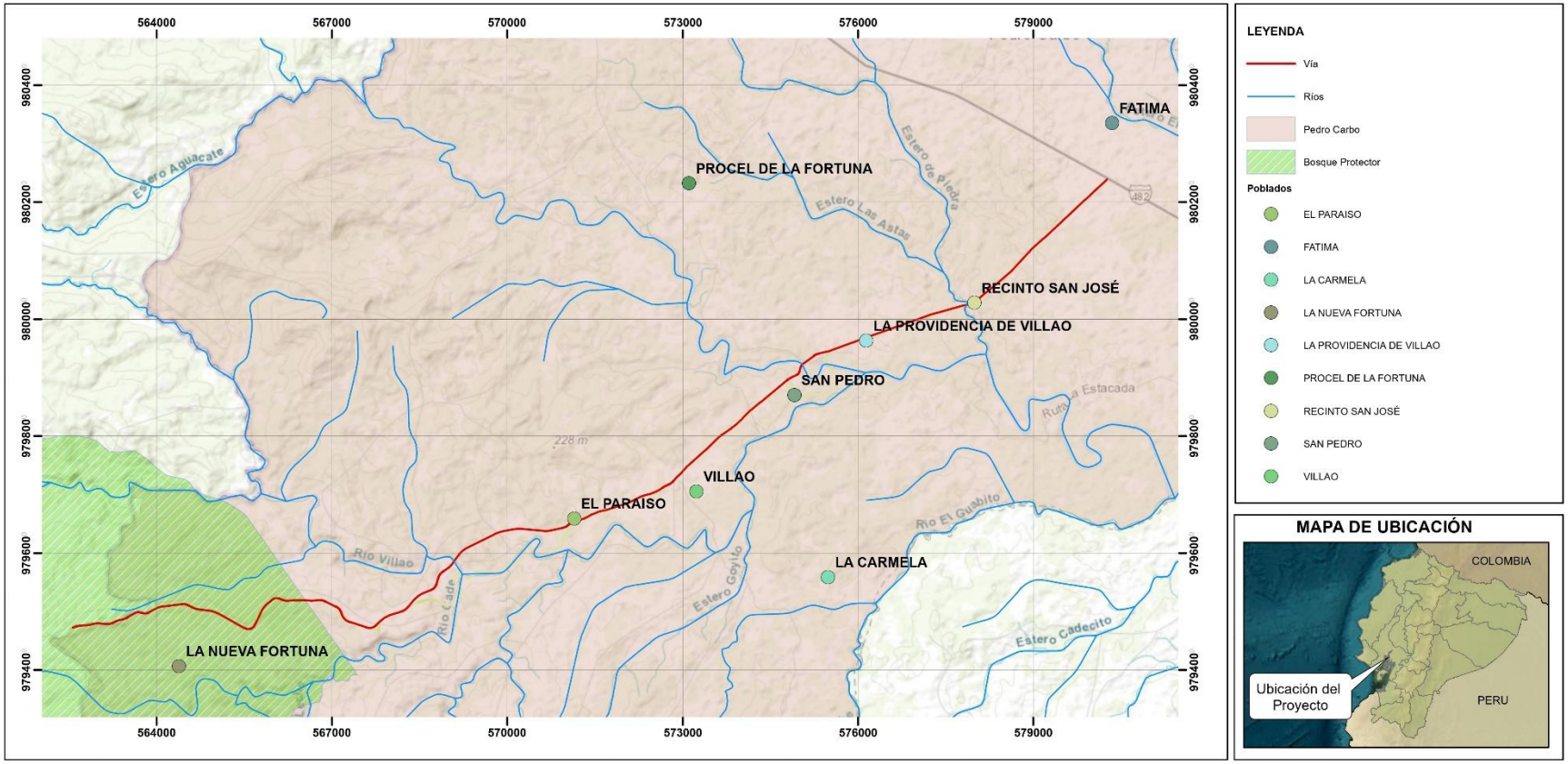


Figura 1: Ubicación Geográfica.
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: IGM, 2011, Kawsus Cía. Ltda. 2024.

3.4. DESARROLLO

La construcción del proyecto tendrá interacción con los diferentes recursos naturales de la zona ya que interceptan con el trazado de la construcción, muchos de ellos serán necesarios para la ejecución del proyecto generando un aprovechamiento y/o intervención de alguno de los recursos, por tal motivo se analizan los recursos naturales que se necesitarán para la construcción de la vía, los cuales serán aprovechados, utilizados o afectados por las diferentes actividades a realizar.

3.4.1. RECURSO AGUA

3.4.1.1. Aguas Superficiales

La demanda de agua para uso industrial corresponde principalmente a la cantidad requerida para el desarrollo de actividades como: lavado de maquinaria, herramientas y equipos, preparación de concretos y agregados para la construcción de las obras del proyecto a ejecutar.

- Demanda de agua para lavado de maquinaria, herramientas y equipos

El cálculo de la demanda de agua para el lavado de maquinaria, herramientas y quipos dependerá de los puntos de intersección de la vía con los cuerpos hídricos presentes en el proyecto, dado que existen 4 ríos y un drenaje menor se considerará un caudal especifico que se definirán de acuerdo con el posicionamiento de los cuerpos hídricos, actividades a realizarse y cantidad de equipos y maquinaria.

- Demanda de agua para preparación de concretos

Corresponde principalmente a la cantidad requerida para la fundición del concreto en la cimentación de estructuras u otras edificaciones, considerando que dependiendo de la calidad de este recurso se lo puede o no utilizar en la fase de construcción del proyecto.

Resaltando lo que nos dice (LORHA, 2014), para el uso de este recurso y aprovechamiento para uso industrial se determina lo siguiente:

“Art. 107.- Aprovechamiento industrial. Para toda actividad industrial en la que se utilice agua de fuentes hídricas, se solicitará la autorización de aprovechamiento productivo a la Autoridad Única del Agua”.

“Art. 93.- Definición. El aprovechamiento productivo del agua lo constituyen actividades como riego para economía popular y solidaria, agro industria, producción agropecuaria o producción acuícola de exportación u otras actividades productivas como turismo, generación de hidroelectricidad, producción industrial; explotación minera y de refinación de minerales; hidrocarburos, envasado y comercialización de aguas minerales, medicinales, tratadas, enriquecidas o que tengan procesos certificados de purificación y calidad; y, otras actividades productivas que impliquen el aprovechamiento del agua”.

Para el aprovechamiento productivo del agua se requerirá de la autorización administrativa que otorga la Autoridad Única del Agua, previa solicitud de conformidad con la planificación hídrica, los requisitos y condiciones que establece esta Ley.

Por otro lado, es importante conocer que se deben considerar los límites máximos permisibles para descargas de efluentes a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 1: Límites máximos permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón Cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real 1	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Plata	Ag	mg/l	0,1
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Elaborado por: Equipo Técnico KAWSUS Cía. Ltda., 2024.

Fuente: *(Acuerdo Ministerial 097, 2015)*

3.4.1.2. Demanda de Agua para Uso Domestico

Al inicio de la construcción de las obras se deben acondicionar campamentos donde se establecerá el personal encargado de esta fase, es así como dependiendo del número de personal requerido en esta etapa se debe calcular el volumen diario de agua para uso doméstico, considerando que el abastecimiento de agua para consumo humano se debe realizar mediante botellones y bolsas de agua potable cuyo suministro será contratado con terceros.

Según la ley (LORHA, 2014), se deberá obtenerse la autorización de uso del agua para consumo humano en campamentos.

"Art. 111.- Protección en fuentes de agua. La Autoridad Única del Agua y la Autoridad Ambiental Nacional emitirán las regulaciones necesarias para garantizar la conservación y el equilibrio de los ecosistemas, en especial de las fuentes y zonas de recarga de agua. La Autoridad Ambiental Nacional coordinará con la Autoridad Única del Agua, el monitoreo del sistema de manejo ambiental previsto en la respectiva licencia ambiental, emitida por aquella".

3.4.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Se ha calculado de forma teórica el consumo de combustible al mes por tipo de maquinaria que se utilizara en las actividades de construcción del proyecto.

Los valores se calculan estimando un uso de 8 horas de la maquinaria que será utilizada en un horario de 9 am a 5 pm durante 5 días a la semana en un periodo de dos años. Se considera también la longitud total del proyecto y el valor del combustible Diesel que actualmente se encuentra en $2,71 por galón.

Los valores que se presentan a continuación están en descritos en galones.

Tabla 2. Consumo de combustible en galones para la ejecución del proyecto.

MES	CARGADORA FRONTAL	CALDERO CALENTADOR ASFALTO	EXCAVADORA	GENERADOR ELÉCTRICO	MOTONIVELADOR	RETROEXCAVADOR	RODRILLO NEUMÁTICO	RODILLO VIBRATORIO	TANQUERO DE AGUA	ASFALTADOR	TRACTOR	VOLQUETA	BOMBA DE AGUA	CAMIONETA	PLANCHA VIBRATORIA
1er año de construcción															
Enero	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Febrero	571,7712	412,104	571,7712	15,5568	571,7712	436,128	412,104	412,104	389,004	412,104	436,128	389,004	92,4	110,88	88,41
Marzo	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Abril	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Mayo	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Junio	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Julio	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Agosto	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Septiembre	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Octubre	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Noviembre	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Diciembre	571,7712	412,104	571,7712	16,9764	571,7712	436,128	449,568	412,104	424,368	449,568	436,128	424,368	100,8	120,96	96,18
TOTAL, AÑO 1	7381,0464	5319,888	7381,0464	202,2972	7381,0464	5630,016	5357,352	5319,888	5057,052	5357,352	5630,016	5057,052	1201,2	1441,44	1146,39
PROM AÑO 1	615,0872	443,324	615,0872	16,8581	615,0872	469,168	446,446	443,324	421,421	446,446	469,168	421,421	100,1	120,12	95,5325
2do año de construcción															
Enero	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Febrero	571,7712	412,104	571,7712	15,5568	571,7712	436,128	412,104	412,104	389,004	412,104	436,128	389,004	92,4	110,88	88,41
Marzo	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Abril	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Mayo	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Junio	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Julio	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Agosto	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Septiembre	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Octubre	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Noviembre	623,7504	449,568	623,7504	16,9764	623,7504	475,776	449,568	449,568	424,368	449,568	475,776	424,368	100,8	120,96	96,18
Diciembre	571,7712	412,104	571,7712	16,9764	571,7712	436,128	449,568	412,104	424,368	449,568	436,128	424,368	100,8	120,96	96,18
TOTAL, AÑO 2	7381,0464	5319,888	7381,0464	202,2972	7381,0464	5630,016	5357,352	5319,888	5057,052	5357,352	5630,016	5057,052	1201,2	1441,44	1146,39
PROM AÑO 2	615,0872	443,324	615,0872	16,8581	615,0872	469,168	446,446	443,324	421,421	446,446	469,168	421,421	100,1	120,12	95,5325
TOTAL	14762,0928	10639,776	14762,0928	404,5944	14762,0928	11260,032	10714,704	10639,776	10114,104	10714,704	11260,032	10114,104	2402,4	2882,88	2292,78

Elaborado por: Equipo Técnico KAWSUS Cía. Ltda., 2026.
Fuente: KAWSUS Cía. Lrda., 2026

3.4.3. FUENTE DE MATERIALES

Los materiales utilizados para la construcción se establecen en sitios cercanos al proyecto con el objetivo de optimizar tiempo y recursos, estos son seleccionados por tener agregados de buena calidad, considerando también que el transporte de los materiales genera costos elevados; por ello se necesita buscar diferentes fuentes de materiales para su extracción siempre y cuando sean de óptimas condiciones, verificando con estudios de suelos.

3.4.3.1. Identificación de Posibles Fuentes de Materiales

El material pétreo para mejoramiento, subbase y base puede ser extraído de una nueva área identificada para explotación o de una mina ya existente. La extracción comienza con la movilización de equipos pesados como excavadoras, cargadores frontales y camiones volquete hacia el área designada.

Para la construcción del proyecto se analizó diferentes áreas de extracción incluidas en el Geoportal de Catastro Minero, de las cuales se delimito a ocho posibles alternativas, entre las cuales se encuentran cuatro canteras de libre aprovechamiento, a continuación, se detallan las alternativas.

Tabla 3: Posibles fuentes de materiales delimitadas en base a la información recolectada del Geoportal de Catastro Minero.

CANTERA/MINA	ESTADO DE REGULACIÓN	UBICACIÓN WGS84		ÁREA (ha)
		X	Y	
Juan Pablo 1	Inscrita	609887	9783972	3
Paraíso	Inscrita	609702	9784280	6
Petrillo	Trámite	609176	9782284	48
Jerusalén	Trámite	603960	9777643	154
Cerro 4	Trámite	607564	9779960	15
Las Piedras	Trámite	582747,8	9783594	16
Jerusalén Dos	Trámite	581624,9	9811757	87
Las Palmas	Trámite	579590	9797563	59
Paraíso de Villao	Inscrita	570927	9796045	16

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

3.4.3.2. Inspección de Campo

En base a una inspección de las posibles áreas de extracción planteadas originalmente se seleccionaron únicamente cuatro fuentes de materiales, mismas que corresponden a las canteras de Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez), Petrillos, Jerusalén, Cerro 4. La ubicación de las fuentes respecto a la vía se observa en la siguiente figura:

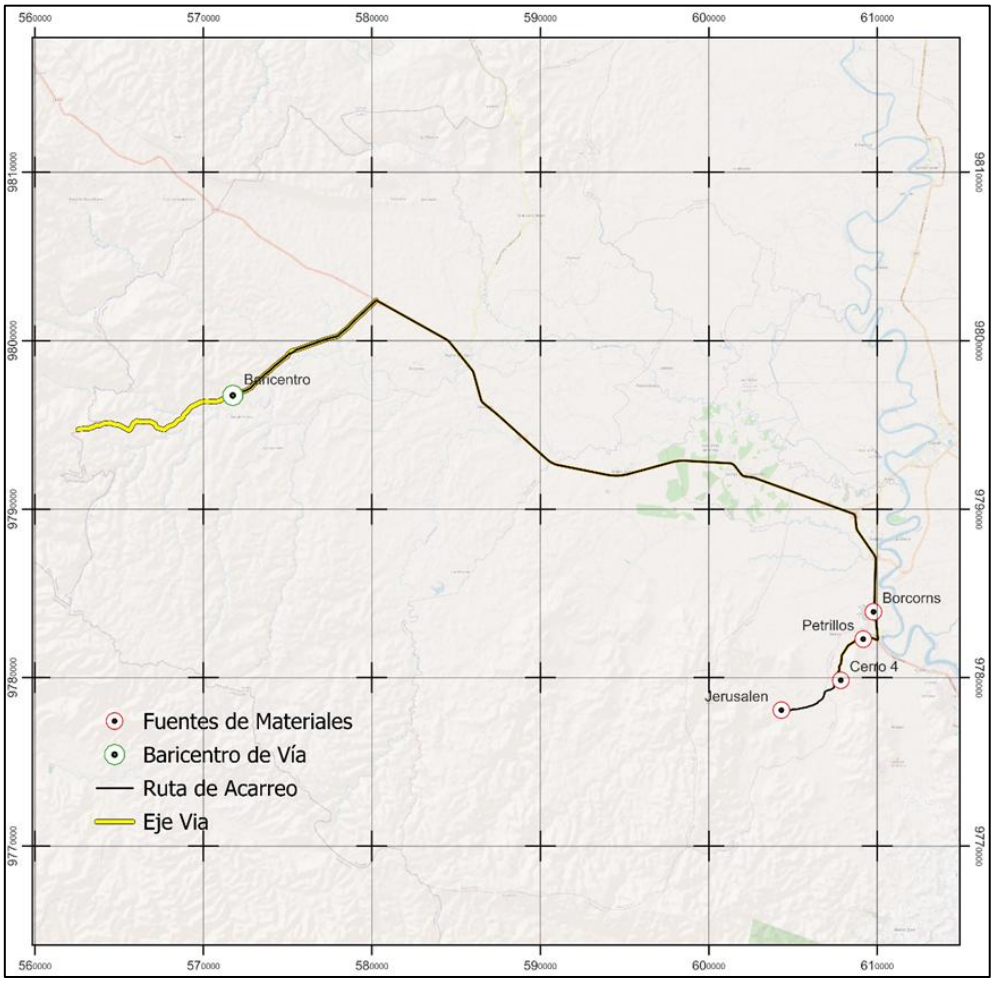


Figura 2: Ubicación de Fuentes de Materiales
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: IGM, 2011, Kawsus Cía. Ltda. 2024.

3.4.3.3. Cantera “Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)”

La fuente de material "Juan Pablo 1", ubicada en el cantón Nobol, provincia del Guayas, está inscrita bajo el régimen de pequeña minería con el código catastral 790719. El titular de la concesión es Ordoñez Quezada Juan Pablo. Esta concesión minera tiene un plazo de 120 meses desde su inscripción el 28 de junio de 2024. La concesión se encuentra en la fase de explotación y se dedica principalmente a la extracción de áridos y pétreos, clasificados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 3 hectáreas y su estado actual es inscrito.

Según información facilitada por los propietarios esta fuente dispone de materiales destinados a base con un rendimiento de extracción aproximado es de 1500 m^3/día mediante metodos de extracción Diller-Dinamita. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 50.15 km. El volumen aprovechable estimado es de 600000 m^3.



Figura 3: Cantera "Juan Pablo 1"
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

3.4.3.4. Cantera “Paraíso”

La fuente de material "Paraíso", ubicada en el cantón Nobol, en la parroquia del mismo nombre de la provincia del Guayas, está inscrita bajo el régimen de minería artesanal con el código catastral 790885. El titular de la concesión es Castro Noboa Alfredo Gilberto. Esta concesión minera tiene un plazo de 120 meses desde su inscripción el 2 de diciembre de 2014. La concesión se encuentra en la fase de explotación y se dedica principalmente a la extracción de cascajo, clasificados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 6 hectáreas y su estado actual es inscrito.

Según información facilitada por los propietarios esta fuente dispone de materiales destinados a base, subbase y mejoramiento con un rendimiento de extracción aproximado de 600 m3/día mediante métodos de extracción Diller-Dinamita. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 49.93 km. El volumen aprovechable estimado es de 4000000 m^3.

3.4.3.5. Cantera “Petrillos”

La fuente de material "Petrillo", registrada bajo el código catastral 790259, se encuentra en el cantón Guayaquil, parroquia Chongón, en la provincia del Guayas. El titular de la concesión es el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas. Esta concesión se encuentra en trámite bajo el régimen de libre aprovechamiento y se centra en la extracción de ripio, clasificado como material de construcción. Aunque su estado actual es de trámite, la concesión cubre una superficie de 48 hectáreas, con un plazo inicial de 24 meses para la explotación del material.



Figura 4: Cantera “Petrillos”
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Esta fuente dispone de materiales destinados a base y material de mejoramiento, además de materiales adicionales como cascajo, arcilla, roca azul, subase. El rendimiento de extracción aproximado es de 2400 m^3/día mediante metodos de extracción Diller-Dinamita. El volumen aprovechable del total extraído es de aproximadamente 1920 m^3. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 52.84 km. El tiempo de vida estimado es de 30 años.

3.4.3.6. Cantera Jerusalén

La fuente de material "Jerusalén", ubicada en el cantón Nobol, provincia del Guayas, tiene el código catastral 70000337. El titular de la concesión es Goyes Sánchez Marcia Adriana. Esta concesión minera está inscrita bajo el régimen de pequeña minería y se encuentra en la fase de exploración-explotación. La concesión, con una superficie de 154 hectáreas, se encuentra registrado como fuente de extracción de arcilla, sin embargo, en varios afloramientos se observa gran cantidad de material pétreo. La inscripción se realizó el 7 de junio de 2017, con un plazo de 300 meses para la concesión.



Figura 5: Cantera “Jerusalén”
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Esta fuente dispone de materiales con posibilidad de aplicación como material de mejoramiento. El rendimiento de extracción aproximado es de 300 m^3/día mediante metodos de extracción con excavadora. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 60.1 km. Pese a que no fue posible determinar un volumen aproximado del material aprovechable se estima que se tiene cantidad suficiente en base a la extensión de la cantera.

3.4.3.7. Cantera “Cerro 4”

La fuente de material "Cerro 4", con el código catastral 092550002, se encuentra en el cantón Nobol, provincia del Guayas. El titular de la concesión es Viteri Swett Oscar Fernando. Esta concesión está inscrita bajo el régimen de pequeña minería y se dedica a la explotación de áridos y pétreos, utilizados como materiales de construcción. La concesión, inscrita el 14 de agosto de 2017, tiene un plazo de 60 meses y cubre una superficie de 1500 hectáreas. Actualmente, la concesión requiere actualizar su inscripción.



Figura 6: Cantera “Cerro 4”
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Esta fuente dispone de materiales destinados a sub-base y mejoramiento, además de materiales como cascajo y piedra azul. El rendimiento de extracción aproximado es de 1000 m^3/día mediante metodos de extracción Diller-Dinamita. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 56 km. El tiempo de vida estimado es de 30 años.

3.4.4. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

De cada una de las cuatro fuentes visitadas se obtuvo una muestra representativa en base a las directrices planteadas por la norma ASTM D75 "Standard Practice for Sampling Aggregates", cuyo objetivo es garantizar que las muestras recolectadas sean representativas del material total, permitiendo así realizar ensayos de laboratorio que aseguren la calidad y uniformidad de los agregados utilizados en proyectos de construcción. Así de cada una de las canteras se extrajeron muestras de aproximadamente 50 kg, dichos materiales se obtuvieron en base a las recomendaciones dadas por el proveedor, de modo que para la cantera Petrillo se extrajeron dos muestras destinadas al análisis de conveniencia para su uso como base y mejoramiento.

En la siguiente tabla se presenta las muestras que fueron recolectadas y ensayadas en el laboratorio.

Tabla 4: Resumen de muestras recolectadas para ensayos de laboratorio.

PESO (Kg)	NOMBRE DE LA FUENTE	USO	COORDENADAS WGS84 17S	
50	Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)	Base	609888	9783973
50	Paraíso	Sub-base	609702	9784280
100	Petrillo	Mejoramiento	609176	9782284
		Base		
50	Jerusalén	Mejoramiento	603960	9777643
50	Cerro 4	Sub-base	607564	977960
		Mejoramiento		

PESO (Kg)	NOMBRE DE LA FUENTE	USO	COORDENADAS WGS84 17S	
50	Las Piedras	Analizar	582747.8	9783594
50	Jerusalén Dos	Analizar	581624.9	9811757
50	Las Palmas	Analizar	579590	9797563
50	Paraíso de Villao	Analizar	570927	9796045

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Para evaluar la calidad y adecuación de los materiales provenientes de las diferentes fuentes para su uso en la construcción de la vía Fátima-Villao, se realizaron una serie de ensayos de laboratorio siguiendo las normativas técnicas vigentes. Los ensayos se enfocaron en determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, asegurando su cumplimiento con los requisitos establecidos para la construcción de bases granulares, subbases y mejoramientos. A continuación, se describen los ensayos realizados y las normativas aplicadas.

3.4.4.1. Ensayo de Granulometría

Se realizaron ensayos de granulometría conforme a la norma ASTM D422 para determinar la distribución del tamaño de las partículas de los materiales. Este ensayo es esencial para clasificar el material y determinar su idoneidad como base granular, subbase, mejoramiento o agregado para concreto y asfalto.

3.4.4.2. Ensayo de Contenido de Humedad

El ensayo de contenido de humedad se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM D2216. Este ensayo determina la cantidad de agua presente en una muestra de suelo o material granular, expresada como un porcentaje del peso seco del material. El contenido de humedad es un factor clave en la evaluación de las propiedades de compactación del material y su comportamiento bajo cargas. Es fundamental para establecer la humedad óptima para la compactación, lo que asegura la estabilidad y durabilidad del material en su aplicación en capas estructurales de pavimentos.

3.4.4.3. Límites de Atterberg

Los ensayos de límites de Atterberg se realizaron de acuerdo con la norma ASTM D4318. Estos ensayos determinan los límites líquido y plástico de los materiales finos, proporcionando una medida de la plasticidad y la cohesión del suelo. Los límites de Atterberg son críticos para entender el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de humedad y carga, y son utilizados para clasificar los suelos en función de su potencial de expansión y contracción. Estos parámetros son esenciales para evaluar la idoneidad de los materiales como subrasantes y su capacidad de respuesta a cambios ambientales.

3.4.4.4. Ensayo de Proctor

El ensayo Proctor se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM D1557 (Proctor Modificado). Este ensayo determina la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad de un material granular cuando es compactado bajo condiciones específicas de energía de compactación. El objetivo del ensayo Proctor es establecer la humedad óptima y la densidad seca máxima del material, que son fundamentales para asegurar la compactación adecuada y el rendimiento estructural del material.

3.4.4.5. Ensayo de Índice de Soporte California (CBR)

El ensayo CBR se realizó según la norma ASTM D1883. Este ensayo mide la capacidad de soporte de un material granular bajo condiciones simuladas de tráfico, evaluando la resistencia al corte del material. Es un parámetro fundamental para la selección de materiales utilizados en las capas de soporte de pavimentos.

3.4.4.6. Ensayo de Clasificación del Suelo (SUCS)

Se realizó la clasificación del suelo utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), conforme a la norma ASTM D2487. Este sistema clasifica los suelos en función de sus características granulométricas y plásticas, lo que permite identificar su idoneidad para diferentes aplicaciones de ingeniería. La clasificación SUCS es esencial para seleccionar materiales adecuados para la construcción de la vía, asegurando que cumplan con los requisitos técnicos y de desempeño esperados.

3.4.4.7. Ensayo de Abrasión

El ensayo de abrasión fue realizado utilizando la máquina de Los Ángeles, de acuerdo con la norma ecuatoriana INEN 860 y ASTM C-131. Este ensayo mide la resistencia al desgaste de los agregados cuando son sometidos a un desgaste mecánico. Es crucial para evaluar la durabilidad del material, especialmente en aplicaciones donde se espera tráfico pesado o condiciones de desgaste elevado.

3.4.4.8. Ensayo de Contenido Orgánico

Este ensayo se realizó conforme a la norma ASTM C-40, la cual establece el procedimiento para la determinación del contenido de materia orgánica en materiales granulares. El objetivo de este ensayo es identificar la presencia de componentes orgánicos que puedan ser perjudiciales para la estabilidad del material cuando se utiliza en la construcción de la estructura del pavimento.

3.4.4.9. Ensayo de Sulfatos

Se llevó a cabo un ensayo de granulometría de sulfatos siguiendo la norma ASTM C-88. Este ensayo evalúa la resistencia de los agregados a la desintegración cuando se exponen a soluciones de sulfato de sodio. Es especialmente importante para determinar la durabilidad de los materiales en ambientes con presencia de sales que puedan causar deterioro químico.

Cada uno de estos ensayos fue realizado en el laboratorio de geotecnia, utilizando equipos calibrados y procedimientos estandarizados para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. Estos ensayos permiten una caracterización completa de los materiales, proporcionando los datos necesarios para tomar decisiones informadas sobre su uso en la construcción del proyecto vial.

3.4.5. APLICABILIDAD DE LOS MATERIALES SEGÚN MOP-001-F 2002

Dentro de las Especificaciones Generales (MOP-001-F-2002) el Capítulo 400 - Estructura del Pavimento, como su nombre lo indica, describe las diferentes estructuras y capas de un pavimento, se resalta lo siguiente:

- Sección Mejoramiento de la subrasante
- Sección Sub-bases
- Sección Base

3.4.5.1. Mejoramiento de la Subrasante

El mejoramiento de la subrasante especifica los diferentes procesos para mejorar la subrasante como: mejoramiento con suelo seleccionado, subrasante estabilizada con cal, material pétreo, entre otros.

El primer mecanismo utiliza suelo seleccionado para el proceso de mejoramiento. Resulta de interés analizar las características que debe cumplir este tipo de suelo ya que algunas minas ofertan material que puede ser empleado para este fin.

Mejoramiento con suelo seleccionado: Se describe como aquel suelo obtenido de cualquier excavación previamente autorizada. Corresponde a suelo granular, de material rocoso o una combinación de estos dos. Debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Granulometría tal que todo el material debe pasar por el tamiz de 4 in (100 mm.) y las partículas pasantes del tamiz N.º 200 (0,075 mm) no puede ser mayor al 20%.
- Capacidad de soporte CBR mayor o igual que 20%.
- La porción pasante del tamiz N.º 40 debe tener un límite líquido no superior a 35% e índice plástico no superior a 9%.

3.4.5.2. Sub-Bases

La sección describe la clasificación de Sub-bases como Sub-bases de agregados, modificada con arena o limo y modificada con cal. En cuanto a las sub-bases de agregados se describe como aquellas capas constituidas por la trituración o cribado de agregados, los materiales que la componen deben cumplir con las SECCIÓN 816 – SUB-BASES DE AGREGADOS, del CAPÍTULO 800 - MATERIALES. A continuación, se realiza un análisis detallado de las dos secciones y se describen las condiciones técnicas a tomar en cuenta. Los materiales empleados como Sub-base tendrán:

- Porcentaje de desgaste máximo de 50%.
- Capacidad de soporte CBR mayor o igual que 30%.
- La porción pasante del tamiz N.º 40 debe tener un límite líquido no superior a 25% y índice plástico no superior a 6%.

En la subsección 816-2. Requisitos comunes, se describe que de tener un material con un límite líquido o un índice plástico que superan los máximos especificados, se deberá mezclar con material adecuado, a fin de reducir los valores de índice plástico. De no resultar posible lo anterior se actuará tal y como indica el numeral 814-2.02, perteneciente a la sección 814. Capa de Base de material granular, subsección 814-2. Agregados para Base Clase 1.

La subsección 814-2.02. Requisitos, describe que, de superarse el límite líquido e índice plástico, a fin de tener materiales adecuados, se debe eliminar todo el material menor a 10mm, con el material resultado se debe añadir arena y triturarlo hasta obtener la granulometría especificada.

Se describen 3 clases de Sub-base, las cuales deben cumplir la clasificación detallada por la Tabla *5*. También se aclara que para la clase 1 el material tipo roca o grava obtenida en al menos un 30% por trituración.

Tabla 5: Clasificación de la Sub-base según Granulometría.

TAMIZ	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.8 mm.)	--	100	--
11/2" (38,1mm.)	100	70-100	--
Nº 4 (4.76 mm.)	30-70	30-70	30 – 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10-35	15-40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0-15	0-20	0-20

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: MOP-001-F-2002. (Tabla 403-1.1).

3.4.5.3. Bases

La sección describe la clasificación de Bases como Bases de Agregados, Estabilizada con Cemento Portland y Estabilizada con Cal. En cuanto a las bases de agregados se describe como aquellas capas constituidas por la trituración o cribado de agregados y estabilizadas con agregado fino (triturado o de suelo fino seleccionado). Capa que será colocada sobre la capa de Sub-base. Los materiales empleados como Base tendrán:

- Porcentaje de desgaste máximo de 40%.
- Capacidad de soporte CBR mayor o igual que 80%.
- La porción pasante del tamiz N.º 40 debe tener un límite líquido no superior a 25% y índice plástico no superior a 6%.
- Los agregados deberán estar libres de materias extrañas (polvo, suciedad, arcillas, etc.) siendo elementos resistentes y sólidos.

La norma describe cuatro clases de Base, de las cuales se diferencian según el tipo de trituración en base a lo presentado en la Tabla *6*.

Tabla 6: Clase de Base según el porcentaje de Trituración

CLASE	TRITURACIÓN
1	100%
2	> 50%
3	> 25%
4	0%

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: MOP-001-F-2002.

De manera adicional hay que mencionar que al momento de realizar el diseño de una carretera se debe seleccionar la clase de Base en función de las recomendaciones que plantea el MTOP en la Norma vial ecuatoriana (NEVI-12-MTOP) que toma en cuenta la clasificación brindada por la norma MOP-001-F-2002.

Tabla 7: Recomendación sobre el uso de las diferentes clases de Base.

CLASE	CARACTERÍSTICA	NO. CARRILES	TPDA
1	Aeropuertos y Carreteras de intenso tráfico	8 – 12	> 50 000
2	Carreteras con ancho mínimo de 3,65m	2 - 6	8 000 – 50 000
3	Vías internas de urbanizaciones	2-4	1 000 – 8 000

CLASE	CARACTERÍSTICA	NO. CARRILES	TPDA
4	Caminos vecinales	2	> 1 000

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: NEVI-12-MTOP (Tabla 404-1.1).

Las Bases clase 1, constituidas por agregados triturados en un 100% se dividen en tipos A y B. La granulometría especificada en la MOP-001-F-2002 para cada tipo de base se presenta en la Tabla *8*.

Tabla 8: Porcentaje de peso de Base Clase 1, 2, 3 y 4 pasante a través de los tamices.

TAMIZ	CLASE 1		CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
	TIPO A	TIPO B			
2" (50,8 mm)	100	--	--	--	100
11/2" (38,1mm)	70 – 100	100	--	--	--
1" (25,4 mm)	55 – 85	70 - 100	100	--	60 - 90
3/4"(19,0 mm)	50 – 80	60 - 90	70 - 100	100	--
3/8"(9,5 mm)	35 – 60	45 - 75	50 - 80	--	--
N.º 4 (4,76 mm)	25 – 50	30 - 60	35 - 65	45 - 80	20 - 50
N.º 10 (2,00 mm)	20 – 40	20 - 50	25 - 50	30 - 60	--
N.º 40 (0,425 mm)	10 – 25	10 - 25	15 - 30	20 - 35	--
N.º 200 (0,075 mm)	2 – 12	2 - 12	3 - 15	mar-15	0 - 15

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: MOP-001-F-2002, (Tablas 404-1.1, 404-1.2, 404-1.3 y 404-1.4).

3.4.6. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

En esta sección se presentan los resultados de laboratorio para las cinco muestras extraídas de las cuatro canteras de interés según la Tabla *4*.

3.4.6.1. Cantera “Juan Pablo 1 (Borcons-Ordoñez)

La fuente de material Borcons-Ordoñez se caracteriza como un material granular de tipo grava bien graduada (GW) y grava con arena pobremente graduada (GP), con una baja presencia de materia orgánica y sin plasticidad detectable. Los resultados indican que este material tiene una granulometría adecuada, lo que favorece su capacidad para compactarse de manera uniforme. Además, muestra una resistencia moderada al desgaste mecánico, lo que sugiere que puede soportar un uso intensivo.

El material también exhibe una resistencia media a la desintegración en ambientes químicos, como en presencia de sulfatos, lo cual es relevante en escenarios donde pueda haber exposición a sales o agentes químicos. Por sus propiedades físicas y mecánicas, este material presenta características que son típicas de agregados usados en la construcción de bases granulares para pavimentos.

Tabla 9: Granulometría de la muestra Borcorns – Ordoñez.

GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)					
TAMIZ	**PESO RETENIDO PARCIAL**	**PESO RETENIDO ACUMULADO**	**% RETENIDO**	**% QUE PASA**	**% ESPECIFICADO**
SERIE GRUESA					
3”					
2 ½”					
2”		0	0	100	
1 ½”		0	0	100	
1”		13100	25	75	
3/4”		15196	29	71	
1/2”		23580	45	55	
3/8”		26724	51	49	
No. 4		30392	58	49	
Pasa No. 4		22008	(42,0)		
TOTAL, MUESTRA	52400				
SERIE FINA					
No. 10		83,3	65	35	
No. 40		202,4	75	25	
No. 200		452,4	96	(4)	
Pasa No. 200		47,6	(4)		

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 10: Humedad natural de la muestra Borcorns – Ordoñez.

HUMEDAD NATURAL (NORMA ASTM D2216)						
No. TARRO	**No. GOLPES**	**PESO HÚMEDO**	**PESO SECO**	**PESO TARRO**	**% HUMEDAD**	**% PROMEDIO**
72	---	59,28	57,60	36,09	7,8	
66	---	43,31	47,23	33,22	7,7	7,8

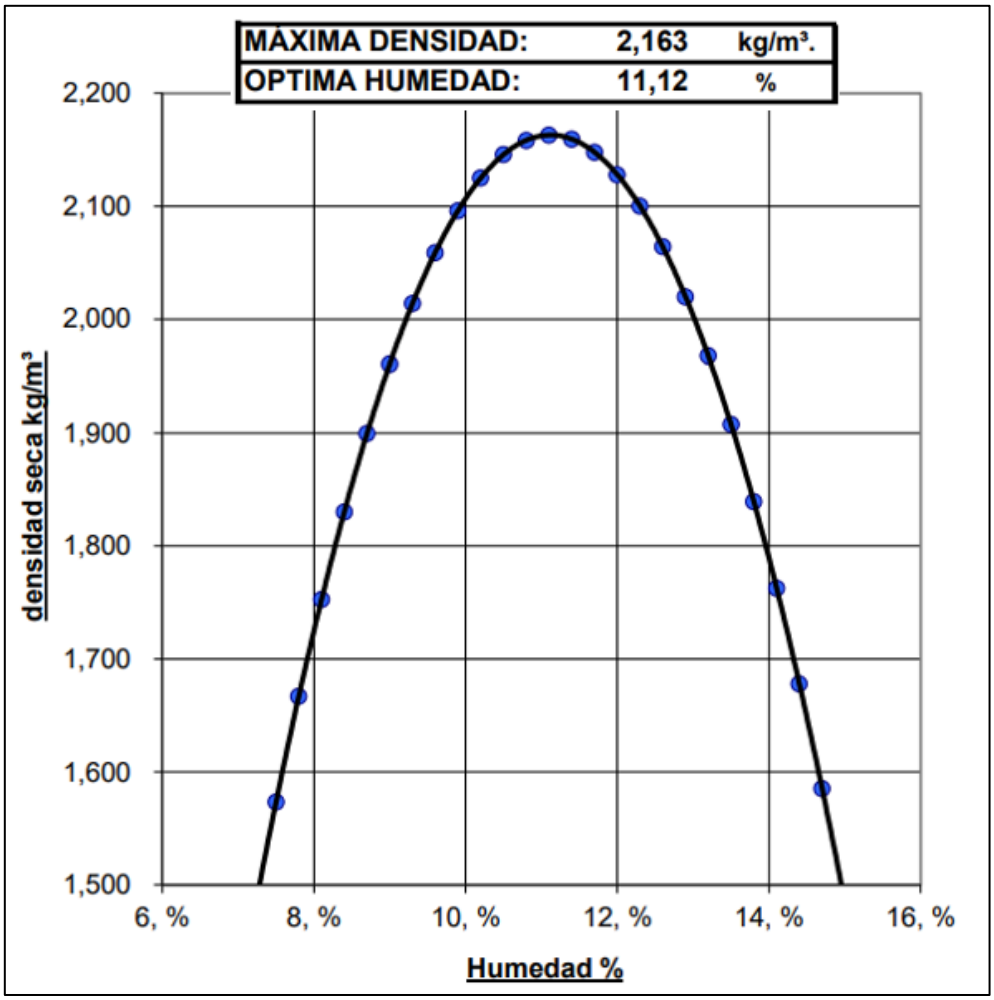
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 11: Clasificación de la muestra de Borcorns – Ordoñez.

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
Color	Café	Humedad Natural	7,75 %
Clasificación		Límite Líquido	0,00 %
SUCS	GW o GP	Índice Plástico	0,00
AASTHO	A-1 a	Índice de Grupo	0,0

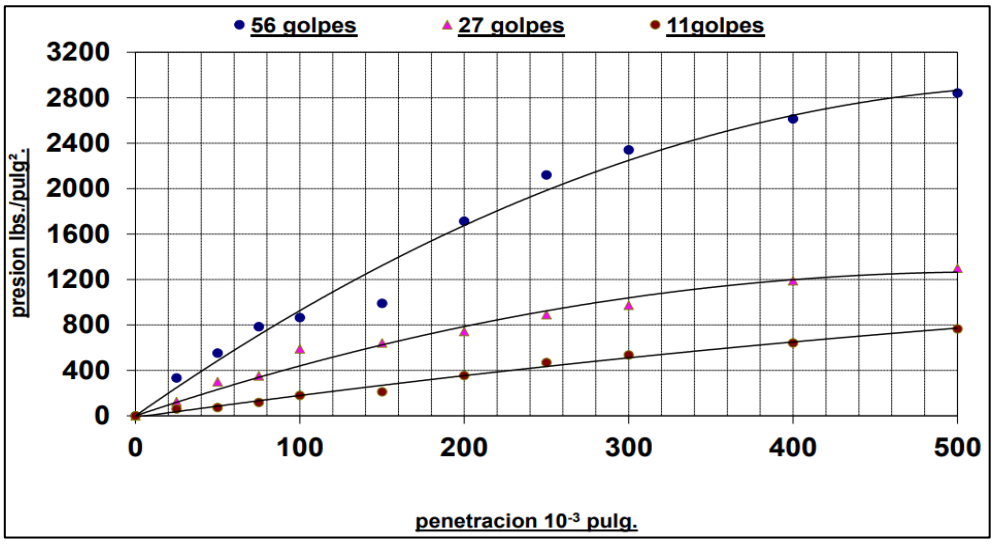
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 1: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Borcorns – Ordoñez.



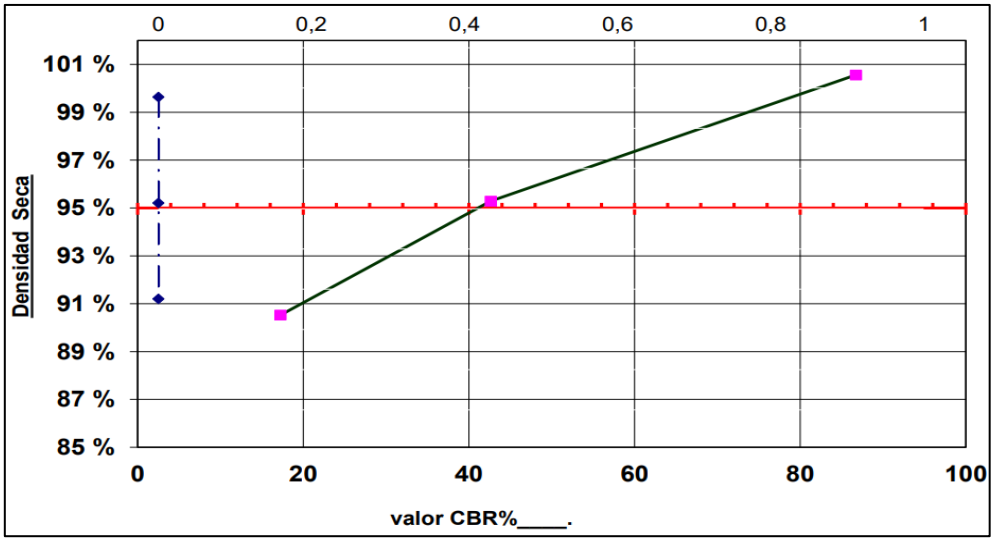
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 2: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Borcorns – Ordoñez.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 3: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Borcorns – Ordoñez.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 12: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Borcorns – Ordoñez.

RESULTADOS DE DESGASTE MECÁNICO		
	Ensayo	1
A	Peso del material antes del ensayo	5000 gm
B	Peso del material no desgastado después del ensayo (retenido Tamiz N° 12)	3820 gm
C = (A-B)	Peso del material perdido después del ensayo (Pasa Tamiz N° 12)	1180 gm
D = (C/A) *100	% Desgaste	23,6 %

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

3.4.6.2. Cantera “Paraíso”

La fuente de material El Paraíso se caracteriza como un material granular compuesto principalmente por grava (64 %), arena (30 %) y una fracción menor de finos (6 %). Según la clasificación SUCS, se trata de un material tipo GM (grava limosa), mientras que bajo el sistema AASHTO se clasifica como A-1-a, lo que indica un agregado con buenas propiedades para su uso en infraestructura vial.

Los resultados del ensayo de abrasión Los Ángeles muestran un porcentaje de desgaste del 37 %, lo que sugiere una resistencia moderada a la degradación mecánica. Esto indica que el material puede soportar cargas de tráfico medianas sin una desintegración significativa.

El ensayo CBR revela un valor del 39,5 % al 95 % de compactación y del 60,2 % al 100 %, lo que evidencia una buena capacidad de soporte, adecuada para capas de subbase en pavimentos. Además, el material presenta una humedad óptima de compactación del 9,93 %, lo que facilita su manipulación y compactación en campo.

Tabla 13: Granulometría de la muestra Paraíso.

GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)					
TAMIZ	**PESO RETENIDO PARCIAL**	**PESO RETENIDO ACUMULADO**	**% RETENIDO**	**% QUE PASA**	**% ESPECIFICADO**
SERIE GRUESA					
3”		0	0	100	
2 ½”		2346	10	90	
2”		4692	20	80	
1 ½”		7741	33	67	
1”		9852	42	58	
3/4”		11494	49	51	
1/2”		11964	51	49	
3/8”		14309	61	39	
No. 4		15013	64	(36)	
Pasa No. 4		8445	(36,0)		
TOTAL, MUESTRA	23458				
SERIE FINA					
No. 10		138,9	74	26	
No. 40		222,2	80	20	
No. 200		416,7	94	(6)	
Pasa No. 200		83,3	(6)		

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 14: Humedad natural de la muestra Borcorns – Ordoñez.

HUMEDAD NATURAL (NORMA ASTM D2216)						
No. TARRO	**No. GOLPES**	**PESO HÚMEDO**	**PESO SECO**	**PESO TARRO**	**% HUMEDAD**	**% PROMEDIO**
114	---	147,13	138,45	37,53	8,6	
143	---	150,91	142,24	35,68	8,1	8,4

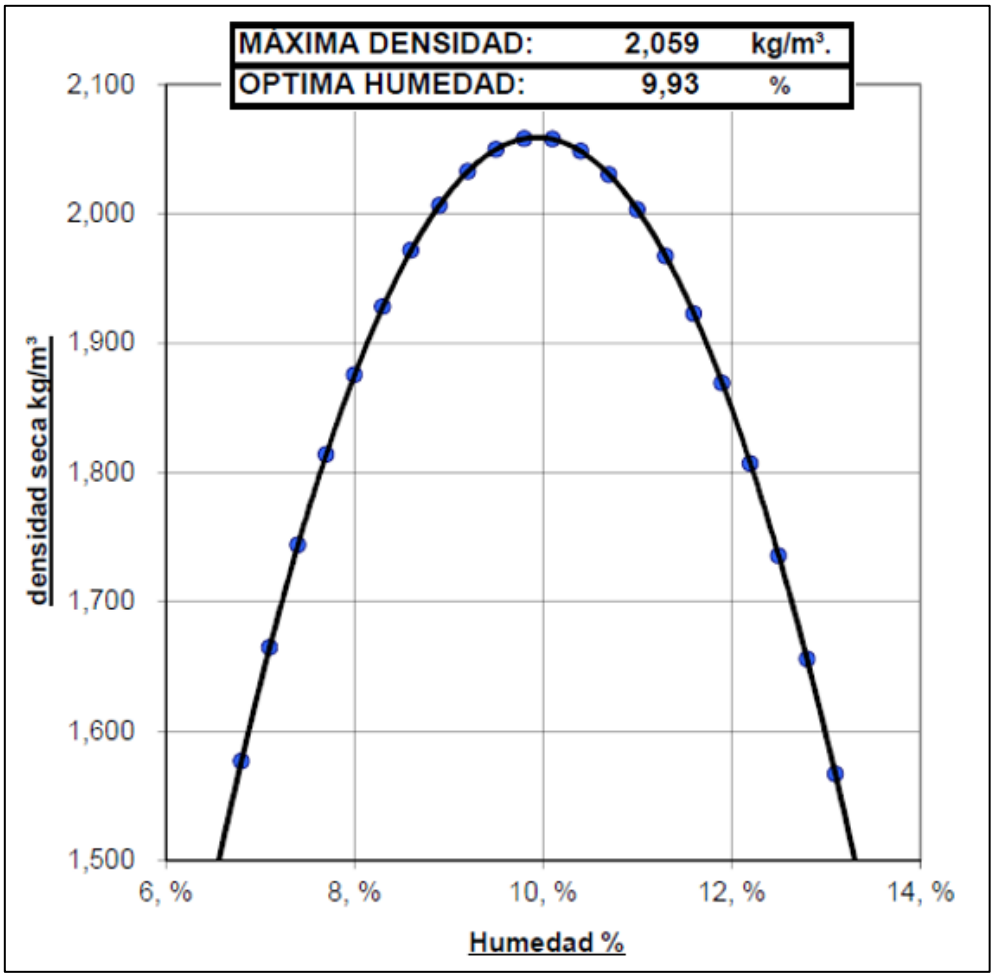
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 15: Clasificación de la muestra de Paraíso.

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
Color	Café	Humedad Natural	8,37 %
Clasificación		Límite Líquido	23,93 %
SUCS	GM	Índice Plástico	2,26
AASTHO	A-1 a	Índice de Grupo	0,0

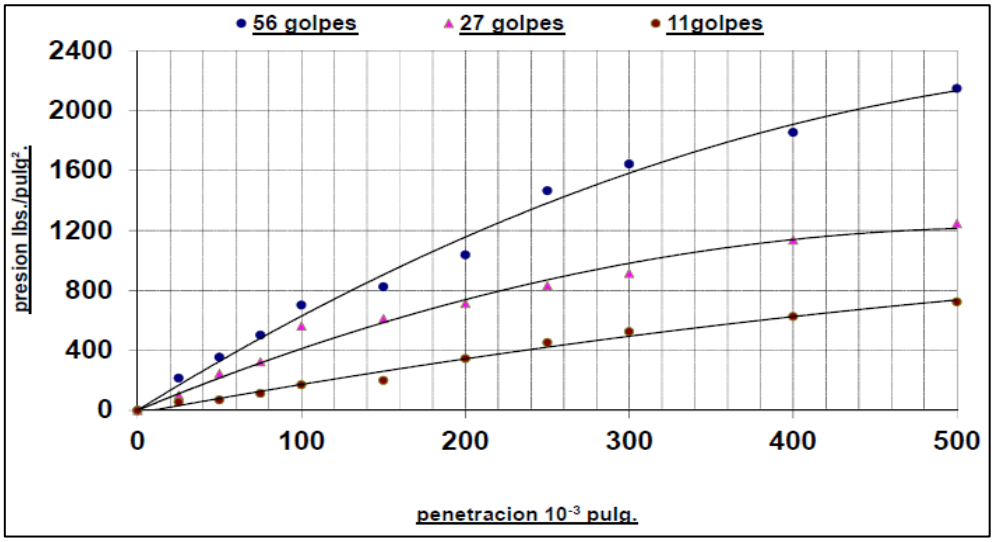
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 4: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Paraíso.



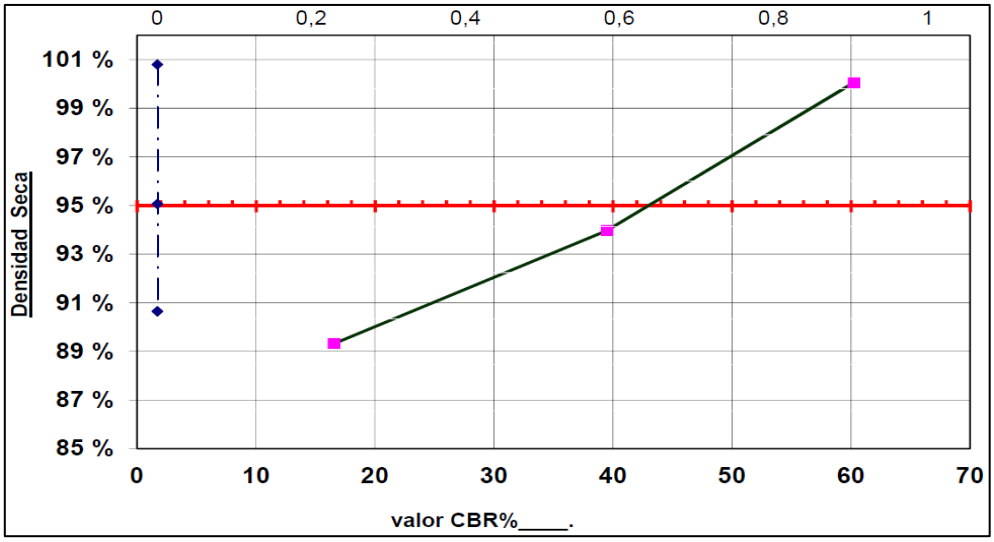
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 5: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Paraíso.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 6: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Paraíso.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 16: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Paraíso.

RESULTADOS DE DESGASTE MECÁNICO		
	Ensayo	1
A	Peso del material antes del ensayo	5000 gm
B	Peso del material no desgastado después del ensayo (retenido Tamiz N° 12)	3150 gm
C = (A-B)	Peso del material perdido después del ensayo (Pasa Tamiz N° 12)	1850 gm
D = (C/A) *100	% Desgaste	37,0 %

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia

3.4.6.3. Cantera “Petrillos”

Para la cantera Petrillo se presenta el análisis de las muestras extraídas para su evaluación de conveniencia para base y material de mejoramiento respectivamente.

La muestra de base granular de la cantera Petrillo es un material de grava bien graduada con baja presencia de materia orgánica y sin plasticidad. Tiene una buena granulometría, lo que facilita la compactación uniforme. El material muestra una resistencia moderada al desgaste mecánico con un porcentaje de abrasión del 24,4%, y una resistencia química con una pérdida por sulfatos del 8,23%. Además, posee una densidad máxima de 2174 kg/m³ y una humedad óptima del 10,17%, características relevantes para su evaluación en aplicaciones de construcción de bases granulares.

Tabla 17: Granulometría de la muestra de base Petrillos.

GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)					
TAMIZ	**PESO RETENIDO PARCIAL**	**PESO RETENIDO ACUMULADO**	**% RETENIDO**	**% QUE PASA**	**% ESPECIFICADO**
SERIE GRUESA					
3”					
2 ½”					
2”					
1 ½”		0	0	100	
1”		11712	24	76	
3/4”		14640	30	70	
1/2”		23912	49	51	
3/8”		25376	52	48	
No. 4		30256	62	(38)	
Pasa No. 4		18544	(28,0)		
TOTAL, MUESTRA	48800				
SERIE FINA					
No. 10		92,1	69	31	
No. 40		263,2	82	18	
No. 200		447,4	96	(4)	
Pasa No. 200		52,6	(4)		

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 18: Humedad natural de la muestra de base Petrillos.

HUMEDAD NATURAL (NORMA ASTM D2216)						
No. TARRO	**No. GOLPES**	**PESO HÚMEDO**	**PESO SECO**	**PESO TARRO**	**% HUMEDAD**	**% PROMEDIO**
136	---	48,97	48,09	37,27	8,1	
3	---	86,48	82,78	36,54	8,0	8,1

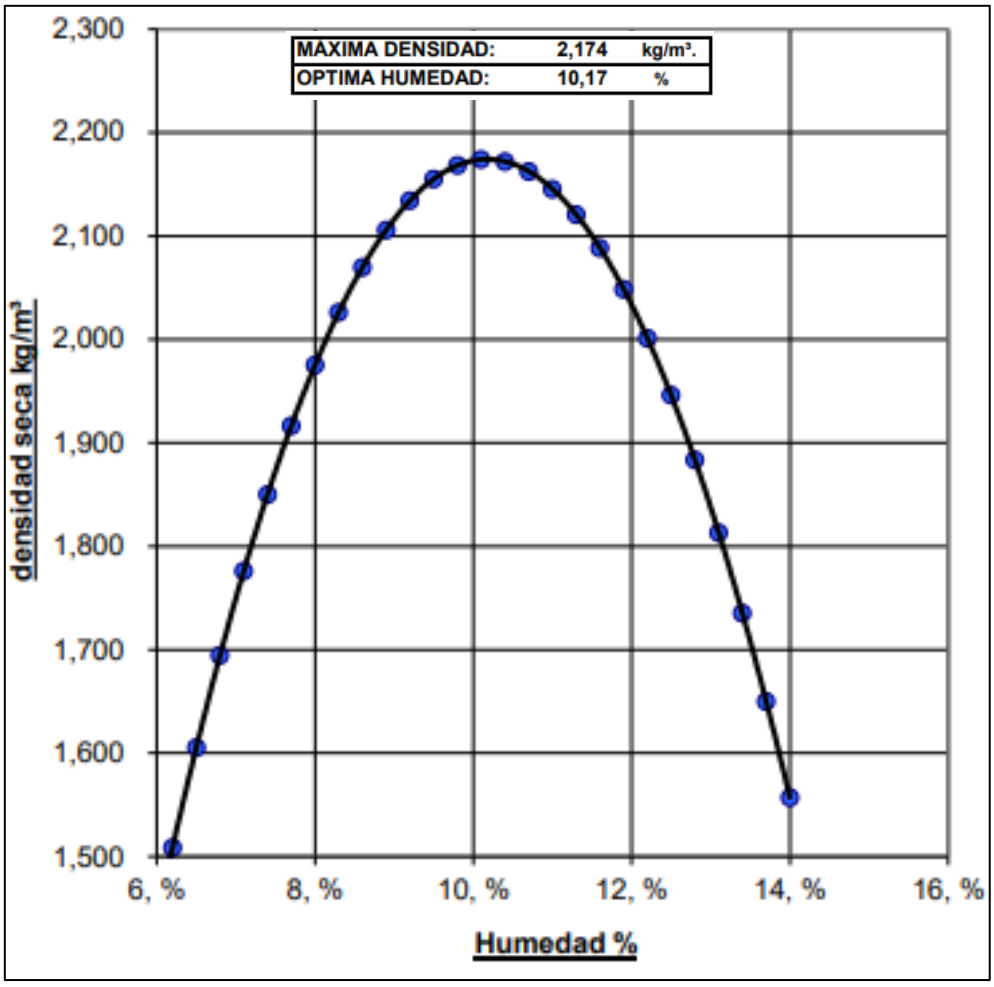
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 19: Clasificación de la muestra de base Petrillos.

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
Color	Café	Humedad Natural	8,05 %
Clasificación		Límite Líquido	0,00 %
SUCS	GW o GP	Índice Plástico	0,00
AASTHO	A-1 a	Índice de Grupo	0,0

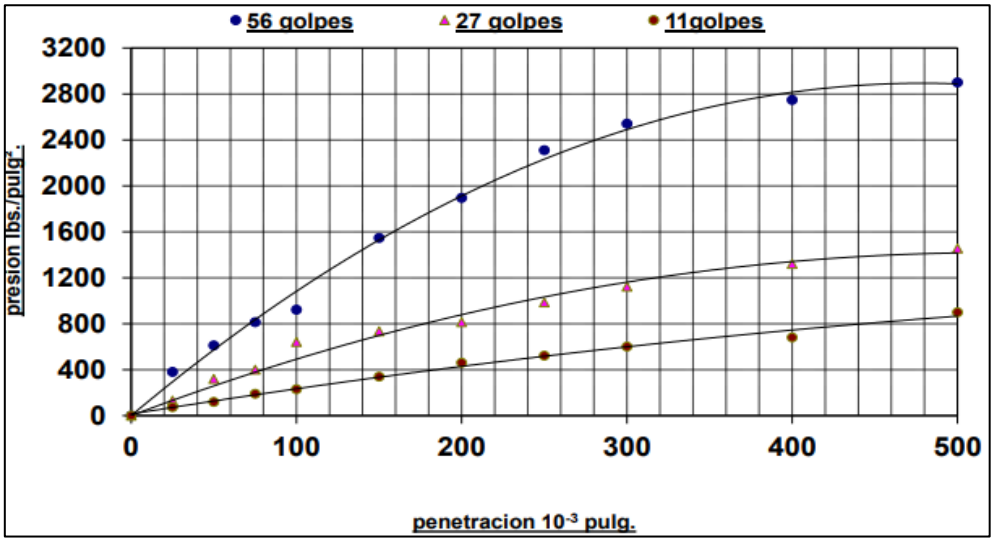
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 7: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de base Petrillos.



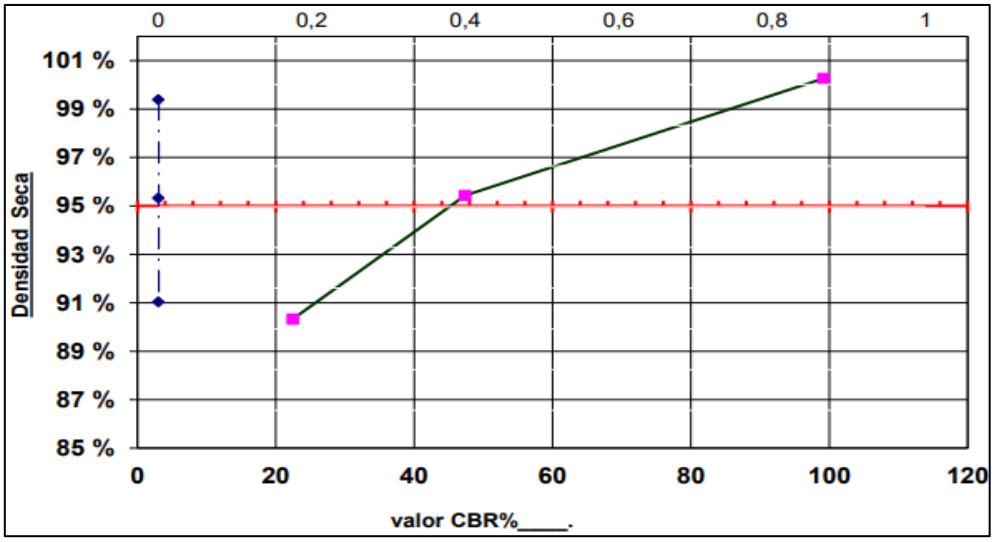
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 8: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de base Petrillos.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 9: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de base Petrillos.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 20: Resultados de desgaste mecánico para la muestra de base Petrillos.

RESULTADOS DE DESGASTE MECÁNICO		
	Ensayo	1
A	Peso del material antes del ensayo	5000 gm
B	Peso del material no desgastado después del ensayo (retenido Tamiz N° 12)	3780 gm
C = (A-B)	Peso del material perdido después del ensayo (Pasa Tamiz N° 12)	1220 gm
D = (C/A) *100	% Desgaste	24,4 %

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

3.4.6.4. Muestra de Mejoramiento

La fuente de material de mejoramiento de la cantera Petrillo se caracteriza como un material granular de tipo grava arcillosa bien graduada (GC), con una presencia baja de materia orgánica y una plasticidad moderada. Este material presenta una granulometría que incluye una mezcla de grava, arena, y finos, lo que favorece su uso para mejoramiento de suelos. Muestra una resistencia al desgaste mecánico del 39,2%, lo que indica un nivel más alto de abrasión en comparación con otros materiales. Además, exhibe una resistencia moderada a la desintegración en presencia de sulfatos, con una pérdida química del 18,5%. La densidad máxima del material es de 2085 kg/m³, con una humedad óptima de 15,02%, lo cual es relevante para su compactación y estabilidad en aplicaciones de mejoramiento de subrasantes.

Tabla 21: Granulometría de la muestra de mejoramiento Petrillos.

GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)					
TAMIZ	**PESO RETENIDO PARCIAL**	**PESO RETENIDO ACUMULADO**	**% RETENIDO**	**% QUE PASA**	**% ESPECIFICADO**
SERIE GRUESA					
3”		0	0	100	
2 ½”		5253	20	80	
2”		6041	23	77	
1 ½”		10243	39	61	
1”		11294	43	57	
3/4”		13132	50	50	
1/2”		13657	52	48	
3/8”		15233	58	42	
No. 4		16809	64	(36)	
Pasa No. 4		9455	(36,0)		
TOTAL, MUESTRA	26264				
SERIE FINA					
No. 10		83,3	70	30	
No. 40		194,4	78	22	
No. 200		291,7	85	(15)	
Pasa No. 200		208,3	(15)		

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 22: Humedad natural de la muestra de base Petrillos.

HUMEDAD NATURAL (NORMA ASTM D2216)						
No. TARRO	**No. GOLPES**	**PESO HÚMEDO**	**PESO SECO**	**PESO TARRO**	**% HUMEDAD**	**% PROMEDIO**
124	---	96,30	89,56	37,68	13,0	
9	---	54,80	52,38	34,07	13,2	13,1

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

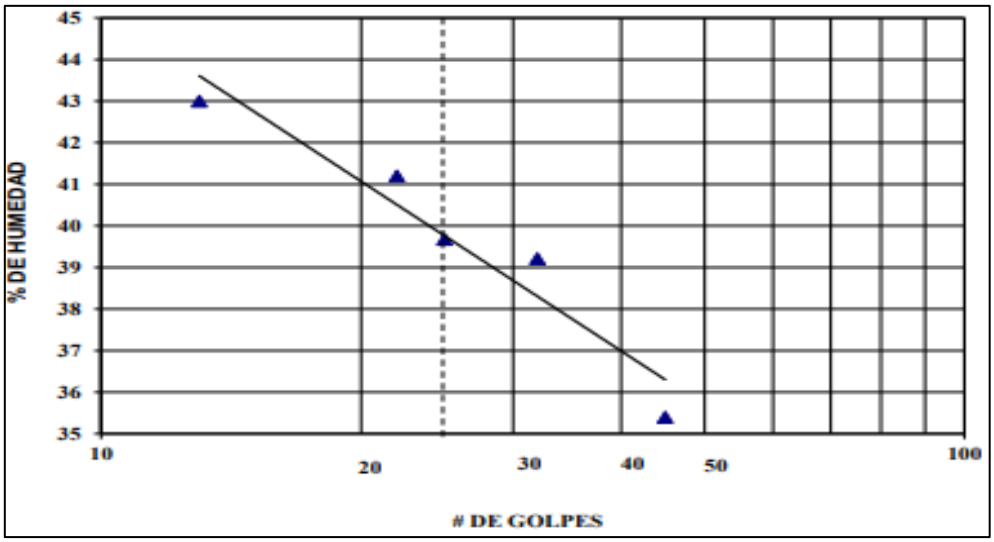
Tabla 23: Límites de Atterberg de la muestra de mejoramiento Petrillos.

LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D318)						
100	45	26,15	20,71	5,35	35,4	
88	32	28,39	22,20	6,42	39,2	
109	22	29,32	21,75	3,37	41,2	
22	13	19,77	15,47	5,48	43,0	
						39,7
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						

LÍMITES DE ATTERBERG						
147	---	12,24	11,12	6,64	25,1	
6	---	14,11	12,76	7,46	25,4	
121	---	14,68	12,83	5,51	25,3	
						25,3

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 10: Límite líquido para la muestra de mejoramiento Petrillo.



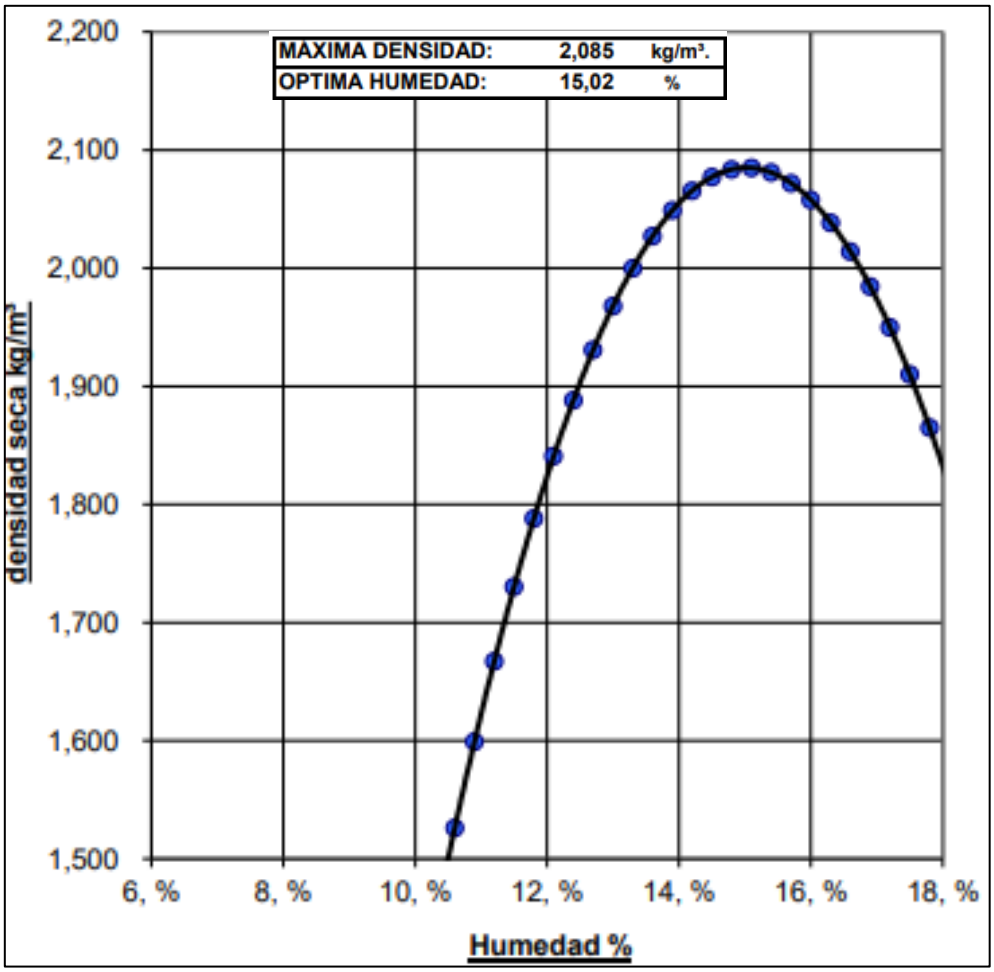
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 24: Clasificación de la muestra de mejoramiento Petrillos.

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
Color	Café	Humedad Natural	13,10 %
Clasificación		Límite Líquido	39,68%
SUCS	GC	Índice Plástico	14,40
AASTHO	A-2-6	Índice de Grupo	0,0

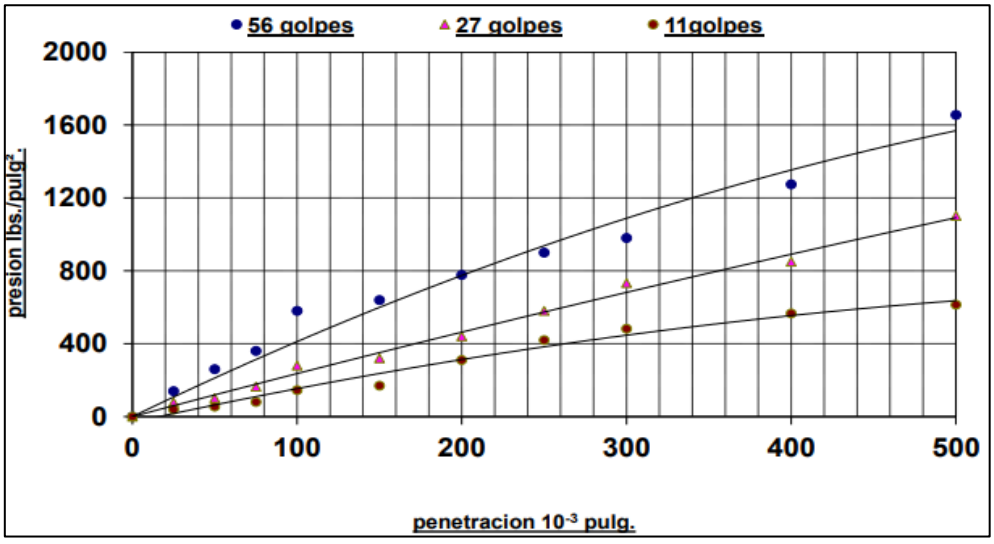
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 11: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de mejoramiento Petrillos.



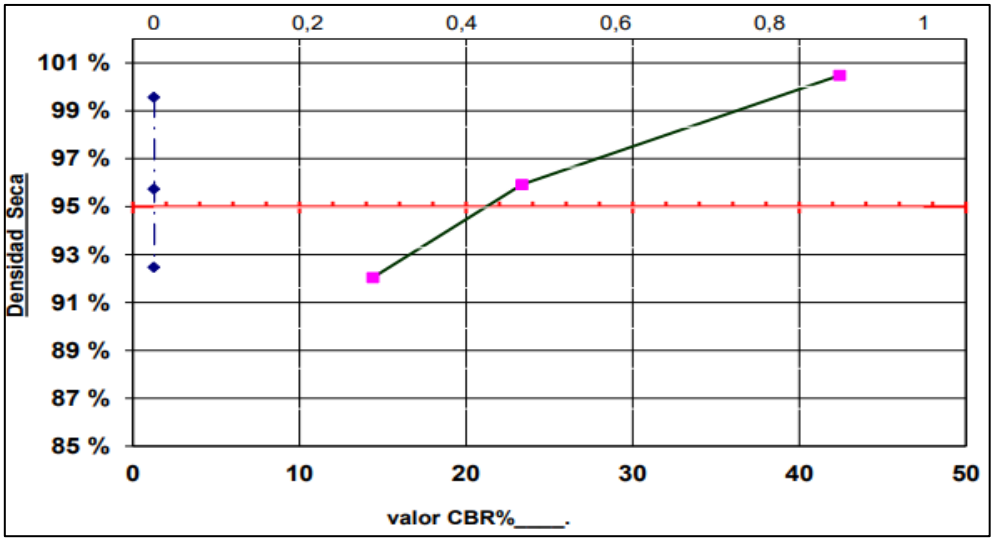
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 12: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de mejoramiento Petrillos.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 13: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de mejoramiento Petrillos.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 25: Resultados de desgaste mecánico para la muestra de mejoramiento Petrillos.

% Q		
	Ensayo	1
A	Peso del material antes del ensayo	5000 gm
B	Peso del material no desgastado después del ensayo (retenido Tamiz N° 12)	3040 gm
C = (A-B)	Peso del material perdido después del ensayo (Pasa Tamiz N° 12)	1960 gm
D = (C/A) *100	% Desgaste	39,20 %

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

3.4.6.5. Cantera “Jerusalén”

La fuente de material de mejoramiento de la cantera Jerusalén se caracteriza como un material granular de tipo grava arcillosa bien graduada (GC), con baja presencia de materia orgánica y una plasticidad moderada. Este material presenta una buena granulometría que incluye una mezcla de grava, arena y finos. Muestra una resistencia al desgaste mecánico con un porcentaje de abrasión del 39,2%, indicando un nivel significativo de abrasión bajo condiciones de tráfico. Además, exhibe una resistencia moderada a la desintegración en presencia de sulfatos, con una pérdida química del 17,74%. La densidad máxima del material es de 2052 kg/m³, con una humedad óptima de 14,39%, lo cual es relevante para su compactación y estabilidad en aplicaciones de mejoramiento de subrasantes.

Tabla 26: Granulometría de la muestra Jerusalén.

GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)					
TAMIZ	**PESO RETENIDO PARCIAL**	**PESO RETENIDO ACUMULADO**	**% RETENIDO**	**% QUE PASA**	**% ESPECIFICADO**
SERIE GRUESA					
3”		0	0	100	
2 ½”		1173	5	95	
2”		3988	17	83	
1 ½”		7741	33	67	
1”		9852	42	58	
3/4”		11260	48	52	
1/2”		11964	51	49	
3/8”		14544	62	38	
No. 4		15482	66	(34)	
Pasa No. 4		7976	(34,0)		
TOTAL, MUESTRA	23458				
SERIE FINA					
No. 10		147,1	76	24	
No. 40		235,3	82	18	
No. 200		308,8	87	(13)	
Pasa No. 200		191,2	(13)		

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 27: Humedad natural de la muestra Jerusalén.

HUMEDAD NATURAL (NORMA ASTM D2216)						
No. TARRO	**No. GOLPES**	**PESO HÚMEDO**	**PESO SECO**	**PESO TARRO**	**% HUMEDAD**	**% PROMEDIO**
81	---	63,94	60,88	36,11	12,4	
17	---	96,66	89,65	33,36	12,5	12,4

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

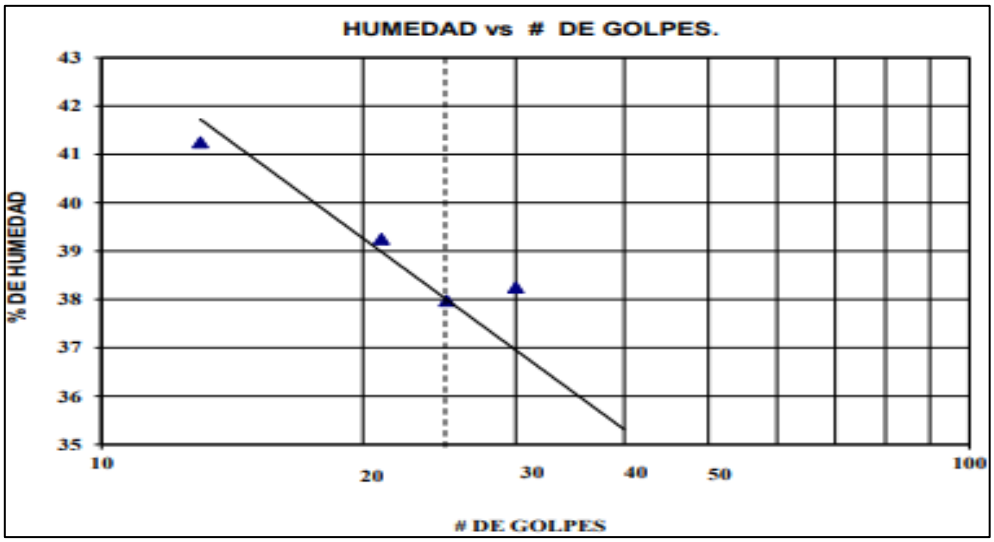
Tabla 28: Límites de Atterberg de la muestra Jerusalén.

LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D318)						
84	40	13,13	14,14	5,41	34,3	
101	30	17,63	14,33	5,71	38,3	
21	21	19,72	16,14	7,02	39,3	
25	13	19,06	15,03	5,25	41,3	
						38,0
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						

LÍMITES DE ATTERBERG						
15	---	15,95	14,33	6,71	21,3	
129	---	16,79	14,79	5,83	22,4	
5	---	16,40	14,26	4,26	21,4	
						21,7

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 14: Límite líquido para la muestra Jerusalén.



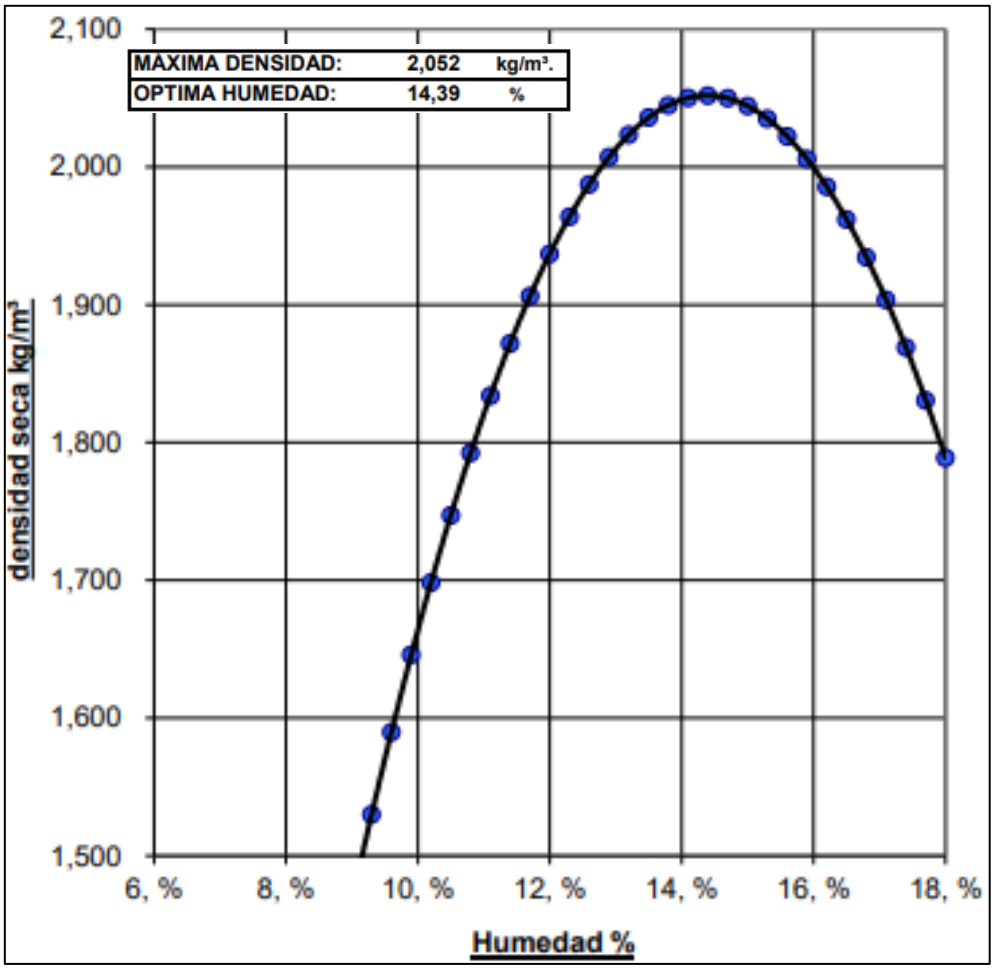
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 29: Clasificación de la muestra Jerusalén.

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
Color	Café	Humedad Natural	12,41 %
Clasificación		Límite Líquido	37,97%
SUCS	GC	Índice Plástico	16,30
AASTHO	A-2-6	Índice de Grupo	0,0

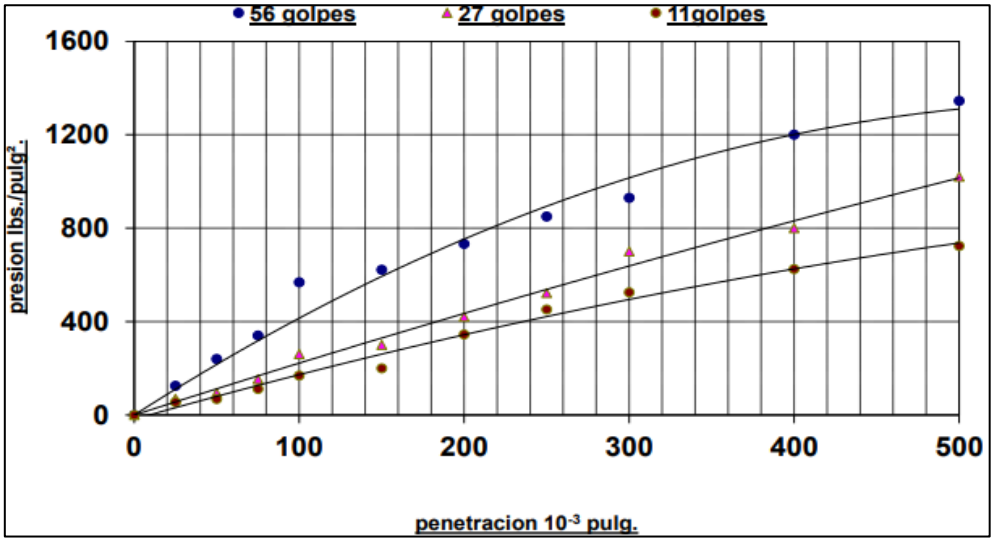
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 15: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Jerusalén.



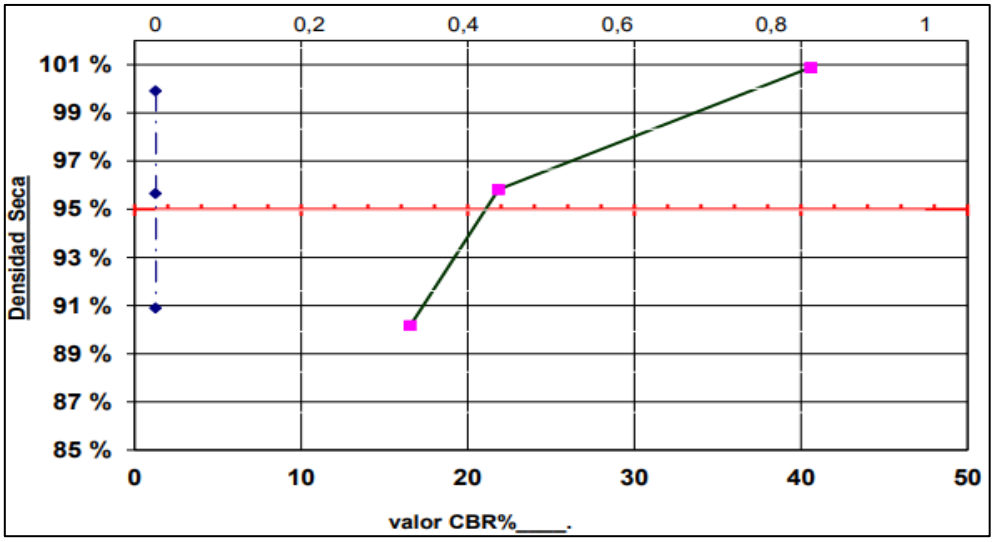
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 16: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Jerusalén.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 17: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Jerusalén.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 30: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Jerusalén.

RESULTADOS DE DESGASTE MECÁNICO		
	Ensayo	1
A	Peso del material antes del ensayo	5000 gm
B	Peso del material no desgastado después del ensayo (retenido Tamiz N° 12)	3040 gm
C = (A-B)	Peso del material perdido después del ensayo (Pasa Tamiz N° 12)	1960 gm
D = (C/A) *100	% Desgaste	39,20 %

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

3.4.6.6. Cantera “Cerro 4”

La fuente de material de la cantera Cerro 4 se caracteriza como un material granular de tipo grava limosa bien graduada (GM), con poca o ninguna presencia de materia orgánica y baja plasticidad. Este material presenta una granulometría adecuada que incluye una mezcla equilibrada de grava, arena y finos, lo cual es ideal para su uso como subbase granular. Muestra una resistencia al desgaste mecánico con un porcentaje de abrasión del 35,8%, indicando una moderada resistencia a la abrasión bajo condiciones de tráfico. Además, exhibe una resistencia moderada a la desintegración en presencia de sulfatos, con una pérdida química del 15,8%. La densidad máxima del material es de 2141 kg/m³, con una humedad óptima de 12,07%, lo que es relevante para su compactación y estabilidad. Presenta un valor de CBR al 100% de compactación del 58,0%, lo que indica una buena capacidad de soporte, adecuado para aplicaciones de subbase en pavimentos.

Tabla 31: Granulometría de la muestra Cerro 4.

GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)					
TAMIZ	**PESO RETENIDO PARCIAL**	**PESO RETENIDO ACUMULADO**	**% RETENIDO**	**% QUE PASA**	**% ESPECIFICADO**
SERIE GRUESA					
3”		0	0	100	
2 ½”		1173	5	95	
2”		3988	17	83	
1 ½”		7741	33	67	
1”		9852	42	58	
3/4”		11260	48	52	
1/2”		11964	51	49	
3/8”		14544	62	38	
No. 4		15482	66	(34)	
Pasa No. 4		7976	(34,0)		
TOTAL, MUESTRA	23458				
SERIE FINA					
No. 10		147,1	76	24	
No. 40		235,3	82	18	
No. 200		308,8	87	(13)	
Pasa No. 200		191,2	(13)		

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 32: Humedad natural de la muestra Cerro 4.

HUMEDAD NATURAL (NORMA ASTM D2216)						
No. TARRO	**No. GOLPES**	**PESO HÚMEDO**	**PESO SECO**	**PESO TARRO**	**% HUMEDAD**	**% PROMEDIO**
81	---	63,94	60,88	36,11	12,4	
17	---	96,66	89,65	33,36	12,5	12,4

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

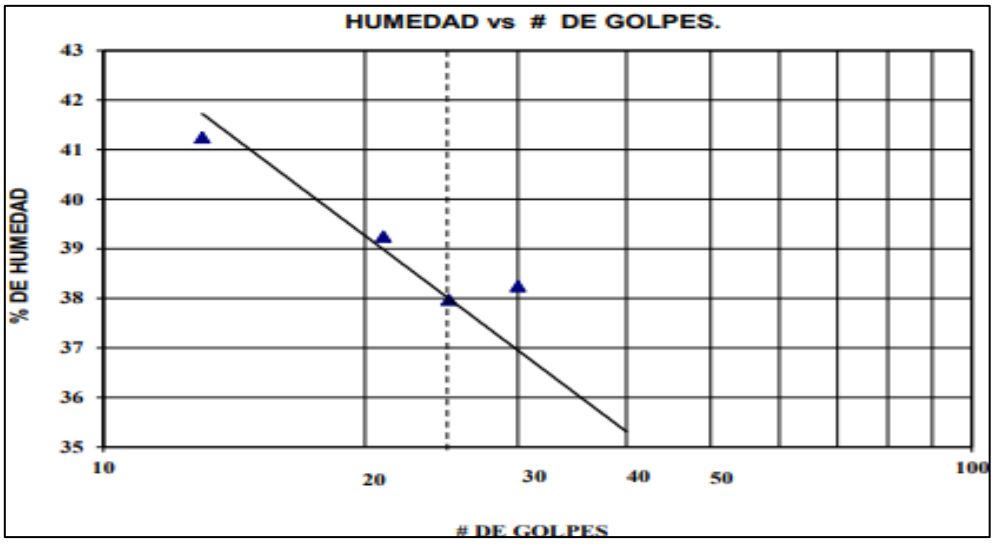
Tabla 33: Límites de Atterberg de la muestra Cerro 4.

LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D318)						
84	40	17,13	14,14	5,41	34,3	
101	30	17,63	14,33	5,71	38,3	
21	21	19,72	16,14	7,02	39,3	
25	13	19,06	15,03	5,25	41,3	
						38,0
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)						

LÍMITES DE ATTERBERG						
15	---	15,95	14,33	6,71	21,33	
129	---	16,79	14,79	5,83	22,4	
5	---	16,40	14,26	4,26	21,4	
						21,7

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 18: Límite líquido para la muestra Cerro 4.



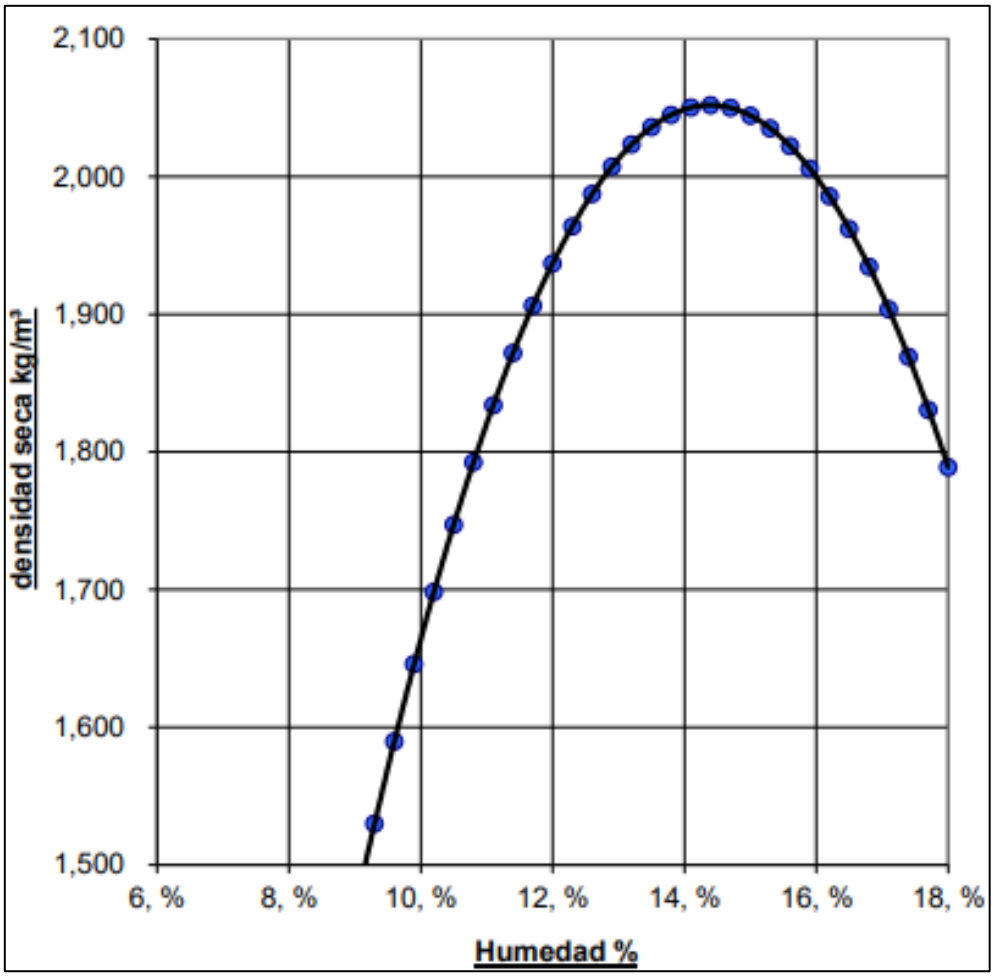
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 34: Clasificación de la muestra Cerro 4.

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
Color	Café	Humedad Natural	12,41 %
Clasificación		Límite Líquido	37,97%
SUCS	GC	Índice Plástico	16,300
AASTHO	A-2-6	Índice de Grupo	0,0

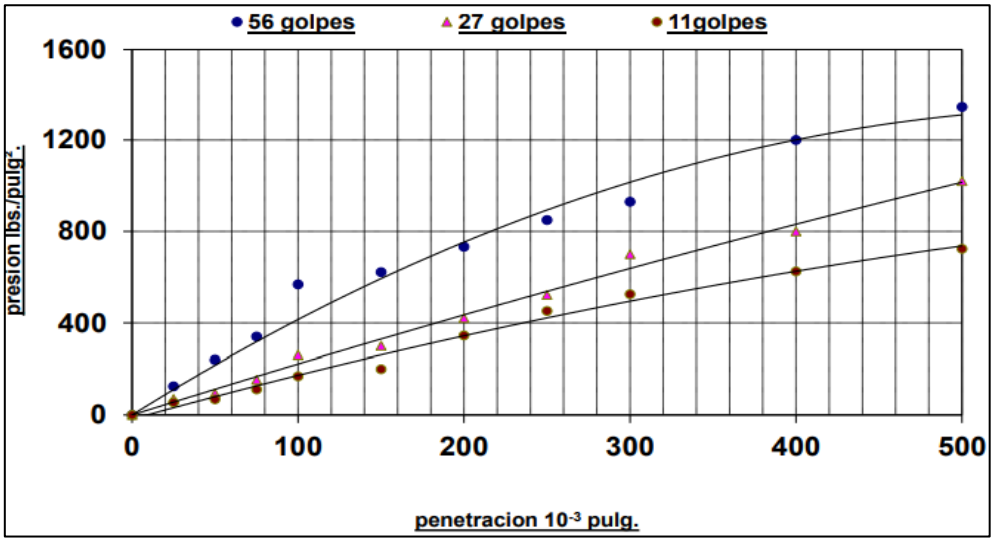
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 19: Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Cerro 4.



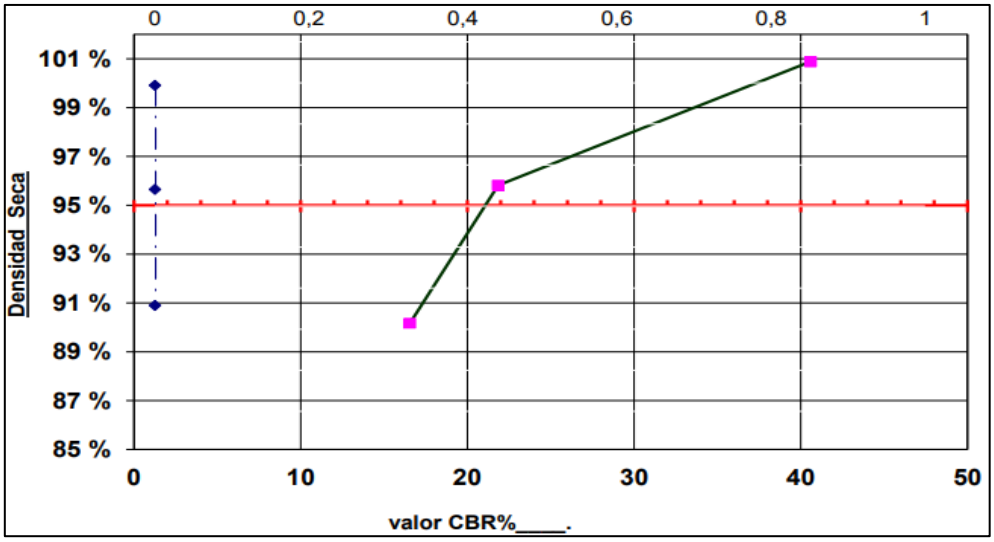
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 20: Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Cerro 4.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 21: Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Cerro 4.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 35: Resultados de desgaste mecánico para la muestra Cerro 4.

RESULTADOS DE DESGASTE MECÁNICO		
	Ensayo	1
A	Peso del material antes del ensayo	5000 gm
B	Peso del material no desgastado después del ensayo (retenido Tamiz N° 12)	3210 gm
C = (A-B)	Peso del material perdido después del ensayo (Pasa Tamiz N° 12)	1790 gm
D = (C/A) *100	% Desgaste	35,8 %

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

A continuación, se presenta un cuadro resumen que compila los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados para las diferentes fuentes de materiales evaluadas para el proyecto. Este cuadro incluye información detallada sobre la granulometría, clasificación del suelo, contenido orgánico, resistencia a la abrasión, pérdida por sulfatos, humedad óptima, densidad máxima y valores de CBR para cada material. El resumen permite una comparación directa de las propiedades de los materiales, facilitando la evaluación de su idoneidad para las aplicaciones previstas.

Tabla 36: Resumen de resultados de laboratorio para todas las muestras ensayadas.

MUESTRA	GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS												LL	LP	CLASIFICACIÓN		MÁXIMA DENSIDAD	HUMEDAD OPTIMA %	CBR %	ABRASIÓN %	PESO ESPECÍFICO	EQUIVALENTE ARENA	SULFATOS	ADHERENCIA ASFALTO %	CONT. ORGÁNICO
	% QUE PASA														SUCS	AASHTO									
#	3”	2 ½”	2”	1 ½”	1”	3/4”	½"	3/8”	#4	#10	#40	#200													
FUENTE DE MATERIAL: BORCONS – ORDOÑEZ COORDENADAS WGS84 17S 609888 9783973																									
USO: BASE GRANULAR																									
1			100	100	75	71	55	49	49	35	25	4	NP	NP	GW o GP	A-1-a	2163	11	87	24			10		F.2
FUENTE DE MATERIAL: PARAÍSO COORDENADAS WGS 84 17S 609703 9784280																									
USO: BASE GRANULAR																									
1	100	90	80	67	58	51	49	39	36	26	20	6	24	22	GM	A-1-a	2059	9,93	60	37					
FUENTE DE MATERIAL: PETRILLOS COORDENADAS WGS 84 17S 609176 9782284																									
USO: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE																									
1	100	80	77	61	57	50	48	42	36	30	22	15	40	14	GC	A-2-6	2085	15	42	39			18		F.3
2				100	76	70	51	48	38	31	18	4	NP	NP	GW o GP	A-1-a	2174	10	99	24			8		F.2
FUENTE DE MATERIAL: JERUSALEN COORDENADAS WGS84 17S 6039690 9777643																									
USO: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE																									
1	100	95	83	67	58	52	49	38	34	24	18	13	40	16	GC	A-2-6	2052	14	41	39			18		F.3
FUENTE DE MATERIAL: CERRO 4 COORDENADAS WGS84 17S 607564 977960																									
USO: SUB BASE GRANULAR																									
1		100	85	81	76	70	68	61	50	42	32	14	32	6	GM	A-1-b	2141	12	58	36			13		F.2

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

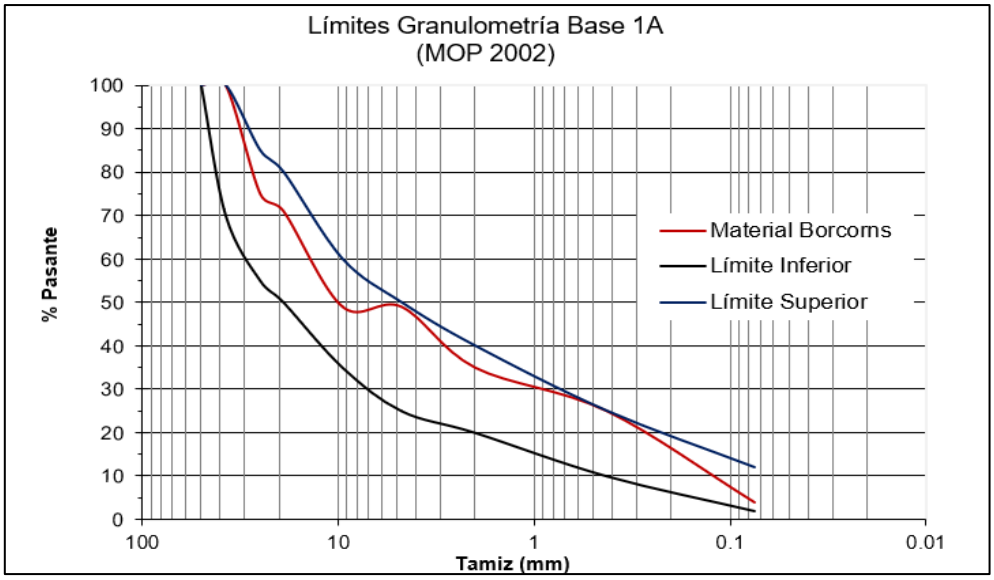
3.4.7. VALIDACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS FUENTES

En base a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y de las especificaciones técnicas que deberían tener los materiales para las diferentes capas de la estructura del pavimento según MOP - 001-F 2002 se verifica la idoneidad de cada fuente para sus posibles aplicaciones.

3.4.7.1. Cantera “Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)”

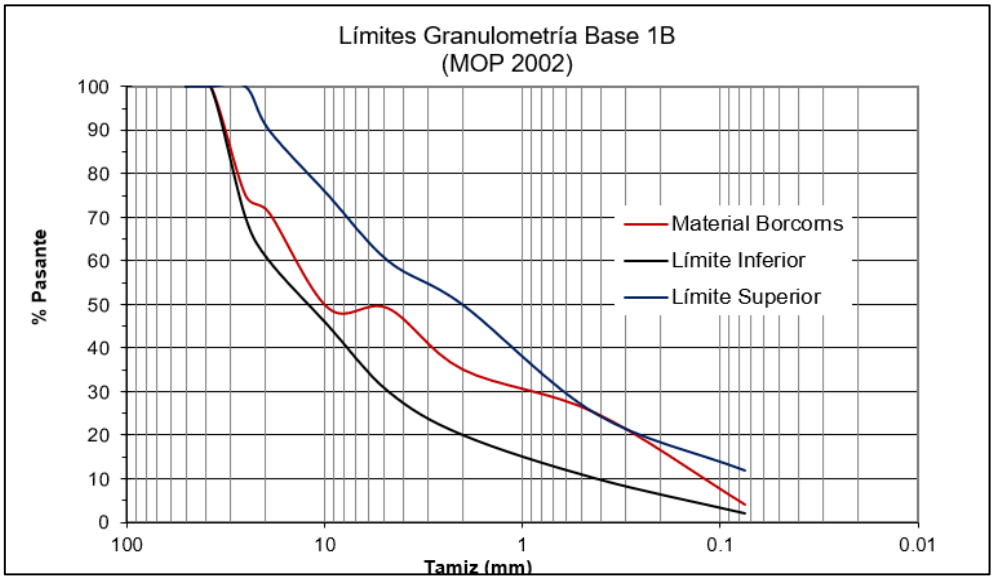
Para esta fuente de material se verifica su aplicabilidad para la capa de base de la estructura de pavimento.

Gráfica 22: Verificación de granulometría para la muestra Borcorns - Ordoñez.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 23: Verificación de granulometría para la muestra Borcorns - Ordoñez.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 37: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra Borcorns - Ordoñez.

CARACTERÍSTICA	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD	NORMATIVA PARA MATERIAL BASE MOP 2002	CONDICIÓN
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%	CUMPLE
Índice Plástico		0	%	<6%	CUMPLE
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	24	%	<40%	CUMPLE
CBR	Ensayo CBR	87	%	≥80%	CUMPLE

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

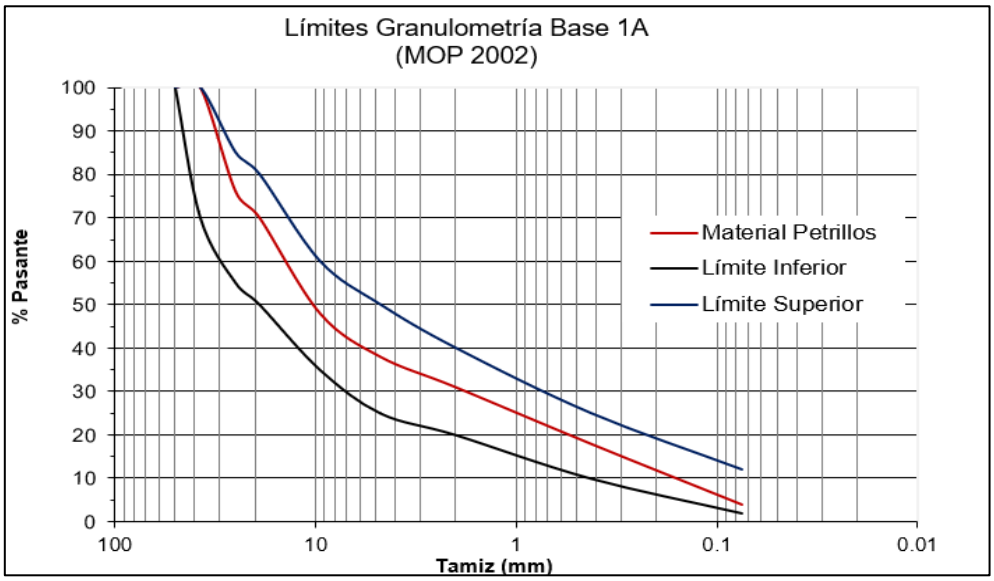
Los resultados presentados en la Tabla 32, evidencian que la muestra proveniente de la cantera Borcorns-Ordoñez cumplen las especificaciones para su utilización como base granular tipo 1.

3.4.7.2. Cantera “Petrillos”

Para esta fuente de material se verifica su aplicabilidad tanto para base como para material de mejoramiento dado que dicha cantera ofrece ambas variedades de producto.

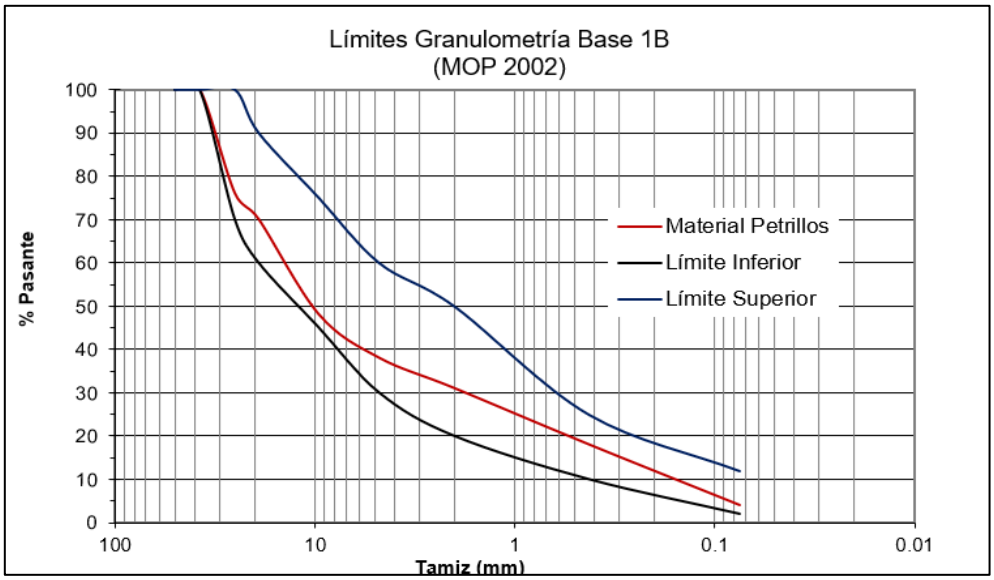
En base a lo presentado en la Grafica 21, 22 y la Tabla 33 se concluye que la muestra de base proveniente de la cantera Petrillos cumple con las especificaciones para Clase 1.

Gráfica 24: Verificación de granulometría para la muestra de base Petrillos.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 25: Verificación de granulometría para la muestra de base Petrillos.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 38: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de base Petrillos.

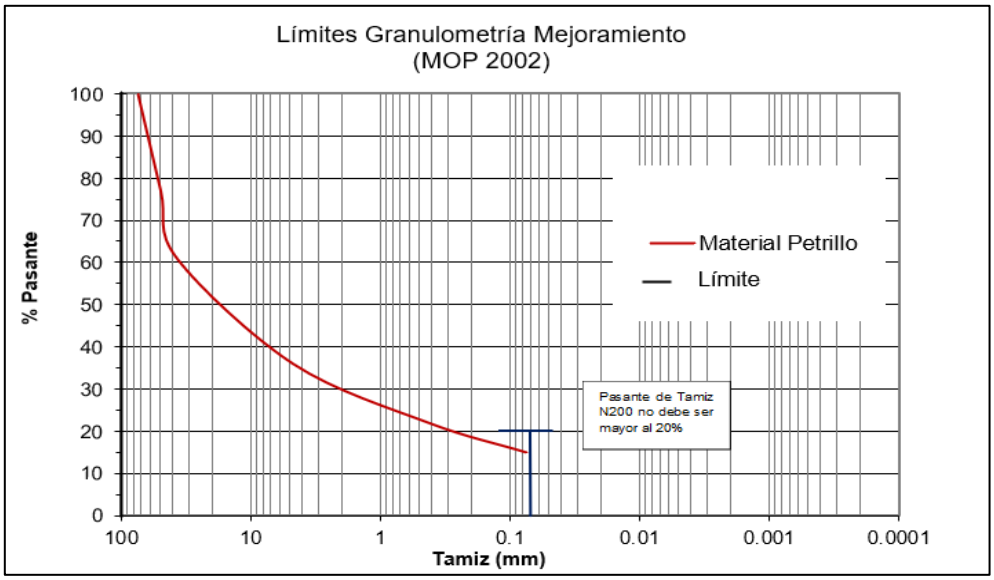
CARACTERÍSTICA	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD	NORMATIVA PARA MATERIAL BASE MOP 2002	CONDICIÓN
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%	CUMPLE
Índice Plástico		0	%	<6%	CUMPLE
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	24	%	<40%	CUMPLE
CBR	Ensayo CBR	99	%	≥80%	CUMPLE

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

3.4.7.3. Muestra de Mejoramiento

En la Grafica 23 se observa que la granulometría de la muestra de mejoramiento cumple los límites establecidos, sin embargo, los parámetros de consistencia y resistencia presentados en la Tabla 34 se evidencia que el límite líquido y el índice plástico no cumple los límites establecidos.

Gráfica 26: Verificación de granulometría para la muestra de mejoramiento Petrillos.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 39: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de mejoramiento Petrillos.

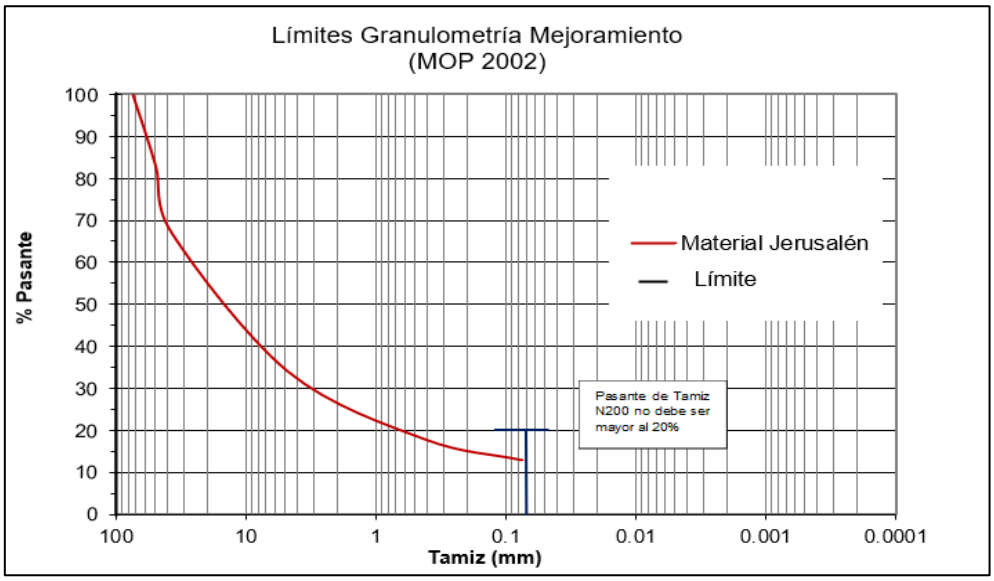
CARACTERÍSTICA	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD	NORMATIVA PARA MATERIAL BASE MOP 2002	CONDICIÓN
Límite Liquido	Límites de Atterberg	40	%	<35%	NO CUMPLE
Índice Plástico		26	%	<9%	NO CUMPLE
CBR	Ensayo CBR	42	%	≥20%	CUMPLE

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

3.4.7.4. Cantera “Jerusalén”

Para esta fuente de material se verifica su aplicabilidad para la capa de mejoramiento de la estructura de pavimento.

Gráfica 27: Verificación de granulometría para la muestra de Jerusalén.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 40: Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de Jerusalén.

CARACTERÍSTICA	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD	NORMATIVA PARA MATERIAL BASE MOP 2002	CONDICIÓN
Límite Liquido	Límites de Atterberg	40	%	<35%	NO CUMPLE
Índice Plástico		24	%	<9%	NO CUMPLE
CBR	Ensayo CBR	41	%	≥20%	CUMPLE

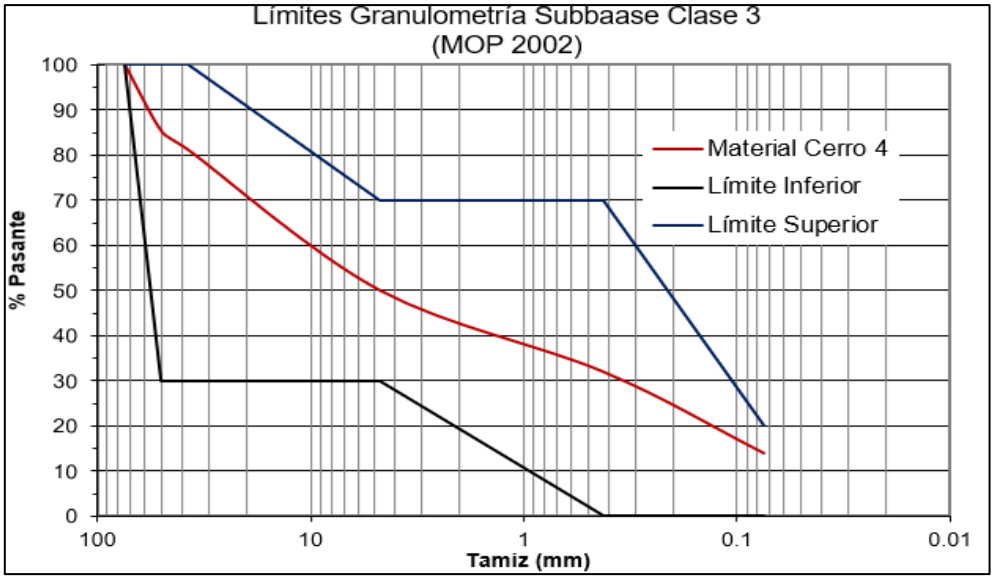
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

En la Gráfica 24 se observa que la granulometría de la muestra de mejoramiento cumple los límites establecidos, sin embargo, los parámetros de consistencia y resistencia presentados en la Tabla 35 evidencian que el límite líquido y el índice plástico no cumple los límites establecidos.

3.4.7.5. Cantera “Cerro 4”

Del material extraído de esta fuente se verifica su aplicabilidad como capa de sub-base y mejoramiento de la estructura de pavimento. De acuerdo con la Grafica 25 y la Tabla 36 la muestra cumple con la granulometría para sub-base clase 3 sin embargo los límites de consistencia no se encuentran dentro de los límites establecidos.

Gráfica 28: Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4.



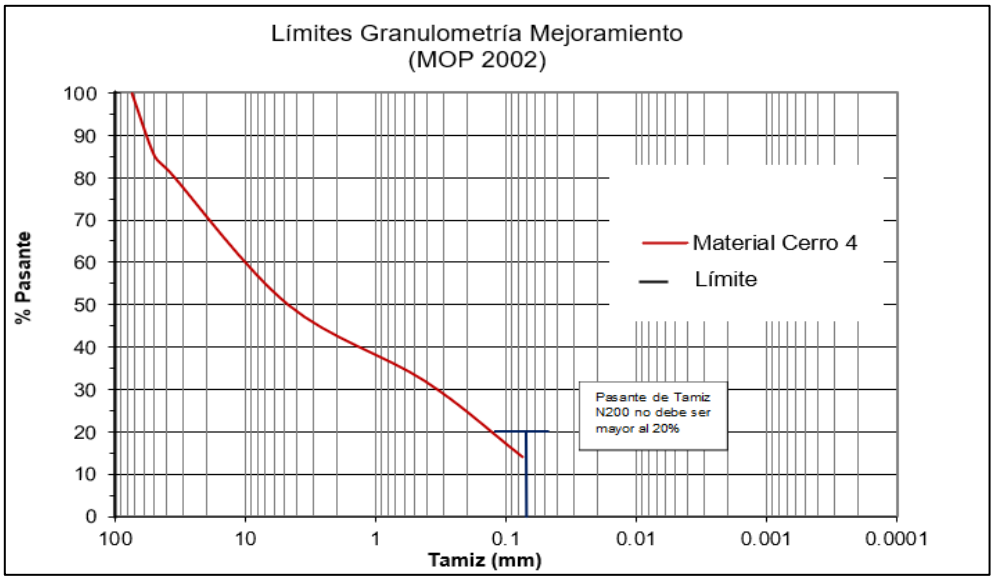
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 41: Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-base para la muestra de Cerro 4.

CARACTERÍSTICA	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD	NORMATIVA PARA MATERIAL BASE MOP 2002	CONDICIÓN
Límite Liquido	Límites de Atterberg	32	%	<25%	NO CUMPLE
Índice Plástico		26	%	<6%	NO CUMPLE
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	36	%	<50%	CUMPLE
CBR	Ensayo CBR	58	%	≥30%	CUMPLE

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Gráfica 29: Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Tabla 42: Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-base para la muestra de Cerro 4.

CARACTERÍSTICA	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD	NORMATIVA PARA MATERIAL BASE MOP 2002	CONDICIÓN
Límite Liquido	Límites de Atterberg	32	%	<35%	CUMPLE
Índice Plástico		26	%	<9%	NO CUMPLE
CBR	Ensayo CBR	58	%	≥20%	CUMPLE

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Laboratorio de Geotecnia 2024.

Al analizar la aplicabilidad del material como mejoramiento de la estructura se observa según la Grafica 26 que se cumple con los límites de granulometría establecidos, sin embargo, en base a la Tabla 42 se evidencia que el índice plástico es superior al establecido.

3.4.8. CONCLUSIONES

A través de los ensayos de laboratorio realizados, se determinó que algunos materiales cumplen con las especificaciones técnicas necesarias para su uso en la construcción de capas de pavimento. Sin embargo, se encontraron materiales que no cumplen con ciertos parámetros, como el índice plástico, lo cual limita su aplicación a menos que se tomen medidas correctivas o se busquen alternativas adecuadas.

Se evaluaron varias fuentes de materiales y su idoneidad para su aplicación en diferentes capas de la estructura del pavimento. Algunas fuentes, como la cantera "Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)" y “Petrillos” demostraron ser adecuadas para la capa base, cumpliendo con todos los requisitos técnicos, lo que las convierte en opciones viables para el proyecto.

En los casos en que los materiales de mejoramiento no cumplen con los límites de consistencia establecidos por la normativa vigente, según la sección 816-2 de la MOP-001-F-2002, se recomienda implementar técnicas de estabilización, como la adición de cal o cemento, para mejorar sus propiedades plásticas y reducir su sensibilidad al agua. Adicionalmente, según la sección 814-2 para estos casos se recomienda el tamizado para eliminar todas las partículas menores a 10 mm, seguido de la trituración del material resultante y la adición de arena en una planta mezcladora para obtener la granulometría requerida.