

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, EMPLEANDO LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES Y SUBBASES DE CATORCE
DIFERENTES MINAS DE MATERIALES PÉTREOS DEL ECUADOR.**

VINUEZA GALLEGOS BYRON FERNANDO

ZURITA DURÁN MIREYA ALEJANDRA

Quito, noviembre 2022

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres, los cuales me han apoyado toda mi vida, y me han impulsado a ser quien soy ahora. Les amo y estaré eternamente agradecido con ustedes.

Se lo dedico también a todos los seres queridos que me rodean, mi familia, mis amigos cercanos y a los seres que ya no están en este mundo, en especial a mi hermana que en paz descanse, que sé que estaría muy orgullosa de mi.

Fernando Vinueza

Agradecimiento

Agradezco a mis padres, Byron Vinueza y Cristina Gallegos, por ser la mejor guía y apoyo que he podido tener, para poder crecer y formarme como un profesional. Mi padre, un emprendedor y luchador que siempre me ayudó con todo el amor del mundo, en lo que necesité para ser una buena persona y un buen profesional, siempre estaré agradecido contigo. Y mi madre, una mujer fuerte y luchadora, que siempre se preocupó por mí y estuvo pendiente de que no me falte nada, me diste la fuerza para cumplir todas mis metas y lograr formarme en ser quien soy ahora, eres y siempre serás la mejor madre del mundo para mí.

A mi hermano David Moreta, por ser un gran apoyo y ejemplo en mi vida, gracias a ti he logrado alcanzar mis objetivos y te agradezco por siempre creer en mí.

A mi hermano mayor Jorge Moreta y a mi cuñada Sara Barros, quienes siempre han confiado en mí, y me brindaron su apoyo cuando los necesité.

A mi compañera de tesis, Mireya Zurita, por ser una gran amiga y ayudarme a cumplir una de las metas más importantes de mi vida, ser ingeniero civil.

A mi director de tesis, el Ing. Wilson Cando, quien nos impulsó a desarrollar el presente trabajo de titulación con su apoyo y nos animó a culminarlo con éxito.

A nuestros lectores y docentes que nos brindaron su valiosa ayuda, el Ing. Fredi Paredes, el Ing. Mauricio Celi y el Ing. Gustavo Yáñez.

Finalmente agradezco a la institución Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por contar con un gran sistema educativo, lleno de buenos docentes, quienes me

transmitieron su conocimiento y me permitieron formarme en un profesional de calidad.

Fernando Vinueza

Dedicatoria

Quiero dedicar el presente trabajo de titulación a mis padres Fernando y Mireya, que se merecen este logro ya que han sido los que han trabajado duro y me han apoyado para llegar a donde me encuentro hoy. Gracias por su confianza y por su amor incondicional. ¡Lo logramos papitos su princesa ya es ingeniera!

A mis hermanos que me han acompañado en tantas cosas y me han alegrado todos los días.

A mi familia y amigos quienes siempre quisieron lo mejor para mi y estuvieron presentes en mis momentos buenos y malos.

Mireya Zurita

Agradecimiento

Quiero agradecer principalmente a Dios por darme la oportunidad, salud y vida para concluir mis estudios.

A mis padres que son las personas que más amo en la vida, a mi papi quien fue el que me inculco el amor por esta carrera y quien trabajo día a día por darme mis estudios.

A mi mami que estuvo conmigo aconsejándome, apoyándome y guiándome siempre, a mis hermanos quienes comparten locuras y travesuras conmigo, a mis abuelitos no me alcanzaría la vida para agradecerles todo lo que han hecho por mí y a mi abuelito Jorgito que sé que desde el cielo aplaude conmigo este logro.

A Fernando Vinueza mi compañero de tesis, quien además de realizar el trabajo me tuvo paciencia siempre, me enseñó mucho y me apoyo brindándome su amistad incondicional.

A mis ingenieros e ingenieras: Ariel, Blady, Tefo, Jose, Dome, Andy, Vale, Carlitos, Caro, Sarita, Sebas , Santi Tibán ,David, Jaimito , Joseph ,Santi Romero y todos mis compañeros en general por todos estos años de carrera , por ayudarme a adquirir nuevos conocimientos y por crecer juntos . Gracias por cada momento y apoyo en todo.

A mi director de tesis el Ing. Wilson Cando por su valioso conocimiento brindado en cada capítulo de este trabajo y además por ser un gran ejemplo tanto profesional como personal y ayudarnos en absolutamente todo para poder llegar a culminar esta etapa.

A mis lectores, revisores y profesores el Ing. Mauricio Cely, Ing. Fredi Paredes y el Ing. Gustavo Yáñez por impartir sus conocimientos en nosotros y ayudarnos a concluir este proceso.

Por último, quiero agradecer a mi universidad, mi querida Católica por darme todo el conocimiento adquirido del personal más capacitado, por darme un espacio no solo de estudio sino también para desenvolverme en lo que más me gusta hacer que es jugar fútbol.

Mireya Zurita

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Alcance.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Californian Bearing Ratio, C.B.R.	5
2.2 Módulo Resiliente.....	6
2.3 Bases.....	6
2.3.1. <i>Base clase 1, tipo A y B</i>	7
2.3.2. <i>Base clase 2</i>	7
2.3.3. <i>Base clase 3</i>	8
2.3.4. <i>Base clase 4</i>	8
2.3.5. <i>Propiedades mecánicas de las bases</i>	8
2.4 Subbases.....	9
2.4.1 <i>Subbase clase 1, 2 y 3</i>	9
2.4.2 <i>Propiedades mecánicas de las subbases</i>	10
2.5 Ensayos en los agregados.....	10
2.5.1. <i>Granulometría ASTM C136</i>	10
2.5.2. <i>Gravedad específica ASTM C127, ASTM C128</i>	10

2.5.3 Contenido Orgánico, ASTM C40.....	11
2.5.4. Determinación de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en los agregados ASTM C142.....	11
2.5.5. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos (sulfato de sodio y de magnesio) ASTM C88.....	11
2.5.6. Equivalente de arena ASTM D2419.....	11
2.5.7. Desgaste a la abrasión con la máquina de los ángeles ASTM C131.....	12
2.5.8. Límites de Atterberg ASTM 4318.....	12
2.6. Diseño del pavimento flexible AASHTO (1993).....	12
2.6.1. Tipos de ejes y sus pesos.	12
2.6.2 Confiabilidad.	16
2.6.3. Factor de distribución por carril.	17
2.6.4. Periodo de diseño.....	17
2.6.5. TPDA.....	18
2.6.6. Tasa de crecimiento.	18
2.6.7. Índice de serviciabilidad.....	19
CAPÍTULO III.....	20
3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	20
3.1. Análisis comparativo de las propiedades de los agregados de las minas en estudio.	20
3.1.1. Granulometría: Bases.....	20
3.1.2. Granulometría: Subbases.....	28
3.1.3. Gravedad Específica y absorción de los agregados.....	34
3.1.4. Contenido Orgánico.....	37

3.1.5. Terrones de arcilla y partículas friables.....	39
3.1.6. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos.....	42
3.2. Análisis de las propiedades mecánicas de las bases y subbases de las catorce minas.....	43
3.2.1 Bases.....	43
3.2.2 Subbases.....	60
CAPÍTULO IV	73
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL.....	73
4.1. Consideraciones iniciales para el diseño.....	73
4.2. Diseño de la estructura del pavimento.....	79
4.3. Análisis comparativo de los diseños realizados.....	106
CAPITULO V.....	117
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1. Conclusiones.....	117
5.2. Recomendaciones.....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXOS	128
1. ANEXO 1: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL CON DIFERENTES CLASES DE BASE Y SUBBASE DE LAS MINAS	128
1.1. Espesor de la capa de rodadura en función del tipo de base de las minas. ...	128
1.2. Espesor de la capa base en función del tipo de base y subbase de las minas.	128
1.3. Espesor de la capa subbase en función del tipo de base y subbase de las minas.	137
1.4. Verificación de diseño AASHTO 93.....	146

2. ANEXO 2: RECOPIACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS EN LAS MINAS EN ESTUDIO.....	146
2.1. Granulometría.	146
2.2. Gravedad específica.	189
2.3. Contenido orgánico.	192
2.4. Terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en los agregados.	194
2.5. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos (sulfato de sodio y de magnesio).	198

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Minas tomadas como casos de estudio.	2
Tabla 2. Clasificación de suelos con el CBR.	5
Tabla 3. Granulometría Base Clase 1	7
Tabla 4. Granulometría Base Clase 2	7
Tabla 5. Granulometría Base Clase 3	8
Tabla 6. Granulometría Base Clase 4	8
Tabla 7. Granulometría Sub-Bases Clase 1, 2 y 3.....	9
Tabla 8. Tipos de vehículos motorizados	14
Tabla 9. Nivel de confiabilidad.	16
Tabla 10. Factor de distribución de carril	17
Tabla 11. Periodo de diseño	17
Tabla 12. Análisis comparativo, bases clase 1	20
Tabla 13. Análisis comparativo, bases clase 2	22
Tabla 14. Análisis comparativo, bases clase 3	24
Tabla 15. Análisis comparativo, bases clase 4	26
Tabla 16. Análisis comparativo, subbases clase 1	28
Tabla 17. Análisis comparativo, subbases clase 2	30
Tabla 18. Análisis comparativo, subbases clase 3	32
Tabla 19. Análisis comparativo, Gravedad específica de los agregados	34
Tabla 20. Análisis comparativo, Contenido orgánico de los agregados.....	37
Tabla 21. Análisis comparativo, Terrones de arcilla y partículas friables de los agregados	39
Tabla 22. Análisis comparativo, Durabilidad a la acción de los sulfatos	42
Tabla 23. Límites de Atterberg.....	43
Tabla 24. Desgaste por abrasión.....	44
Tabla 25. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 1.....	46
Tabla 26. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 2.....	47
Tabla 27. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 3.....	49
Tabla 28. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 4.....	50
Tabla 29. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 1.....	52
Tabla 30. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 2.....	54
Tabla 31. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 3.....	56

Tabla 32. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 4.....	58
Tabla 33. Desgaste por abrasión	60
Tabla 34. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Subbase Clase 1	61
Tabla 35. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Subbase Clase 2	63
Tabla 36. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Subbase Clase 3	64
Tabla 37. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Subbases clase 1	66
Tabla 38. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Subbases clase 2	68
Tabla 39. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Subbases clase 3	70
Tabla 40. TPDA Total del redondel Codesa, año 2017.....	74
Tabla 41. Tasa de crecimiento vehicular anual	75
Tabla 42. TPDA futuro, proyección 20 años	75
Tabla 43. Clasificación funcional de las vías.....	76
Tabla 44. Nivel de confianza en base a la clasificación funcional.....	76
Tabla 45. Desviación estándar So	77
Tabla 46. Porcentaje de ejes equivalentes W8 en el carril de diseño	78
Tabla 47. Tipos de vehículos motorizados.....	80
Tabla 48. TPDA inicial y final, vehículos empleados en el diseño.....	80
Tabla 49. Factor de carga equivalente.....	82
Tabla 50. Coeficientes de drenaje	84
Tabla 51. Módulos resilientes de las bases de las minas	87
Tabla 52. Módulos resilientes de las subbases de las minas.....	88
Tabla 53. Coeficiente a_2 para bases, en 1/pulg.	92
Tabla 54. Coeficiente a_2 para bases, en 1/cm.....	93
Tabla 55. Coeficiente a_3 para subbases, en 1/pulg.	95
Tabla 56. Coeficiente a_3 para subbases, en 1/cm.	96
Tabla 57. Coeficiente estructural SN_1 en función del tipo de base y mina.	97
Tabla 58. Coeficiente estructural SN_2 en función del tipo de subbase y mina.....	99
Tabla 59. Tabla resumen de diseños con Base Clase III y Subbase Clase III de las minas.	106
Tabla 60. Frecuencias de los espesores de las carpetas asfálticas.....	109
Tabla 61. Frecuencias de los espesores de las bases clase 3	110
Tabla 62. Frecuencias de los espesores de las subbases clase 3	111
Tabla 63. Espesores mínimos establecidos por la AASHTO.....	122
Tabla 64. Espesores de la carpeta de rodadura, en cm.	128

XIII

Tabla 65. Espesores de la capa base Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm.....	128
Tabla 66. Espesores de la capa base Mina Vargas Soria (Baños), en cm.	129
Tabla 67. Espesores de la capa base Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.	129
Tabla 68. Espesores de la capa base Mina La China (Quevedo), en cm.	129
Tabla 69. Espesores de la capa base Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.	130
Tabla 70. Espesores de la capa base Mina Compañía JHV (Tena), en cm.	130
Tabla 71. Espesores de la capa base Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.....	130
Tabla 72. Espesores de la capa base Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.	130
Tabla 73. Espesores de la capa base Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.	131
Tabla 74. Espesores de la capa base Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm.....	131
Tabla 75. Espesores de la capa base Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.	131
Tabla 76. Espesores de la capa base Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm.	132
Tabla 77. Espesores de la capa base Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.	132
Tabla 78. Espesores de la capa base Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.	132
Tabla 79. Número estructural de la base corregido Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm....	133
Tabla 80. Número estructural de la base corregido Mina Vargas Soria (Baños), en cm.....	133
Tabla 81. Número estructural de la base corregido Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.....	133
Tabla 82. Número estructural de la base corregido Mina La China (Quevedo), en cm.	133
Tabla 83. Número estructural de la base corregido Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.	134
Tabla 84. Número estructural de la base corregido Mina Compañía JHV (Tena), en cm.	134
Tabla 85. Número estructural de la base corregido Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.	134
Tabla 86. Número estructural de la base corregido Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.	135
Tabla 87. Número estructural de la base corregido Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.	135
Tabla 88. Número estructural de la base corregido Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm.	135
Tabla 89. Número estructural de la base corregido Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.	136
Tabla 90. Número estructural de la base corregido Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm.	136
Tabla 91. Número estructural de la base corregido Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.	136
Tabla 92. Número estructural de la base corregido Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.	136
Tabla 93. Espesores de la capa subbase Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm.	137
Tabla 94. Espesores de la capa subbase Mina Vargas Soria (Baños), en cm.	137

Tabla 95. Espesores de la capa subbase Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.	137
Tabla 96. Espesores de la capa subbase Mina La China (Quevedo), en cm.....	138
Tabla 97. Espesores de la capa subbase Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.	138
Tabla 98. Espesores de la capa subbase Mina Compañía JHV (Tena), en cm.	138
Tabla 99. Espesores de la capa subbase Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.	139
Tabla 100. Espesores de la capa subbase Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.	139
Tabla 101. Espesores de la capa subbase Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.	139
Tabla 102. Espesores de la capa subbase Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm.	139
Tabla 103. Espesores de la capa subbase Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.	140
Tabla 104. Espesores de la capa subbase Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm.	140
Tabla 105. Espesores de la capa subbase Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.	140
Tabla 106. Espesores de la capa subbase Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.	141
Tabla 107. Número estructural de la subbase corregido Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm.	141
Tabla 108. Número estructural de la subbase corregido Mina Vargas Soria (Baños), en cm.....	141
Tabla 109. Número estructural de la subbase corregido Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.	142
Tabla 110. Número estructural de la subbase corregido Mina La China (Quevedo), en cm.	142
Tabla 111. Número estructural de la subbase corregido Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.	142
Tabla 112. Número estructural de la subbase corregido Mina Compañía JHV (Tena), en cm.	142
Tabla 113. Número estructural de la subbase corregido Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.	143
Tabla 114. Número estructural de la subbase corregido Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.	143
Tabla 115. Número estructural de la subbase corregido Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.	144
Tabla 116. Número estructural de la subbase corregido Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm. ...	144
Tabla 117. Número estructural de la subbase corregido Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.	144
Tabla 118. Número estructural de la subbase corregido Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm....	145
Tabla 119. Número estructural de la base corregido Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.	145
Tabla 120. Número estructural de la base corregido Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.	145
Tabla 121. Verificación de los diseños realizados con bases y subbases de las minas.....	146
Tabla 122. Granulometría Base clase 1 Mina punto azul (Ibarra-Imbabura)	147
Tabla 123. Granulometría Base clase 1 Mina Vargas Soria (Baños)	147
Tabla 124. Granulometría Base clase 1 Mina Mulaló (Cotopaxi)	148

Tabla 125. Granulometría Base clase 1 Mina La China (Quevedo).....	148
Tabla 126. Granulometría Base clase 1 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza).....	149
Tabla 127. Granulometría Base clase 1 Mina Compañía Jhv (Tena)	149
Tabla 128. Granulometría Base clase 1 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	149
Tabla 129. Granulometría Base clase 1 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo).....	150
Tabla 130. Granulometría Base clase 1 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago).....	150
Tabla 131. Granulometría Base clase 1 Mina Del Coca (Coca- Orellana)	151
Tabla 132. Granulometría Base clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	151
Tabla 133. Granulometría Base clase 1 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja).....	152
Tabla 134. Granulometría Base clase 1 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja).....	152
Tabla 135. Granulometría Base clase 1 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez).....	152
Tabla 136. Granulometría Base clase 2 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	153
Tabla 137. Granulometría Base clase 2 Mina Vargas Soria (Baños)	154
Tabla 138. Granulometría Mina Base clase 2 Mulaló (Cotopaxi)	154
Tabla 139. Granulometría Base clase 2 Mina La China (Quevedo).....	154
Tabla 140. Granulometría Base clase 2 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza).....	155
Tabla 141. Granulometría Base clase 2 Mina Compañía Jhv (Tena)	155
Tabla 142. Granulometría Base clase 2 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	156
Tabla 143. Granulometría Base clase 2 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo).....	156
Tabla 144. Granulometría Base clase 2 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago).....	156
Tabla 145. Granulometría Base clase 2 Mina Del Coca (Coca- Orellana)	157
Tabla 146. Granulometría Base clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	157
Tabla 147. Granulometría Base clase 2 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja).....	158
Tabla 148. Granulometría Base clase 2 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja).....	158
Tabla 149. Granulometría Base clase 2 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez).....	158
Tabla 150. Granulometría Base clase 3 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	159
Tabla 151. Granulometría Base clase 3 Mina Vargas Soria (Baños)	160
Tabla 152. Granulometría Base clase 3 Mina Mulaló (Cotopaxi)	160
Tabla 153. Granulometría Base clase 3 Mina La China (Quevedo).....	160
Tabla 154. Granulometría Base clase 3 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza).....	161
Tabla 155. Granulometría Base clase 3 Mina Compañía Jhv (Tena)	161

Tabla 156. Granulometría Base clase 3 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	162
Tabla 157. Granulometría Base clase 3 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	162
Tabla 158. Granulometría Base clase 3 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	162
Tabla 159. Granulometría Base clase 3 Mina Del Coca (Coca- Orellana)	163
Tabla 160. Granulometría Base clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	163
Tabla 161. Granulometría Base clase 3 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	164
Tabla 162. Granulometría Base clase 3 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	164
Tabla 163. Granulometría Base clase 3 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	164
Tabla 164. Granulometría Base clase 4 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	165
Tabla 165. Granulometría Base clase 4 Mina Vargas Soria (Baños)	166
Tabla 166. Granulometría Base clase 4 Mina Mulaló (Cotopaxi)	166
Tabla 167. Granulometría Base clase 4 Mina La China (Quevedo)	166
Tabla 168. Granulometría Base clase 4 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	167
Tabla 169. Granulometría Base clase 4 Mina Compañía Jhv (Tena)	167
Tabla 170. Granulometría Base clase 4 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	168
Tabla 171. Granulometría Base clase 4 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	168
Tabla 172. Granulometría Base clase 4 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	168
Tabla 173. Granulometría Base clase 4 Mina Del Coca (Coca- Orellana)	169
Tabla 174. Granulometría Base clase 4 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	169
Tabla 175. Granulometría Base clase 4 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	170
Tabla 176. Granulometría Base clase 4 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	170
Tabla 177. Granulometría Base clase 4 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	170
Tabla 178. Granulometría Subbase clase 1 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	171
Tabla 179. Granulometría Subbase clase 1 Mina Vargas Soria (Baños)	171
Tabla 180. Granulometría Subbase clase 1 Mina Mulaló (Cotopaxi)	172
Tabla 181. Granulometría Subbase clase 1 Mina La China (Quevedo)	172
Tabla 182. Granulometría Subbase clase 1 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	173
Tabla 183. Granulometría Subbase clase 1 Mina Compañía Jhv (Tena)	173
Tabla 184. Granulometría Subbase clase 1 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	174
Tabla 185. Granulometría Subbase clase 1 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	174
Tabla 186. Granulometría Subbase clase 1 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	174

XVII

Tabla 187. Granulometría Subbase clase 1 Mina Del Coca (Coca- Orellana).....	175
Tabla 188. Granulometría Subbase clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí).....	175
Tabla 189. Granulometría Subbase clase 1 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	176
Tabla 190. Granulometría Subbase clase 1 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	176
Tabla 191. Granulometría Subbase clase 1 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	176
Tabla 192. Granulometría Subbase clase 2 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura).....	177
Tabla 193. Granulometría Subbase clase 2 Mina Vargas Soria (Baños).....	177
Tabla 194. Granulometría Subbase clase 2 Mina Mulaló (Cotopaxi).....	178
Tabla 195. Granulometría Subbase clase 2 Mina La China (Quevedo)	178
Tabla 196. Granulometría Subbase clase 2 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	179
Tabla 197. Granulometría Subbase clase 2 Mina Compañía Jhv (Tena).....	179
Tabla 198. Granulometría Subbase clase 2 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	179
Tabla 199. Granulometría Subbase clase 2 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	180
Tabla 200. Granulometría Subbase clase 2 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago).....	180
Tabla 201. Granulometría Subbase clase 2 Mina Del Coca (Coca- Orellana).....	181
Tabla 202. Granulometría Subbase clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí).....	181
Tabla 203. Granulometría Subbase clase 2 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	181
Tabla 204. Granulometría Subbase clase 2 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	182
Tabla 205. Granulometría Subbase clase 2 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	182
Tabla 206. Granulometría Subbase clase 3 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura).....	183
Tabla 207. Granulometría Subbase clase 3 Mina Vargas Soria (Baños).....	183
Tabla 208. Granulometría Subbase clase 3 Mina Mulaló (Cotopaxi).....	184
Tabla 209. Granulometría Subbase clase 3 Mina La China (Quevedo)	184
Tabla 210. Granulometría Subbase clase 3 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	184
Tabla 211. Granulometría Subbase clase 3 Mina Compañía Jhv (Tena).....	185
Tabla 212. Granulometría Subbase clase 3 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	185
Tabla 213. Granulometría Subbase clase 3 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	186
Tabla 214. Granulometría Subbase clase 3 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago).....	186
Tabla 215. Granulometría Subbase clase 3 Mina Del Coca (Coca- Orellana).....	186
Tabla 216. Granulometría Subbase clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí).....	187
Tabla 217. Granulometría Subbase clase 3 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	187
Tabla 218. Granulometría Subbase clase 3 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	188

XVIII

Tabla 219. Granulometría Subbase clase 3 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	188
Tabla 220. Terrones de Arcilla, Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	195
Tabla 221. Terrones de Arcilla, Mina Vargas Soria (Baños)	195
Tabla 222. Terrones de Arcilla, Mina Mulaló (Cotopaxi)	195
Tabla 223. Terrones de Arcilla, Mina La China (Quevedo).....	195
Tabla 224. Terrones de Arcilla, Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza).....	196
Tabla 225. Terrones de Arcilla, Mina Compañía Jhv (Tena)	196
Tabla 226. Terrones de Arcilla, Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita) .	196
Tabla 227. Terrones de Arcilla, Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo).....	196
Tabla 228. Terrones de Arcilla, Mina De Macas (Macas – Morona Santiago).....	197
Tabla 229. Terrones de Arcilla, Mina Del Coca (Coca- Orellana)	197
Tabla 230. Terrones de Arcilla, Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	197
Tabla 231. Terrones de Arcilla, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez).....	197
Tabla 232. Desgaste por Sulfatos, Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	198
Tabla 233. Desgaste por Sulfatos, Mina Vargas Soria (Baños)	198
Tabla 234. Desgaste por Sulfatos, Mina Mulaló (Cotopaxi)	198
Tabla 235. Desgaste por Sulfatos, Mina La China (Quevedo).....	199
Tabla 236. Desgaste por Sulfatos, mina Wiliselzu cia. Ltda. (puyo, Pastaza).....	199
Tabla 237. Desgaste por Sulfatos, Mina Compañía Jhv (Tena)	199
Tabla 238. Desgaste por Sulfatos, Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	199
Tabla 239. Desgaste por Sulfatos, Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo).....	200
Tabla 240. Desgaste por Sulfatos, Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	200
Tabla 241. Desgaste por Sulfatos, Mina Del Coca (Coca- Orellana)	200
Tabla 242. Desgaste por Sulfatos, Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	200
Tabla 243. Desgaste por Sulfatos, Mina Malca 3 (Catamayo - Loja).....	200
Tabla 244. Desgaste por Sulfatos, Mina Malca 4 (Catamayo - Loja).....	201
Tabla 245. Desgaste por Sulfatos, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez).....	201

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Módulo resiliente	6
Ecuación 2: TPDA (Tráfico promedio diario anual).....	18
Ecuación 3: TPDA Futuro.....	75
Ecuación 4: Factor de carga equivalente para un eje simple con llanta simple:	81
Ecuación 5: Factor de carga equivalente para un eje simple con llanta doble.....	81
Ecuación 6: Factor de carga equivalente para un eje tandem	81
Ecuación 7: Factor de carga equivalente para un eje tridem.....	81
Ecuación 8: Número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas	83
Ecuación 9: Correlación entre módulo resiliente y CBR (CBR<10%).....	85
Ecuación 10: Correlación entre módulo resiliente y CBR (CBR>10%).....	85
Ecuación 11: Pérdida de serviciabilidad	89
Ecuación 11: Espesor de la carpeta de rodadura.....	101
Ecuación 12: Número estructural de la carpeta asfáltica corregido (SN ₁ *)......	102
Ecuación 13: Espesor de la capa base.	102
Ecuación 14: Número estructural de la base corregido (SN ₂ *).	103
Ecuación 15: Espesor de la capa subbase.	103
Ecuación 16: Número estructural de la subbase corregido (SN ₃ *)......	104
Ecuación 17: Verificación AASHTO 93.	104
Ecuación 18: Verificación AASHTO 93.	105

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 1 de las minas.	21
Gráfica 2. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 1.	22
Gráfica 3. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 2 de las minas.	23
Gráfica 4. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 2.	24
Gráfica 5. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 3 de las minas.	25
Gráfica 6. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 3.	26
Gráfica 7. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 4 de las minas.	27
Gráfica 8. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 4.	28
Gráfica 9. Análisis comparativo de la granulometría de Subbases Clase 1 de las minas. ...	29
Gráfica 10. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Subbases Clase 1.	30
Gráfica 11. Análisis comparativo de la granulometría de Subbases Clase 2 de las minas. ..	31
Gráfica 12. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Subbases Clase 2.	32
Gráfica 13. Análisis comparativo de la granulometría de Subbases Clase 3 de las minas. ...	33
Gráfica 14. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Subbases Clase 3.	34
Gráfica 15. Diagrama de barras, gravedad específica del agregado fino de las minas.	35
Gráfica 16. Diagrama de barras, gravedad específica del agregado grueso de las minas. ...	36
Gráfica 17. Diagrama de barras, absorción del agregado fino de las minas.	36
Gráfica 18. Diagrama de barras, absorción del agregado grueso de las minas.	37
Gráfica 19. Diagrama de barras y límite de la especificación del contenido orgánico de los agregados de las minas.	38
Gráfica 20. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de contenido orgánico en los agregados.	39
Gráfica 21. Diagrama de barras y límite de la especificación del porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado grueso de las minas.	40
Gráfica 22. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado grueso.	41

Gráfica 23. Diagrama de barras y límite de la especificación del porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado fino de las minas.	41
Gráfica 24. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado fino.....	42
Gráfica 25. Diagrama de barras del porcentaje de desgaste a la acción de los sulfatos en los agregados de las minas.	43
Gráfica 26. Diagrama de barras y límite de la especificación del porcentaje de desgaste por abrasión de las bases creadas a partir de los agregados de las minas.	45
Gráfica 27. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de desgaste por abrasión en las bases creadas a partir de los agregados de las minas.	45
Gráfica 28. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	46
Gráfica 29. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	47
Gráfica 30. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	48
Gráfica 31. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	48
Gráfica 32. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	49
Gráfica 33. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	50
Gráfica 34. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.	51
Gráfica 35. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.	51
Gráfica 36. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	53
Gráfica 37. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	53
Gráfica 38. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	55
Gráfica 39. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	56
Gráfica 40. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	57
Gráfica 41. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	58

Gráfica 42. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.	59
Gráfica 43. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.	60
Gráfica 44. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	62
Gráfica 45. Diagrama de barras de la humedad óptima de las subbases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	62
Gráfica 46. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	63
Gráfica 47. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	64
Gráfica 48. Diagrama de barras de la densidad máxima de las subbases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	65
Gráfica 49. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	65
Gráfica 50. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las subbases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	67
Gráfica 51. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las subbases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.	68
Gráfica 52. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las subbases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	69
Gráfica 53. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las subbases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.	69
Gráfica 54. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las subbases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	71
Gráfica 55. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las subbases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.	72
Gráfica 56. Clasificación de entradas y salidas del redondel Codesa.	74
Gráfica 57. Obtención de los valores de módulo resiliente a partir del C.B.R.	87
Gráfica 58. Coeficiente a_1 para carpeta asfáltica.	90
Gráfica 59. Coeficiente a_2 para bases.	92
Gráfica 60. Coeficiente a_3 para subbases.	94
Gráfica 61. Obtención del número estructural SN_1 de la carpeta asfáltica.	97
Gráfica 62. Obtención del número estructural de la base SN_2	99
Gráfica 63. Obtención del número estructural de la subbase SN_3	100

Gráfica 64. Espesores de la carpeta asfáltica obtenidas en el diseño para cada mina en estudio.	107
Gráfica 65. Espesores de la capa base obtenidas en el diseño para cada mina en estudio.	108
Gráfica 66. Espesores de la capa subbase obtenidas en el diseño para cada mina en estudio.	108
Gráfica 67. Porcentaje de los espesores de la carpetas asfáltica obtenidas en el diseño....	109
Gráfica 68. Porcentaje de los espesores de las bases clase 3 obtenidas en el diseño.....	110
Gráfica 69. Porcentaje de los espesores de las bases clase 3 obtenidas en el diseño.....	111
Gráfica 70. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Punto Azul.....	112
Gráfica 71. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Vargas Soria.....	112
Gráfica 72. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Mulaló.....	112
Gráfica 73. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina La China.	113
Gráfica 74. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Wiliselzu CIA. LTDA.....	113
Gráfica 75. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina JHV.	113
Gráfica 76. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina San Joaquín.....	114
Gráfica 77. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina San Luis Cananvalle.....	114
Gráfica 78. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina de Macas.	114
Gráfica 79. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina del Coca.....	115
Gráfica 80. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Picoazá.	115
Gráfica 81. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Malca 3.....	115
Gráfica 82. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Malca 4.....	116
Gráfica 83. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Materiales Pétreos R/R.....	116

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene un propósito definido el cual es realizar un análisis comparativo de los diseños de pavimento flexible elaborados con los parámetros mecánicos de varias minas del Ecuador estudiadas por alumnos graduados de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Civil de la PUCE, empleando el valor C.B.R. que entonces obtuvieron de los ensayos de laboratorio realizados.

Una vez recopilados todos los datos de estos trabajos de los ensayos como granulometría, gravedad específica, absorción de los agregados, contenido orgánico, terrones de arcilla, durabilidad de los agregados a la acción de sulfatos, equivalente de arena, desgaste del agregado grueso en la máquina de los ángeles, límites de Atterberg y valores de C.B.R. procedimos a realizar una tabulación y análisis donde se agruparon los valores de los ensayos por cada mina analizada.

Con los valores del CBR se obtuvieron los valores del módulo resiliente, necesarios para realizar el diseño del pavimento flexible. Se realizó un programa en Excel y en Matlab que permitió agilizar y mecanizar el proceso de diseño AASHTO 93.

Para finalizar se realizaron los diseños utilizando las bases clase I, II, III y IV al igual que las subbases clase I, II y III de cada mina estudiada, para con ello poder analizar varios resultados y comparar los espesores obtenidos.

Sin embargo, hemos realizado un análisis final, donde se muestran los espesores de la estructura del pavimento utilizando base y subbase clase III que son las más empleadas debido a su facilidad de obtenerlas.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Justificación.

En gran parte de los trabajos de disertación efectuados anteriormente, el CBR no cumple con el mínimo establecido en la normativa vial ecuatoriana, siendo este el parámetro con el cual se obtiene el Módulo Resiliente (mediante correlaciones), el que es de gran importancia en el diseño de los pavimentos flexibles.

Se realizará varios diseños de la estructura de un pavimento flexible de una misma vía, empleando las propiedades mecánicas de bases y subbases obtenidas en los ensayos realizados, en trabajos de disertación llevados a cabo por estudiantes de la PUCE en años anteriores, lo que nos permitirá elaborar un análisis entre los diferentes diseños.

Con ello, se podrá establecer una base, que permitirá conocer a los ingenieros civiles viales la calidad de los agregados de las minas de materiales pétreos tomadas como casos de estudio. También permitirá conocer la cantidad y los costos de los agregados que se emplearían en el diseño vial, dependiendo de en qué mina se obtuvieron los mismos.

En cuanto a lo personal, los autores buscan aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil y aportar a la comunidad de constructores viales, a base del análisis de manera completa de los materiales de las minas ya investigadas por estudiantes de la PUCE y de la aplicación práctica en un diseño vial.

1.2 Alcance.

En el siguiente trabajo se analizarán y procesarán los datos de tesis elaboradas en la Facultad de Ingeniería, Escuela de Civil de la PUCE, referentes a los estudios realizados en los materiales pétreos de catorce minas del Ecuador y se realizará un análisis comparativo de las diferentes propiedades de estos materiales, así como también las propiedades mecánicas de las bases y subbases, las que están conformadas a partir de cada uno de estos materiales pétreos.

A partir de ello se realizarán diseños de la estructura de los pavimentos flexibles mediante el método AASHTO (1993), con los distintos valores de CBR y Módulos Resilientes de cada mina, sin alterar el resto de los parámetros empleados en dicho método, para lograr obtener una serie de diseños que sean comparables, y se puedan analizar en función de las propiedades mecánicas de las bases y subbases de las distintas minas.

En la siguiente lista, se detallan las minas de agregados pétreos, que se tomaron en cuenta como casos de estudio:

Tabla 1. Minas tomadas como casos de estudio.

No.	MINA
1	MINA PUNTO AZUL (IBARRA-IMBABURA)
2	MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)
3	MINA MULALÓ (COTOPAXI)
4	MINA LA CHINA (QUEVEDO)
5	MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)
6	MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)

7	CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)
8	MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)
9	MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)
10	MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)
11	MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)
12	MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)
13	MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)
14	MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)

Fuente: Los Autores.

1.3 Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

Realizar un análisis comparativo de los diseños de pavimentos flexibles de una vía, al emplear los CBR y Módulos Resilientes de distintas minas en el Ecuador, tomadas como casos de estudio, en trabajos previos de titulación de la Carrera Ingeniería Civil de la PUCE.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la importancia que tiene realizar varios diseños de una misma vía con los valores CBR y Módulo Resiliente, obtenidos de trabajos de titulación anteriores.
- Conocer las propiedades de los agregados pétreos, bases y subbases de las minas tomadas como casos de estudio, y comprender el método de diseño pavimentos flexibles a emplearse.

- Realizar un análisis comparativo de las propiedades de los agregados pétreos y las propiedades mecánicas de las bases y subbases de las distintas minas estudiadas.
- Mediante los diseños de pavimentos flexibles a realizarse, comparar, obtener un diseño óptimo, proponer soluciones prácticas para mejorar los diseños que lo requieran y determinar cuan ideales son los materiales pétreos de las distintas minas para ser empleadas en la construcción de la estructura vial.
- Analizar todos los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación y obtener conclusiones sobre los mismos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Californian Bearing Ratio, C.B.R.

El Ensayo CBR fue desarrollado por el departamento de transportes de California y se denomina así por sus siglas en inglés Californian Bearing Ratio. Se lo emplea para evaluar o ensayar la capacidad portante de terrenos compactados. Actualmente, es uno de los ensayos más empleados para determinar las diferentes características del suelo. Esta prueba consiste en compactar el material obtenido en moldes normalizados, sumergirlos en agua durante un periodo establecido y aplicar punzonamiento sobre la superficie con la ayuda de un pistón normalizado.

El valor de CBR se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$C.B.R = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

Cabe mencionar, que la carga unitaria patrón es de 1000 psi para una penetración de 0.1 pulg y de 1500 psi para una penetración de 0.2 pulg.

Por otro lado, mediante los valores de CBR de un suelo o material estudiado, se puede clasificar y determinar los usos de dichos materiales, con la ayuda de la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación de suelos con el CBR.

CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			UNIFICADO	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3-7	Pobre a regular	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Sub-base	OL,CL,ML,SC,SM,SP	A2,A4,A6,A7

20-50	Bueno	Base,Sub- base	GM,GC,W,SM,SP,GP	A1b,A2- 5,A3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

Fuente: Manual de laboratorio de suelos para ingeniería civil. (Bowles J, 1981)

2.2 Módulo Resiliente.

El Módulo Resiliente se define como la magnitud del esfuerzo desviador repetido en compresión triaxial dividido entre la deformación axial recuperable: (Seed et al., 1962)

Ecuación 1: Módulo resiliente

$$Mr = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{axial}}$$

Donde:

σ_d : Esfuerzo desviador

ϵ_{axial} : Deformación axial recuperable (elástica).

Este parámetro es uno de los principales que se emplea en métodos mecanicistas para el diseño de pavimentos, tal como el método AASHTO (1993), el cual considera muchas variables, entre ellas el TPDA, confiabilidad, drenaje, periodo de diseño, entre otros.

2.3 Bases.

La capa Base, es aquella que se encuentra debajo de la carpeta asfáltica y sobre la subbase o subrasante, con un espesor definido, conformada por materiales granulares que cumplen con determinadas especificaciones (Ministerio de Obras Públicas, 2002).

Según la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, las bases se dividen en:

2.3.1. Base clase 1, tipo A y B.

Tabla 3. Granulometría Base Clase 1

TAMIZ		BASE CLASE 1 TIPO A		BASE CLASE 1 TIPO B	
		MIN.	MÁX.	MIN.	MÁX.
2"	50mm		100		100
1 1/2"	37.5mm	70	100	70	100
1"	25mm	55	85	60	90
3/4"	19mm	50	80	45	75
3/8"	9.5mm	35	60	30	60
N°4	4.75mm	25	50	20	50
N°10	2mm	20	40	10	25
N°40	0.425mm	10	25	2	12
N°200	0.075mm	2	12		

Fuente: NEVI Volumen N°3, Pág. 373

2.3.2. Base clase 2.

Tabla 4. Granulometría Base Clase 2

TAMIZ		BASE CLASE 2	
		MIN.	MÁX.
2"	50mm		100
1 1/2"	37.5mm	70	100
1"	25mm	55	85
3/4"	19mm	47	75
3/8"	9.5mm	35	65
N°4	4.75mm	25	55
N°10	2mm	15	45
N°40	0.425mm	5	25
N°200	0.075mm	0	10

Fuente: NEVI Volumen N°3, Pág. 374

2.3.3. Base clase 3.

Tabla 5. Granulometría Base Clase 3

TAMIZ		BASE CLASE 3	
		MIN.	MÁX.
2"	50mm		100
1"	25mm	70	100
3/4"	19mm	60	90
3/8"	9.5mm	40	75
N°4	4.75mm	30	60
N°10	2mm	15	45
N°40	0.425mm	10	30
N°200	0.075mm	0	15

Fuente: NEVI Volumen N°3, Pág. 374

2.3.4. Base clase 4.

Tabla 6. Granulometría Base Clase 4

TAMIZ		BASE CLASE 4	
		MIN.	MÁX.
2"	50mm		100
1"	25mm	60	90
N°4	4.75mm	20	50
N°200	0.075mm	0	15

Fuente: NEVI Volumen N°3, Pág. 374

2.3.5. Propiedades mecánicas de las bases.

La capa base debe cumplir con los valores establecidos en la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB), estos valores son los siguientes:

- Límite líquido del material que pasa el tamiz No. 40 menor a 25.
- Índice de plasticidad del material que pasa el tamiz No. 40 menor a 6.
- Desgaste por abrasión menor al 40%
- Valor de soporte de CBR mínimo del 80%

Además de las especificaciones mencionadas previamente, las bases deben ser limpias, sólidas y resistentes, libres de polvo, suciedad, arcilla y materias extrañas.

2.4 Subbases.

La capa subbase, es aquella que se encuentra debajo de la base y sobre la subrasante, con un espesor definido, conformada por materiales granulares que cumplen con determinadas especificaciones (Ministerio de Obras Públicas, 2002). Según la norma del MOP, las subbases se dividen en tres clases.

2.4.1 Subbase clase 1, 2 y 3.

Tabla 7. Granulometría Sub-Bases Clase 1, 2 y 3

TAMIZ		SUBBASE CLASE 1		SUBBASE CLASE 2		SUBBASE CLASE 3	
		MIN.	MÁX.	MIN.	MÁX.	MIN.	MÁX.
3"	76.2 mm						100
2"	50.4 mm	-	-		100		-
1 1/2"	38.1 mm		100	70	100		-
Nº4	4.75mm	30	70	30	70	30	70
Nº40	0.425mm	10	35	15	40		-
Nº200	0.075mm	0	15	0	20	0	20

Fuente: NEVI Volumen N°3, Pág. 341

2.4.2 Propiedades mecánicas de las subbases.

La capa sub-base debe cumplir con los valores establecidos en la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), estos valores son los siguientes:

- Límite líquido del material que pasa el tamiz No. 40 menor a 25.
- Índice de plasticidad del material que pasa el tamiz No. 40 menor a 6.
- Desgaste por abrasión menor al 50%
- Valor de soporte de CBR mínimo del 30%

Además de las especificaciones mencionadas previamente, las bases deben ser limpias, sólidas y resistentes, libres de polvo, suciedad, arcilla y materias extrañas.

2.5 Ensayos en los agregados.

2.5.1. Granulometría ASTM C136.

Este ensayo es empleado para determinar la distribución del tamaño del agregado por tamizado, clasificándolo en finos y gruesos. Algunas especificaciones como la norma MOP-001-F 2002, requieren del uso de este ensayo para la clasificación de fracciones gruesas y finas, que deben cumplir con ciertos límites determinados (ASTM C-136, 2014).

2.5.2. Gravedad específica ASTM C127, ASTM C128.

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos y gruesos. La gravedad específica es la relación entre la masa de una unidad de volumen de un material y la masa del mismo volumen de agua a una temperatura dada. La gravedad específica es adimensional. (ASTM C-127,15).

2.5.3 Contenido Orgánico, ASTM C40.

Este ensayo tiene como objetivo determinar de una manera aproximada, la presencia de contenido orgánico perjudicial en los agregados finos. Existen dos procedimientos, uno con una solución de color estándar y el otro utiliza una solución de color transparente. (ASTM, 2011).

2.5.4. Determinación de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en los agregados ASTM C142.

Este ensayo se emplea para obtener el porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables en agregados finos o gruesos. Este material al estar en contacto con el agregado puede afectar negativamente en la resistencia de este por una reacción química que se produce entre ellos. (ASTM, 2010).

2.5.5. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos (sulfato de sodio y de magnesio) ASTM C88.

En este ensayo se logra determinar el porcentaje de desgaste a la acción de los sulfatos en los agregados, para estimar la solidez que tienen cuando se someten a la acción de la intemperie. (ASTM, 2013).

2.5.6. Equivalente de arena ASTM D2419.

El objetivo de este ensayo es determinar mediante un procedimiento rápido las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por el tamiz # 4. Así decimos que el equivalente es el porcentaje de arena con respecto al total del material ensayado. Además, que este término está indicando que la mayoría

de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas, arenas, finos y polvos arcillosos. (ASTM D2419,2014).

2.5.7. Desgaste a la abrasión con la máquina de los ángeles ASTM C131.

Este ensayo consiste en una combinación de acciones como la abrasión o desgaste e impacto, en una máquina o tambor rotatorio de acero que contiene un número de esferas, que dependerá de la granulometría del material obteniendo, así, se obtendrá una medida de degradación de los agregados minerales de granulometría estándar (tamaño máximo inferior a 37.5 mm) utilizando la máquina de prueba “Los Ángeles”. (ASTM C131,2014).

2.5.8. Límites de Atterberg ASTM 4318.

Dentro de este ensayo se cubre la determinación del límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos. Estos ensayos normalizados, nos permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se encuentra aún en su estado plástico. Además, con ellos es posible clasificar al suelo S.U.C.S. (ASTM 4318, 2010).

2.6. Diseño del pavimento flexible AASHTO (1993)

2.6.1. Tipos de ejes y sus pesos.

Se puede clasificar los tipos de ejes y sus pesos de la siguiente manera:

Eje Simple: Es denominado eje simple al elemento constituido por un solo eje no articulado a otro, puede ser: motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior.

Eje Tándem: El eje Tándem es un elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por una distancia menor a 2,4 metros.

Estos reparten la carga, en partes iguales, sobre los dos ejes. Los ejes de este tipo pueden ser motrices, portantes o combinados.

Eje Trídem: Es denominado eje Trídem al elemento constituido por tres ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por distancias menores a 2,4 metros. Estos reparten la carga sobre los tres ejes. Los ejes de este tipo pueden ser motrices, portantes o combinados.

Eje Doble: Se denomina eje doble a una combinación de dos ejes separados por una distancia mayor de 2,4 metros. Para la determinación de su peso máximo admisible se considera como dos ejes simples.

Eje Triple: A la combinación de tres ejes separados por una distancia mayor de 2,4 metros se le conoce como eje triple. Para la determinación de su peso máximo admisible se considera como tres ejes simples.

Tabla 8. Tipos de vehículos motorizados

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0 otro/e			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10
S1			11	13,00	2,60	4,10
R2			22	10,00	2,60	4,10
R3			31	10,00	2,60	4,10
B1			11	10,00	2,60	4,10
B2			20	10,00	2,60	4,10
B3			24	10,00	2,60	4,10

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)

Donde:

1. Tipo. - Es la descripción de la nomenclatura por vehículos
2. Distribución máxima de carga por eje. - Describe el peso máximo por eje simple o conjunto de ejes, permitido a los vehículos para su circulación por la Red Vial del País.

3. Descripción. - Configuración de los vehículos de carga de acuerdo a la disposición y número de sus ejes.
4. Peso máximo permitido. - Peso bruto permitido por tipo de vehículo.
5. Longitudes máximas permitidas. - Dimensiones de largo, ancho y alto permitidos a los vehículos para su circulación por la Red Vial del País. Para excesos en altura máxima permitida para el caso de carga no divisible dependerá de las limitaciones que presenten la ruta elegida por el transportista para el traslado de equipos. El transportista deberá verificar dichas condiciones y solicitar el certificado de operación especial correspondiente, con sujeción a las normas previstas en el Reglamento.

2.6.2 Confiabilidad.

El nivel de confianza son valores que se toman para realizar el diseño del pavimento flexible dependiendo de la clasificación funcional y del tipo de ubicación (urbana o rural)

Podemos observar los valores asignados en la siguiente tabla:

Tabla 9. Nivel de confiabilidad.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIANZA RECOMENDADOS	
	URBANO	RURAL
Interestatal y autopista	85-99.9	80-99.9
Arteria Principal	80-99	75-95
Calles Colectoras	80-95	75-95
Calles Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

2.6.3. Factor de distribución por carril.

Este factor se asigna según la tabla mostrada dependiendo del número de carriles que se tiene por sentido.

Tabla 10. Factor de distribución de carril

Nro carriles en cada sentido	Porcentaje de W18 en carril de diseño	
1	100%	100%
2	80%	100%
3	60%	80%
4 o más	50%	75%

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

2.6.4. Periodo de diseño.

El periodo de diseño es un parámetro que considera la vida útil del pavimento es decir que hace referencia a la magnitud del tiempo que el diseño debería durar una vez terminado. Se han establecido distintos periodos de análisis tomando en cuenta la condición de la vía especificados en la siguiente tabla:

Tabla 11. Periodo de diseño

Condiciones de la carretera	Período de análisis (años)
Urbanas con alto volumen de tráfico	30-50
Rurales con alto volumen de tráfico	20-50
Pavimentadas con bajo volumen	15-25
Superficie de agregados con bajo volumen	10-20

Fuente AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

2.6.5. TPDA.

La unidad de medida del tráfico en una determinada sección de carretera es el volumen del Tráfico Promedio Diario Anual. El TPDA equivale al volumen vehicular medio diario correspondiente a un año calendario (MTOPI, 2013).

Entonces, para obtener el (TPDA) en un determinado punto de una carretera, es necesario disponer del volumen de vehículos que circulan por dicho punto durante un periodo de un año, esto mediante la ejecución de aforos continuos a lo largo de todo el año. Sin embargo, esto en muchos casos no es factible debido a cuestiones tanto económicas como de plazos, por lo que es necesario contar con estaciones maestras de aforos permanentes o periódicos que permitan determinar factores de ajuste o expansión, mismos que permitirán transformar un volumen vehicular de un aforo corto (inferior a 24 horas) de un día y mes específico a un volumen de tránsito promedio diario anual (Cal et al., 1994).

Representa el tránsito total que circulará por la carretera durante un año dividido por 365, es decir representa el volumen de tránsito promedio por día (MOP, 2003). Este valor se encuentra definido mediante la siguiente expresión:

Ecuación 2: TPDA (Tráfico promedio diario anual)

$$TPDA = \frac{TPDA}{365} \text{ vehiculos/dia}$$

2.6.6. Tasa de crecimiento.

La tasa promedio ponderada de crecimiento anual que se considera, particularmente para el crecimiento del tipo de vehículos pesados, comerciales, camiones pesados y extrapesados, sería la tasa del 5,41% anual.

2.6.7. Índice de serviciabilidad.

Es un indicador utilizado en el diseño pavimentos que nos muestra el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento de un vehículo, es decir, se califica al pavimento con una serviciabilidad inicial que dependerá del diseño y la calidad de construcción. Este valor se lo toma en un rango de cero a cinco, siendo cinco el valor para calificar un pavimento de excelentes condiciones y cero un valor con el que indicamos pésimas condiciones.

Al tener un índice de serviciabilidad inicial y uno final tendremos la pérdida de serviciabilidad o en otras palabras la pérdida presente. En el manual centroamericano para el diseño de pavimentos se tienen unos valores recomendados para los mismos, teniendo así: un índice de serviciabilidad inicial de 4.2 y un índice de serviciabilidad final de 2.5 si hablamos de caminos importantes o de tránsito alto y 2 para caminos de tránsito menor o muy leve. (Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos, 2002)

CAPÍTULO III

3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

3.1. Análisis comparativo de las propiedades de los agregados de las minas en estudio.

En esta sección, se presentan los análisis realizados, en los resultados de los ensayos de los agregados de las minas en estudio. Es importante mencionar que toda la información recopilada se encuentra en el **Anexo 2**.

3.1.1. Granulometría: Bases

Se indica el análisis comparativo de granulometría de las Bases clase 1:

Tabla 12. Análisis comparativo, bases clase 1

Mina	Base clase 1
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	Mantiene una mezcla de gravas bien graduadas, con muy poco material fino. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Vargas Soria (Baños)	No tiene una mezcla homogénea, con poca presencia de material fino. No cumple con la normativa MOP-001-F 2002 para bases tipo A y B, por lo que debe mejorarse.
Mina Mulaló (Cotopaxi)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas dentro de los límites permitidos en especificaciones MOP, con muy poco o nulo material fino.
Mina La China (Quevedo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas dentro de los límites permitidos en especificaciones MOP, con muy poco o nulo material fino.
Mina Compañía Jhv (Tena)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas dentro de los límites permitidos en especificaciones MOP, con muy poco o nulo material fino.
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas dentro de los límites de la especificación MOP permitidos con muy poco o nulo material fino.
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	Su granulometría rosa los límites establecidos para una base tipo 1 del MOP, pero cumple la especificación.
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades

Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)

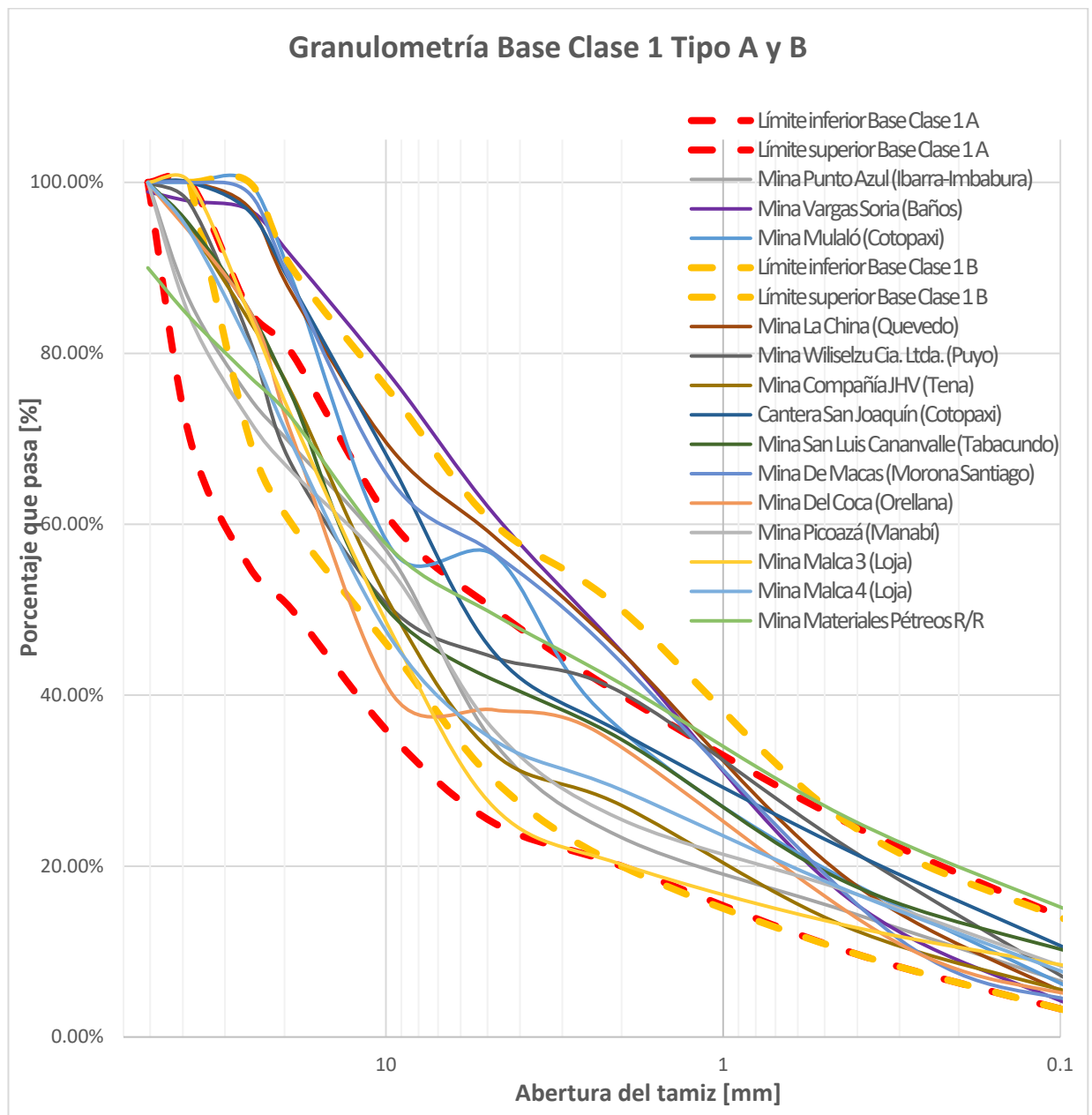
importantes todos los tamaños intermedios de los granos. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP

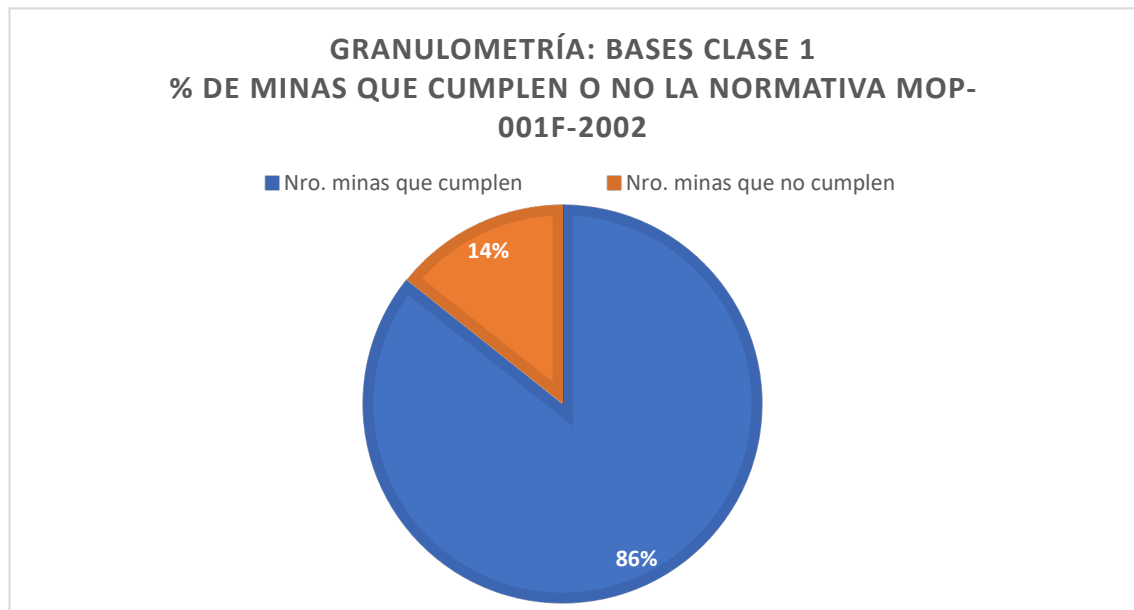
Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP

No cumple con la normativa MOP-001-F 2002 para bases tipo A y B, por lo que debe mejorarse.

Fuente: Los Autores



Gráfica 1. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 1 de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 2. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 1.

Fuente: Los Autores.

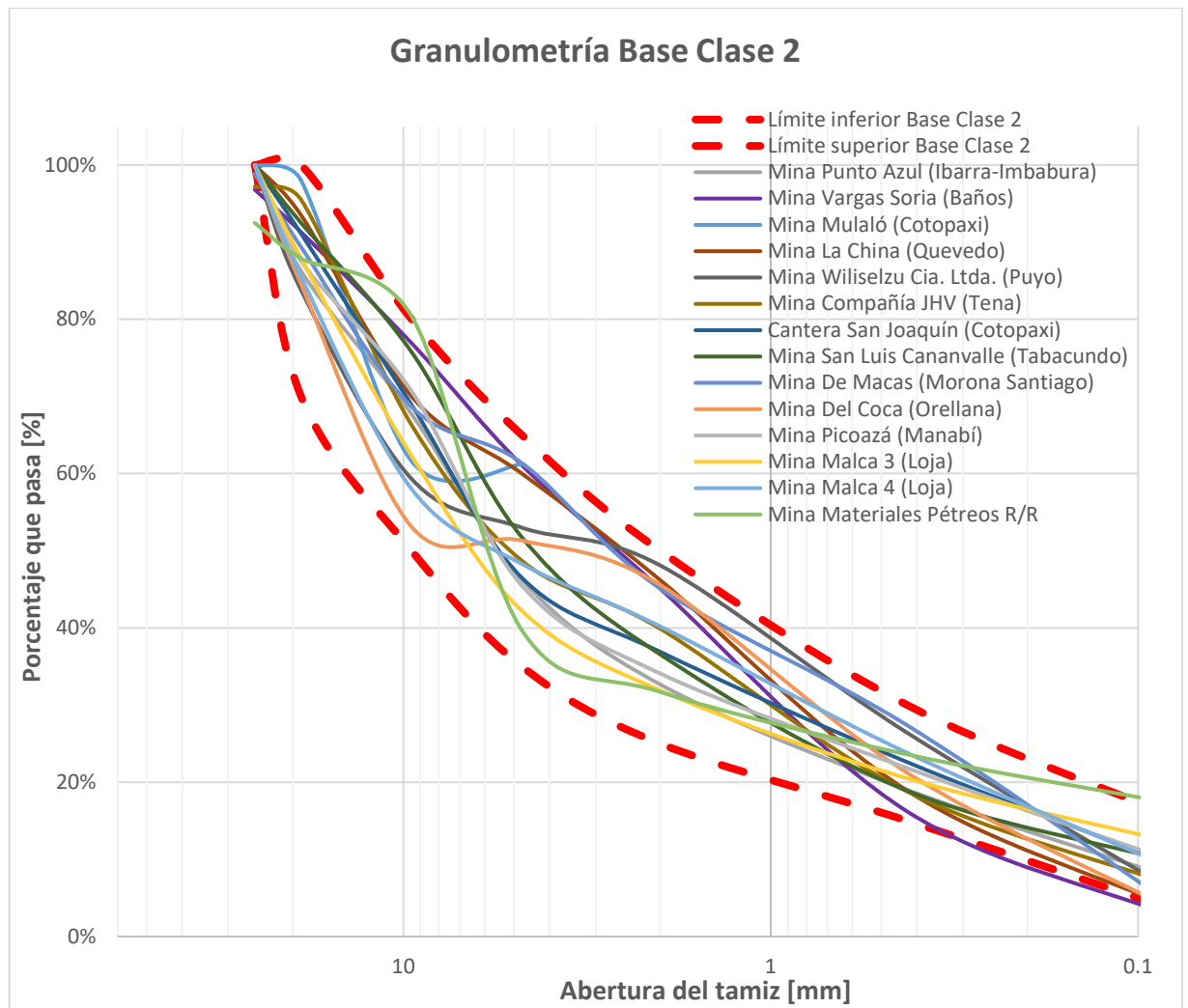
Se indica el análisis comparativo de granulometría de las Bases clase 2:

Tabla 13. Análisis comparativo, bases clase 2

Mina	Base clase 2
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Vargas Soria (Baños)	Mezcla de gravas y arena con poca presencia de material fino el cual rosa el límite inferior para una base clase 2. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Mulaló (Cotopaxi)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas dentro de los límites permitidos en especificaciones MOP, con muy poco o nulo material fino.
Mina La China (Quevedo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	Mezcla de gravas y arena con poca presencia de gravas y gran presencia de arenas y material fino. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Compañía Jhv (Tena)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas dentro de los límites permitidos en especificaciones MOP, con muy poco o nulo material fino.
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

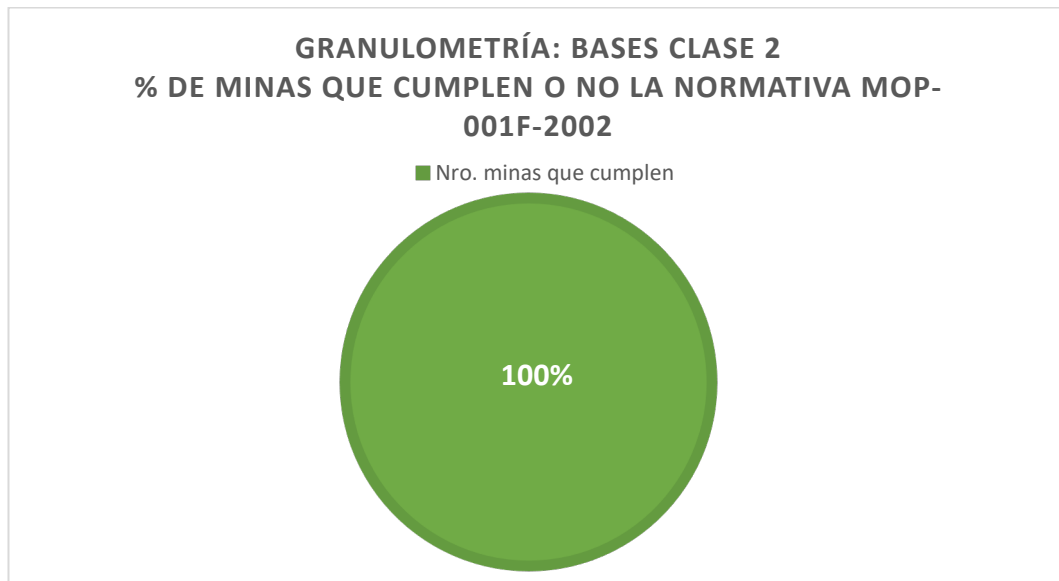
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas dentro de los límites permitidos por la especificación MOP con muy poco o nulo material fino.
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	Su granulometría rosa los límites establecidos para una base tipo 2 del MOP, pero cumple la especificación.
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	Su granulometría rosa los límites establecidos para una base tipo 2 del MOP, pero cumple la especificación.

Fuente: Los Autores



Gráfica 3. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 2 de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 4. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 2.

Fuente: Los Autores.

Se indica el análisis comparativo de granulometría de las Bases clase 3

Tabla 14. Análisis comparativo, bases clase 3

Mina	Base clase 3
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino. Predomina un tamaño ó una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Vargas Soria (Baños)	Mezcla de gravas pobremente graduadas con poca presencia de material fino por debajo del límite permitido por la MOP. No cumple con la normativa MOP-001-F 2002, por lo que debe mejorarse.
Mina Mulaló (Cotopaxi)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina La China (Quevedo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Compañía Jhv (Tena)	Mezcla de gravas y áreas con presencia de pocos finos, completamente dentro de los límites de la MOP.
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	Mezcla de gravas y arenas con presencia de pocos finos, No cumple con la normativa MOP-001-F 2002, por lo que debe mejorarse.
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	Su granulometría rosa los límites establecidos para una base tipo 3 del MOP, pero cumple la especificación.
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	Su granulometría rosa los límites establecidos para una base tipo 3 del MOP, pero cumple la especificación.

Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP

Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Mezcla de gravas y áreas con presencia de pocos finos, completamente dentro de los límites de la MOP

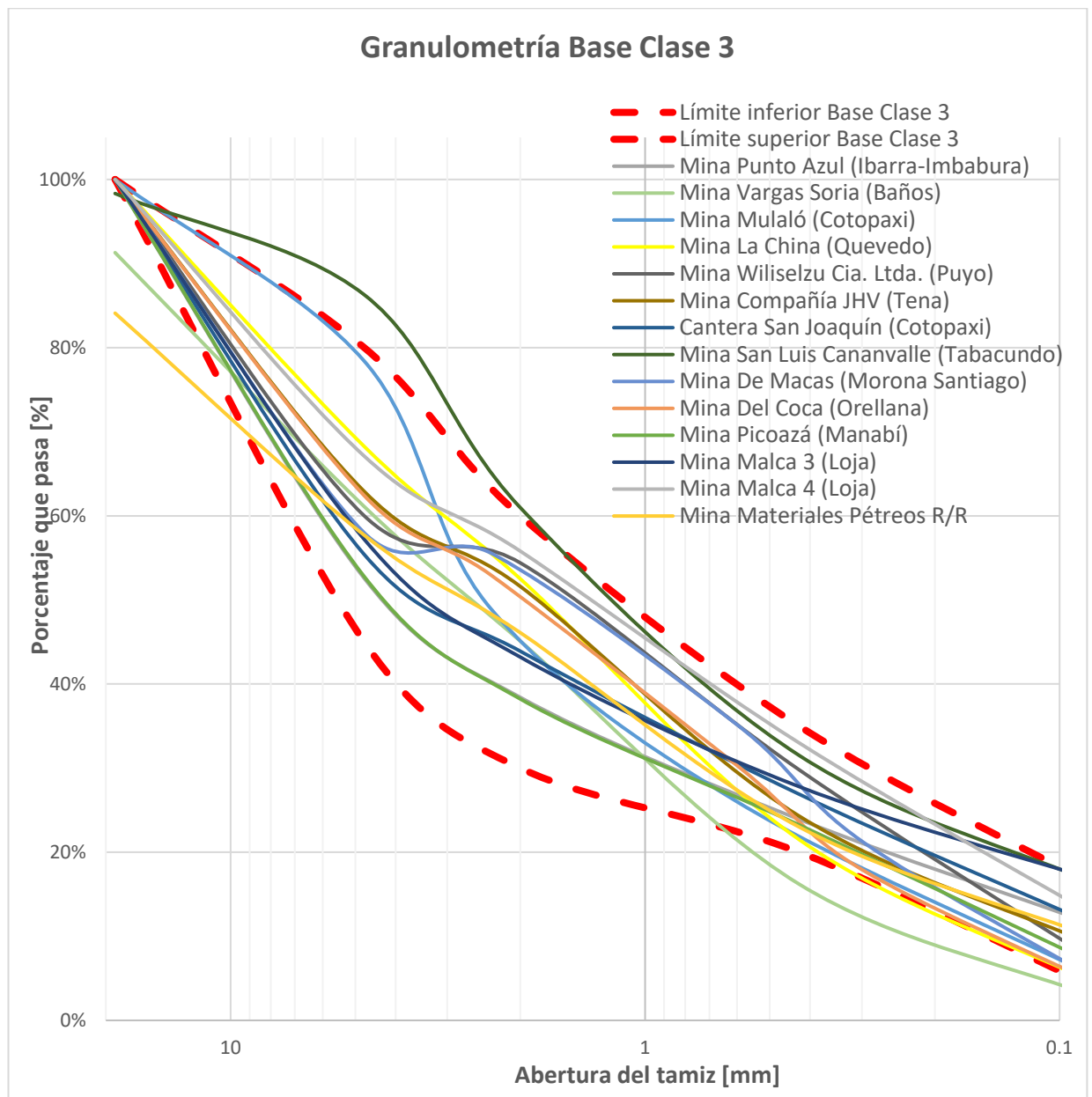
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP

Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

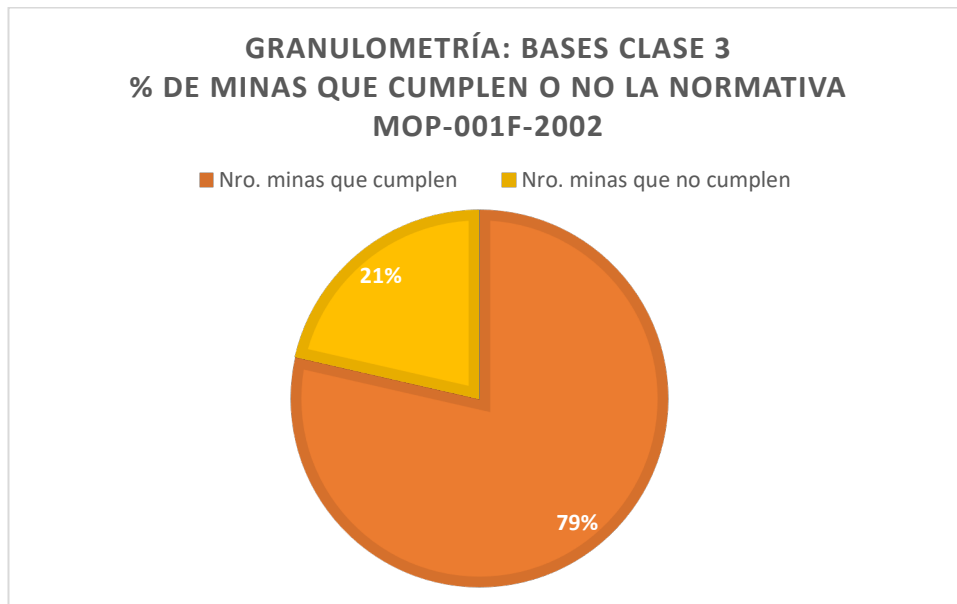
No cumple con la normativa MOP-001-F 2002 para bases tipo A y B, por lo que debe mejorarse.

Fuente: Los Autores



Gráfica 5. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 3 de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 6. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 3.

Fuente: Los Autores.

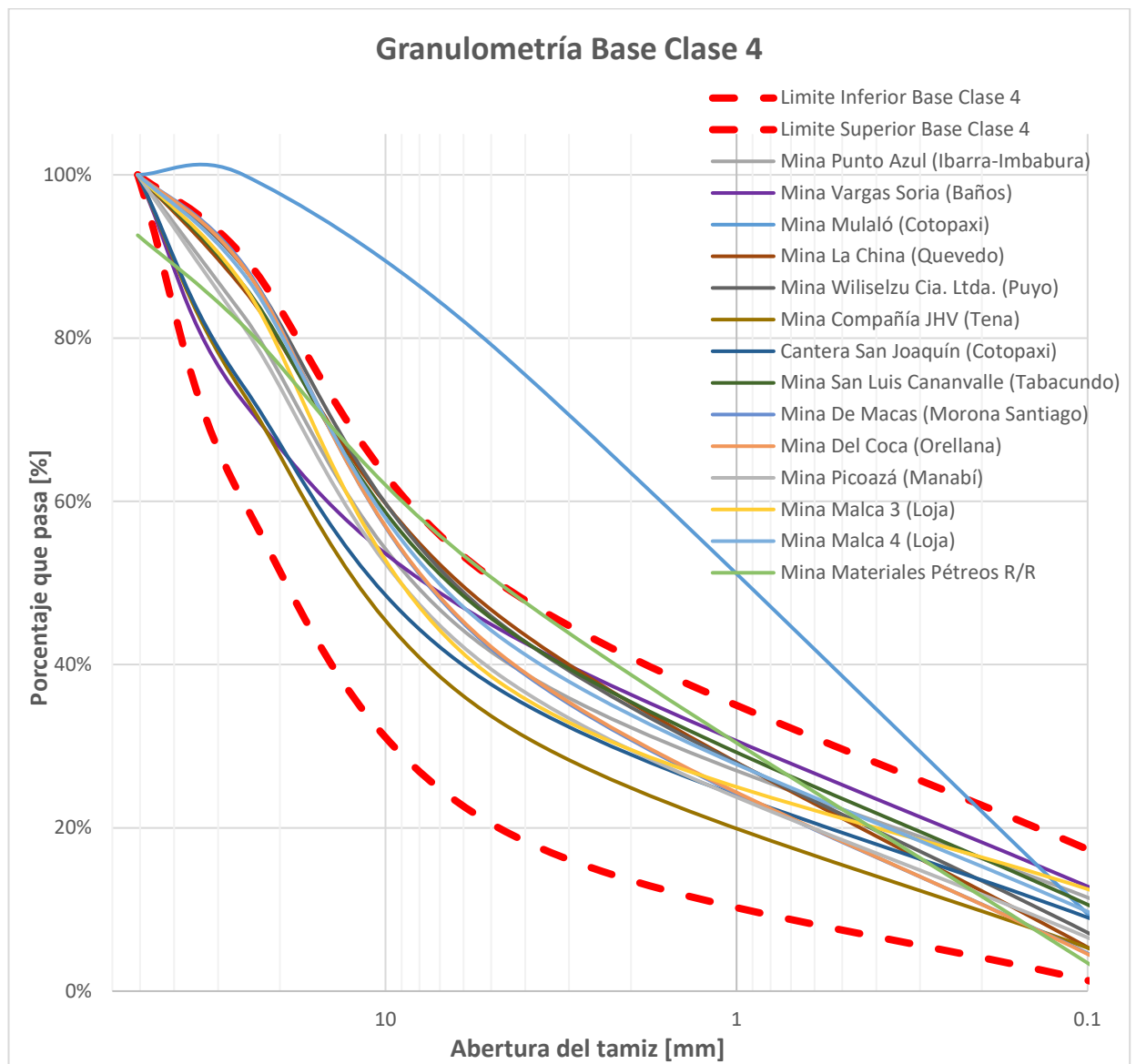
Se indica el análisis comparativo de granulometría de las Bases clase 4

Tabla 15. Análisis comparativo, bases clase 4

Mina	Base clase 4
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino. Predomina un tamaño ó una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Vargas Soria (Baños)	Mezcla de gravas pobremente graduadas con poca presencia de material fino. Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Mulaló (Cotopaxi)	Mantiene una mezcla entre gravas y arenas. No cumple con los límites establecidos en las especificaciones MOP.
Mina La China (Quevedo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Compañía Jhv (Tena)	Mezcla de gravas y áreas con presencia de de pocos finos, completamente dentro de los límites de la MOP.
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	Mezcla de gravas y áreas con presencia de pocos finos, completamente dentro de los límites de la MOP.
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	Su granulometría rosa los límites establecidos para una base tipo 4 del MOP. pero cumple la especificación.
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	Su granulometría rosa los límites establecidos para una base tipo 4, pero cumple la especificación.

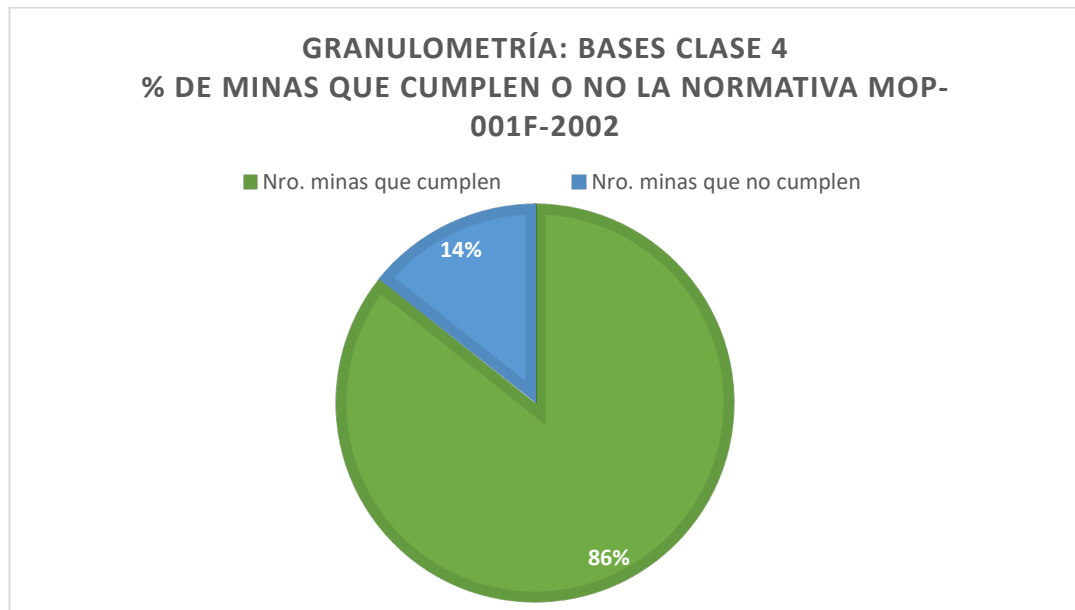
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	Mezcla de gravas y áreas con presencia de pocos finos, completamente dentro de los límites de la MOP
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	No cumple con la normativa MOP-001-F 2002 para bases tipo A y B, por lo que debe mejorarse.

Fuente: Los Autores



Gráfica 7. Análisis comparativo de la granulometría de Bases Clase 4 de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 8. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Bases Clase 4.

Fuente: Los Autores.

3.1.2. Granulometría: Subbases

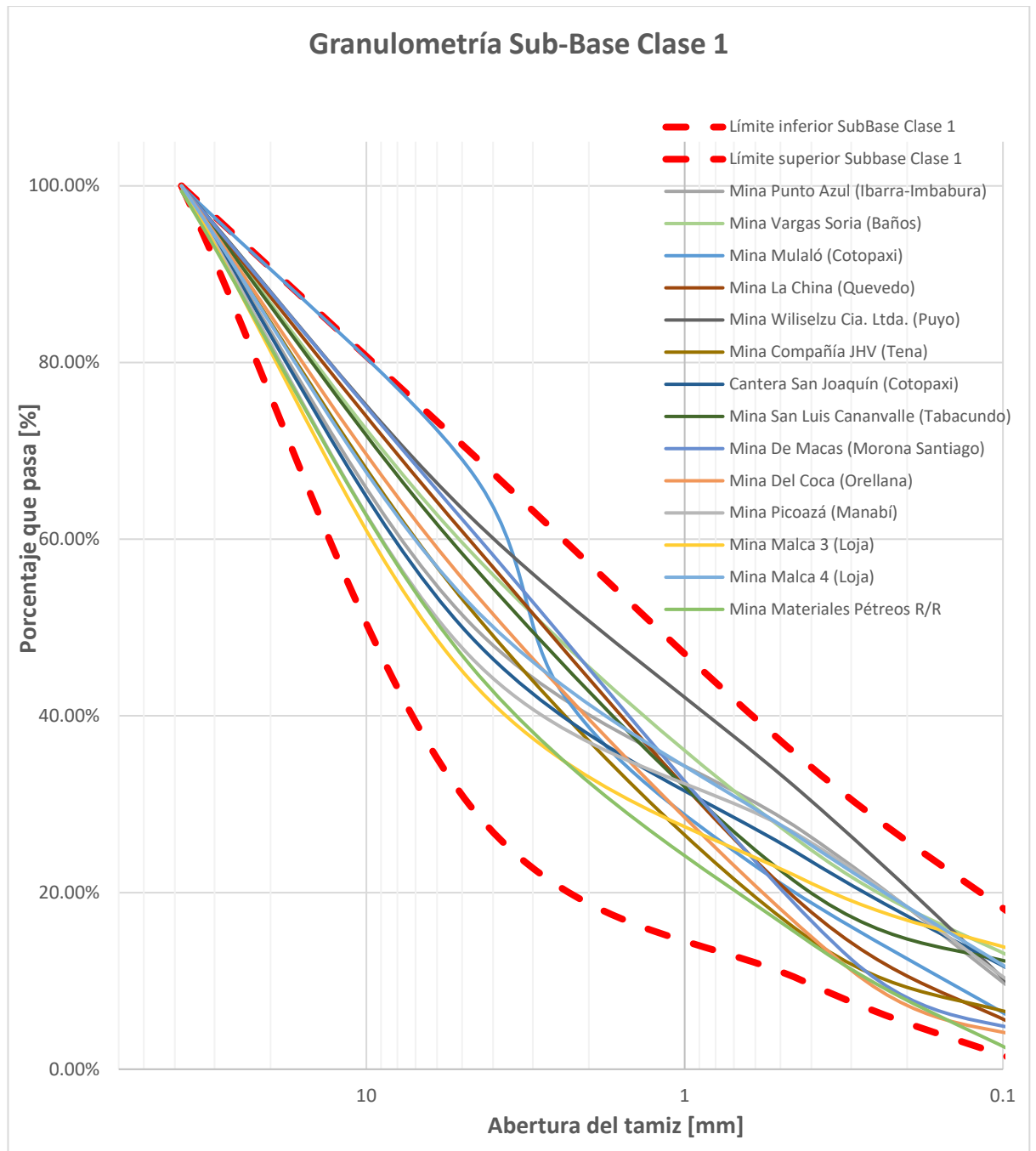
Se indica el análisis comparativo de granulometría de las Subbases clase 1

Tabla 16. Análisis comparativo, subbases clase 1

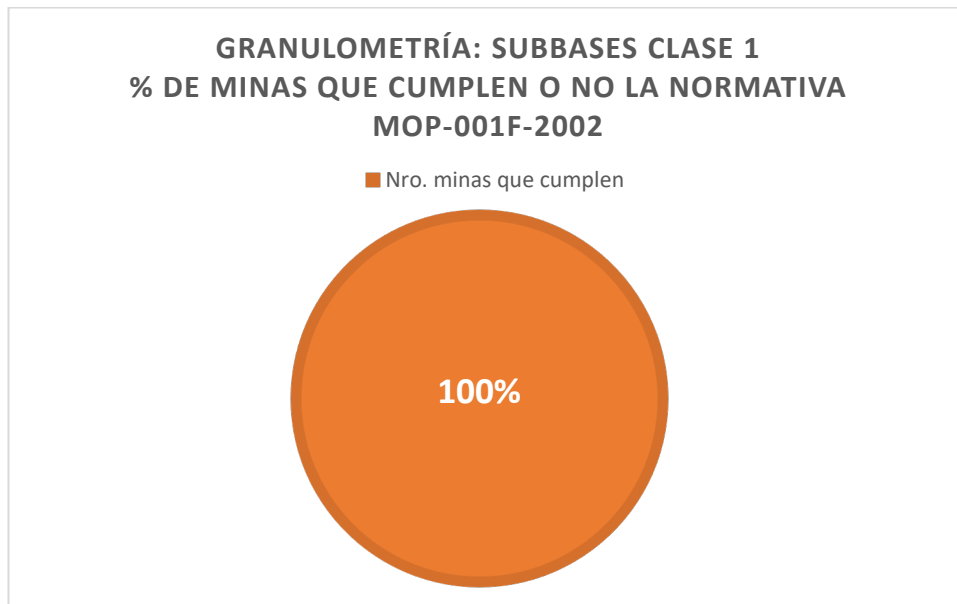
Mina	Subbase clase 1
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Vargas Soria (Baños)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Mulaló (Cotopaxi)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina La China (Quevedo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Compañía Jhv (Tena)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

Fuente: Los Autores



Gráfica 9. Análisis comparativo de la granulometría de Subbases Clase 1 de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 10. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Subbases Clase 1.

Fuente: Los Autores.

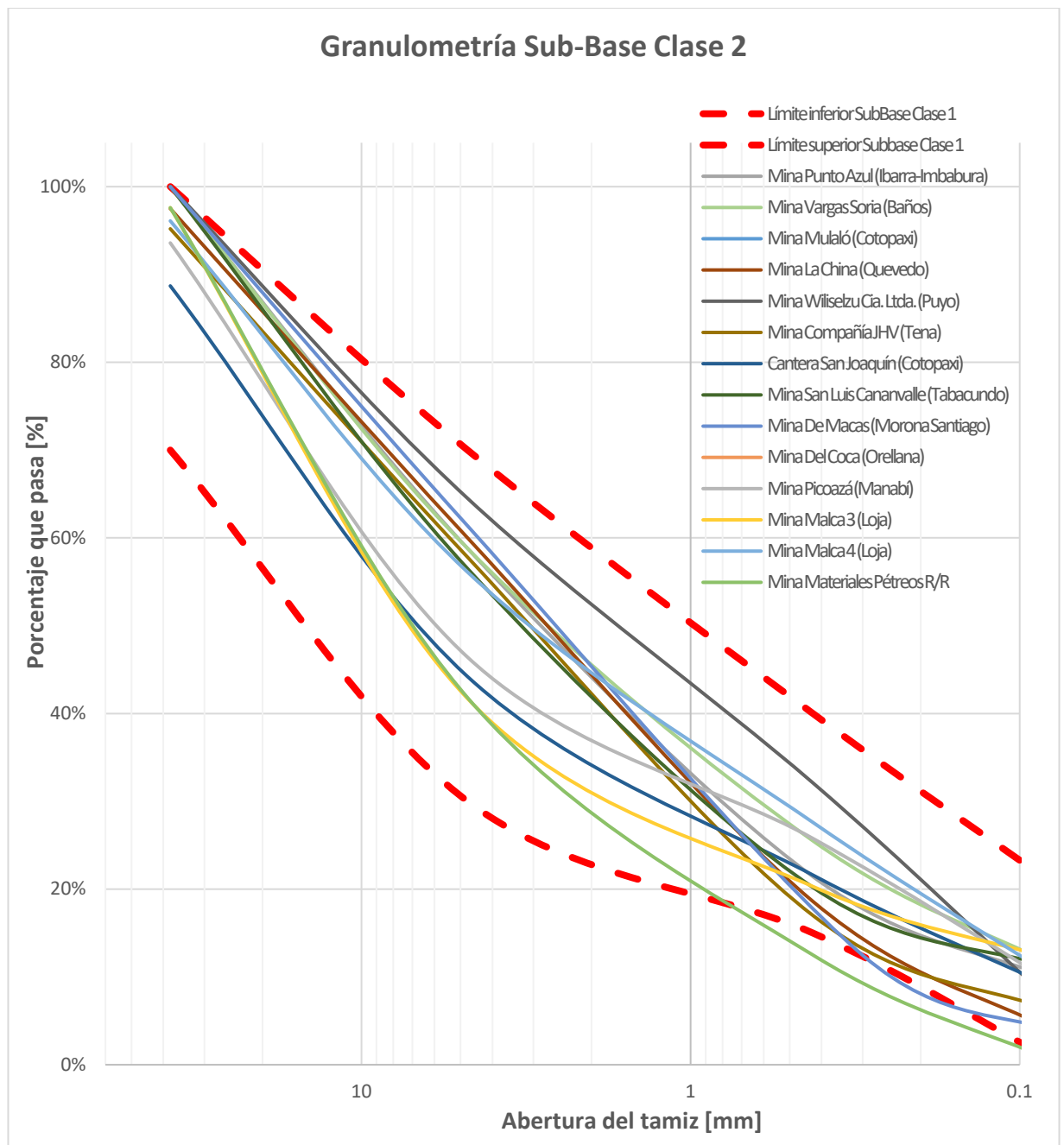
Se indica el análisis comparativo de granulometría de las Subbases clase 2

Tabla 17. Análisis comparativo, subbases clase 2

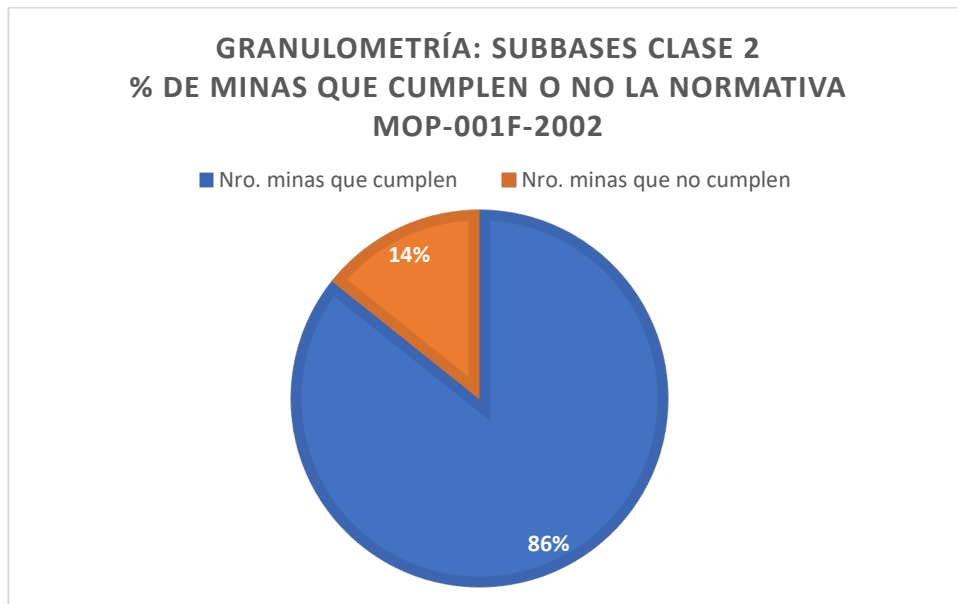
Mina	Subbase clase 2
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Vargas Soria (Baños)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Mulaló (Cotopaxi)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina La China (Quevedo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Compañía Jhv (Tena)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	No cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	No cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 11. Análisis comparativo de la granulometría de Subbases Clase 2 de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 12. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Subbases Clase 2.

Fuente: Los Autores.

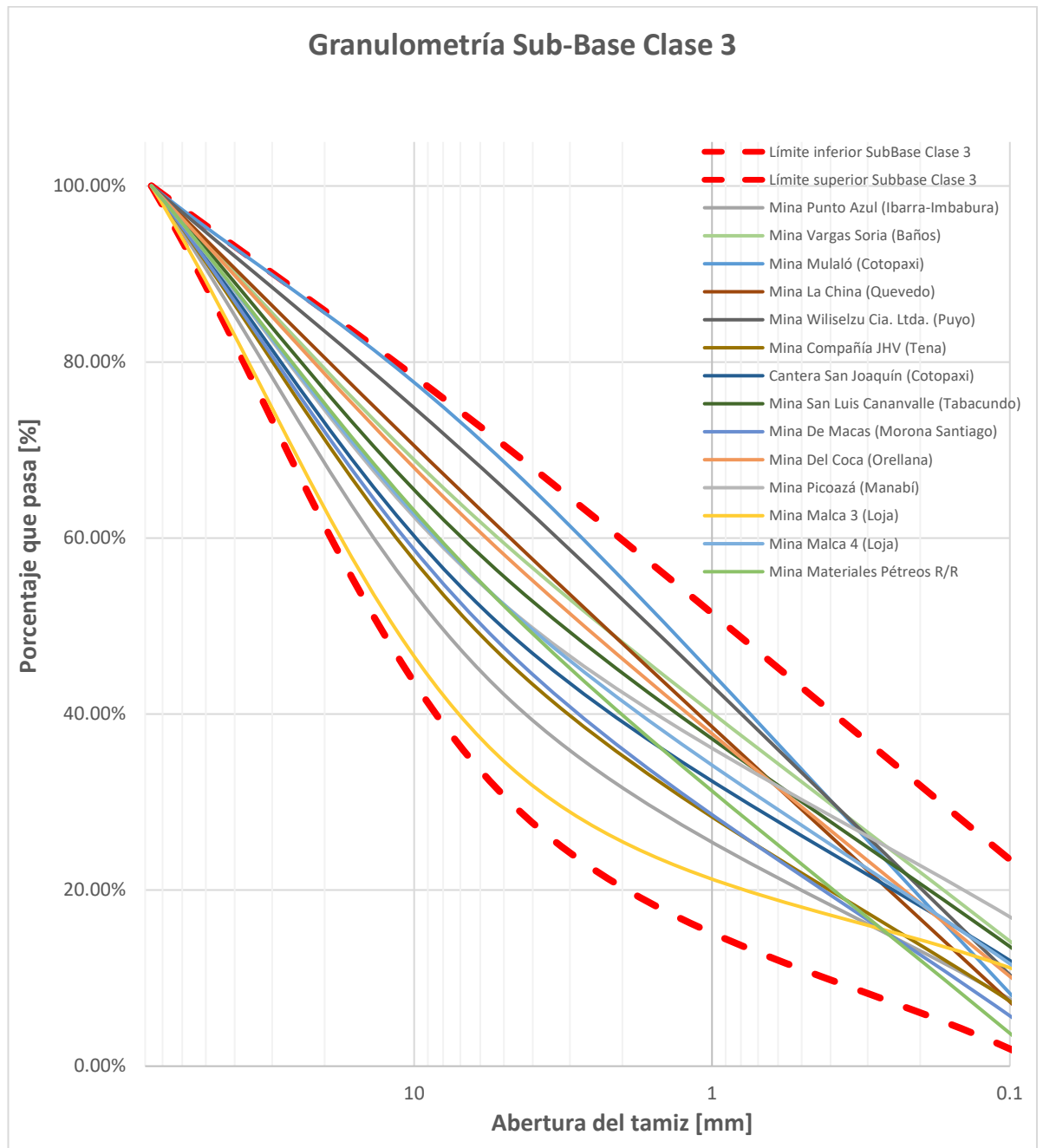
Se indica el análisis comparativo de granulometría de las Subbases clase 3

Tabla 18. Análisis comparativo, subbases clase 3

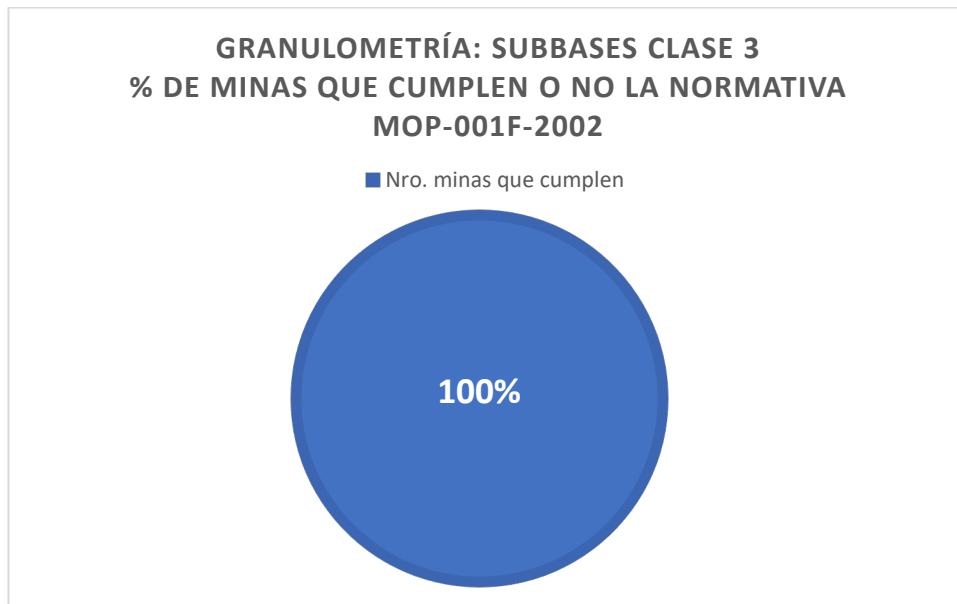
Mina	Subbase clase 3
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Vargas Soria (Baños)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Mulaló (Cotopaxi)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina La China (Quevedo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Compañía Jhv (Tena)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	Cumple con los límites establecidos en especificaciones MOP.

Fuente: Los Autores



Gráfica 13. Análisis comparativo de la granulometría de Subbases Clase 3 de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 14. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de granulometría para Subbases Clase 3.

Fuente: Los Autores.

3.1.3. Gravedad Específica y absorción de los agregados

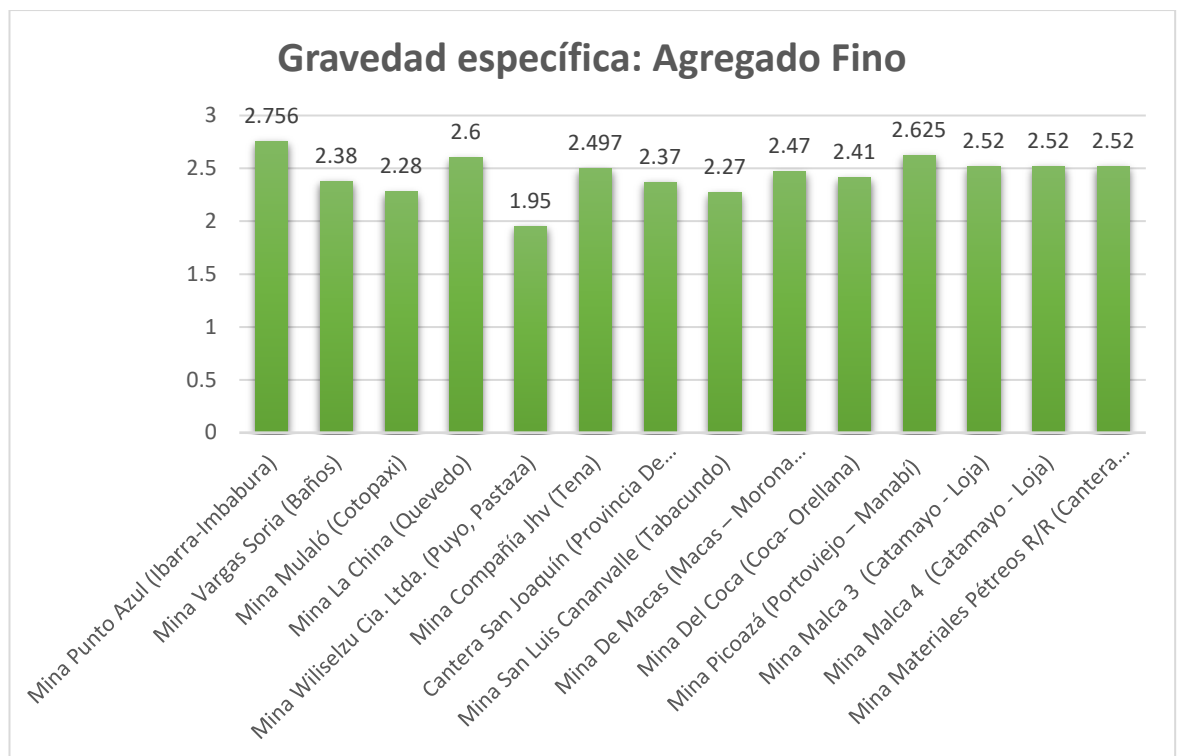
Los valores de gravedad específica se indican a continuación:

Tabla 19. Análisis comparativo, Gravedad específica de los agregados

Mina	Gravedad específica: Agregado Fino	Gravedad específica: Agregado Grueso	Absorción: Agregado Fino	Absorción: Agregado Grueso
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	2.756	2.611	2.20%	1.28%
Mina Vargas Soria (Baños)	2.38	2.61	3.43%	2.75%
Mina Mulaló (Cotopaxi)	2.28	2.12	3.07%	5.20%
Mina La China (Quevedo)	2.60	2.70	4.41%	0.90%
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	1.95	2.58	---	---
Mina Compañía Jhv (Tena)	2.497	2.62	1.94%	1.94%
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	2.37	2.28	2.23%	4.09%

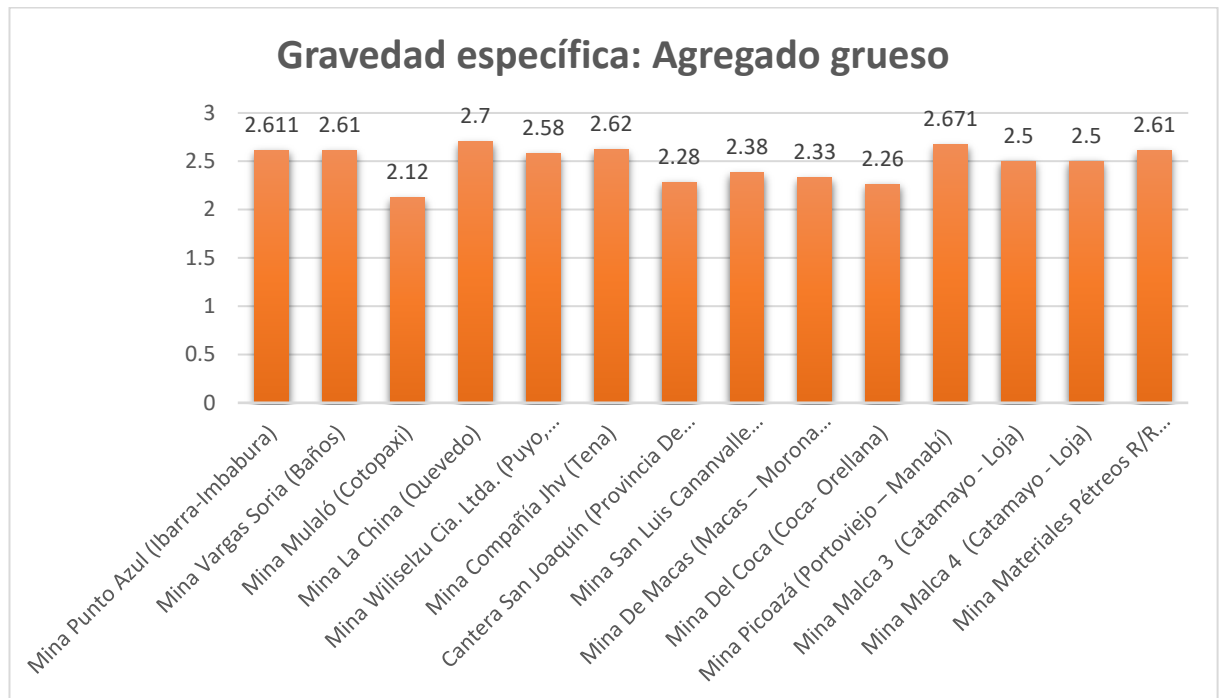
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	2.27	2.38	5.93%	3.23%
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	2.47	2.33	---	---
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	2.41	2.26	---	---
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	2.625	2.671	2.00%	1.02%
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2.52	2.50	3.07%	2.09%
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2.52	2.50	2.90%	2.12%
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	2.52	2.61	3.55%	1.86%

Fuente: Los Autores

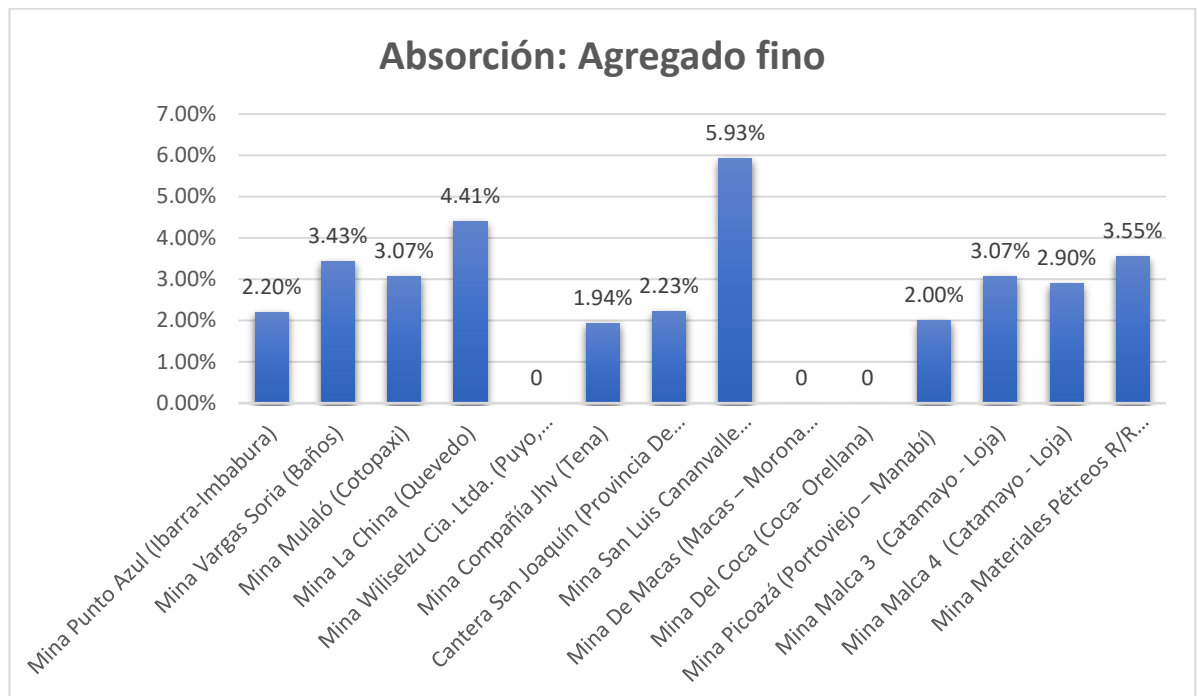


Gráfica 15. Diagrama de barras, gravedad específica del agregado fino de las minas.

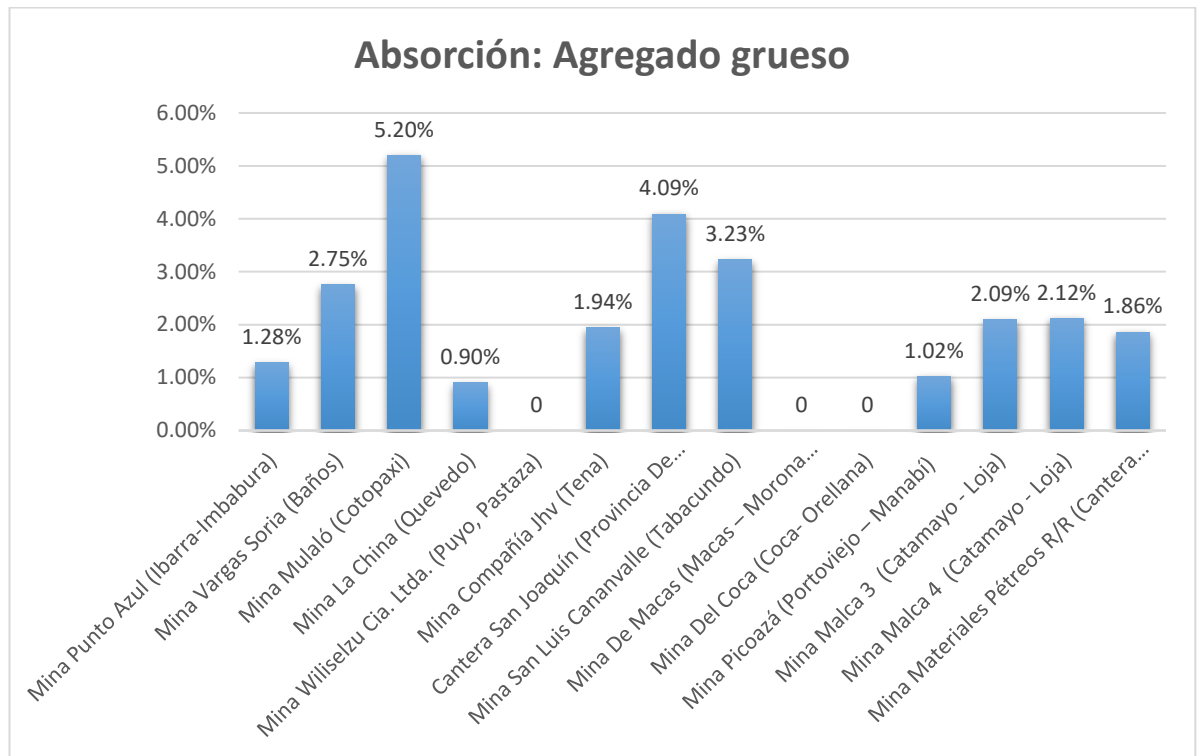
Fuente: Los Autores.



Gráfica 16. Diagrama de barras, gravedad específica del agregado grueso de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 17. Diagrama de barras, absorción del agregado fino de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 18. Diagrama de barras, absorción del agregado grueso de las minas.
Fuente: Los Autores.

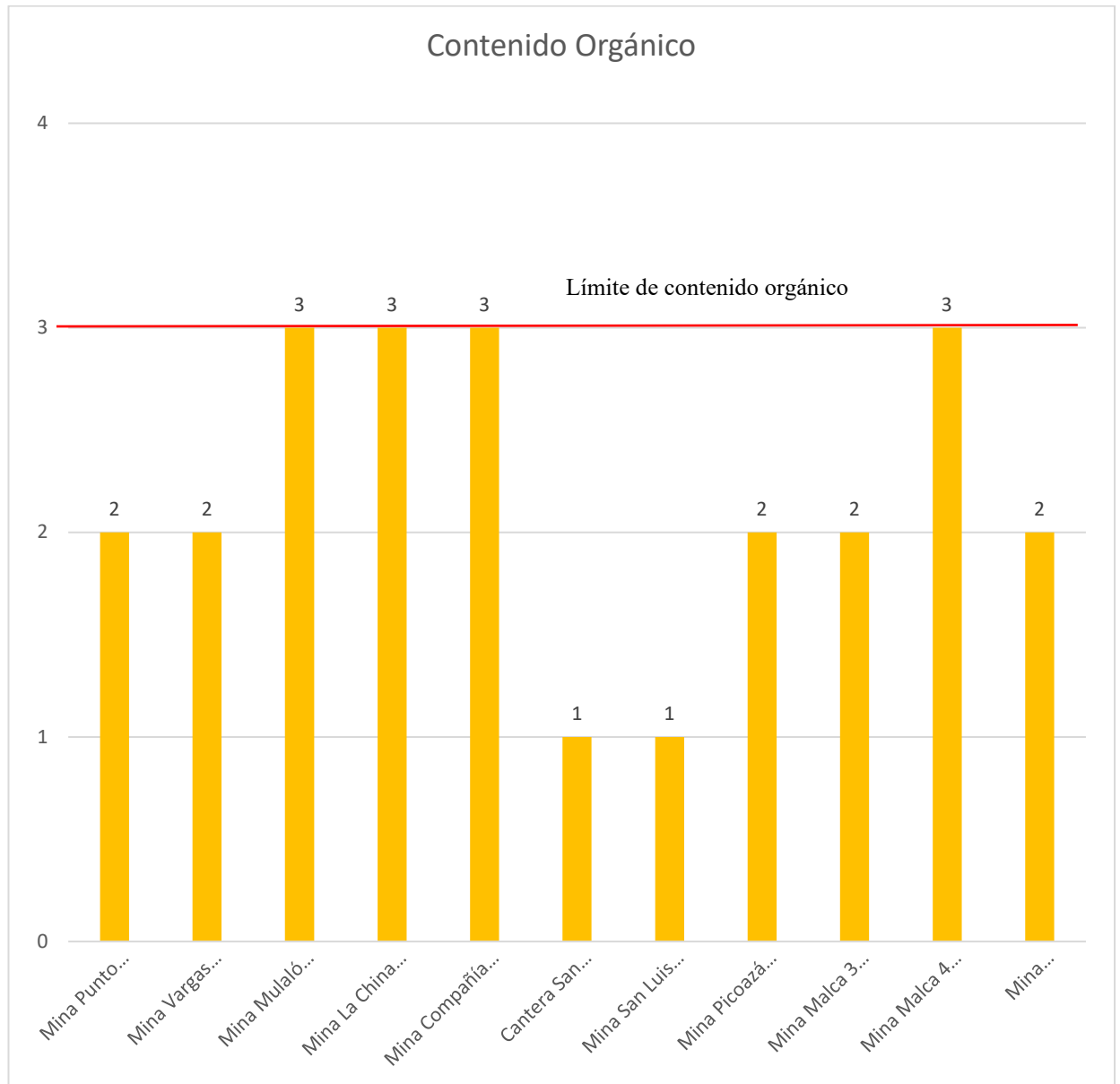
3.1.4. Contenido Orgánico.

Los valores de contenido orgánico se muestran a continuación:

Tabla 20. Análisis comparativo, Contenido orgánico de los agregados

Mina	Color	Observación
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	2	Valor dentro del Limite
Mina Vargas Soria (Baños)	2	Valor dentro del Limite
Mina Mulaló (Cotopaxi)	3	Valor dentro del Limite
Mina La China (Quevedo)	3	Valor dentro del Limite
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	-	No indica valores o resultados del ensayo
Mina Compañía Jhv (Tena)	3	Valor dentro del Limite
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1	Valor dentro del Limite
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	1	Valor dentro del Limite
Mina De Macas (Macas - Morona Santiago)	-	No indica valores o resultados del ensayo
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	-	No indica valores o resultados del ensayo
Mina Picoazá (Portoviejo - Manabí)	2	Valor dentro del Limite
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2	Valor dentro del Limite
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	3	Valor dentro del Limite

Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez) 2 Valor dentro del Limite
Fuente: Los Autores



Gráfica 19. Diagrama de barras y límite de la especificación del contenido orgánico de los agregados de las minas.
Fuente: Los Autores.



Gráfica 20. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de contenido orgánico en los agregados.

Fuente: Los Autores.

3.1.5. Terrones de arcilla y partículas friables

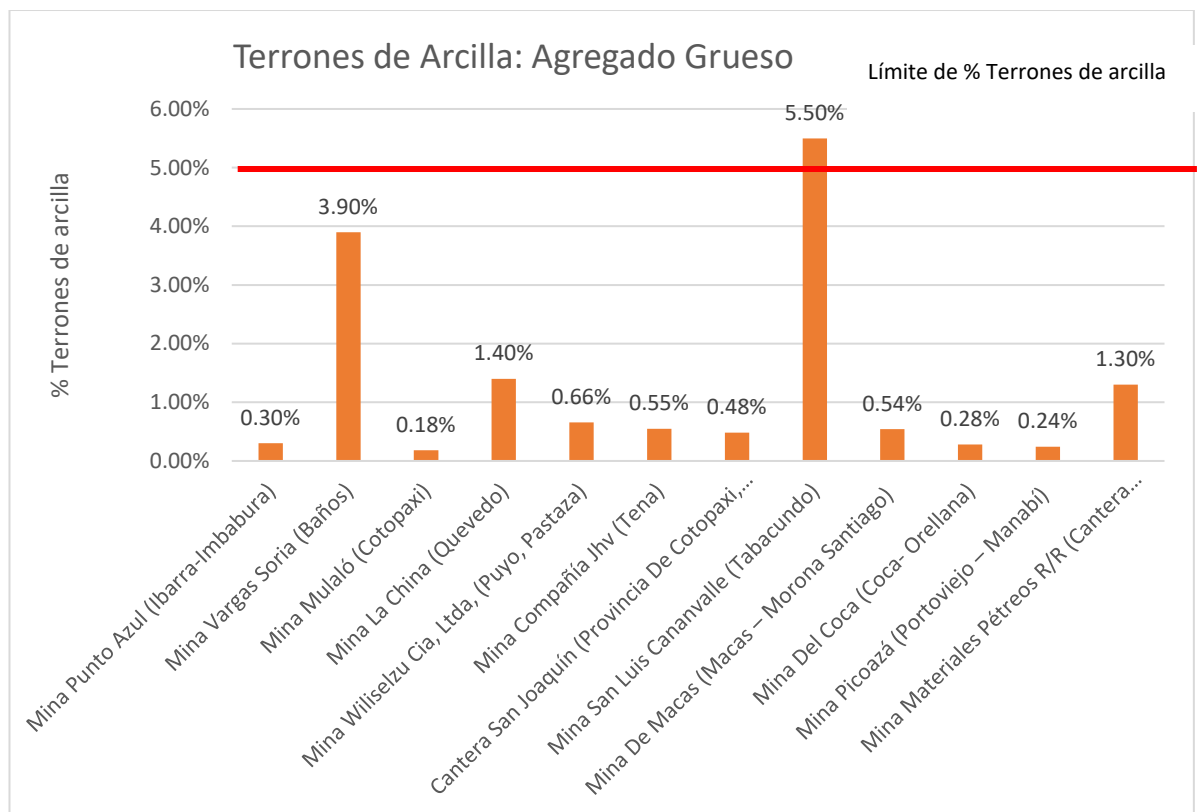
A continuación, se indica el análisis para el ensayo de terrones de arcilla.

Tabla 21. Análisis comparativo, Terrones de arcilla y partículas friables de los agregados

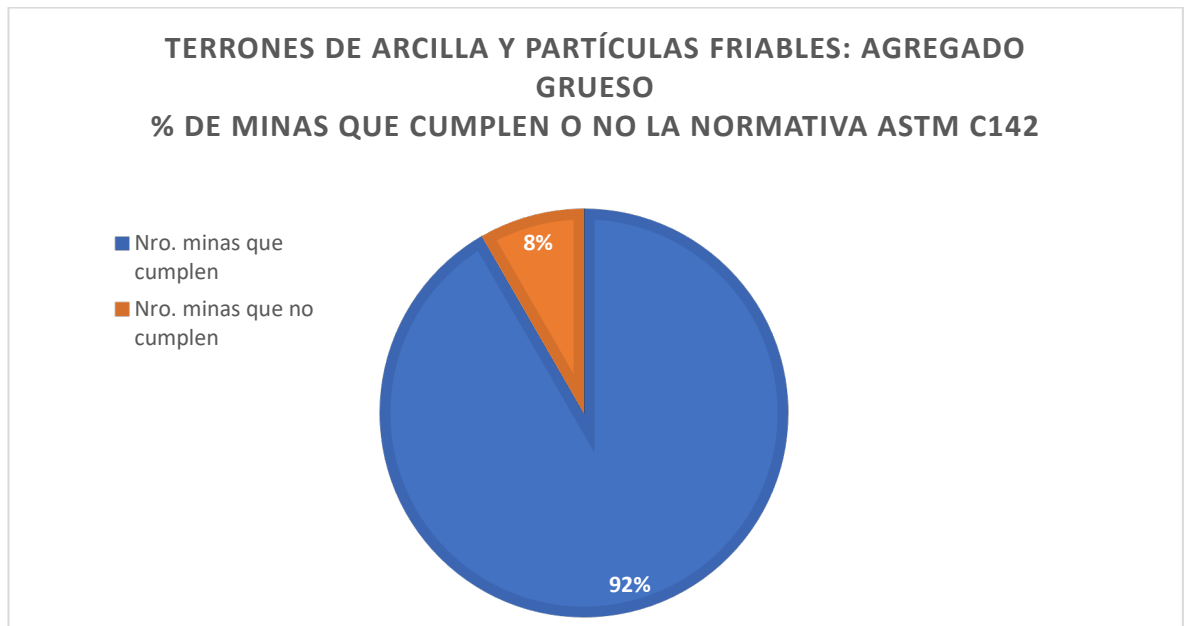
Mina	Agregado Fino %	Agregado Grueso %	Observación
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	0.3	0.3	Valor dentro del Limite
Mina Vargas Soria (Baños)	2.6	3.9	Valores fuera del rango permisible
Mina Mulaló (Cotopaxi)	0.5	0.18	Valor dentro del Limite
Mina La China (Quevedo)	1.20	1.4	Valor dentro del Limite
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	-	0.659	Valor dentro del Limite
Mina Compañía Jhv (Tena)	-	0.547	Valor dentro del Limite
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1.8	0.48	Valor dentro del Limite
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	5	5.5	Valores fuera del rango permisible

Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	-	0.54	Valor dentro del Limite
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	-	0.28	Valor dentro del Limite
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabi)	-	0.24	Valor dentro del Limite
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	-	-	No indica valores del ensayo
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	-	-	No indica valores del ensayo
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	1.1	1.3	Valores fuera del rango permisible

Fuente: Los Autores

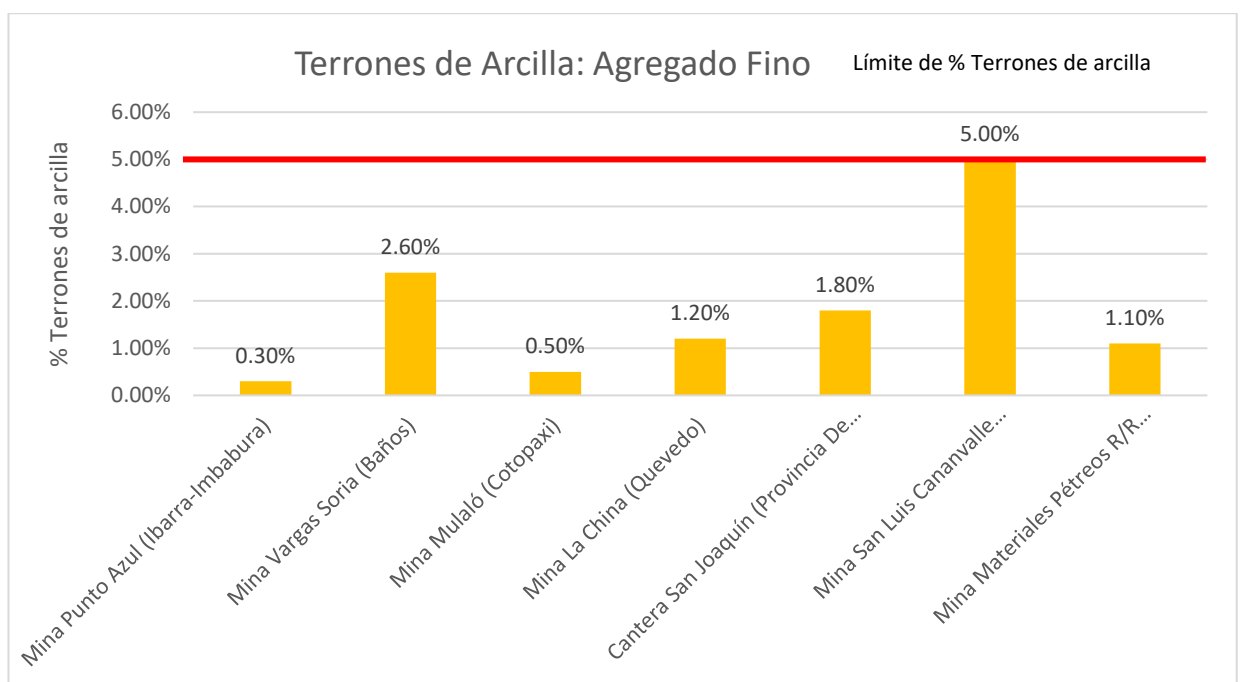


Gráfica 21. Diagrama de barras y límite de la especificación del porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado grueso de las minas.
Fuente: Los Autores.



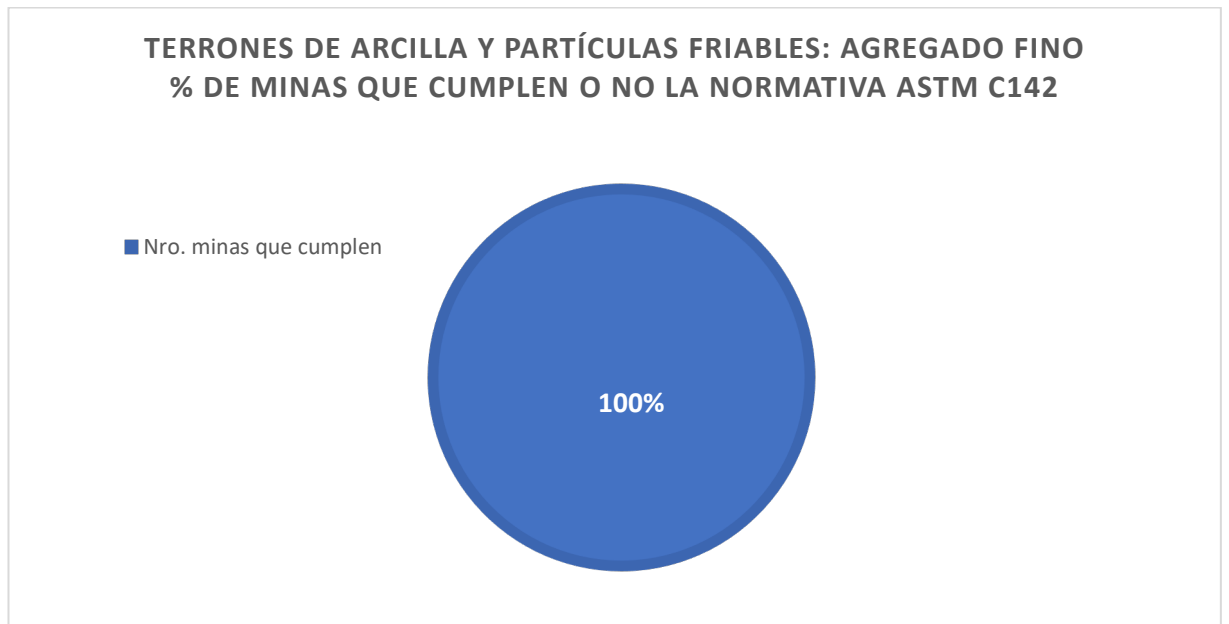
Gráfica 22. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado grueso.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 23. Diagrama de barras y límite de la especificación del porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado fino de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 24. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de terrones de arcilla y partículas friables en el agregado fino.

Fuente: Los Autores.

3.1.6. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos

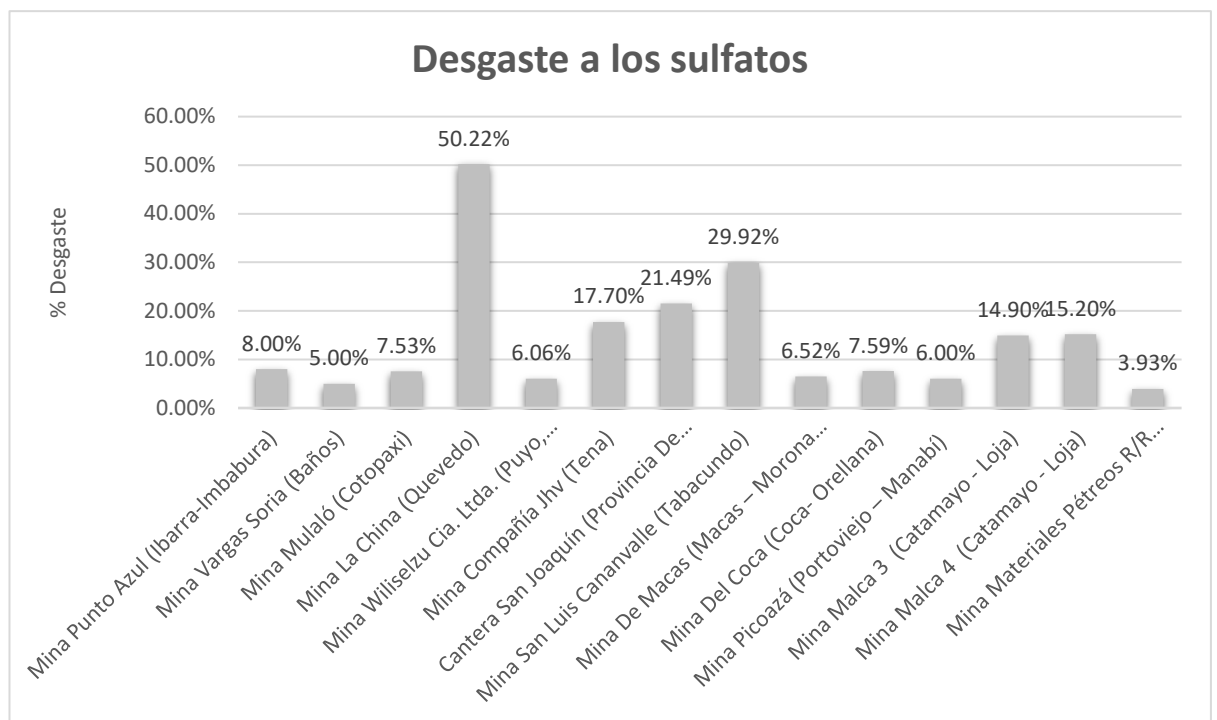
El análisis del ensayo para el material de cada mina se indica a continuación:

Tabla 22. Análisis comparativo, Durabilidad a la acción de los sulfatos

Mina	% desgaste	Observación
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	8	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina Vargas Soria (Baños)	5	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina Mulaló (Cotopaxi)	7.53	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina La China (Quevedo)	50.22	Valores fuera del rango permisible
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	6.06	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina Compañía Jhv (Tena)	17.7	Valor dentro del Límite permisible por norma
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	21.49	Valores fuera del rango permisible
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	29.92	Valores fuera del rango permisible
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	6.52	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	7.59	Valor dentro del Límite permisible por norma

Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	6	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	14.9	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	15.2	Valor dentro del Límite permisible por norma
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	3.93	Valor dentro del Límite permisible por norma

Fuente: Los Autores



Gráfica 25. Diagrama de barras del porcentaje de desgaste a la acción de los sulfatos en los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

3.2. Análisis de las propiedades mecánicas de las bases y subbases de las catorce minas.

3.2.1 Bases.

3.2.1.1. Límites de Atterberg y Contenido de humedad.

Tabla 23. Límites de Atterberg

Mina	Límites de Atterberg	W	Observación
------	----------------------	---	-------------

	LI	Lp	Ip	W (%)	
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	-	-	-	9.08	No Plástico
Mina Vargas Soria (Baños)	-	-	-	-	No Plástico
Mina Mulaló (Cotopaxi)	-	-	-	8.15	No Plástico
Mina La China (Quevedo)	-	-	-	0.99	No Plástico
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	-	-	-	-	No Plástico
Mina Compañía Jhv (Tena)	-	-	-	-	No Plástico
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	-	-	-	-	No Plástico
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	-	-	-	-	No Plástico
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	-	-	-	8.13	No Plástico
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	-	-	-	8.30	No Plástico
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	-	-	-	28.74	No Plástico
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	-	-	-	-	No Plástico
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	-	-	-	-	No Plástico
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	-	-	-	-	No Plástico

Fuente: Los Autores

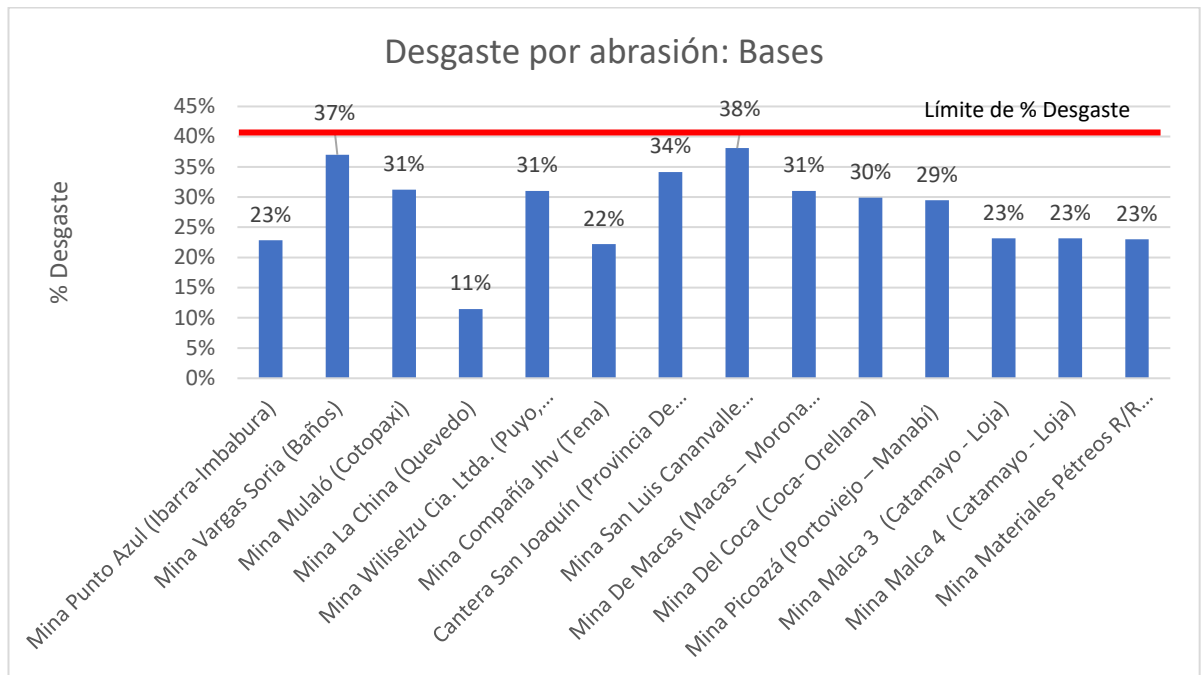
Todas las minas poseen materiales no plásticos, por lo tanto, cumplen con la normativa MOP.

3.2.1.2. Desgaste por abrasión.

Tabla 24. Desgaste por abrasión

Mina	Porcentaje de desgaste (%)	Observación
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	22.86	Valor dentro del límite
Mina Vargas Soria (Baños)	37.00	Valor dentro del límite
Mina Mulaló (Cotopaxi)	31.21	Valor dentro del límite
Mina La China (Quevedo)	11.47	Valor dentro del límite
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	31.00	Valor dentro del límite
Mina Compañía Jhv (Tena)	22.20	Valor dentro del límite
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	34.14	Valor dentro del límite
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	38.10	Valor dentro del límite
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	31.00	Valor dentro del límite
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	29.90	Valor dentro del límite
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	29.49	Valor dentro del límite
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	23.18	Valor dentro del límite
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	23.18	Valor dentro del límite
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	23.00	Valor dentro del límite

Fuente: Los Autores



Gráfica 26. Diagrama de barras y límite de la especificación del porcentaje de desgaste por abrasión de las bases creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.



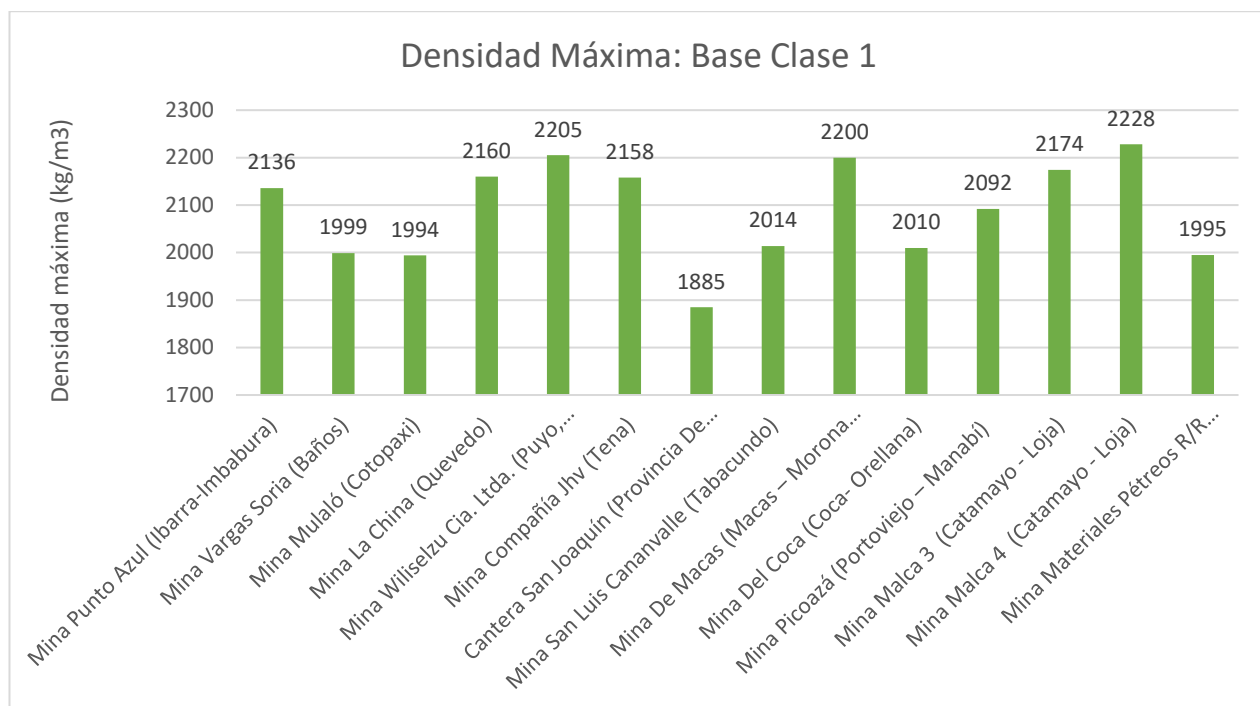
Gráfica 27. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de desgaste por abrasión en las bases creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.

3.2.1.3. Ensayo de Proctor Modificado

Tabla 25. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 1

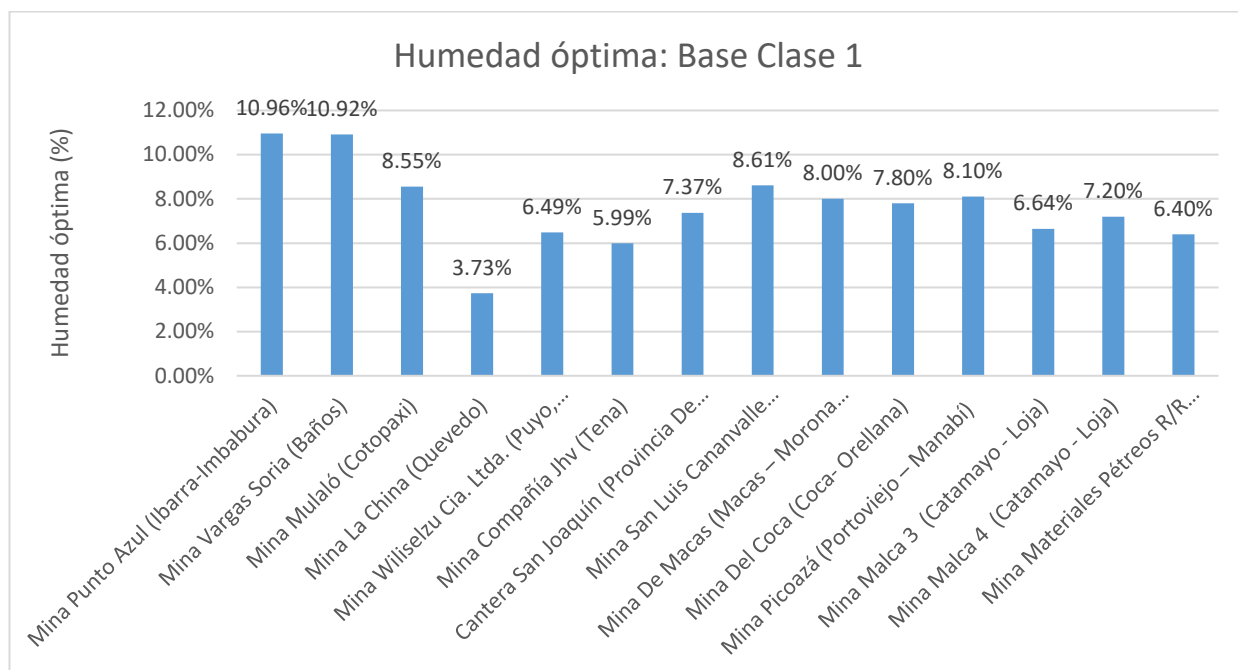
Mina	Densidad Máxima Kg/m ³	Humedad Óptima (%)
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	2136	10.96
Mina Vargas Soria (Baños)	1999	10.92
Mina Mulaló (Cotopaxi)	1994	8.55
Mina La China (Quevedo)	2160	3.73
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	2205	6.49
Mina Compañía Jhv (Tena)	2158	5.99
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1885	7.37
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	2014	8.61
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	2200	8.00
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	2010	7.80
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	2092	8.10
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2174	6.64
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2228	7.20
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	1995	6.40

Fuente: Los Autores



Gráfica 28. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



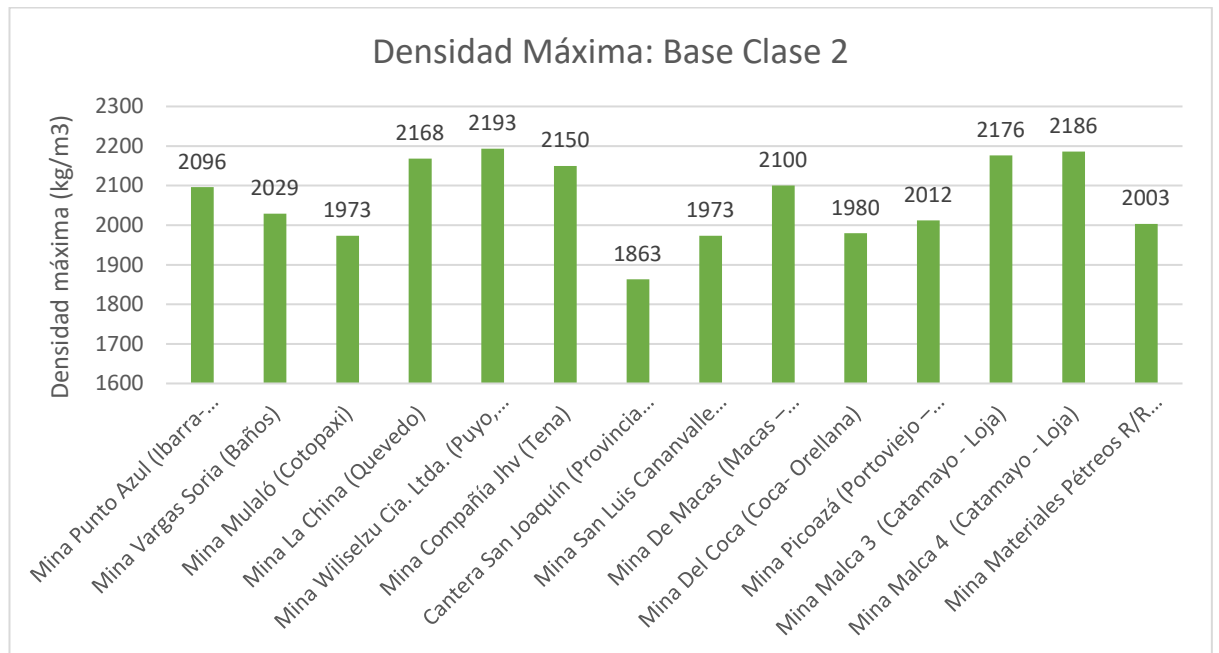
Gráfica 29. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

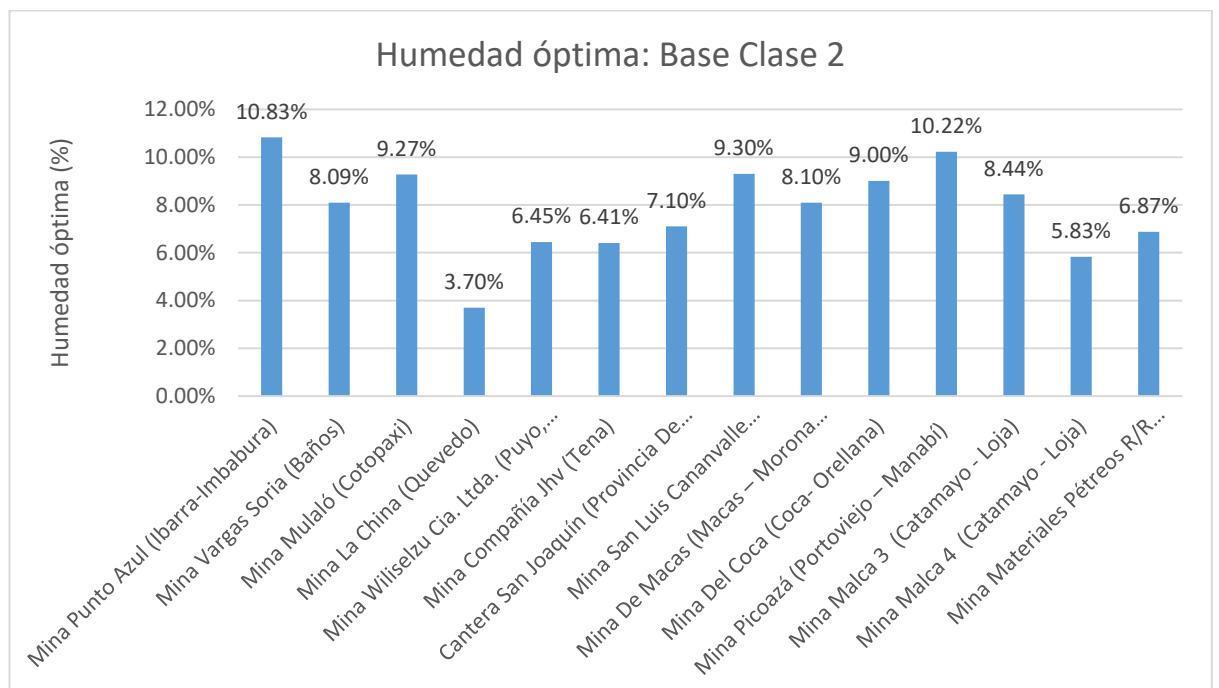
Tabla 26. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 2

Mina	Densidad Máxima	Humedad Optima
	Kg/m ³	(%)
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	2096	10.83
Mina Vargas Soria (Baños)	2029	8.09
Mina Mulaló (Cotopaxi)	1973	9.27
Mina La China (Quevedo)	2168	3.70
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	2193	6.45
Mina Compañía Jhv (Tena)	2150	6.41
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1863	7.10
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	1973	9.30
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	2100	8.10
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	1980	9.00
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	2012	10.22
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2176	8.44
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2186	5.83
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	2003	6.87

Fuente: Los Autores



Gráfica 30. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.

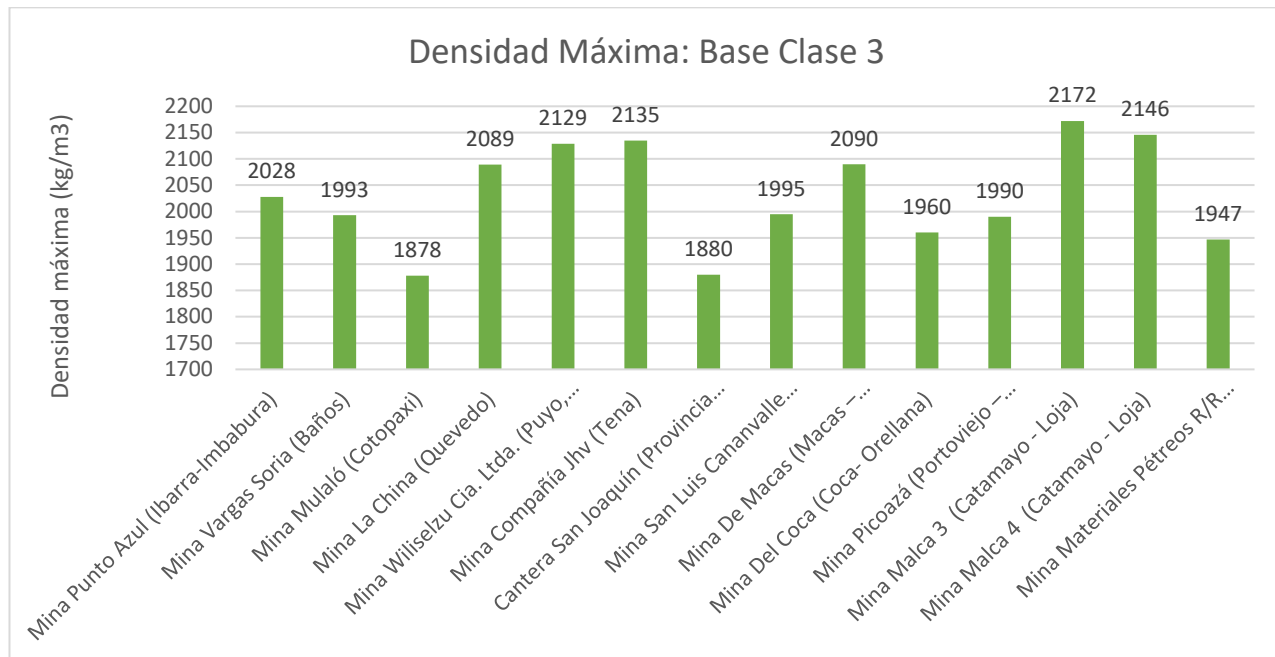


Gráfica 31. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.

Tabla 27. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 3

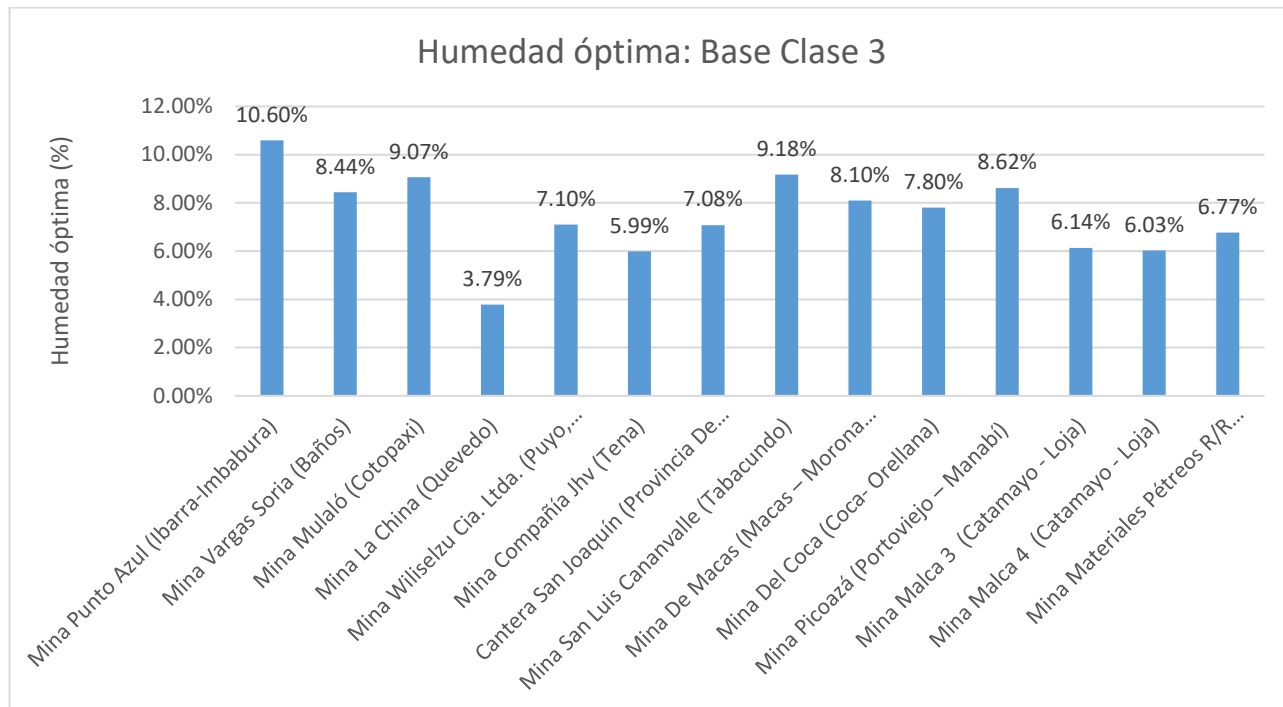
Mina	Densidad Máxima Kg/m ³	Humedad Optima (%)
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	2028	10.60
Mina Vargas Soria (Baños)	1993	8.44
Mina Mulaló (Cotopaxi)	1878	9.07
Mina La China (Quevedo)	2089	3.79
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	2129	7.10
Mina Compañía Jhv (Tena)	2135	5.99
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1880	7.08
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	1995	9.18
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	2090	8.10
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	1960	7.80
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	1990	8.62
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2172	6.14
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2146	6.03
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	1947	6.77

Fuente: Los Autores



Gráfica 32. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



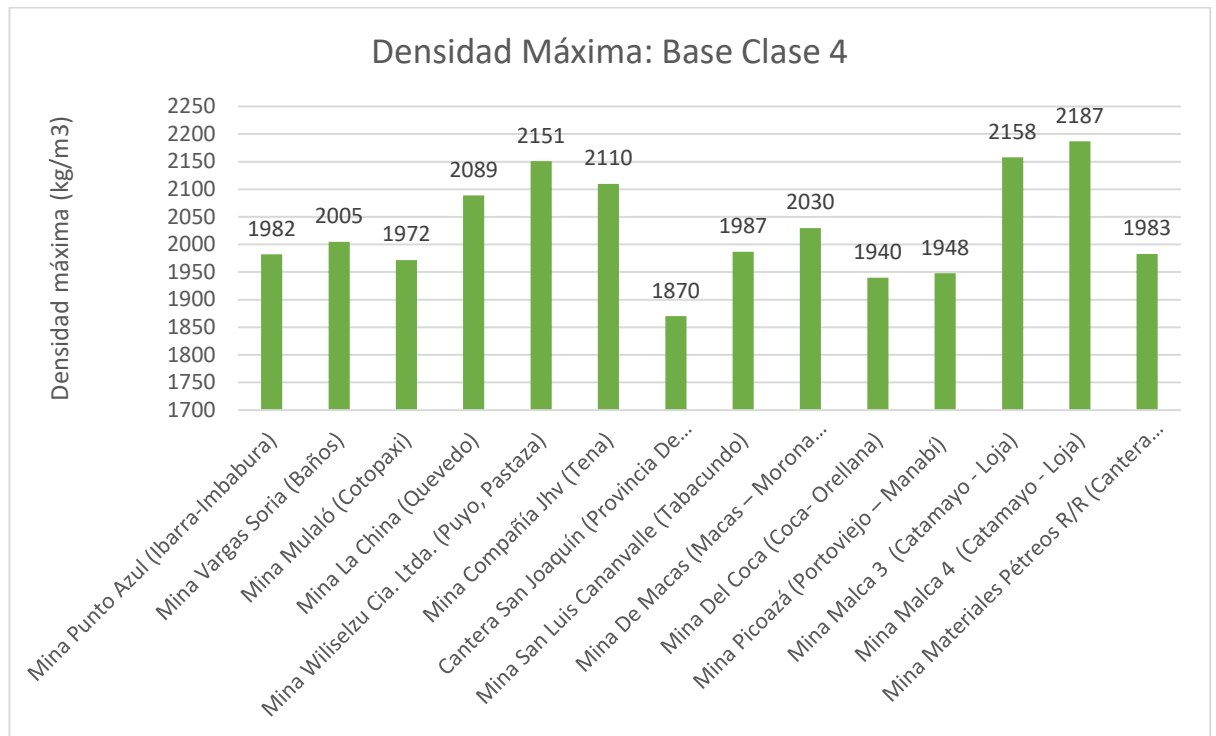
Gráfica 33. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

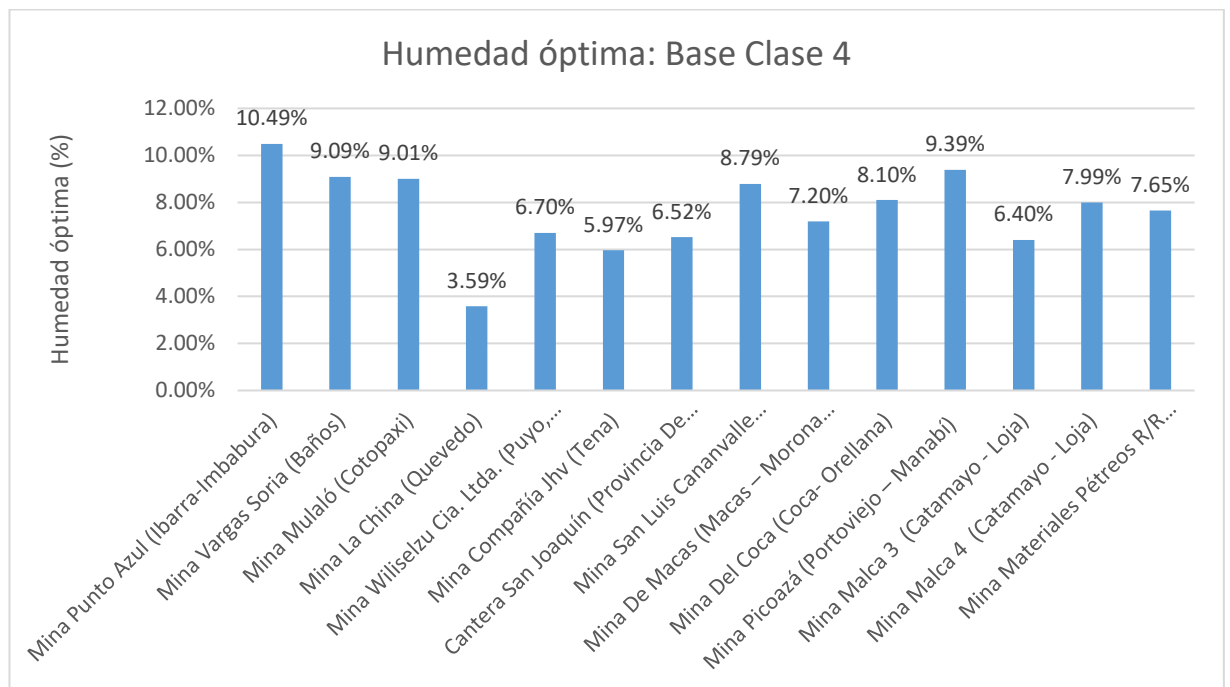
Tabla 28. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Base Clase 4

Mina	Densidad Máxima Kg/m ³	Humedad Óptima (%)
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	1982	10.49
Mina Vargas Soria (Baños)	2005	9.09
Mina Mulaló (Cotopaxi)	1972	9.01
Mina La China (Quevedo)	2089	3.59
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	2151	6.70
Mina Compañía Jhv (Tena)	2110	5.97
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1870	6.52
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	1987	8.79
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	2030	7.20
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	1940	8.10
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	1948	9.39
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2158	6.40
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2187	7.99
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	1983	7.65

Fuente: Los Autores



Gráfica 34. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 35. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.

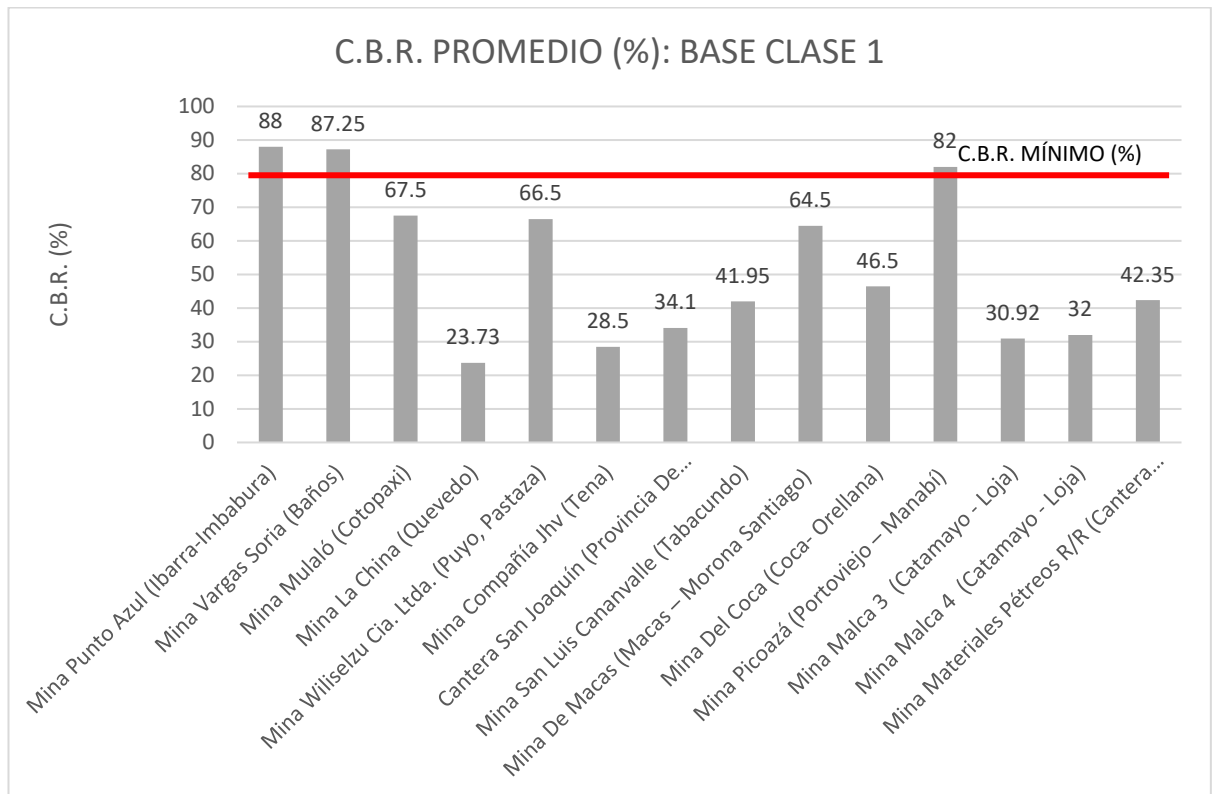
3.2.1.4. C.B.R. (California Bearing Ratio %)

Se presenta a continuación el análisis comparativo del C.B.R. para Bases clase 1

Tabla 29. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 1

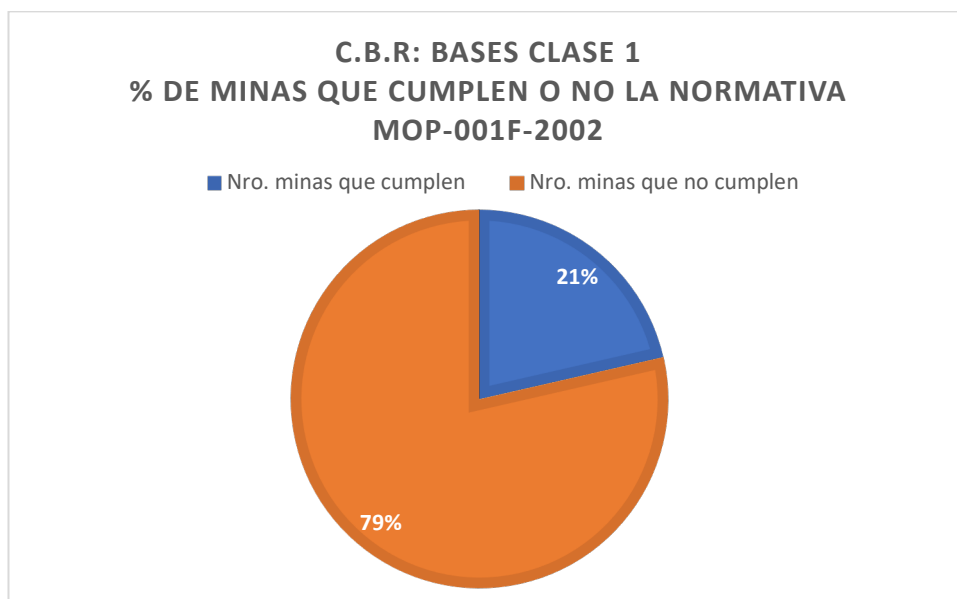
Mina	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	Observaciones
	Penetración 0.1 pulg	Penetración 0.2 pulg	Promedio	
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	89.1	86.9	88	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Vargas Soria (Baños)	104.5	70	87.25	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Mulaló (Cotopaxi)	59	76	67.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina La China (Quevedo)	20.5	26.95	23.73	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	55	78	66.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Compañía Jhv (Tena)	25	32	28.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	30.9	37.3	34.1	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	39.1	44.8	41.95	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	56	73	64.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	42	51	46.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	80	84	82	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	26.5	35.33	30.92	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	27	37	32	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	36.5	48.2	42.35	No cumple la normativa MOP-001-F 2002

Fuente: Los Autores



Gráfica 36. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 37. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

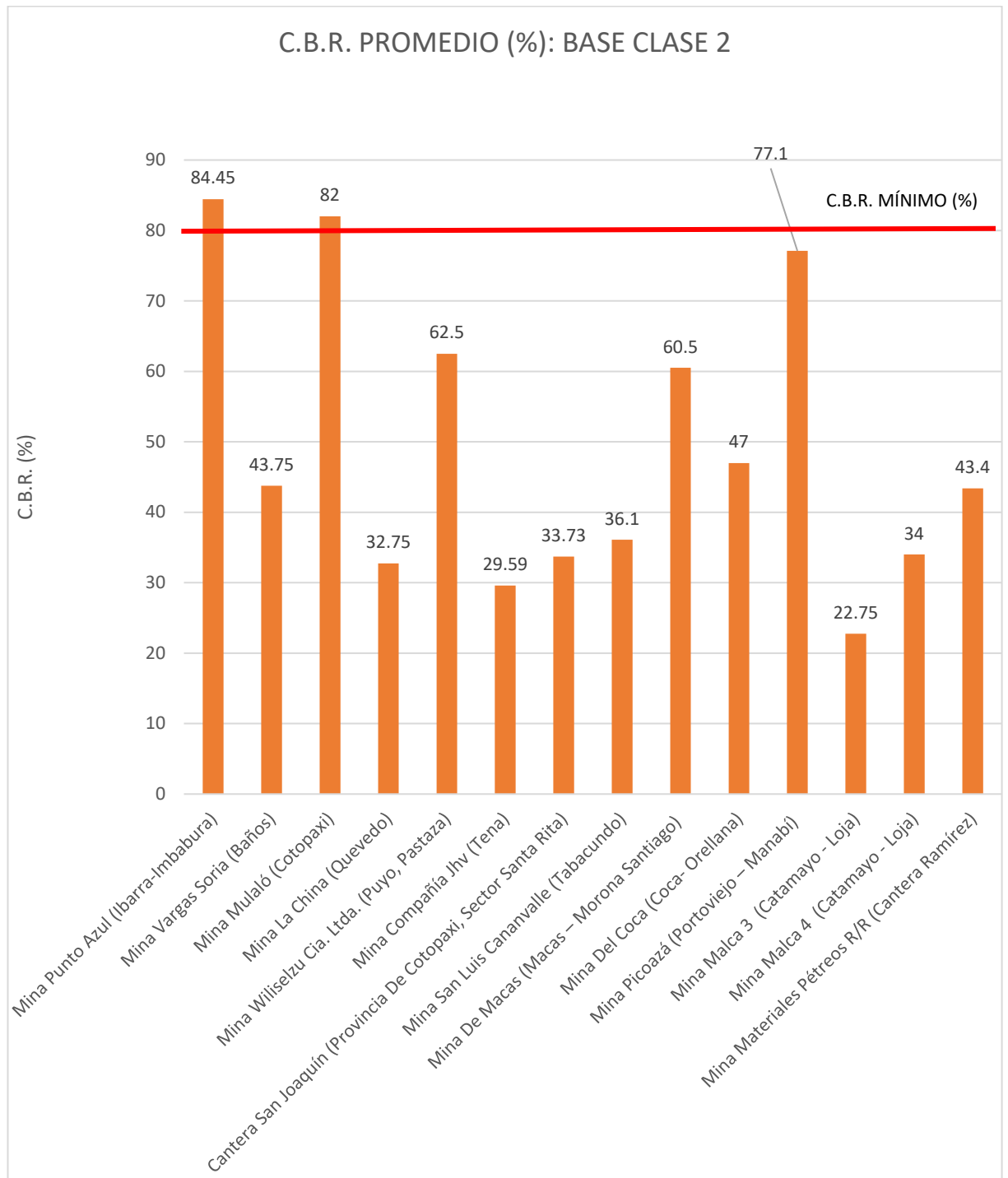
Fuente: Los Autores.

Se presenta a continuación el análisis comparativo del C.B.R. para Bases clase 2

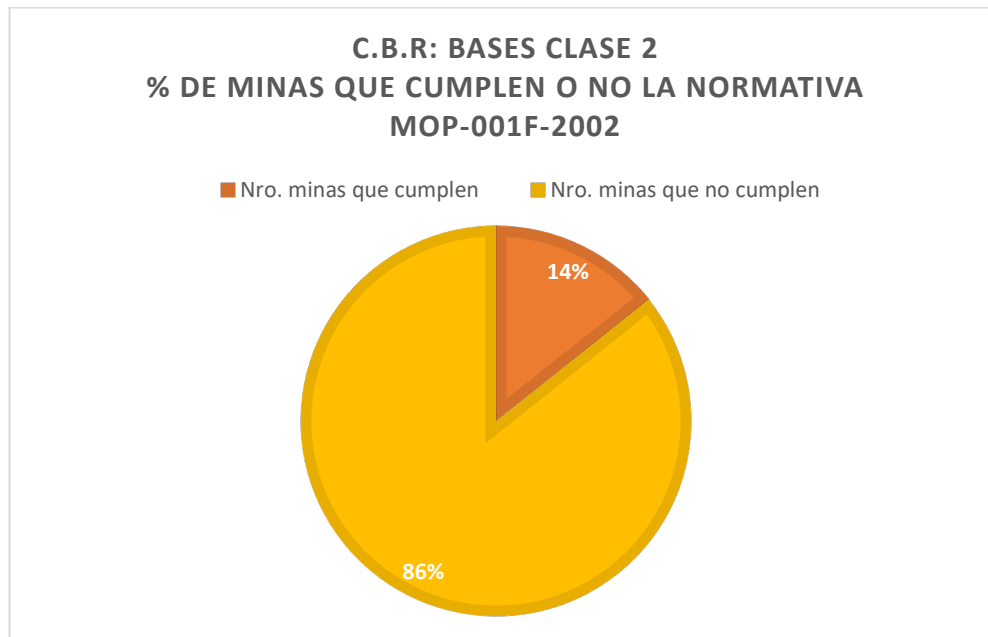
Tabla 30. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 2

Mina	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	Observaciones
	Penetración 0.1 pulg	Penetración 0.2 pulg	Promedio	
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	84	84.9	84.45	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Vargas Soria (Baños)	37.5	50	43.75	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Mulaló (Cotopaxi)	71	93	82	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina La China (Quevedo)	28	37.5	32.75	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	50	75	62.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Compañía Jhv (Tena)	26	33.17	29.59	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	30.2	37.25	33.73	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	32.1	40.1	36.1	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	53	68	60.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Del Coca (Coca-Orellana)	42	52	47	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	77.1	77.1	77.1	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	20.5	25	22.75	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	29	39	34	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	37.5	49.3	43.4	No cumple la normativa MOP-001-F 2002

Fuente: Los Autores



Gráfica 38. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 39. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

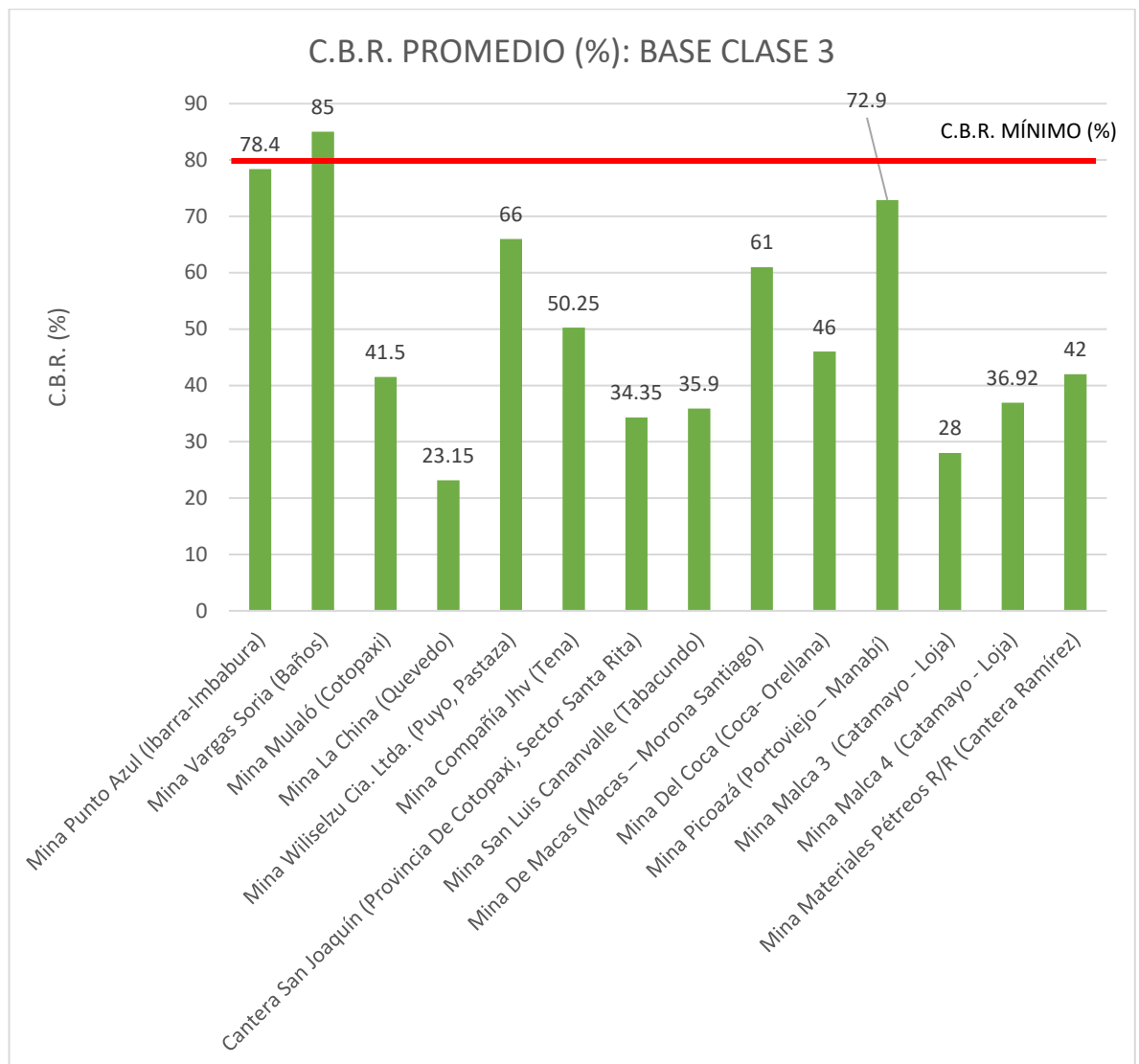
Se presenta a continuación el análisis comparativo del C.B.R. para Bases clase 3

Tabla 31. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 3

Mina	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	Observaciones
	Penetración 0.1 pulg	Penetración 0.2 pulg	Promedio	
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	77.8	79	78.4	No Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Vargas Soria (Baños)	97	73	85	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Mulaló (Cotopaxi)	36	47	41.5	No Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina La China (Quevedo)	19.7	26.6	23.15	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	54	78	66	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Compañía Jhv (Tena)	22.75	27.5	50.25	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	32	36.7	34.35	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	32.3	39.5	35.9	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	54	68	61	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	40	52	46	No cumple la normativa MOP-001-F 2002

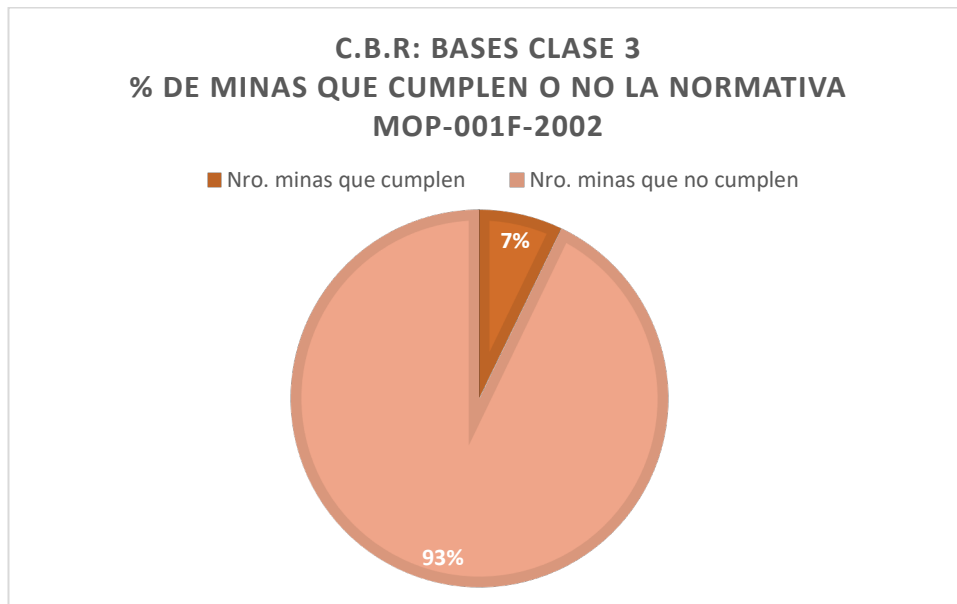
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	72.9	72.9	72.9	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	25	31	28	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	32.5	41.33	36.92	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	37.5	46.5	42	No cumple la normativa MOP-001-F 2002

Fuente: Los Autores



Gráfica 40. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 41. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.
Fuente: Los Autores.

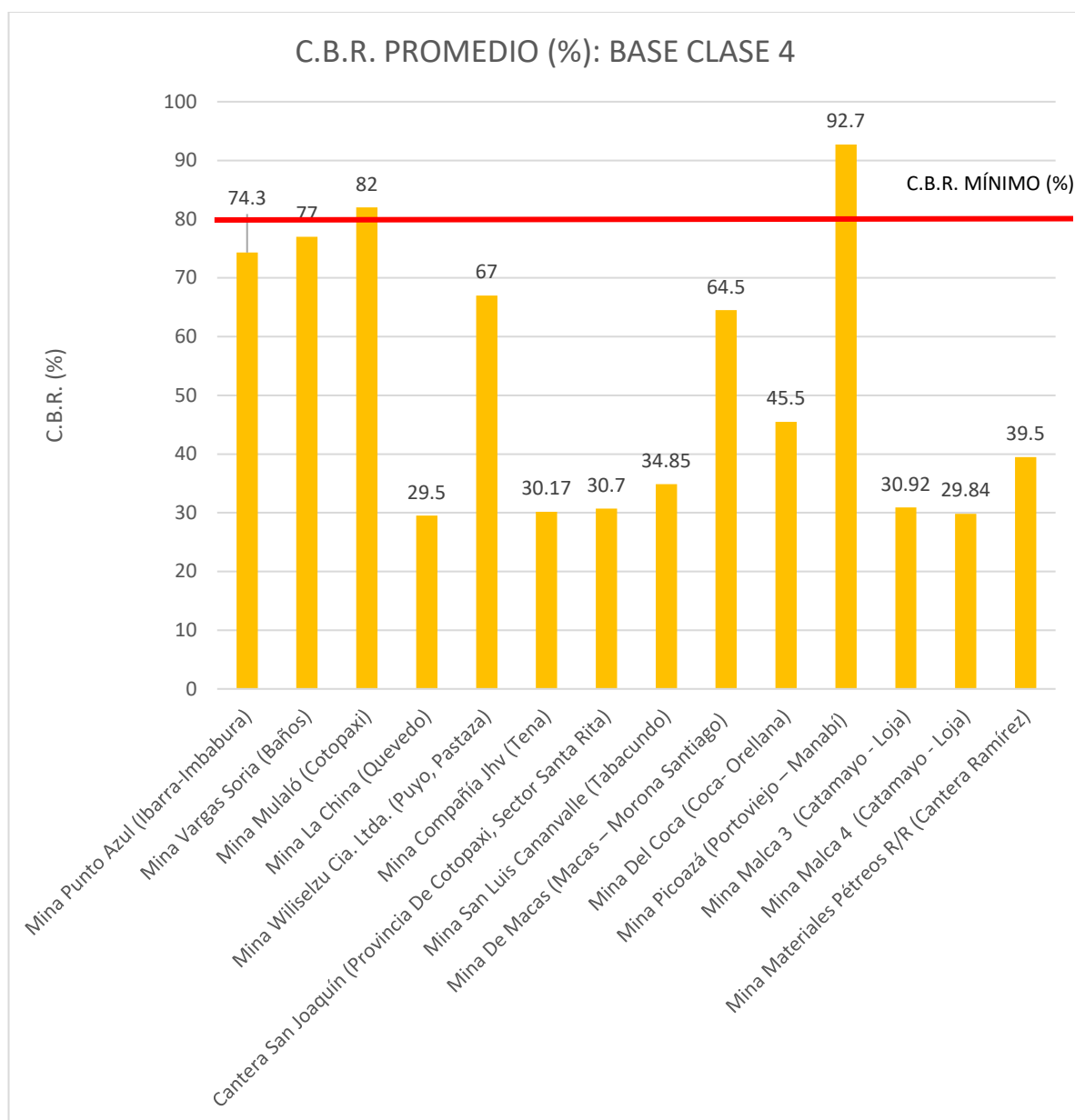
Se presenta a continuación el análisis comparativo del C.B.R. para Bases clase 4

Tabla 32. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Bases clase 4

Mina	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	Observaciones
	Penetración n 0.1 pulg	Penetración n 0.2 pulg	Promedio	
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	72.9	75.7	74.3	No Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Vargas Soria (Baños)	57	97	77	No Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Mulaló (Cotopaxi)	73	91	82	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina La China (Quevedo)	25.25	33.75	29.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	56	78	67	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Compañía Jhv (Tena)	27	33.33	30.17	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	27.2	34.2	30.7	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	30.8	38.9	34.85	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	53	76	64.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	39	52	45.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	92.7	92.7	92.7	Cumple la normativa MOP-001-F 2002

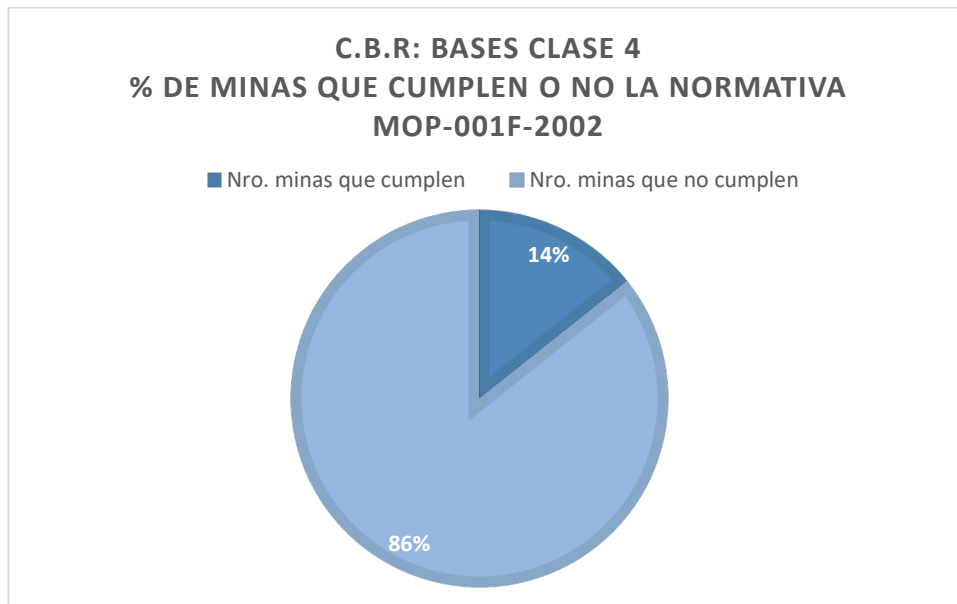
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	27.5	34.33	30.92	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	26	33.67	29.84	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	33.2	45.8	39.5	No cumple la normativa MOP-001-F 2002

Fuente: Los Autores



Gráfica 42. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 43. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las bases clase 4 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

3.2.2. Subbases.

3.2.2.1. Límites de Atterberg y Contenido de Humedad

Para las subbases en la mayoría de minas analizadas no se realizó el ensayo, es decir, no existen estos datos.

3.2.2.2. Desgaste por abrasión

Tabla 33. Desgaste por abrasión

Mina	Porcentaje de desgaste (%)	Observación
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	14.94	Valor dentro del límite
Mina Vargas Soria (Baños)	30.00	Valor dentro del límite
Mina Mulaló (Cotopaxi)	-	-
Mina La China (Quevedo)	-	-
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	31.00	Valor dentro del límite
Mina Compañía Jhv (Tena)	-	-

Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	-	-
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	-	-
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	-	-
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	-	-
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	-	-
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	-	-
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	-	-
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	-	-

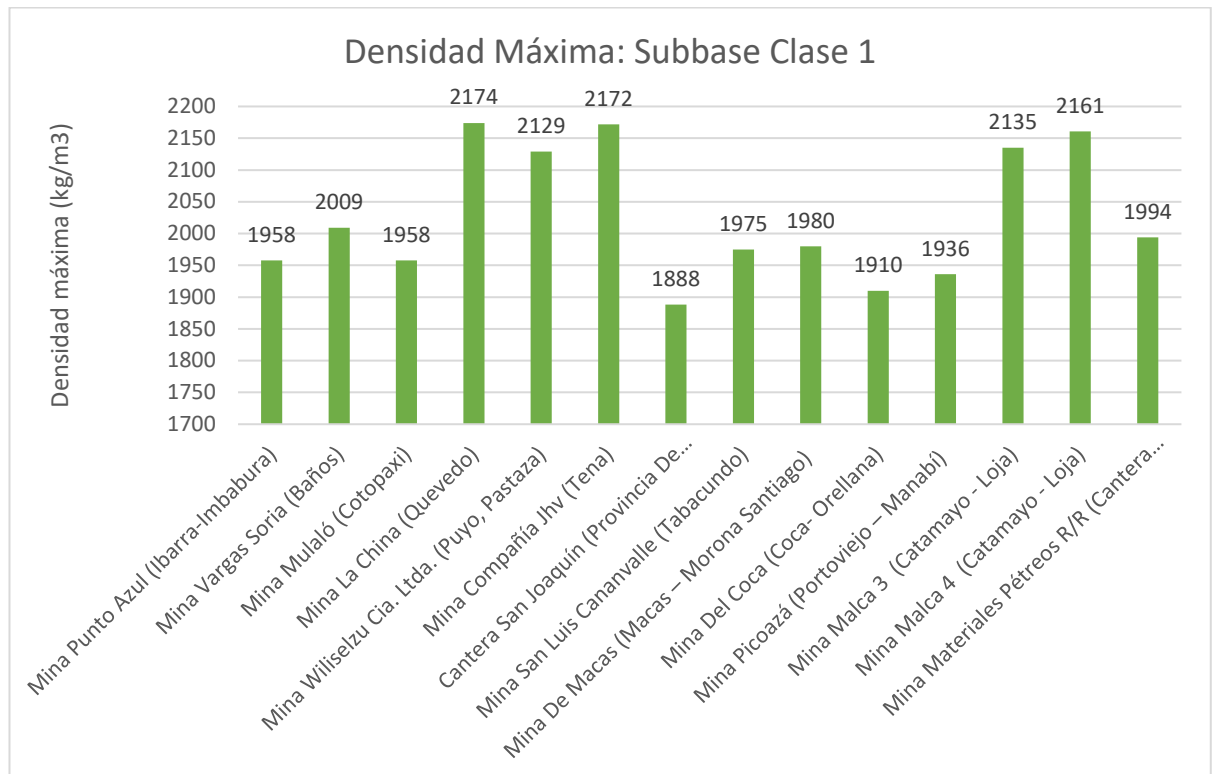
Fuente: Los Autores

3.2.2.3. Ensayo de Proctor Modificado

Tabla 34. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Subbase Clase 1

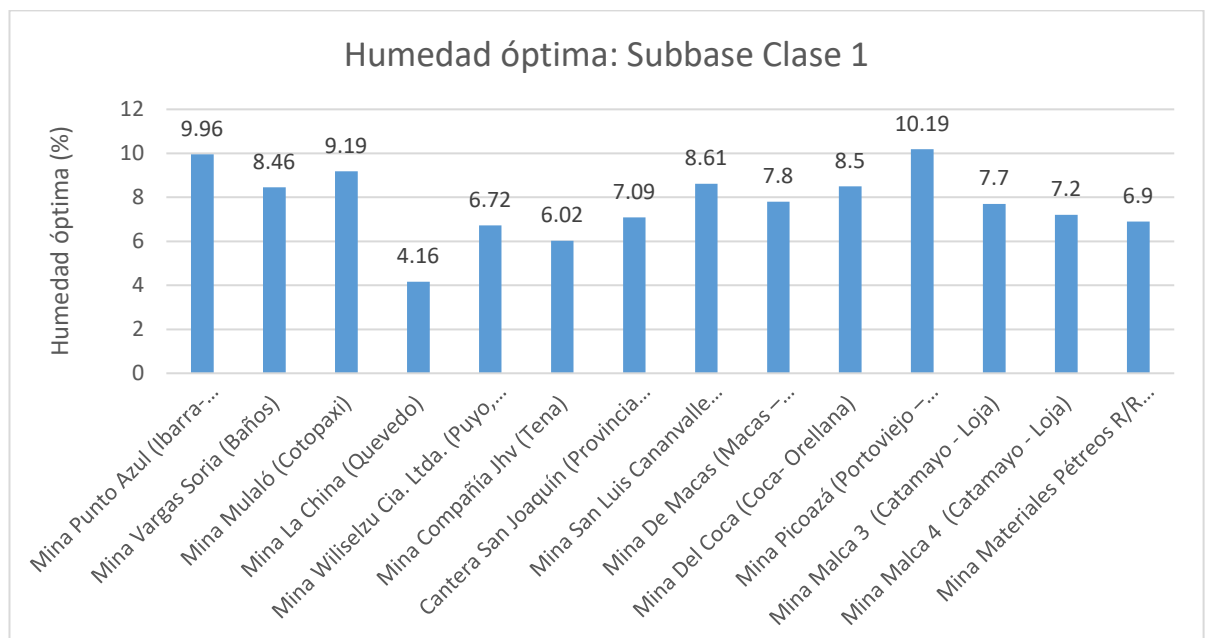
Mina	Densidad Máxima Kg/m ³	Humedad Optima (%)
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	1958	9.96
Mina Vargas Soria (Baños)	2009	8.46
Mina Mulaló (Cotopaxi)	1958	9.19
Mina La China (Quevedo)	2174	4.16
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	2129	6.72
Mina Compañía Jhv (Tena)	2172	6.02
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1888	7.09
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	1975	8.61
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	1980	7.80
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	1910	8.50
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	1936	10.19
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2135	7.70
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2161	7.20
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	1994	6.90

Fuente: Los Autores



Gráfica 44. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



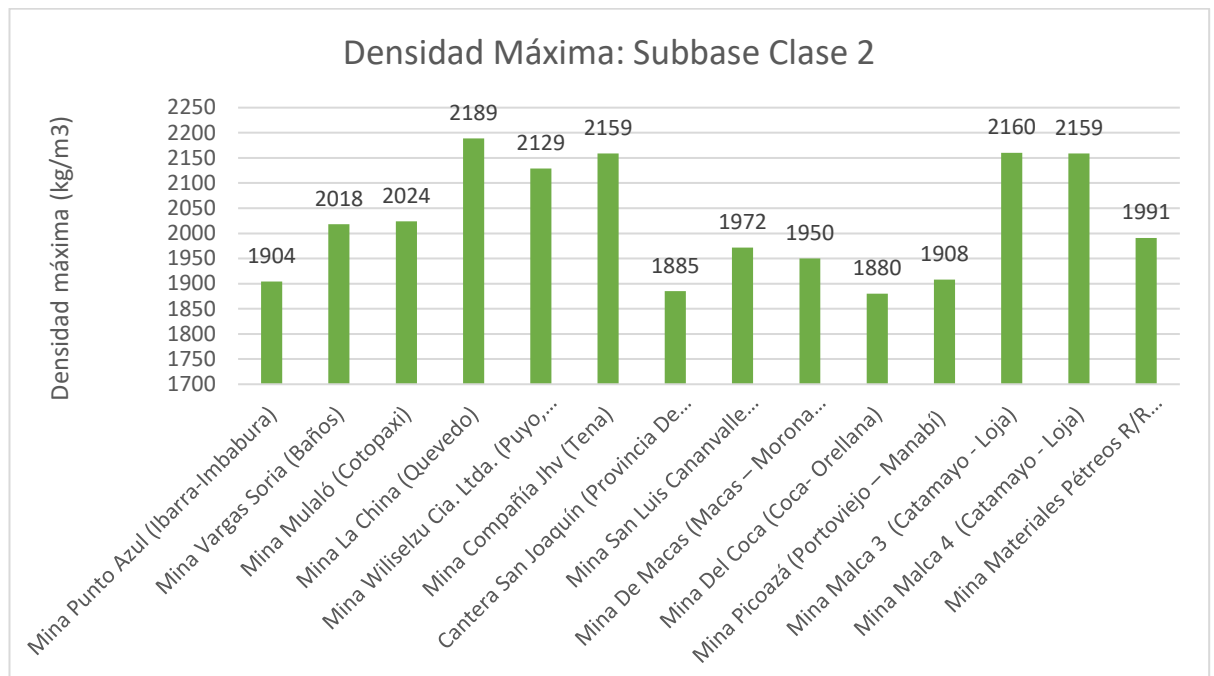
Gráfica 45. Diagrama de barras de la humedad óptima de las subbases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

Tabla 35. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Subbase Clase 2

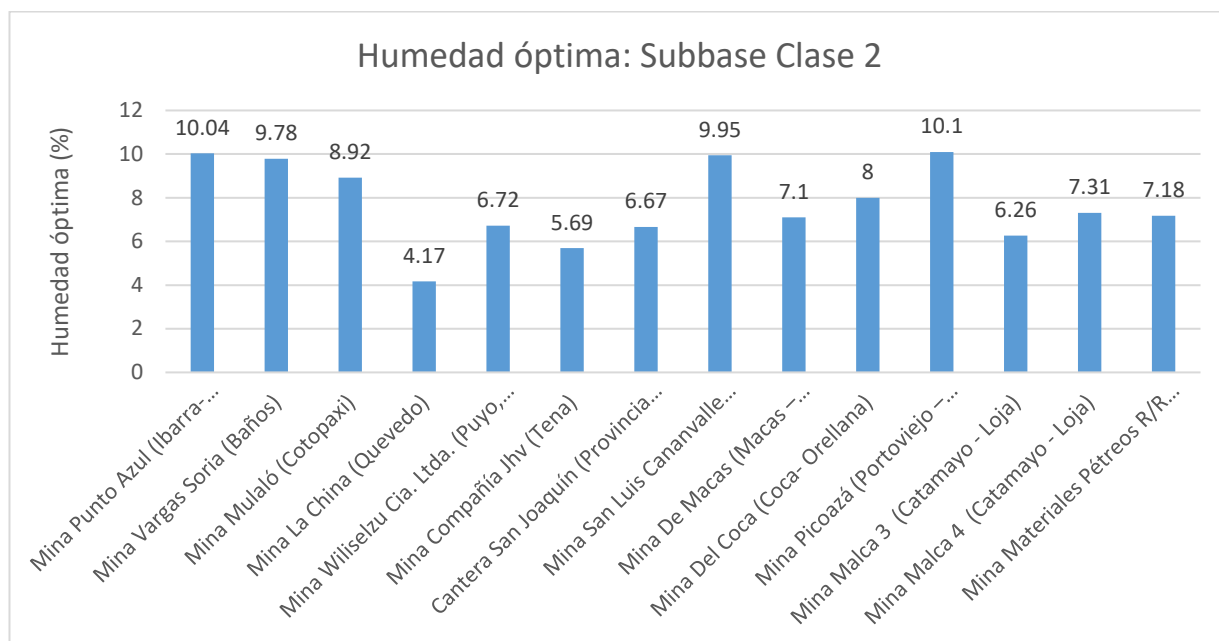
Mina	Densidad Máxima Kg/m ³	Humedad Optima (%)
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	1904	10.04
Mina Vargas Soria (Baños)	2018	9.78
Mina Mulaló (Cotopaxi)	2024	8.92
Mina La China (Quevedo)	2189	4.17
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	2129	6.72
Mina Compañía Jhv (Tena)	2159	5.69
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1885	6.67
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	1972	9.95
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	1950	7.10
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	1880	8.00
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	1908	10.10
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2160	6.26
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2159	7.31
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	1991	7.18

Fuente: Los Autores



Gráfica 46. Diagrama de barras de la densidad máxima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



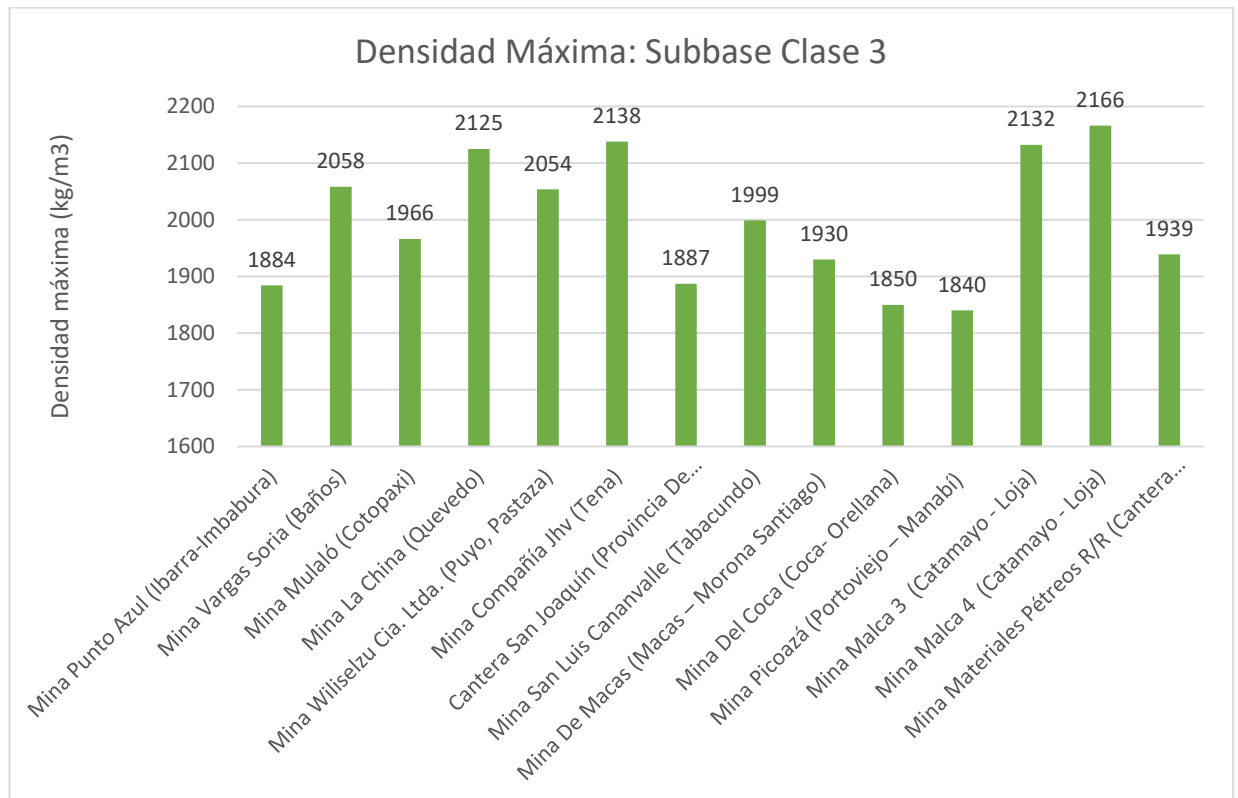
Gráfica 47. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

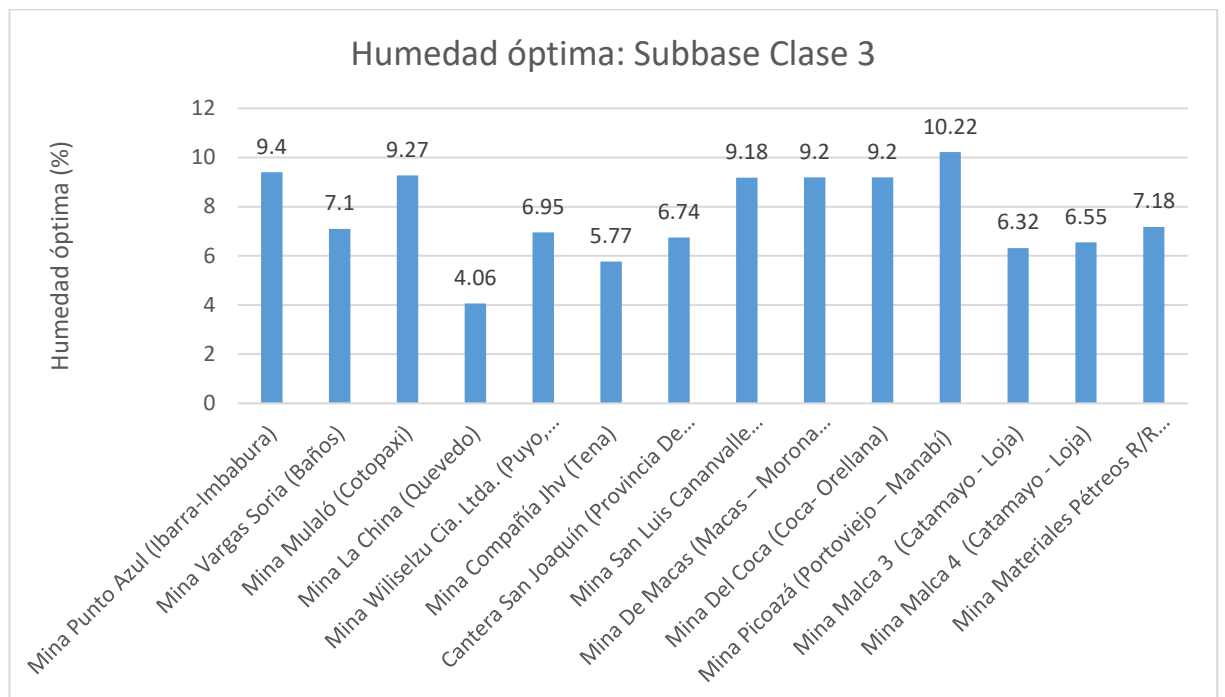
Tabla 36. Relación Densidad Seca – Humedad Máxima Subbase Clase 3

Mina	Densidad Máxima Kg/m ³	Humedad Óptima (%)
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	1884	9.4
Mina Vargas Soria (Baños)	2058	7.10
Mina Mulaló (Cotopaxi)	1966	9.27
Mina La China (Quevedo)	2125	4.06
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	2054	6.95
Mina Compañía Jhv (Tena)	2138	5.77
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	1887	6.74
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	1999	9.18
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	1930	9.20
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	1850	9.20
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	1840	10.22
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	2132	6.32
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	2166	6.55
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	1939	7.18

Fuente: Los Autores



Gráfica 48. Diagrama de barras de la densidad máxima de las subbases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 49. Diagrama de barras de la humedad óptima de las bases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.

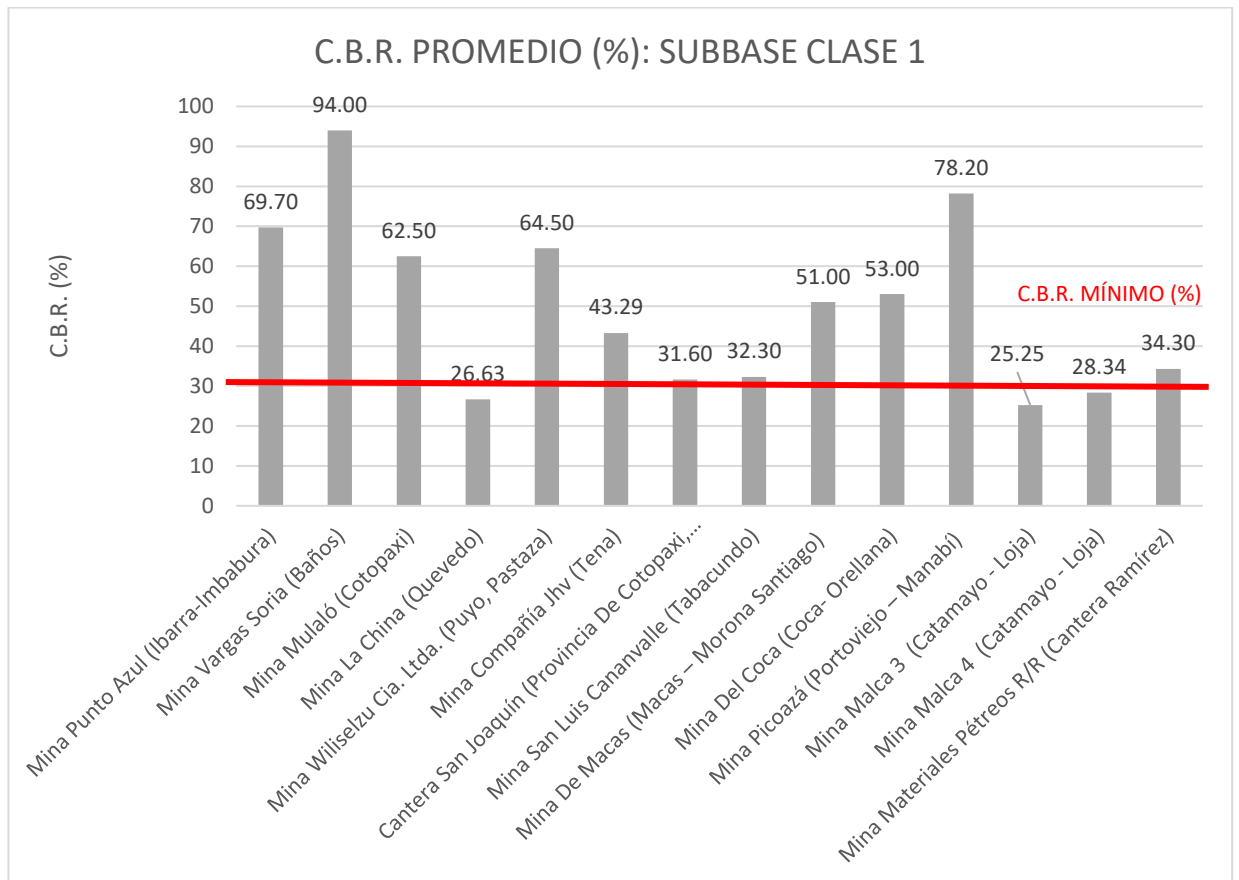
3.2.2.4. C.B.R. (California Bearing Ratio %)

Se presenta a continuación el análisis comparativo del C.B.R. para Subbases clase 1

Tabla 37. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Subbases clase 1

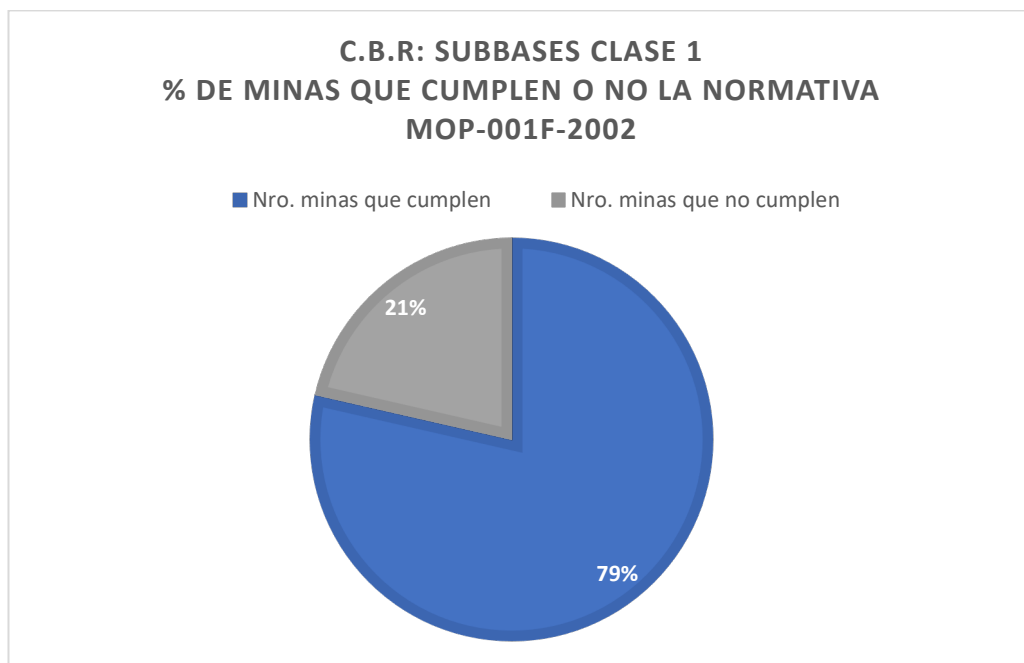
Mina	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%) Promedio	Observaciones
	Penetración n 0.1 pulg	Penetración n 0.2 pulg		
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	70.2	69.2	69.70	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Vargas Soria (Baños)	110	78	94.00	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Mulaló (Cotopaxi)	55	70	62.50	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina La China (Quevedo)	22.75	30.5	26.63	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	55	74	64.50	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Compañía Jhv (Tena)	41.25	45.33	43.29	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	29	34.2	31.60	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	28.1	36.5	32.30	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	48	54	51.00	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	48	58	53.00	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	76.4	80	78.20	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	22.5	28	25.25	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	24	32.67	28.34	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	28.5	40.1	34.30	Cumple la normativa MOP-001-F 2002

Fuente: Los Autores



Gráfica 50. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las subbases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.



Gráfica 51. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las subbases clase 1 creadas a partir de los agregados de las minas.

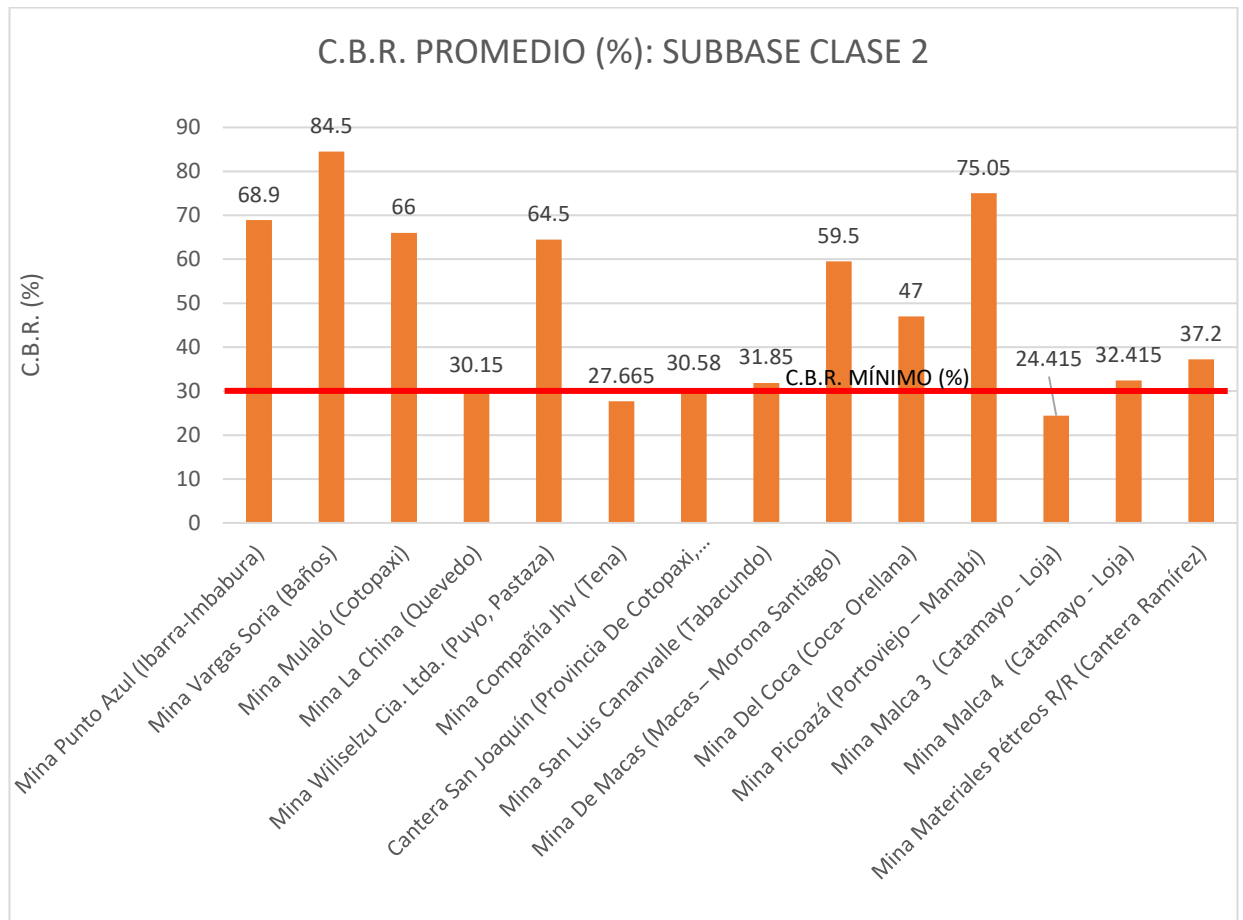
Fuente: Los Autores.

Se presenta a continuación el análisis comparativo del C.B.R. para Subbases clase 2

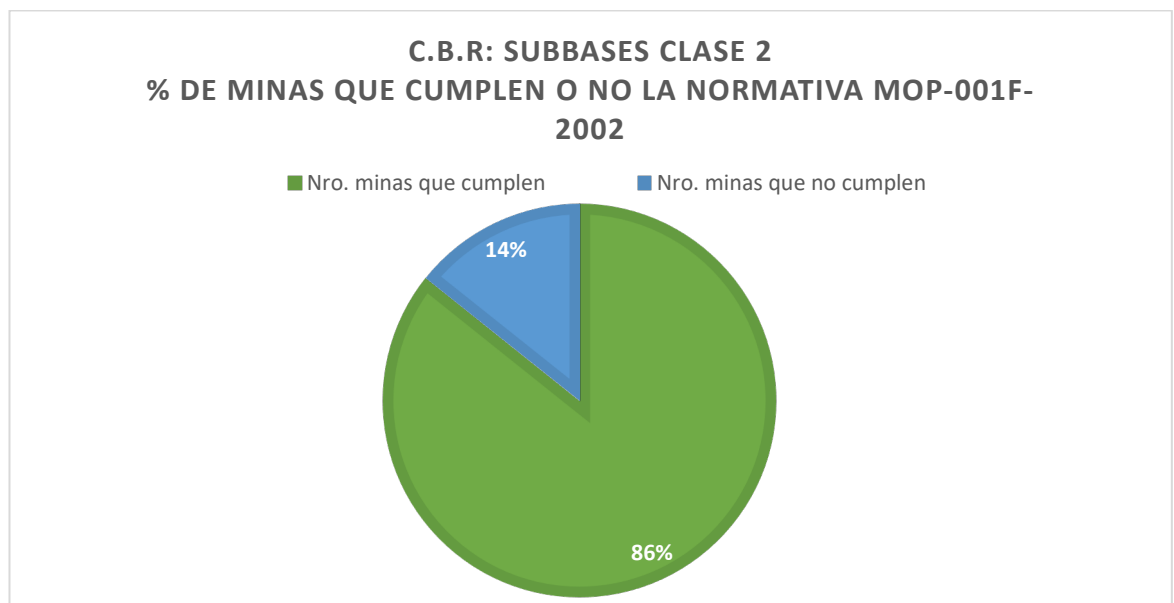
Tabla 38. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Subbases clase 2

Mina	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	Observaciones
	Penetración 0.1 pulg	Penetración 0.2 pulg	Promedio	
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	68.9	68.9	68.9	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Vargas Soria (Baños)	71	98	84.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Mulaló (Cotopaxi)	56	76	66	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina La China (Quevedo)	27.8	32.5	30.15	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	55	74	64.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Compañía Jhv (Tena)	24	31.33	27.665	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	27.98	33.18	30.58	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	27.5	36.2	31.85	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	54	65	59.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	44	50	47	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	72	78.1	75.05	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	20.5	28.33	24.415	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	28.5	36.33	32.415	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	32.1	42.3	37.2	Cumple la normativa MOP-001-F 2002

Fuente: Los Autores



Gráfica 52. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las subbases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 53. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las subbases clase 2 creadas a partir de los agregados de las minas.

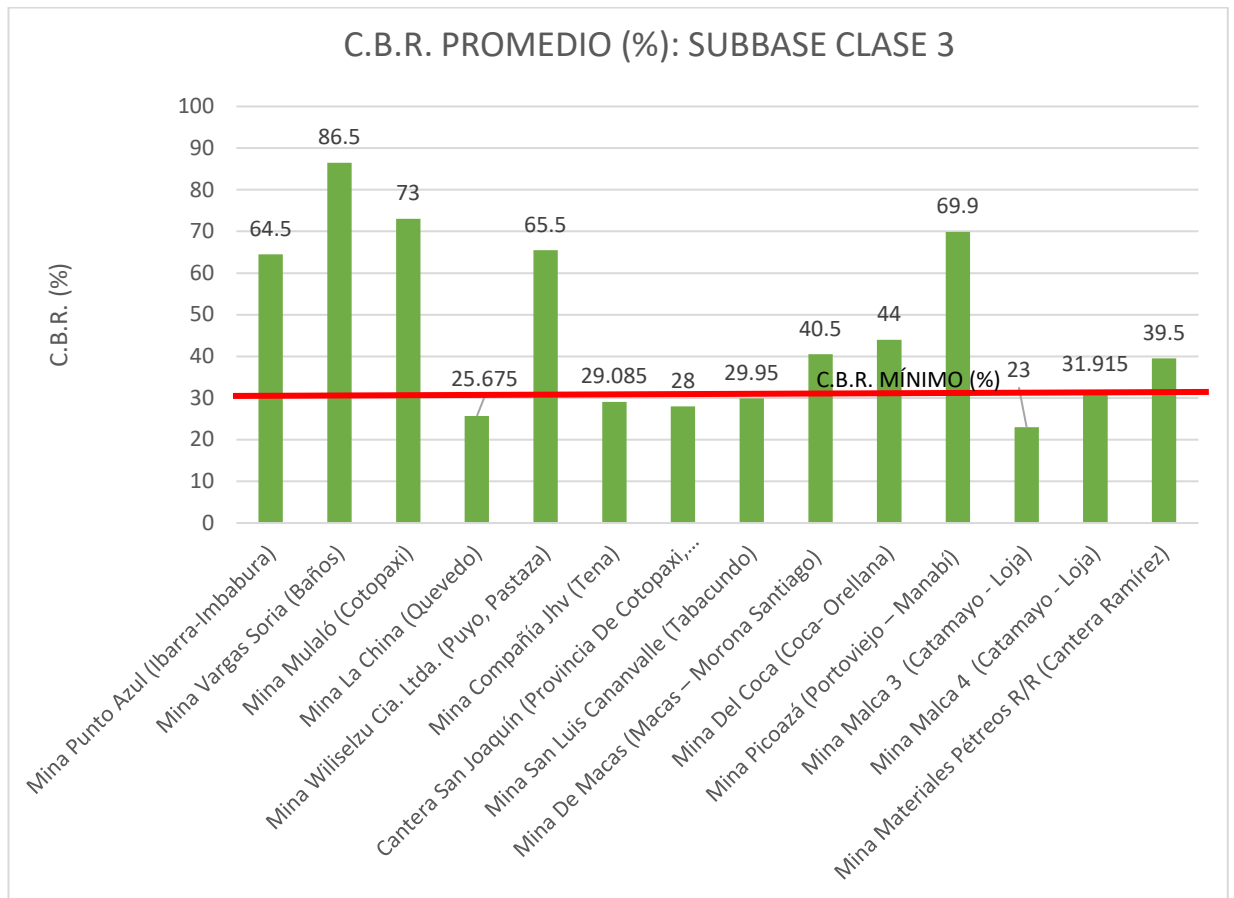
Fuente: Los Autores.

Se presenta a continuación el análisis comparativo del C.B.R. para Subbases clase 3

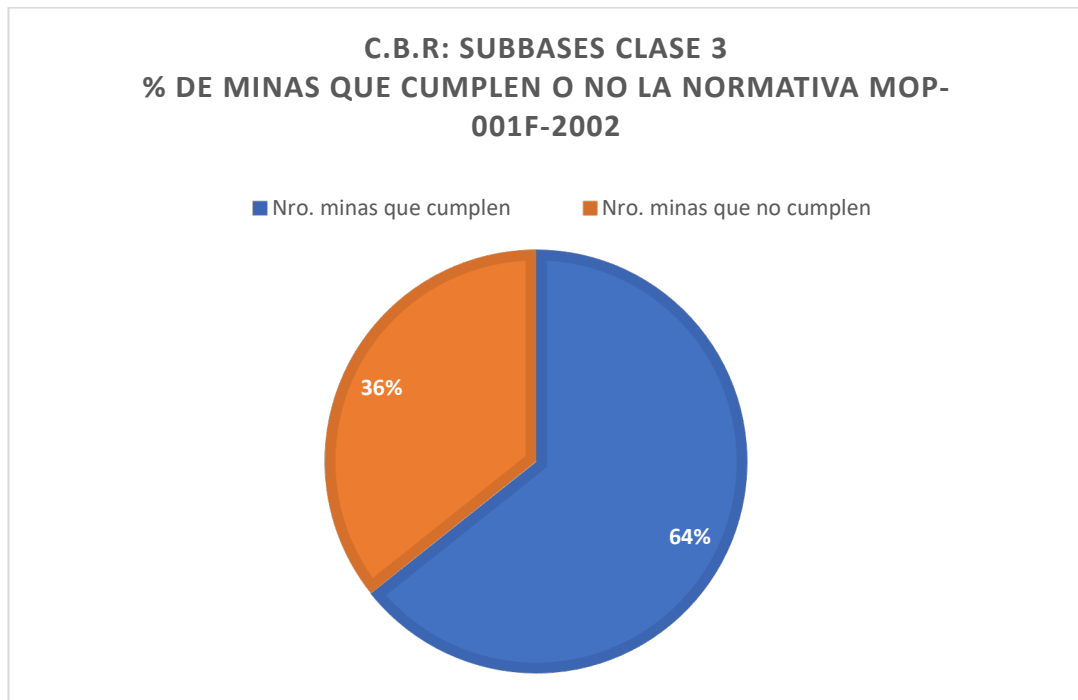
Tabla 39. Análisis comparativo del C.B.R. de las 14 minas en estudio: Subbases clase 3

Mina	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	Observaciones
	Penetración n 0.1 pulg	Penetración n 0.2 pulg	Promedio	
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	64.9	64.1	64.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Vargas Soria (Baños)	98	75	86.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Mulaló (Cotopaxi)	63	83	73	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina La China (Quevedo)	22	29.35	25.675	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	54	77	65.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Compañía Jhv (Tena)	26.5	31.67	29.085	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	26.9	29.1	28	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	24.7	35.2	29.95	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)	36	45	40.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Del Coca (Coca- Orellana)	41	47	44	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	61.8	78	69.9	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	20	26	23	No cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	28.5	35.33	31.915	Cumple la normativa MOP-001-F 2002
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)	34	45	39.5	Cumple la normativa MOP-001-F 2002

Fuente: Los Autores



Gráfica 54. Diagrama de barras del C.B.R promedio de las subbases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.
 Fuente: Los Autores.



Gráfica 55. Porcentaje de minas que cumplen la normativa de C.B.R mínimo en las subbases clase 3 creadas a partir de los agregados de las minas.

Fuente: Los Autores.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL

4.1. Consideraciones iniciales para el diseño.

La información que se empleará para el diseño de los pavimentos proviene del informe del estudio de tráfico realizado en el redondel Codesa, cortesía del Ing. Fredi Augusto Paredes Vázquez, docente de la facultad de Ingeniería de la PUCE. El redondel está ubicado en la ciudad de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas. En dicho informe se detalla la necesidad de generar una solución a los problemas de tráfico que se generan en la ciudad, donde una de ellas es la definición de un anillo vial.

4.1.1. Ubicación de la vía.

La ubicación de la vía será en la ciudad de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas.

4.1.2. TPDA.

Para el TPDA, se toma el total de vehículos que ingresan y salen en la entrada E3 del redondel de Codesa, la cual es la vía con más afluencia vehicular. Cabe mencionar que los datos presentados son del año 2017.



Gráfica 56. Clasificación de entradas y salidas del redondel Codesa.
 Fuente: Estudio de tráfico redondel Codesa, Ing. Paredes (2017)

Tabla 40. TPDA Total del redondel Codesa, año 2017

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL	
CATEGORÍA	TPDA
Livianos	4610
Buses	2260
Camiones 2 ejes	741
Camiones 3 ejes	1284
Camiones 4 ejes	108
Camiones 5 ejes	36
TOTAL	9039

Fuente: Estudio de tráfico redondel Codesa, Ing. Paredes (2017)

4.1.3. Periodo de diseño.

El periodo de diseño será de 20 años.

4.1.4. Tasa de crecimiento vehicular.

Para la tasa de crecimiento, se emplea la siguiente tabla:

Tabla 41. Tasa de crecimiento vehicular anual

Tasa de crecimiento vehicular anual (%) - MTOP			
Años	Livianos	Buses	Pesados
2016-2020	4.05	2.53	3.68
2021-2025	3.49	2.25	3.27
2026-2030	3.04	2.02	2.94
2031-2035	3.00	2.00	2.80

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP)

Con los valores expuestos en la tabla anterior, se puede determinar el TPDA futuro empleando la siguiente expresión:

Ecuación 3: TPDA Futuro

$$TPDA_f = TPDA_o \times (1 + i)^n$$

Donde:

$TPDA_f$: TPDA final.

$TPDA_o$: TPDA inicial.

i : Tasa de crecimiento vehicular del periodo correspondiente.

n : Periodo de tiempo en años.

Con la ecuación anterior, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 42. TPDA futuro, proyección 20 años

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL	
CATEGORÍA	TPDA
Livianos	8807
Buses	3457

Camiones 2 ejes	1361
Camiones 3 ejes	2358
Camiones 4 ejes	199
Camiones 5 ejes	67
TOTAL	16249

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. *Confiabilidad.*

Para establecer el grado de confiabilidad, primero se establece la clasificación funcional de la vía de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 43. Clasificación funcional de las vías

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA _d			
Descripción	Clasificación funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: NEVI Volumen N°2 (2013), Norma para estudios y diseños viales

Al tener un TPDA_d de 16249 vehículos/día, se puede clasificar a la vía diseñar como una carretera AV1.

Tabla 44. Nivel de confianza en base a la clasificación funcional

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIANZA RECOMENDADOS
-------------------------	---------------------------------

	URBANO	RURAL
Interestatal y autopista	85-99.9	80-99.9
Arteria Principal	80-99	75-95
Calles Colectoras	80-95	75-95
Calles Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Se toma un nivel de confianza del 90% por ser una carretera en el sector urbano.

4.1.6. *Desviación estándar global.*

Tabla 45. Desviación estándar S_o

Valores recomendados para la desviación estándar S_o	
Condición de diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.49

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Se utiliza el valor de 0.44 para la desviación estándar.

4.1.7. *Número de carriles por dirección.*

La vía cuenta con dos carriles por dirección, y es una vía de dos direcciones.

4.1.8. Distribución del tráfico.

Tabla 46. Porcentaje de ejes equivalentes W8 en el carril de diseño

Nro carriles en cada sentido	Porcentaje de W18 en carril de diseño	
1	100%	100%
2	80%	100%
3	60%	80%
4 o más	50%	75%

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Se toma en cuenta un contador de tráfico en toda la calzada, y dos carriles en cada sentido, por lo tanto:

$$D_t = 0.5 * \frac{0.8 + 1}{2}$$

$$D_t = 0.45 = 45\%$$

La distribución del tráfico es del 45%.

4.1.9. Serviciabilidad.

La serviciabilidad de la vía se toma como una vía de importancia alta. Por lo tanto:

$$P_o = 4.2$$

$$P_t = 3$$

Donde:

P_o: Índice de serviciabilidad inicial.

P_t: Índice de serviciabilidad final.

4.1.10. Condiciones climáticas.

De acuerdo con (Cedar Lake Ventures, Inc., 2022), en la ciudad de Esmeraldas, la temporada de lluvia dura aproximadamente 5 meses.

4.1.11. Drenaje.

Al ser una vía tipo AV1, se considera que las condiciones de drenaje son buenas.

4.2. Diseño de la estructura del pavimento.

4.2.1. Factor de carga equivalente.

Para determinar el factor de carga equivalente, primero se clasifican los vehículos del estudio de tráfico de acuerdo a la tabla que se presenta a continuación. Cabe mencionar que en el diseño no se tomaran en cuenta los vehículos livianos.

Tabla 47. Tipos de vehículos motorizados

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)

Una vez determinado el tipo de vehículos que se empleará para el diseño, se muestra a continuación el TPDA inicial y final en la siguiente tabla:

Tabla 48. TPDA inicial y final, vehículos empleados en el diseño

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL			
Tipo	TPDA inicial	Porcentaje	TPDA final
2DB	3001	67.80%	4818
3A	1284	29.00%	2358
4C	108	2.40%	199
3S2	36	0.80%	67

TOTAL	4429	100.00%	7442
-------	------	---------	------

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos presentados anteriormente, se puede determinar el factor de carga equivalente, con la ayuda de las siguientes expresiones:

Ecuación 4: Factor de carga equivalente para un eje simple con llanta simple.

$$FSS_{ss} = \left(\frac{LSS}{6.6}\right)^4$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Ecuación 5: Factor de carga equivalente para un eje simple con llanta doble.

$$FSS_{sd} = \left(\frac{Lsd}{8.2}\right)^4$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Ecuación 6: Factor de carga equivalente para un eje tándem.

$$Ft = \left(\frac{Lt}{15}\right)^4$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Ecuación 7: Factor de carga equivalente para un eje trídem.

$$F_{tr} = \left(\frac{L_{tr}}{23}\right)^4$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Donde:

Lss: Carga de un eje simple con llanta simple, igual a 7 ton.

Lsd: Carga de un eje simple con llanta doble, igual a 11 ton.

Lt: Carga de un eje tándem, igual a 20 ton.

Ltr: Carga de un eje trídem, igual a 24 ton.

A partir de las ecuaciones presentadas, se obtiene el factor de carga equivalente total que se empleará en el diseño, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 49. Factor de carga equivalente

FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE				
Tipo	Carga total (Ton)	Carga por eje (Ton)	%	F.C.E × EJE (%)
2DB	18	7	67.80	0.8574
		11		2.1942
3A	27	7	29.00	0.3668
		20		0.9163
4C	31	7	2.40	0.0309
		24		0.0289
3S2	47	7	0.80	0.0103
		20		0.0257

20	0.0257
F.C.E.=	4.4561

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, el factor de carga equivalente para el diseño es igual a 4.4561.

4.2.2. Número de ejes equivalentes de 8.2 Ton.

Con los datos obtenidos en la sección 4.2.1, se puede calcular el número de ejes equivalentes, empleando la siguiente expresión:

Ecuación 8: Número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas

$$N_{8.2T} = \left(\frac{TPDA_o + TPDA_f}{2} \right) * 365 * D_t * n * F_{ce}$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Donde:

$N_{8.2T}$: Número de ejes equivalente de 8.2 Ton.

$TPDA_o$: TPDA inicial.

$TPDA_f$: TPDA final.

D_t : Distribución del tráfico.

n : Período de diseño (años)

F_{ce} : Factor de carga equivalente de diseño (calculado en la sección 4.2.1)

Por lo tanto, se obtiene el siguiente resultado:

$$N_{8.2T} = \left(\frac{4429 + 7442}{2} \right) \times 365 \times 0.45 \times 20 \times 4.4561$$

$$N_{8.2T} = 87 \times 10^6$$

4.2.3. Coeficientes de drenaje

Considerando que las condiciones de drenaje son buenas y el periodo de lluvia es de 5 meses (correspondiente al 41.66% de todo el año), se obtienen los coeficientes de drenaje de la base y subbase, empleando la siguiente tabla:

Tabla 50. Coeficientes de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo de evacuación	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercana a saturación			
		Menor que 1%	1 a 5%	5 a 25%	Mayor que 25%
Excelente	2 horas	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Malo	1 mes	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	No drena	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993). American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

Por lo tanto, de acuerdo con la tabla presentada anteriormente, los coeficientes son los siguientes:

$$m_1 = 1.00$$

$$m_2 = m_3 = 1.00$$

Donde:

m_1 : Coeficiente de la carpeta de rodadura, se toma como 1.00 al ser una capa impermeable.

m_2 : Coeficiente de la base, valor obtenido de la tabla.

m_3 : Coeficiente de la subbase, valor obtenido de la tabla.

4.2.4. Módulo resiliente de la subrasante.

Para obtener el módulo resiliente de la subrasante se empleará una de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 9: Correlación entre módulo resiliente y CBR (CBR<10%)

$$Mr = 1500 * CBR \quad (\text{Para suelos finos})$$

Fuente: (AASHTO) Ecuación de Heukelom y Klomp (1962)

Ecuación 10: Correlación entre módulo resiliente y CBR (CBR>10%)

$$Mr = 2555 * CBR^{0.64}$$

Fuente: Powell et al. (1984) y NCHRP (2004) Transport and Road Research Laboratory (TRRL)

El suelo pertenece a la ciudad de Esmeraldas, por lo tanto, se toma un valor de C.B.R. del 4%, por lo tanto, se emplea la primera expresión mostrada anteriormente:

$$Mr = 1500 * (4\%)$$

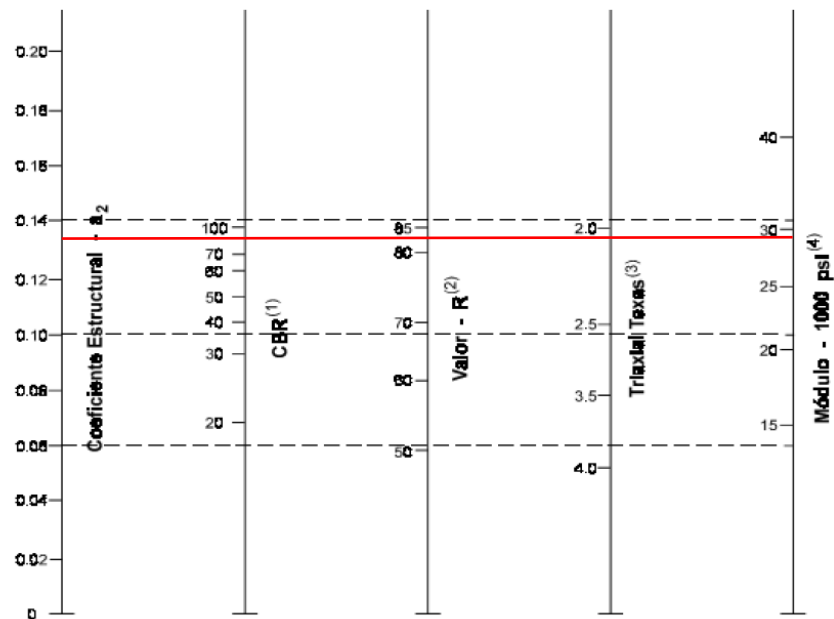
$$Mr = 6000 \text{ psi}$$

4.2.5. Módulo resiliente de las bases de las minas.

A continuación, se presenta una tabla con los módulos resilientes de las bases, valores que serán empleados en el diseño, se obtuvo estos valores con el porcentaje de CBR de cada mina y la gráfica de la AASHTO.

Como ejemplo para la Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura) se tenía un porcentaje de CBR de 88% para la Base clase 1 , entonces entramos en el esquema y obtenemos el valor del Módulo Resiliente.

Coeficientes Capa “a₂”, Bases Granulares



- (1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Gráfica 57. Obtención de los valores de módulo resiliente a partir del C.B.R.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Al trazar la línea podemos observar que tenemos un valor de 29000 PSI , este procedimiento lo realizamos para los 4 tipos de bases y los tres de subbases de todas las minas , obteniendo la siguiente tabla resumen:

Tabla 51. Módulos resilientes de las bases de las minas

Mina	MÓDULO RESILIENTE (PSI)			
	Tipo de Base			
	I	II	III	IV
MINA PUNTO AZUL (IBARRA- IMBABURA)	29000	28704.17	28200	27858.33
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	28937.5	22866.25	28750	28083.33

MINA MULALÓ (COTOPAXI)	27187.5	28500	22396.05	28500
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	16709.46	20270.5	16443.65	19353.85
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	27062.5	26562.5	27000	27125
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	18895.55	19395.1	24222	19625.5
CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	20608	20515.5	20670.5	19758
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	22489.97	21108	21058	20795.5
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	26812.5	26312.5	26375	26812.5
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	23439.55	23543.9	23335.2	23230.85
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	28500	28091.67	27741.67	29391.67
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	19813	16260.33	18666.4	19813
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	20083	20583	21313	19509.67
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	22573.45	22792.58	22500.4	21958

Fuente: Los Autores.

4.2.6. Módulos resilientes de las subbases de las minas.

A continuación, se presenta una tabla con los módulos resilientes de las subbases, valores que serán empleados en el diseño:

Tabla 52. Módulos resilientes de las subbases de las minas

Mina	MÓDULO RESILIENTE (PSI)		
	Tipo de SubBase		
	I	II	III
MINA PUNTO AZUL (IBARRA- IMBABURA)	18735.94	18698.44	18492.19

MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	20150	19595.83	19712.5
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	18398.44	18562.5	18925
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	14326	15028.13	14136
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	18492.19	18492.19	18539.06
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	17183.44	14534	14818
CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	15300	15108.75	14600
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	15431.25	15346.88	14990
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	17859.38	18257.81	16921.88
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	17953.13	17531.25	17250
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	19228.33	19044.58	18745.31
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	14050	13884	13600
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	14668	15453.75	15360
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	15806.25	16350	16781.25

Fuente: Los Autores.

4.2.7. Pérdida de serviciabilidad

Con los valores de P_o y P_t mostrados en la sección 4.1.8, se puede obtener la pérdida de serviciabilidad de la siguiente manera:

Ecuación 11: Pérdida de serviciabilidad

$$PSI = P_o - P_t$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Por consiguiente, se obtiene el siguiente valor de pérdida de serviciabilidad:

$$PSI = 4.2 - 3$$

$$PSI = 1.2$$

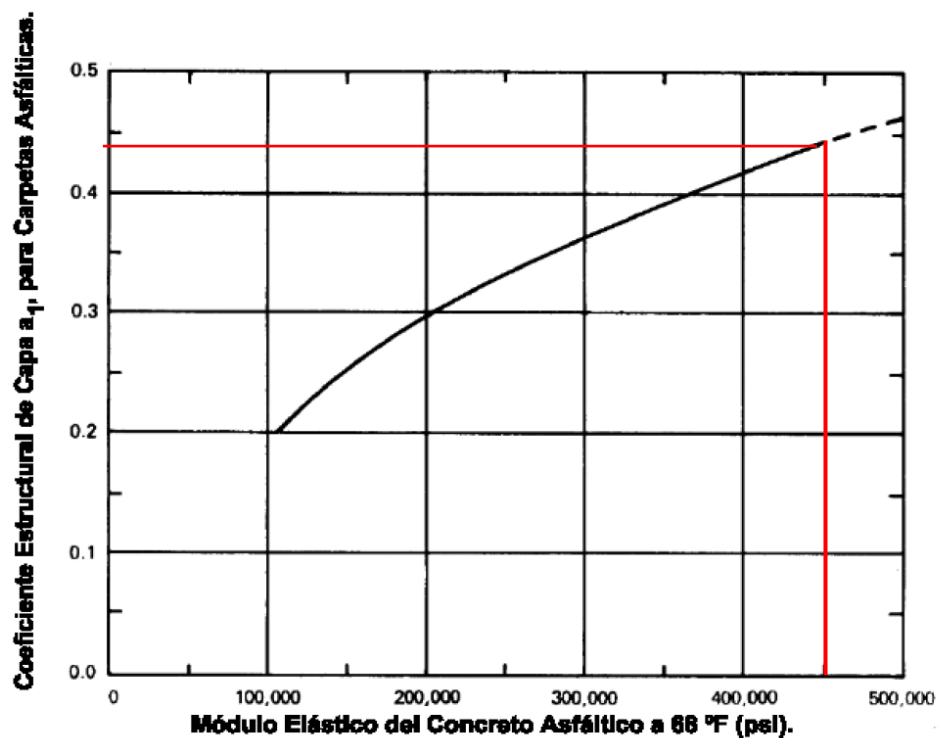
4.2.8. Coeficientes a_1 , a_2 y a_3

4.2.8.1. Coeficiente a_1 : Carpeta asfáltica

Se toma el siguiente valor de módulo resiliente para la carpeta asfáltica:

$$Mr = 450000 \text{ psi}$$

Con el valor anterior, se puede obtener el coeficiente a_1 empleando la siguiente gráfica:



Gráfica 58. Coeficiente a_1 para carpeta asfáltica.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Como podemos observar en el gráfico con el MR mencionado anteriormente tendríamos un valor de $a_1 = 0.44/\text{pulg}$. realizamos una transformación para obtener el valor en cm.

$$a_1 = 0.44 \frac{1}{\text{pulg}} * \frac{1 \text{ pulg}}{2.54 \text{ cm}}$$

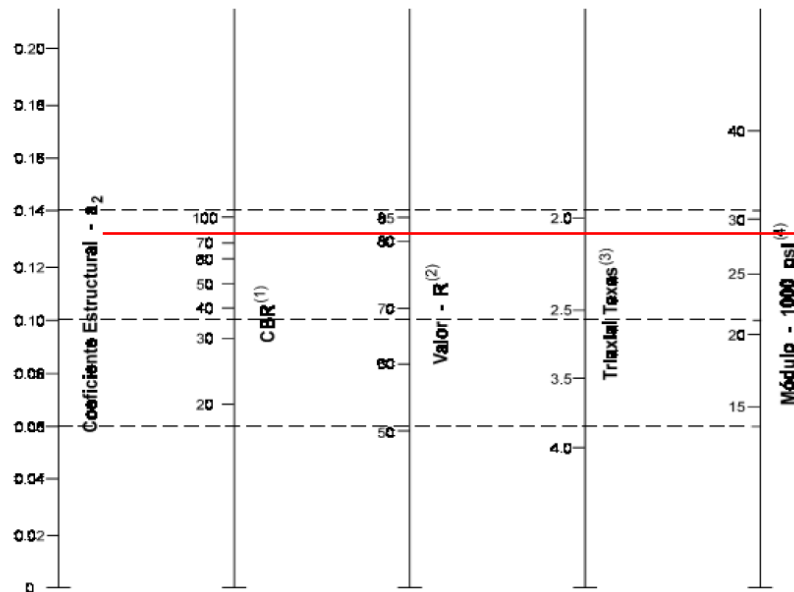
$$a_1 = 0.17 \frac{1}{\text{cm}}$$

4.2.8.2. Coeficiente a_2 : Bases

Se muestra el procedimiento con el cual se obtienen los coeficientes a_2 para bases:

Para la base tipo 3 de la mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), cuyo módulo resiliente es de 29000 psi, se obtiene el valor del coeficiente a_3 mediante la siguiente gráfica:

Coeficientes Capa “a₂”, Bases Granulares



(1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.

(2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.

(3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.

(4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Gráfica 59. Coeficiente a_2 para bases.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

El valor de a_2 es de 0.093, y así se obtienen los demás valores del resto de bases de las minas. Por ello se muestra la siguiente tabla:

Tabla 53. Coeficiente a_2 para bases, en 1/pulg.

Mina	Coeficiente a_2 (1/pulg)			
	I	II	III	IV
MINA PUNTO AZUL (IBARRA-IMBABURA)	0.1344	0.1333	0.1315	0.1303
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	0.1342	0.1104	0.1335	0.1311
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	0.128	0.1326	0.1084	0.1326
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	0.0793	0.0983	0.0779	0.0938
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	0.1276	0.126	0.1274	0.1278
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	0.0913	0.094	0.1162	0.0952

CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	0.0999	0.0995	0.1002	0.0958
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	0.1088	0.1023	0.1021	0.1008
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	0.1268	0.1252	0.1254	0.1268
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	0.1129	0.1133	0.1124	0.112
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	0.1326	0.1311	0.1299	0.1358
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	0.0961	0.0769	0.09	0.0961
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	0.0974	0.0998	0.1033	0.0946
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	0.1091	0.1101	0.1088	0.1064

Fuente: Los Autores.

Seguidamente, se presenta la tabla en unidades 1/cm:

Tabla 54. Coeficiente a_2 para bases, en 1/cm.

Mina	Coeficiente a_2 (1/cm)			
	Tipo de Base			
	I	II	III	IV
MINA PUNTO AZUL (IBARRA- IMBABURA)	0.0529	0.0525	0.0518	0.0513
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	0.0528	0.0435	0.0526	0.0516
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	0.0504	0.0522	0.0427	0.0522
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	0.0312	0.0387	0.0307	0.0369
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	0.0502	0.0496	0.0502	0.0503
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	0.0359	0.0370	0.0457	0.0375
CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	0.0393	0.0392	0.0394	0.0377
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	0.0428	0.0403	0.0402	0.0397
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	0.0499	0.0493	0.0494	0.0499
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	0.0444	0.0446	0.0443	0.0441
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	0.0522	0.0516	0.0511	0.0535
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	0.0378	0.0303	0.0354	0.0378

MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	0.0383	0.0393	0.0407	0.0372
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	0.0430	0.0433	0.0428	0.0419

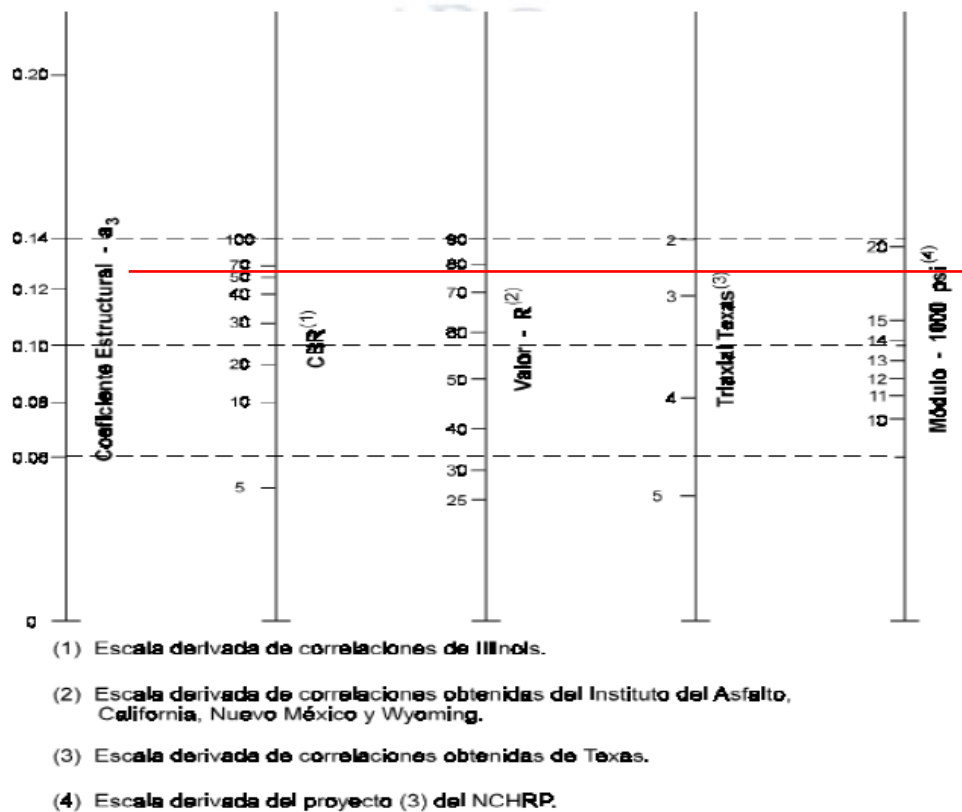
Fuente: Los Autores.

4.2.8.3. Coeficiente a_3 : Subbases

Se muestra el procedimiento con el cual se obtienen los coeficientes a_3 para subbases:

Para la subbase tipo 3 de la mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), cuyo módulo resiliente es de 18492.19 psi, se obtiene el valor del coeficiente a_3 mediante la siguiente gráfica:

Coeficientes Capa “ a_3 ”, Subbases Granulares



Gráfica 60. Coeficiente a_3 para subbases.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

El valor de a_3 es de 0.13, y de la misma forma se obtienen los valores de a_3 para todas las minas, indicándolos en la tabla a continuación:

Tabla 55. Coeficiente a_3 para subbases, en 1/pulg.

Mina	Coeficiente a_3 (1/pulg)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
MINA PUNTO AZUL (IBARRA-IMBABURA)	0.13	0.13	0.129
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	0.138	0.135	0.136
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	0.128	0.129	0.131
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	0.104	0.109	0.103
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	0.129	0.129	0.129
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	0.122	0.106	0.108
CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	0.111	0.11	0.106
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	0.112	0.111	0.109
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	0.125	0.127	0.12
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	0.126	0.124	0.122
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	0.133	0.132	0.13
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	0.102	0.101	0.099
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	0.107	0.112	0.111
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	0.114	0.117	0.119

Fuente: Los Autores.

Seguidamente, se presenta la tabla en unidades 1/cm:

Tabla 56. Coeficiente a_3 para subbases, en 1/cm.

Mina	Coeficiente a_3 (1/cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
MINA PUNTO AZUL (IBARRA-IMBABURA)	0.0512	0.0512	0.0508
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	0.0543	0.0531	0.0535
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	0.0504	0.0508	0.0516
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	0.0409	0.0429	0.0406
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	0.0508	0.0508	0.0508
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	0.0480	0.0417	0.0425
CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	0.0437	0.0433	0.0417
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	0.0441	0.0437	0.0429
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	0.0492	0.0500	0.0472
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	0.0496	0.0488	0.0480
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	0.0524	0.0520	0.0512
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	0.0402	0.0398	0.0390
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	0.0421	0.0441	0.0437
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	0.0449	0.0461	0.0469

Fuente: Los Autores.

4.2.9. Número estructural para las bases de las diferentes minas.

4.2.9.1. Carpeta asfáltica.

Para determinar el número estructural de la carpeta asfáltica, se emplea el programa de la AASHTO 1993, creado por el Ing. Vásquez. Para mostrar el procedimiento de obtención de los diferentes valores, se emplea el módulo resiliente de la base clase 3 de la mina Punto Azul, el número de ejes equivalentes, la serviciabilidad, la confiabilidad y la desviación estándar.

Es importante mencionar, que el número de ejes equivalentes sobrepasa el máximo de 50 millones, con un valor de 87 millones, por lo tanto, se toma el valor máximo. En la siguiente imagen se puede ver los datos ingresados en el programa:

Gráfica 61. Obtención del número estructural SN_1 de la carpeta asfáltica.
Fuente: Ing. Vásquez (2004). Cálculo de las ecuaciones AASHTO 1993 (2.0)

Como se puede ver, el valor del número estructural de la carpeta de rodadura es de **4.30**, cuando se emplea el módulo resiliente de la capa base clase 3 de la mina Punto Azul. En el siguiente cuadro, se presentan los diferentes valores de números estructurales SN_1 , obtenidos con los datos mencionados con anterioridad a excepción del módulo resiliente, el cual varía de acuerdo con el tipo de base y del tipo de mina:

Tabla 57. Coeficiente estructural SN_1 en función del tipo de base y mina.

Mina	Coeficiente SN_1			
	I	II	III	IV
MINA PUNTO AZUL (IBARRA- IMBABURA)	4.30	4.32	4.35	4.37
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	4.30	4.72	4.32	4.36
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	4.41	4.33	4.76	4.33
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	5.29	4.94	5.32	5.02

MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	4.42	4.45	4.43	4.42
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA) CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	5.06	5.02	4.62	4.99
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	4.75	4.86	4.87	4.89
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	4.44	4.47	4.47	4.44
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	4.68	4.67	4.68	4.69
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	4.33	4.36	4.38	4.28
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	4.98	5.34	5.09	4.98
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	4.95	4.91	4.85	5.01
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	4.74	4.73	4.75	4.79

Fuente: Los Autores.

4.2.9.2. Base.

Se muestra la obtención del número estructural de la capa base, empleando los datos mostrados en la sección 4.2.8.1., pero en este caso solo se modifica el módulo resiliente perteneciente a la subbase clase 3 de la mina Punto Azul:

Gráfica 62. Obtención del número estructural de la base SN₂.

Fuente: Ing. Vásquez (2004). Cálculo de las ecuaciones AASHTO 1993 (2.0)

Como se puede ver, el valor del número estructural de la base es de **5.08**, cuando se emplea el módulo resiliente de la capa subbase clase 3 de la mina Punto Azul. En el siguiente cuadro, se presentan los diferentes valores de números estructurales SN₂, obtenidos con los datos mencionados con anterioridad a excepción del módulo resiliente, el cual varía de acuerdo con el tipo de subbase y del tipo de mina:

Tabla 58. Coeficiente estructural SN₂ en función del tipo de subbase y mina.

Mina	Coeficiente SN ₂ Tipo de Subbase		
	I	II	III
MINA PUNTO AZUL (IBARRA-IMBABURA)	5.08	5.08	5.1
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	4.95	5.00	4.99
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	5.11	5.10	5.06
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	5.57	5.49	5.60
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	5.10	5.10	5.10
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	5.24	5.55	5.51

CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	5.45	5.48	5.54
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	5.44	5.45	5.49
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	5.17	5.13	5.27
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)	5.16	5.20	5.23
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	5.03	5.05	5.08
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	5.61	5.63	5.67
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	5.53	5.43	5.44
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)	5.39	5.33	5.28

Fuente: Los Autores.

4.2.9.3. Subbase.

Se muestra la obtención del número estructural de la capa subbase, empleando los datos mostrados en la sección 4.2.8.1., pero en este caso se utiliza el módulo resiliente perteneciente a la subrasante:

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93" with the following fields and values:

- Título:** CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
- Desarrollado por:** Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.
- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible, Pavimento rígido
- Confiability (R) y Desviación estándar (So):** 90 % $Z_r = -1.282$, $S_o = 0.44$
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 4.2, PSI final = 3
- Módulo resiliente de la subrasante:** Mr = 6000 psi
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): []
 - Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): []
 - Coefficiente de transmisión de carga - (J): []
 - Coefficiente de drenaje - (Cd): []
- Tipo de Análisis:** Calcular SN, Calcular W18
- Número Estructural:** SN = 7.32
- Observaciones:** []
- Botones:** Calcular, Salir

Gráfica 63. Obtención del número estructural de la subbase SN_3 .
Fuente: Ing. Vásquez (2004). Cálculo de las ecuaciones AASHTO 1993 (2.0)

Como se puede ver, el valor del número estructural de la subbase es de **7.32**, cuando se emplea el módulo resiliente de la subrasante. Al solo tener un único valor de módulo resiliente, se tiene un solo resultado de número estructural SN_3 .

4.2.10. Determinación de los espesores de las capas.

4.2.10.1. Procedimiento de cálculo del espesor de la capa de rodadura.

A continuación, se determina el espesor de la carpeta de rodadura con la siguiente ecuación:

Ecuación 11: Espesor de la carpeta de rodadura.

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Para ver el procedimiento de cálculo, se utiliza el valor de SN_1 , tomando en cuenta que se empleará la base clase 3 de la mina Punto Azul, y el valor de a_1 correspondiente a la carpeta de rodadura:

$$D_1 = \frac{4.35}{0.17}$$

$$D_1 = 25.59 \text{ cm}$$

Como se puede ver, el valor de a_1 es constante, y el valor de SN_1 es variable (depende del módulo resiliente de las bases de las minas).

A partir de la obtención del espesor de la carpeta asfáltica, se pueden obtener los valores de los números estructurales de la carpeta asfáltica corregidos, con la siguiente expresión:

Ecuación 12: Número estructural de la carpeta asfáltica corregido (SN_1^*).

$$SN_1^* = D_1 * a_1$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el valor de D_1 no se está aproximado, a fin de posteriormente poder realizar el análisis comparativo de los diseños obtenidos, en consecuencia, se tiene:

$$SN_1^* = SN_1$$

4.2.10.2. Espesor de la capa base.

A continuación, se determina el espesor de la capa base con la siguiente ecuación:

Ecuación 13: Espesor de la capa base.

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1 D_1}{a_2 m_2} = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Para ver el procedimiento de cálculo, se utiliza el valor de SN_1^* , a_2 y m_2 , tomando en cuenta que se empleará base clase 3 de la mina Punto Azul, y el valor de SN_2 considerando que se empleará subbase clase 3 de la mina Punto Azul:

$$D_2 = \frac{5.10 - 4.35}{0.0518 * 1}$$

$$D_2 = 14.48 \text{ cm}$$

Es importante mencionar, que los valores SN_2 , SN_1^* y a_2 son variables y dependen de los módulos resilientes de las subbases (SN_2) y de los módulos resilientes de las bases (a_2 y SN_1^*) de las minas.

Se puede obtener el número estructural de la capa base corregido (SN_2^*), empleando la siguiente expresión:

Ecuación 14: Número estructural de la base corregido (SN_2^*).

$$SN_2^* = D_2 * a_2 * m_2$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$SN_2^* = 14.48 * 0.0518 * 1$$

$$SN_2^* = 0.75$$

4.2.10.3. Espesor de la capa subbase.

A continuación, se determina el espesor de la capa subbase con la siguiente ecuación:

Ecuación 15: Espesor de la capa subbase.

$$D_3 = \frac{SN_3 - a_1 D_1 - D_2 a_2 m_2}{a_3 m_3} = \frac{SN_3 - SN_2^* - SN_1^*}{a_3 m_3}$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Para comprender el procedimiento de cálculo, se utiliza el valor de SN_1^* , tomando en cuenta que se empleará base clase 3 de la mina Punto Azul, y los valores de SN_3 , SN_2^* , a_3 y m_3 , considerando que se empleará subbase clase 3 de la mina Punto Azul:

$$D_3 = \frac{7.32 - 0.75 - 4.35}{0.0508 * 1}$$

$$D_3 = 43.70 \text{ cm}$$

En este caso, el valor de SN_3 es constante, y los valores SN_2^* , SN_1^* y a_3 son variables (dependen de los módulos resilientes de las bases y subbases de las minas).

A partir del resultado mostrado anteriormente, se puede obtener el número estructural de la capa subbase corregido (SN_3^*), empleando la siguiente expresión:

Ecuación 16: Número estructural de la subbase corregido (SN_3^*).

$$SN_3^* = D_3 * a_3 * m_3$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$SN_3^* = 43.70 * 0.0508 * 1$$

$$SN_3^* = 2.22$$

4.2.10.4. Verificación de diseño AASHTO 93.

De acuerdo con la guía de diseño de la AASHTO 93, para que el diseño de la estructura del pavimento esté correctamente realizado, se debe realizar la siguiente verificación:

Ecuación 17: Verificación AASHTO 93.

$$\Sigma SN^* \geq SN_3$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Por consiguiente, empleando los valores obtenidos cuando se utiliza base clase 3 y subbase clase 3 de la mina Punto Azul, se obtiene el siguiente resultado:

$$2.22 + 0.75 + 4.35 \geq 7.32$$

$$7.32 \geq 7.32$$

Cumple!

Cabe mencionar, que los diseños que solo tienen capa asfáltica y capa base también deben cumplir la siguiente verificación:

Ecuación 18: Verificación AASHTO 93.

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

4.2.10.5. Tabla resumen de diseños empleando Base clase III y Subbase clase III.

Se presenta a continuación una tabla donde se muestran los diferentes espesores de las capas de la estructura del pavimento, cuando se emplea base clase III y subbase clase III de cada mina. Se usa este tipo de material ya que en la práctica es el más fácil de obtener, debido a que sus exigencias granulométricas no son tan rigurosas.

A pesar de ello, en el **Anexo 1** se presentan los resultados de los diseños empleando todos los tipos de base y subbase de las minas.

Tabla 59. Tabla resumen de diseños con Base Clase III y Subbase Clase III de las minas.

Mina	Espesores de las capas del pavimento		
	Capa Asfáltica (D ₁) cm	Capa Base (D ₂) cm	Capa Subbase (D ₃) cm
Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)	25.59	14.48	43.70
Mina Vargas Soria (Baños)	25.41	12.74	43.55
Mina Mulaló (Cotopaxi)	28.00	7.03	43.80
Mina La China (Quevedo)	31.29	9.12	42.36
Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)	26.06	13.35	43.70
Mina Compañía JHV (Tena)	27.18	19.47	42.59
Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)	28.82	16.24	42.69
Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)	28.65	15.42	42.66
Mina de Macas (Macas – Morona Santiago)	26.29	16.19	43.43
Mina del Coca (Coca- Orellana)	27.53	12.42	43.54
Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)	25.76	13.70	43.75
Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)	29.94	16.38	42.31
Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)	28.53	14.5	43.02
Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)	27.94	12.38	43.50

Fuente: Los Autores.

4.3. Análisis comparativo de los diseños realizados.

En esta sección se realiza el análisis de los resultados obtenidos de espesores de las diferentes capas de la estructura del pavimento, cuando se emplean los parámetros mecánicos de las bases y subbases clase 3 de las minas.

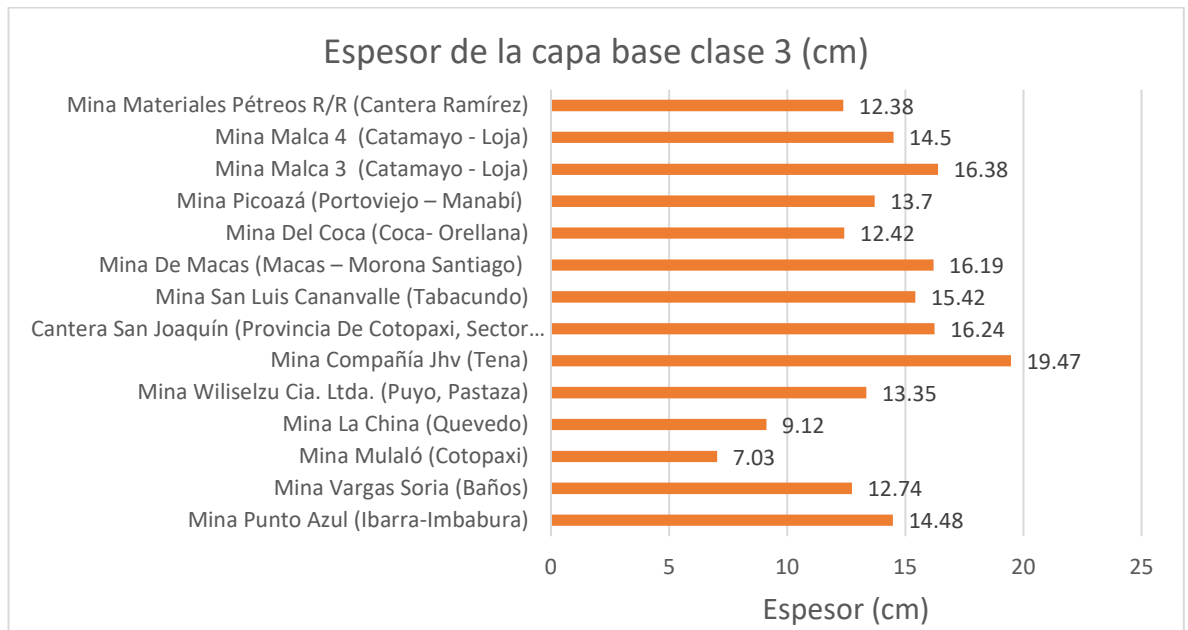
4.3.1. Gráficas comparativas de los espesores del pavimento.

A continuación, se muestra el siguiente gráfico con los espesores de la carpeta asfáltica de cada mina analizada:



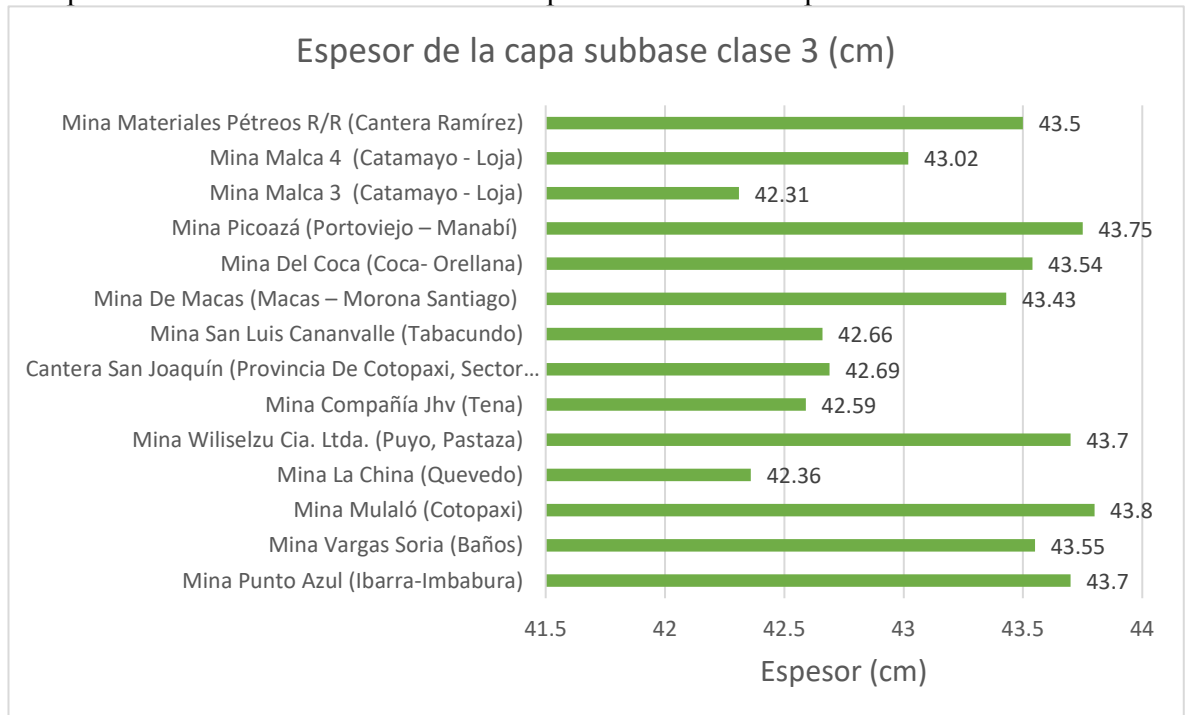
Gráfica 64. Espesores de la carpeta asfáltica obtenidas en el diseño para cada mina en estudio.
Fuente: Los Autores.

Se presentan los valores de los espesores de la capa base clase 3:



Gráfica 65. Espesores de la capa base obtenidas en el diseño para cada mina en estudio.
 Fuente: Los Autores.

Se presentan los valores de los espesores de la capa subbase clase 3:



Gráfica 66. Espesores de la capa subbase obtenidas en el diseño para cada mina en estudio.
 Fuente: Los Autores.

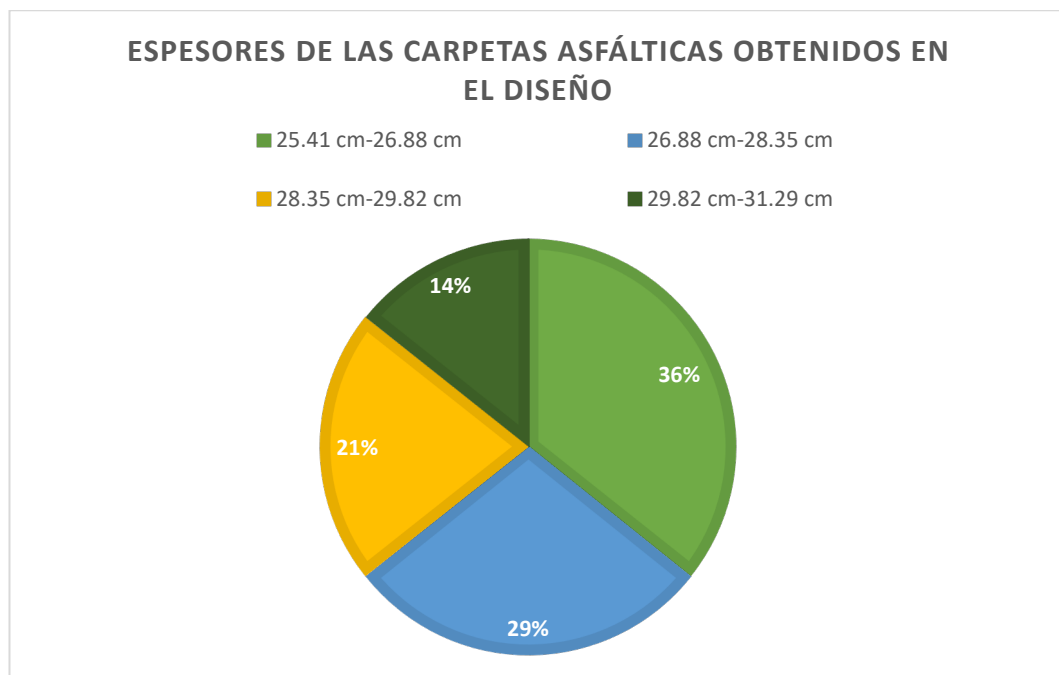
4.3.2. Frecuencias de los espesores de cada capa.

En esta sección se presentan tablas de frecuencias y gráficos que permitirán visualizar los valores obtenidos de una mejor manera:

Tabla 60. Frecuencias de los espesores de las carpetas asfálticas.

Tabla de frecuencias de los espesores de las carpetas asfálticas			
Rango de espesores		Cantidad de minas	%
Límite inferior	Límite superior		
25.41	26.88	5	35.71%
26.88	28.35	4	28.57%
28.35	29.82	3	21.43%
29.82	31.29	2	14.29%

Fuente: Los Autores.



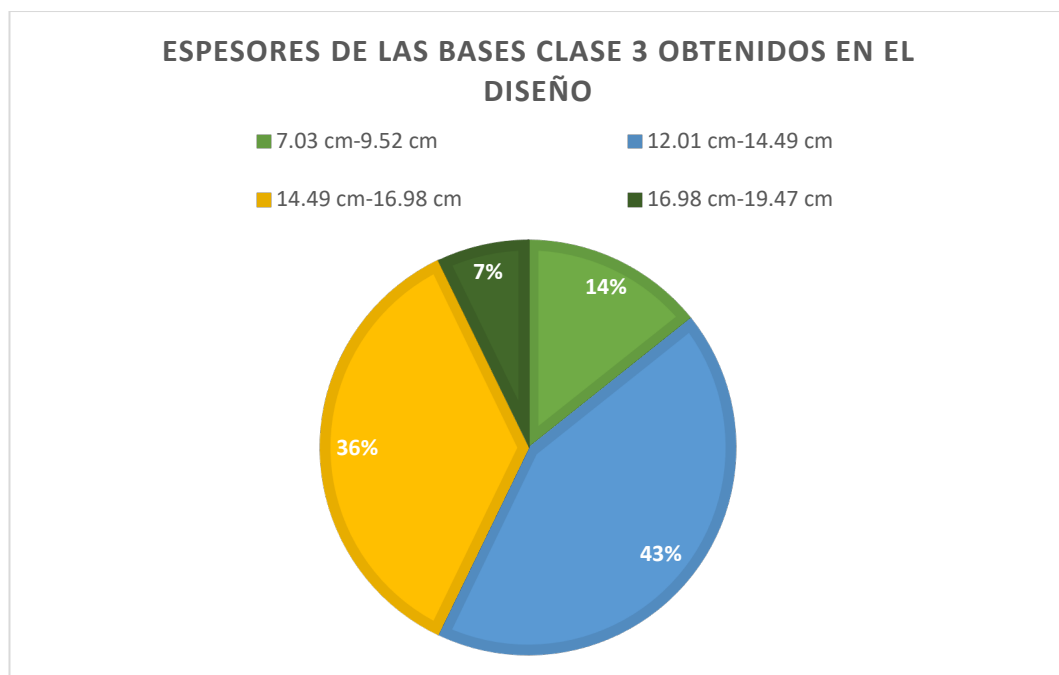
Gráfica 67. Porcentaje de los espesores de la carpeta asfáltica obtenidas en el diseño.

Fuente: Los Autores.

Tabla 61. Frecuencias de los espesores de las bases clase 3

Rango de espesores		Cantidad de minas	%
Límite inferior	Límite superior		
7.03	9.52	2	14.29%
9.52	12.01	0	0.00%
12.01	14.49	6	42.86%
14.49	16.98	5	35.71%
16.98	19.47	1	7.14%

Fuente: Los Autores.



Gráfica 68. Porcentaje de los espesores de las bases clase 3 obtenidas en el diseño.

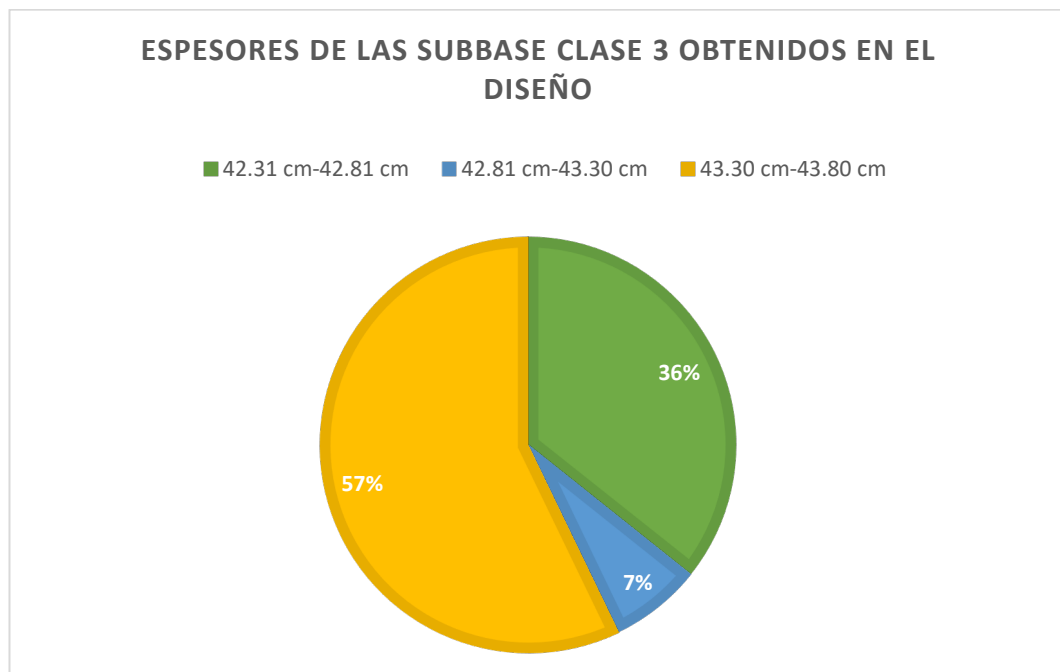
Fuente: Los Autores.

Tabla 62. Frecuencias de los espesores de las subbases clase 3

Tabla de frecuencias de los espesores de las subbases clase 3

Rango de espesores		Cantidad de minas	%
Límite inferior	Límite superior		
42.31	42.81	5	35.71%
42.81	43.30	1	7.14%
43.30	43.80	8	57.14%

Fuente: Los Autores.

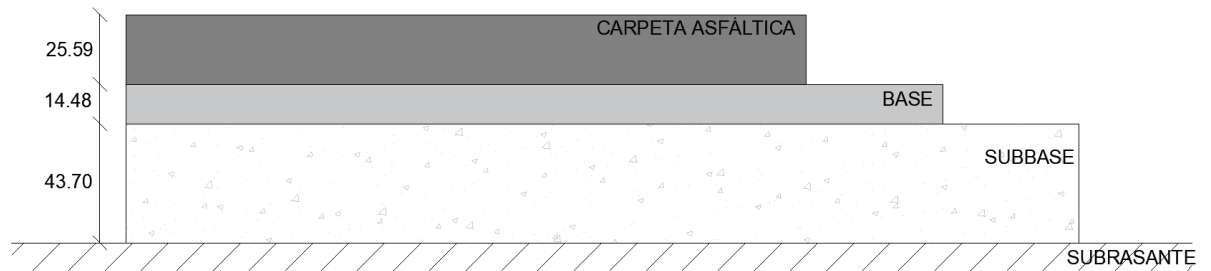


Gráfica 69. Porcentaje de los espesores de las bases clase 3 obtenidas en el diseño.

Fuente: Los Autores.

4.3.3. Esquemas de los diferentes diseños.

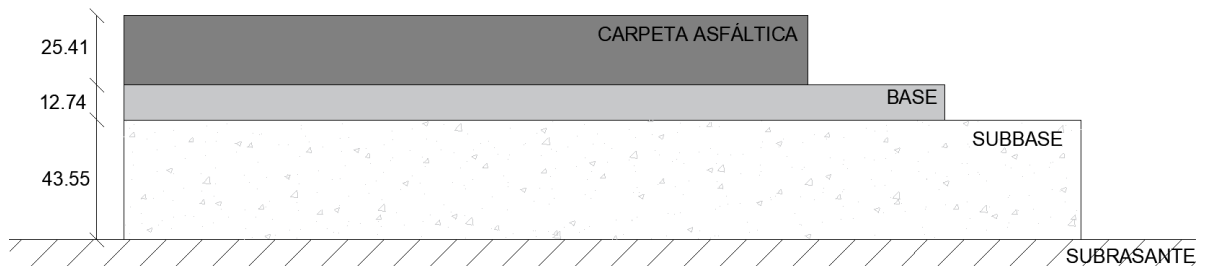
MINA PUNTO AZUL (IBARRA-IMBABURA)



Gráfica 70. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Punto Azul.

Fuente: Los Autores.

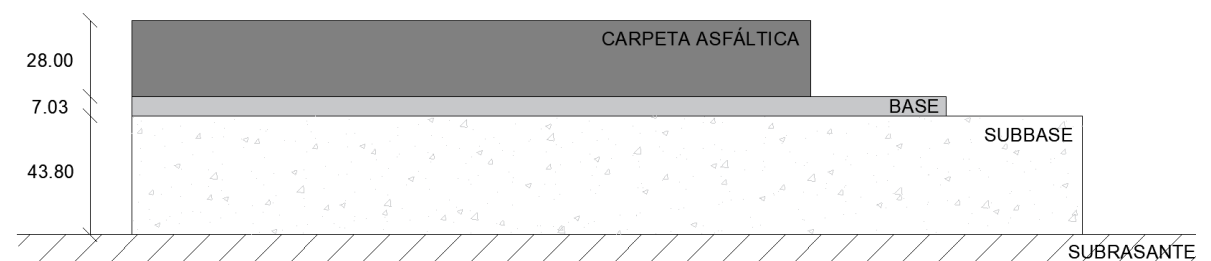
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)



Gráfica 71. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Vargas Soria.

Fuente: Los Autores.

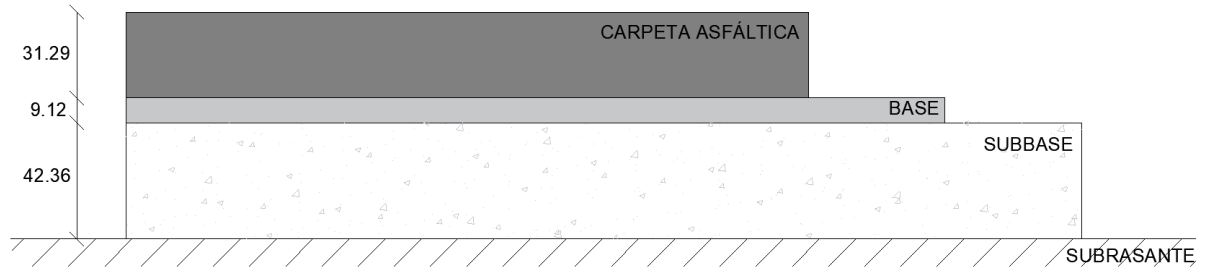
MINA MULALÓ (COTOPAXI)



Gráfica 72. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Mulaló.

Fuente: Los Autores.

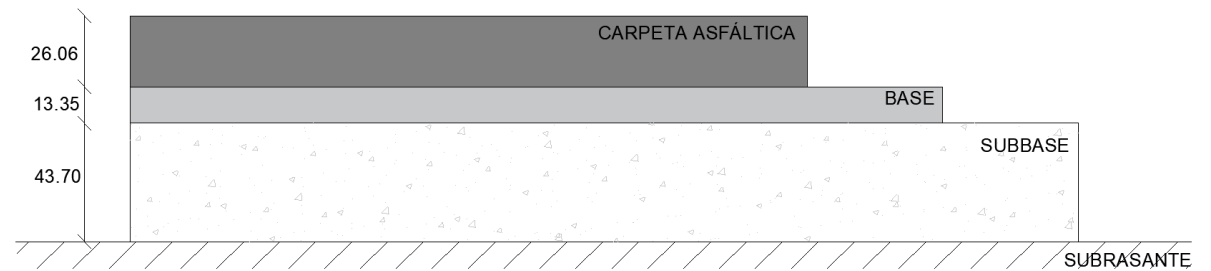
MINA LA CHINA (QUEVEDO)



Gráfica 73. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina La China.

Fuente: Los Autores.

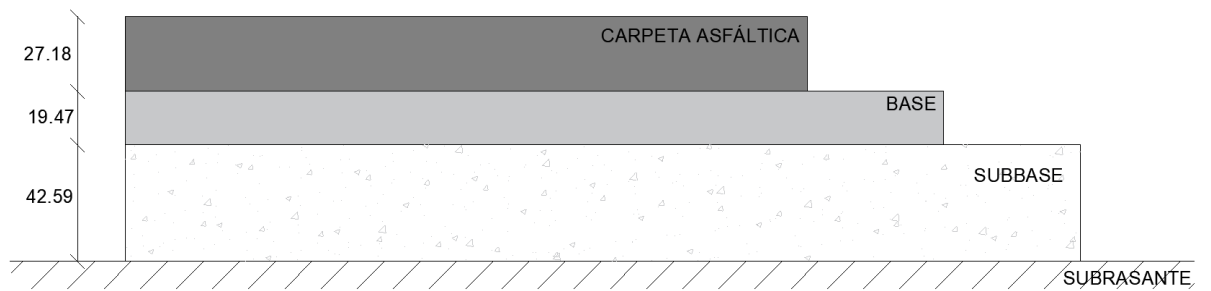
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)



Gráfica 74. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Wiliselzu CIA. LTDA.

Fuente: Los Autores.

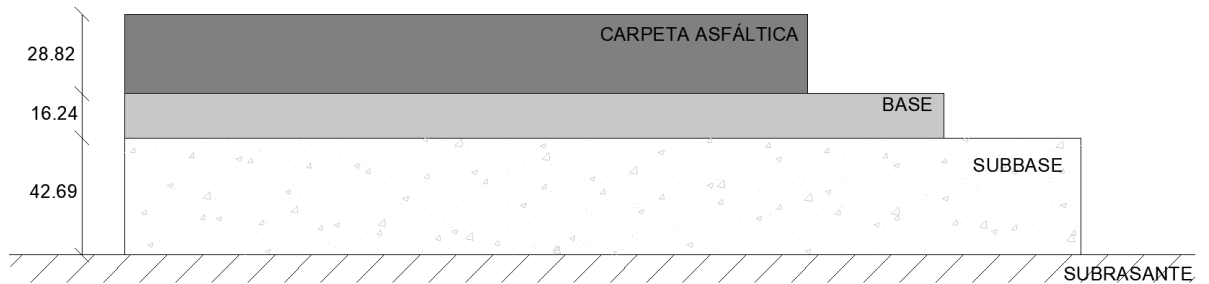
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)



Gráfica 75. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina JHV.

Fuente: Los Autores.

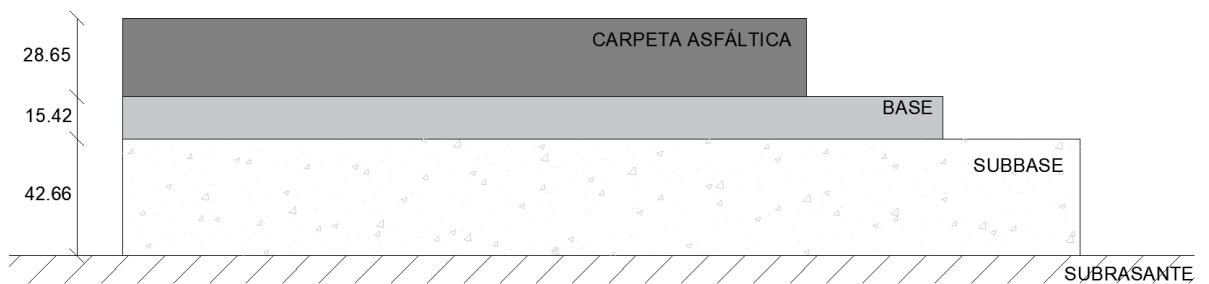
CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)



Gráfica 76. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina San Joaquín.

Fuente: Los Autores.

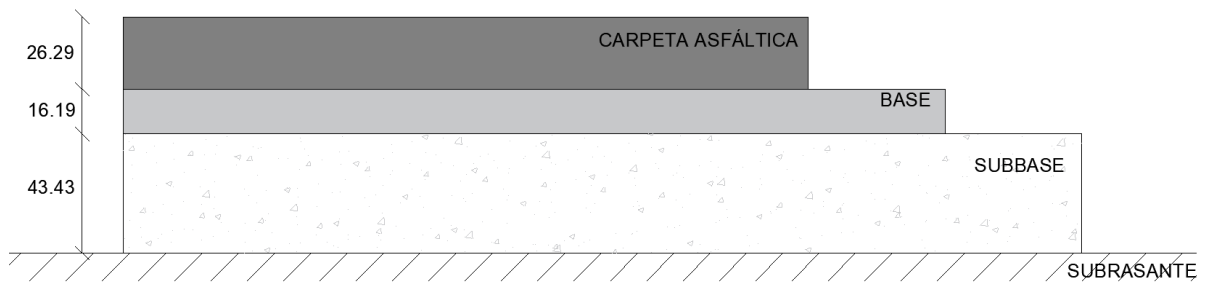
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)



Gráfica 77. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina San Luis Cananvalle.

Fuente: Los Autores.

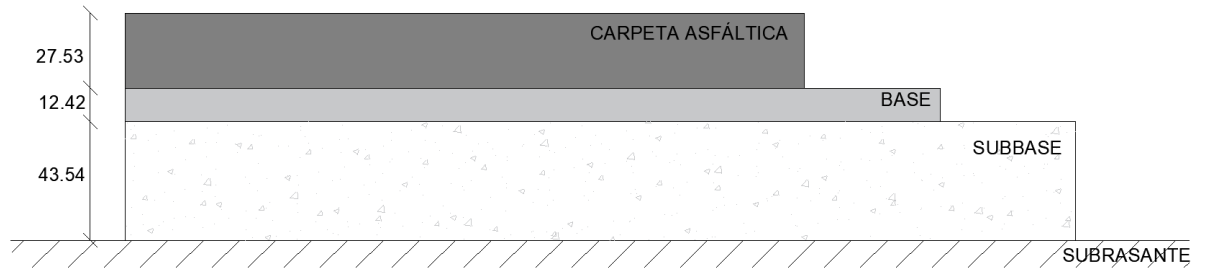
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)



Gráfica 78. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina de Macas.

Fuente: Los Autores.

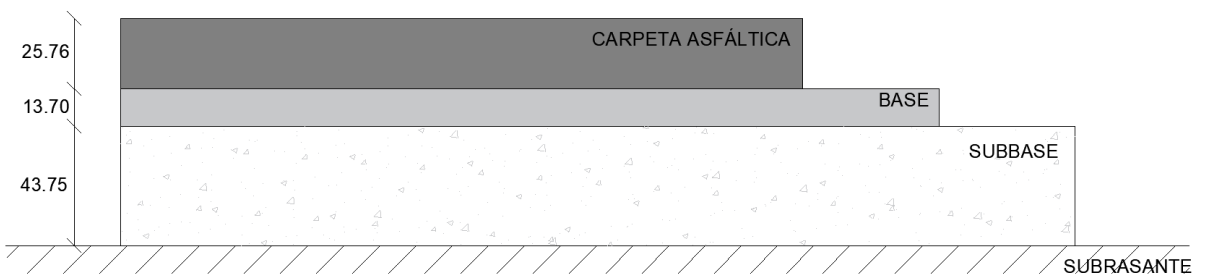
MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)



Gráfica 79. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina del Coca.

Fuente: Los Autores.

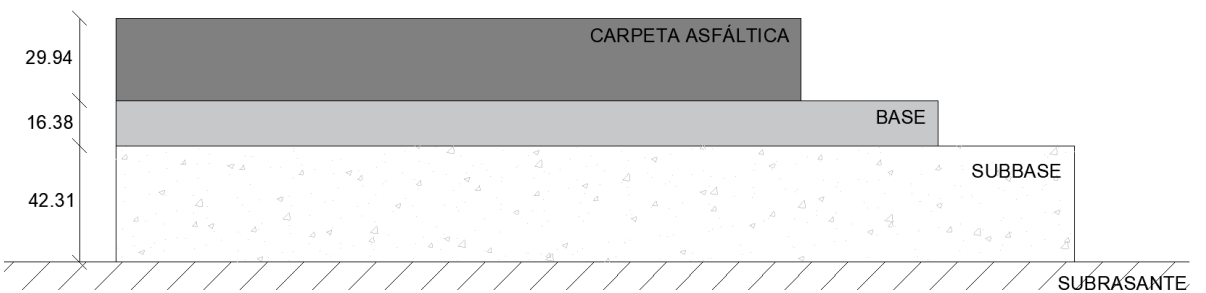
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)



Gráfica 80. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Picoazá.

Fuente: Los Autores.

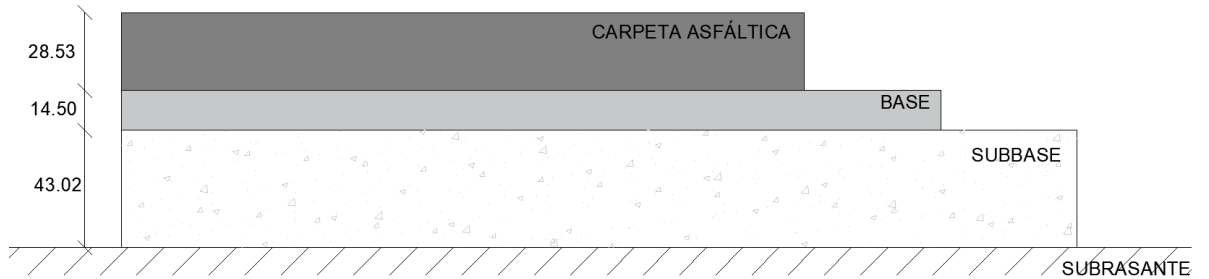
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)



Gráfica 81. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Malca 3.

Fuente: Los Autores.

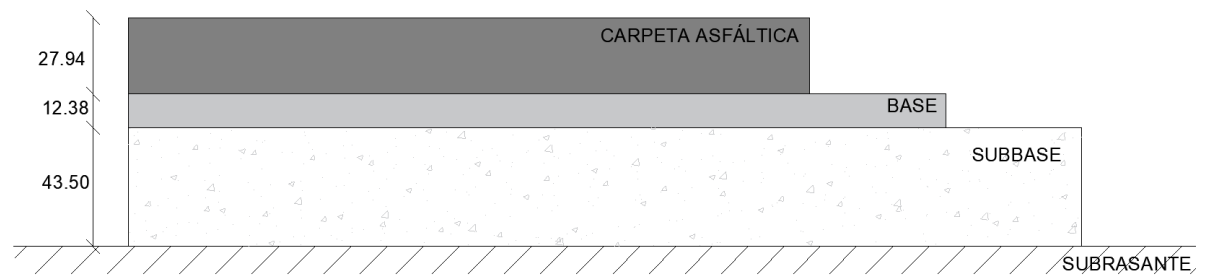
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)



Gráfica 82. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Malca 4.

Fuente: Los Autores.

MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)



Gráfica 83. Esquema de la estructura del pavimento empleando base y subbase clase 3 de la mina Materiales Pétreos R/R.

Fuente: Los Autores.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

- Se puede concluir que las bases de agregados generadas a partir del material de las minas estudiadas tienen una granulometría que en su mayoría cumple los límites especificados en la norma MOP-001-F 2002. Sin embargo, se puede destacar que las bases clase 3 son las que tienen mayor porcentaje de minas que no cumplen la normativa, con un 21%. Esto puede afectar en las propiedades mecánicas del material elaborado, tal como el C.B.R, siendo una causa probable para que las minas que no tienen una granulometría adecuada no cumplan con el valor mínimo requerido de C.B.R.
- En cuanto a la granulometría de las subbases, las clases 1 y 3 cumplen en su totalidad la normativa. Sin embargo, subbases clase 2 elaboradas con los materiales de las minas, no cumplen con la normativa, con un 14%, es decir, dos minas no cumplen los límites establecidos en la norma MOP.
- Los valores de gravedad específica para el agregado fino se encuentran entre 1.95 y 2.76, mientras que, para agregado grueso, los valores de gravedad específica varían entre 2.12 y 2.7. Por otro lado, los valores de absorción no fueron realizados con los materiales de todas las minas, no obstante, para agregados finos oscilan entre 1.94% y 5.93%, y para agregados gruesos entre 0.90% y 5.20%.
- En cuanto al contenido orgánico, todas las minas estudiadas cumplen con el límite establecido de color (3). Cabe mencionar que no se tienen los resultados de todas las

minas para este ensayo, pero es importante notar que 4 de las minas ensayadas se encuentran en el límite de contenido orgánico.

- En el ensayo de terrones de arcilla, solo el material pétreo de la mina San Luis de Cananvalle excede el porcentaje máximo de terrones de arcilla para el agregado grueso (5%), con un 5.50%, y en cuanto a los agregados finos, el valor máximo es del 5%, valor correspondiente a la mina mencionada anteriormente. No se tiene los resultados de este ensayo para todas las minas en estudio, a pesar de ello, el resto de material estudiado cumple con el límite establecido.
- Para el ensayo de desgaste a la acción de los sulfatos, se puede notar que los valores varían entre el 3.93% hasta el 50.22%. El valor máximo mencionado corresponde a la Mina La China, ubicada en la ciudad de Quevedo.
- Se puede concluir que en los ensayos realizados en los materiales de las minas estudiadas en las tesis que se analizó para el presente trabajo de titulación no existen datos de los límites de Atterberg y en cuanto a la humedad todos los materiales son no plásticos por lo que cumplen con la normativa MOP.
- En el ensayo de desgaste por abrasión para bases todas las minas están dentro del límite de porcentaje de desgaste, es decir, son menores al 40% que se establece en la norma y para subbases deben ser menores al 50%, sin embargo, únicamente se realizó dicho ensayo en las minas Punto Azul (Ibarra-Imbabura), Vargas Soria (Baños) , Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza) cuyo porcentaje si cumple con la normativa.

En cuanto al C.B.R en bases se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para las bases clase 1, siendo el porcentaje mínimo el 80% establecido en la norma, únicamente el 21% cumple, es decir, de las 14 minas estudiadas solo 3 tienen el porcentaje mayor al requerido y por ende un 79% no cumple (11 minas).
- Para las bases clase 2, siendo el porcentaje mínimo el 80% establecido en la norma, únicamente el 14% cumple, es decir, de las 14 minas estudiadas solo 2 tienen el porcentaje mayor al requerido y por ende un 86% no cumple (12 minas).
- Para las bases clase 3, siendo el porcentaje mínimo el 80% establecido en la norma, únicamente el 7% cumple, es decir, de las 14 minas estudiadas solo 1 tiene el porcentaje mayor al requerido y por ende un 93% no cumple (13 minas).
- Para las bases clase 4, siendo el porcentaje mínimo el 80% establecido en la norma, únicamente el 14% cumple, es decir, de las 14 minas estudiadas solo 2 tiene el porcentaje mayor al requerido y por ende un 86% no cumple (12 minas).

En cuanto al C.B.R en subbases se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para las subbases clase 1, siendo el porcentaje mínimo el 30% establecido en la norma, cumplen el 79%, es decir, de las 14 minas estudiadas 11 tienen el porcentaje mayor al requerido y por ende únicamente un 21% no cumple (3 minas).
- Para las subbases clase 2, siendo el porcentaje mínimo el 30% establecido en la norma, cumplen el 86%, es decir, de las 14 minas estudiadas 12 tienen el porcentaje mayor al requerido y por ende únicamente un 14% no cumple (2 minas).

- Para las subbases clase 3, siendo el porcentaje mínimo el 30% establecido en la norma, cumplen el 64%, es decir, de las 14 minas estudiadas 9 tienen el porcentaje mayor al requerido y por ende un 36% no cumple (5 minas).
- El diseño realizado con bases y subbases clase 3 de cada mina estudiada, dio como resultados varios espesores, los cuales varían de acuerdo con la calidad del material. El diseño se realizó con el C.B.R. de cada una de las minas, y se pudo notar que el menor espesor de la carpeta de rodadura es de 25.41 cm, el cual corresponde a la mina Vargas Soria. Es importante recalcar que, la base de dicha mina tiene el valor máximo de C.B.R. de todas las minas (85%), y cumple con la normativa.
- En cuanto al espesor de la base, el menor valor que se presenta es 7.03 cm, perteneciente a la base clase 3 conformada por el material pétreo de la mina Mulaló, y tomando en consideración que el C.B.R. de la base no cumple la normativa, con un valor de 41.5%, en cambio, la subbase cuenta con un valor de C.B.R. alto y cumple con el valor establecido en la norma, con un 73%.
- Para la subbase, el valor mínimo que se obtuvo en el cálculo es de 42.31 cm, el cual es correspondiente al material de la mina Malca 3. Se pudo notar que, en este caso, el C.B.R. de la subbase no cumple con la normativa, y, de hecho, es el menor valor de C.B.R. de todas las minas (23%). Asimismo, el C.B.R. de la base clase 3 de esta mina no cumple la norma, con un 28%.
- El espesor máximo obtenido en los diseños de capa de rodadura es de 31.29 cm, el cual pertenece al diseño realizado con los parámetros de los materiales de la mina La

China. Cabe mencionar que el valor de C.B.R. de base clase 3 de esta mina es el mínimo de todos, con un 23.15%.

- Por otra parte, el máximo espesor de la base clase 3 corresponde a la mina Compañía JHV, con 19.47 cm. En esta mina, la base clase 3 cuenta con un C.B.R. de 50.25% y la subbase con un C.B.R. de 29.09%, los cuales no cumplen con la normativa.
- Finalmente, el espesor máximo de subbase pertenece al diseño empleando los parámetros de la mina Mulaló, con 43.8 cm. En esta mina, la base tiene un C.B.R. de 41.5%, el cual no cumple con la norma, y el de la subbase es un valor alto de 73%, que si cumple con la normativa.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda que para el diseño se debe tener datos confiables del TPDA ya que es un parámetro fundamental para el futuro obtener los espesores de las capas de la estructura del pavimento.
- En las tesis analizadas para la realización del presente trabajo de titulación los autores obtuvieron el módulo resiliente a través del ensayo del Geogauge el cual otorga valores que no son tan precisos, por ello se recomienda partir del C.B.R o a su vez realizar el ensayo AASHTO T307 “Determining the resilient modulus of soils and aggregate materials” para obtener valores más cercanos a la realidad de módulos resilientes y así diseñar la estructura del pavimento.
- Se recomienda que, al tener un número de ejes equivalentes mayor a 50 millones, se emplee el valor máximo, ya que el método de diseño AASHTO 93 no permite emplear más de 50 millones de ejes.

- Por objeto de estudio en el presente trabajo no se redondearon las dimensiones de las capas del pavimento, a pesar de ello, al momento de construir las mismas se recomienda redondear los espesores de bases y subbases a múltiplos de 5 cm y el espesor de la capa de rodadura a múltiplos de 2.5 cm.
- Los diseños realizados en el presente trabajo de titulación no tomaron en consideración los valores mínimos de espesores de capa de rodadura y base establecidos por la AASHTO. Por lo tanto, es recomendable que, de acuerdo con el número de ejes equivalentes obtenidos para los diseños, se emplee el espesor mínimo si los valores calculados son menores a los presentados a continuación:

Tabla 63. Espesores mínimos establecidos por la AASHTO.

Tráfico, Ejes Equivalentes de Carga	Concreto Asfáltico (mm)	Capa Base (mm)
Menos de 50,000	30	100
50,001 – 150,000	60	100
150,001 – 500,000	75	100
500,001 – 2' 000,000	90	150
2'000,001 – 7' 000,000	100	150
Mayor que 7'000,000	120	150

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ASTM. (2013). C88 – 13: Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate.

ASTM. (2011). C40/C40M – 11: Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.

ASTM. (2015). ASTM C127-15 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.

ASTM. (2014). ASTM C136-14. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

ASTM. (2010). C142/C142M – 10: Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates.

ASTM. (2021). ASTM C125 – 21a. Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

Alvarado González, M. (2019). COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE CBR Y MÓDULO DE YOUNG PARA BASE Y SUB BASE. CASO DE ESTUDIO MINA MULALÓ – COTOPAXI. (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Alvear Oña, M. (2019). COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO YOUNG Y CBR PARA BASE Y SUB BASE. CASO DE ESTUDIO MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO) (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Bowles, J. (1981). Manual de LABORATORIO DE SUELOS en Ingeniería Civil. México D.F, México: McGRAW-HILL.

Cedar Lake Ventures, Inc. (2022). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Esmeraldas*. Weather Spark. Recuperado 29 de agosto de 2022, de <https://es.weatherspark.com/y/19369/Clima-promedio-en-Esmeraldas-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=La%20temporada%20m%C3%A1s%20mojada%20dura,menos%201%20mil%3ADmetro%20de%20precipitaci%C3%B3n> .

Coronel, G. (2019). COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DEL MÓDULO DE YOUNG Y CBR PARA BASE Y SUB BASE.

CASO DE ESTUDIO: MINA PUNTO AZUL IBARRA-IMBABURA) (Pregrado).
Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Cox Terán, M. (2019). “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO DE YOUNG Y C.B.R. PARA BASE Y SUB BASE. CASOS DE ESTUDIO MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO) Y MINA DEL COCA (COCA- ORELLANA)”. (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Heukelom, W., & Klomp, A.J.G. (1962). Dynamic testing as a means of controlling pavements during and after construction.

Merida, D. (2022). Límites de Atterberg. Academia.edu. Recuperado 24 January 2022, a partir de https://www.academia.edu/34182672/Limites_de_Atterberg

Ministerio de Obras Públicas. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). VOLUMEN N°3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES. Quito: MTOP.

NCHRP - National Cooperative Highway Research Program. (2004). Guide for the mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures. Washington, D.C.: NCHRP Project 1-37A. Transportation Research Board.

Ocaña Vaca, C. (2019). COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MODULO DE YOUNG Y CBR PARA BASE Y SUB BASE. CASO DE ESTUDIO: MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA) (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Palacios Ortega, D., & Panchi Luna, R. (2019). “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO DE YOUNG Y CBR PARA BASES Y SUB BASES, CASOS DE ESTUDIO MINAS: MALCA 3 Y MALCA 4, UBICADAS EN EL CANTÓN CATAMAYO PROVINCIA DE LOJA” (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Paredes, F. (2017). Informe del redondel de Codesa. Quito, Ecuador.

Pazmiño Lovato, G. (2019). “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO DE YOUNG Y CBR PARA BASE Y SUB BASE. CASOS DE ESTUDIO MINA COMPAÑÍA JHV (TENA) “(Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Powell, W.D., Potter, J.F., Mayhew, H.C., Nunn, M.E. (1984). The structural design of bituminous roads. Transportation and Road Research Laboratory, Report No. 1132.

Ríos Basantes, C. (2019). COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO MÓDULO DE YOUNG Y C.B.R. DE LABORATORIO PARA BASE Y SUB-BASE DE LA MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ) (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Tafur Escanta, A. (2020). “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO DE YOUNG Y CBR PARA BASE Y SUB BASE. CASO DE ESTUDIO: MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)”. (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Urquiza López, P. (2019). “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO DE YOUNG Y C.B.R PARA BASES Y SUBBASES, CASO DE ESTUDIO: CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA). (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Vaca, C. (2019). “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE CBR Y MODULO DE YOUNG PARA BASE Y SUBBASE. CASO DE ESTUDIO: MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)”. (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Zambrano Alcívar, J. (2019). “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE CBR Y MODULO DE YOUNG PARA BASE Y SUBBASE. CASO DE ESTUDIO: MINA LA CHINA (QUEVEDO)” (Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

ANEXOS

1. ANEXO 1: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL CON DIFERENTES CLASES DE BASE Y SUBBASE DE LAS MINAS

1.1. Espesor de la capa de rodadura en función del tipo de base de las minas.

Tabla 64. Espesores de la carpeta de rodadura, en cm.

Mina	Espesores de la carpeta de rodadura D ₁ (cm)			
	Tipo de Base			
	I	II	III	IV
MINA PUNTO AZUL (IBARRA-IMBABURA)	25.29	25.41	25.59	25.71
MINA VARGAS SORIA (BAÑOS)	25.29	27.76	25.41	25.65
MINA MULALÓ (COTOPAXI)	25.94	25.47	28.00	25.47
MINA LA CHINA (QUEVEDO)	31.12	29.06	31.29	29.53
MINA WILISELZU CIA. LTDA. (PUYO, PASTAZA)	26.00	26.18	26.06	26.00
MINA COMPAÑÍA JHV (TENA)	29.76	29.53	27.18	29.35
CANTERA SAN JOAQUÍN (PROVINCIA DE COTOPAXI, SECTOR SANTA RITA)	28.88	28.88	28.82	29.29
MINA SAN LUIS CANANVALLE (TABACUNDO)	27.94	28.59	28.65	28.76
MINA DE MACAS (MACAS – MORONA SANTIAGO)	26.12	26.29	26.29	26.12
MINA DEL COCA (COCA-ORELLANA)	27.53	27.47	27.53	27.59
MINA PICOAZÁ (PORTOVIEJO – MANABÍ)	25.47	25.65	25.76	25.18
MINA MALCA 3 (CATAMAYO - LOJA)	29.29	31.41	29.94	29.29
MINA MALCA 4 (CATAMAYO - LOJA)	29.12	28.88	28.53	29.47
MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMÍREZ)	27.88	27.82	27.94	28.18

Fuente: Los Autores.

1.2. Espesor de la capa base en función del tipo de base y subbase de las minas.

Tabla 65. Espesores de la capa base Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III

I	14.74	14.74	15.12
II	14.48	14.48	14.86
III	14.09	14.09	14.48
IV	13.84	13.84	14.23

Fuente: Los Autores.

Tabla 66. Espesores de la capa base Mina Vargas Soria (Baños), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	12.31	13.26	13.07
II	5.29	6.44	6.21
III	11.98	12.93	12.74
IV	11.43	12.40	12.21

Fuente: Los Autores.

Tabla 67. Espesores de la capa base Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	13.89	13.69	12.90
II	14.94	14.75	13.98
III	8.20	7.96	7.03
IV	14.94	14.75	13.98

Fuente: Los Autores.

Tabla 68. Espesores de la capa base Mina La China (Quevedo), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	8.97	6.41	9.94
II	16.28	14.21	17.05
III	8.14	5.54	9.12
IV	14.91	12.74	15.72

Fuente: Los Autores.

Tabla 69. Espesores de la capa base Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	13.55	13.55	13.55
II	13.10	13.10	13.10
III	13.35	13.35	13.35
IV	13.52	13.52	13.52

Fuente: Los Autores.

Tabla 70. Espesores de la capa base Mina Compañía JHV (Tena), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	5.01	13.65	12.53
II	5.95	14.32	13.24
III	13.57	20.35	19.47
IV	6.67	14.93	13.87

Fuente: Los Autores.

Tabla 71. Espesores de la capa base Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	13.74	14.50	16.03
II	13.78	14.54	16.07
III	13.96	14.72	16.24
IV	12.47	13.26	14.85

Fuente: Los Autores.

Tabla 72. Espesores de la capa base Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	16.12	16.36	17.29

II	14.39	14.64	15.63
III	14.18	14.43	15.42
IV	13.85	14.11	15.11

Fuente: Los Autores.

Tabla 73. Espesores de la capa base Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	14.63	13.83	16.63
II	14.20	13.39	16.23
III	14.17	13.36	16.19
IV	14.63	13.83	16.63

Fuente: Los Autores.

Tabla 74. Espesores de la capa base Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	10.81	11.71	12.39
II	10.99	11.88	12.56
III	10.84	11.74	12.42
IV	10.66	11.56	12.24

Fuente: Los Autores.

Tabla 75. Espesores de la capa base Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	13.41	13.79	14.37
II	12.98	13.37	13.95
III	12.72	13.11	13.70
IV	14.02	14.39	14.95

Fuente: Los Autores.

Tabla 76. Espesores de la capa base Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	16.67	17.20	18.25
II	8.91	9.57	10.89
III	14.69	15.25	16.38
IV	16.67	17.20	18.25

Fuente: Los Autores.

Tabla 77. Espesores de la capa base Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	15.14	12.53	12.79
II	15.78	13.23	13.49
III	16.71	14.25	14.50
IV	13.98	11.29	11.56

Fuente: Los Autores.

Tabla 78. Espesores de la capa base Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa base D ₂ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	15.12	13.72	12.56
II	15.24	13.86	12.70
III	14.95	13.55	12.38
IV	14.32	12.89	11.69

Fuente: Los Autores.

Con los datos obtenidos y mostrados anteriormente en las tablas, se puede obtener el número estructural de la capa base corregido (SN₂*).

Se muestra en las siguientes tablas, los valores de SN₂*:

Tabla 79. Número estructural de la base corregido Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.78	0.78	0.80
II	0.76	0.76	0.78
III	0.73	0.73	0.75
IV	0.71	0.71	0.73

Fuente: Los Autores.

Tabla 80. Número estructural de la base corregido Mina Vargas Soria (Baños), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.65	0.70	0.69
II	0.23	0.28	0.27
III	0.63	0.68	0.67
IV	0.59	0.64	0.63

Fuente: Los Autores.

Tabla 81. Número estructural de la base corregido Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.70	0.69	0.65
II	0.78	0.77	0.73
III	0.35	0.34	0.30
IV	0.78	0.77	0.73

Fuente: Los Autores.

Tabla 82. Número estructural de la base corregido Mina La China (Quevedo), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III

I	0.28	0.20	0.31
II	0.63	0.55	0.66
III	0.25	0.17	0.28
IV	0.55	0.47	0.58

Fuente: Los Autores.

Tabla 83. Número estructural de la base corregido Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.68	0.68	0.68
II	0.65	0.65	0.65
III	0.67	0.67	0.67
IV	0.68	0.68	0.68

Fuente: Los Autores.

Tabla 84. Número estructural de la base corregido Mina Compañía JHV (Tena), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.18	0.49	0.45
II	0.22	0.53	0.49
III	0.62	0.93	0.89
IV	0.25	0.56	0.52

Fuente: Los Autores.

Tabla 85. Número estructural de la base corregido Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.54	0.57	0.63
II	0.54	0.57	0.63
III	0.55	0.58	0.64

IV	0.47	0.50	0.56
----	------	------	------

Fuente: Los Autores.

Tabla 86. Número estructural de la base corregido Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.69	0.70	0.74
II	0.58	0.59	0.63
III	0.57	0.58	0.62
IV	0.55	0.56	0.60

Fuente: Los Autores.

Tabla 87. Número estructural de la base corregido Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.73	0.69	0.83
II	0.70	0.66	0.80
III	0.70	0.66	0.80
IV	0.73	0.69	0.83

Fuente: Los Autores.

Tabla 88. Número estructural de la base corregido Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.48	0.52	0.55
II	0.49	0.53	0.56
III	0.48	0.52	0.55
IV	0.47	0.51	0.54

Fuente: Los Autores.

Tabla 89. Número estructural de la base corregido Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.70	0.72	0.75
II	0.67	0.69	0.72
III	0.65	0.67	0.70
IV	0.75	0.77	0.80

Fuente: Los Autores.

Tabla 90. Número estructural de la base corregido Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.63	0.65	0.69
II	0.27	0.29	0.33
III	0.52	0.54	0.58
IV	0.63	0.65	0.69

Fuente: Los Autores.

Tabla 91. Número estructural de la base corregido Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	0.58	0.48	0.49
II	0.62	0.52	0.53
III	0.68	0.58	0.59
IV	0.52	0.42	0.43

Fuente: Los Autores.

Tabla 92. Número estructural de la base corregido Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la base corregido, SN ₂ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III

I	0.65	0.59	0.54
II	0.66	0.60	0.55
III	0.64	0.58	0.53
IV	0.60	0.54	0.49

Fuente: Los Autores.

1.3. Espesor de la capa subbase en función del tipo de base y subbase de las minas.

Tabla 93. Espesores de la capa subbase Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	43.75	43.75	43.70
II	43.75	43.75	43.70
III	43.75	43.75	43.70
IV	43.75	43.75	43.70

Fuente: Los Autores.

Tabla 94. Espesores de la capa subbase Mina Vargas Soria (Baños), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	43.65	43.69	43.55
II	43.65	43.69	43.55
III	43.65	43.69	43.55
IV	43.65	43.69	43.55

Fuente: Los Autores.

Tabla 95. Espesores de la capa subbase Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	43.85	43.70	43.80
II	43.85	43.70	43.80

III	43.85	43.70	43.80
IV	43.85	43.70	43.80

Fuente: Los Autores.

Tabla 96. Espesores de la capa subbase Mina La China (Quevedo), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	42.79	42.66	42.36
II	42.79	42.66	42.36
III	42.79	42.66	42.36
IV	42.79	42.66	42.36

Fuente: Los Autores.

Tabla 97. Espesores de la capa subbase Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	43.70	43.70	43.70
II	43.70	43.70	43.70
III	43.70	43.70	43.70
IV	43.70	43.70	43.70

Fuente: Los Autores.

Tabla 98. Espesores de la capa subbase Mina Compañía JHV (Tena), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	43.33	42.45	42.59
II	43.33	42.45	42.59
III	43.33	42.45	42.59
IV	43.33	42.45	42.59

Fuente: Los Autores.

Tabla 99. Espesores de la capa subbase Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	42.79	42.49	42.69
II	42.79	42.49	42.69
III	42.79	42.49	42.69
IV	42.79	42.49	42.69

Fuente: Los Autores.

Tabla 100. Espesores de la capa subbase Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	42.63	42.79	42.66
II	42.63	42.79	42.66
III	42.63	42.79	42.66
IV	42.63	42.79	42.66

Fuente: Los Autores.

Tabla 101. Espesores de la capa subbase Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	43.70	43.80	43.43
II	43.70	43.80	43.43
III	43.70	43.80	43.43
IV	43.70	43.80	43.43

Fuente: Los Autores.

Tabla 102. Espesores de la capa subbase Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		

	I	II	III
I	43.55	43.44	43.54
II	43.55	43.44	43.54
III	43.55	43.44	43.54
IV	43.55	43.44	43.54

Fuente: Los Autores.

Tabla 103. Espesores de la capa subbase Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	43.70	43.65	43.75
II	43.70	43.65	43.75
III	43.70	43.65	43.75
IV	43.70	43.65	43.75

Fuente: Los Autores.

Tabla 104. Espesores de la capa subbase Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	42.54	42.46	42.31
II	42.54	42.46	42.31
III	42.54	42.46	42.31
IV	42.54	42.46	42.31

Fuente: Los Autores.

Tabla 105. Espesores de la capa subbase Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	42.52	42.86	43.02
II	42.52	42.86	43.02
III	42.52	42.86	43.02
IV	42.52	42.86	43.02

Fuente: Los Autores.

Tabla 106. Espesores de la capa subbase Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.

Tipo de Base	Espesores de la capa subbase D ₃ (cm)		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	42.98	43.17	43.50
II	42.98	43.17	43.50
III	42.98	43.17	43.50
IV	42.98	43.17	43.50

Fuente: Los Autores.

A continuación, se muestra en las siguientes tablas, los valores de SN₃* :

Tabla 107. Número estructural de la subbase corregido Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.24	2.24	2.22
II	2.24	2.24	2.22
III	2.24	2.24	2.22
IV	2.24	2.24	2.22

Fuente: Los Autores.

Tabla 108. Número estructural de la subbase corregido Mina Vargas Soria (Baños), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.37	2.32	2.33
II	2.37	2.32	2.33
III	2.37	2.32	2.33
IV	2.37	2.32	2.33

Fuente: Los Autores.

Tabla 109. Número estructural de la subbase corregido Mina Mulaló (Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.21	2.22	2.26
II	2.21	2.22	2.26
III	2.21	2.22	2.26
IV	2.21	2.22	2.26

Fuente: Los Autores.

Tabla 110. Número estructural de la subbase corregido Mina La China (Quevedo), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	1.75	1.83	1.72
II	1.75	1.83	1.72
III	1.75	1.83	1.72
IV	1.75	1.83	1.72

Fuente: Los Autores.

Tabla 111. Número estructural de la subbase corregido Mina Wiliselzu CIA. LTDA. (Puyo, Pastaza), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.22	2.22	2.22
II	2.22	2.22	2.22
III	2.22	2.22	2.22
IV	2.22	2.22	2.22

Fuente: Los Autores.

Tabla 112. Número estructural de la subbase corregido Mina Compañía JHV (Tena), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.08	1.77	1.81
II	2.08	1.77	1.81
III	2.08	1.77	1.81
IV	2.08	1.77	1.81

Fuente: Los Autores.

Tabla 113. Número estructural de la subbase corregido Cantera San Joaquín (Santa Rita, Cotopaxi), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	1.87	1.84	1.78
II	1.87	1.84	1.78
III	1.87	1.84	1.78
IV	1.87	1.84	1.78

Fuente: Los Autores.

Tabla 114. Número estructural de la subbase corregido Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	1.88	1.87	1.83
II	1.88	1.87	1.83
III	1.88	1.87	1.83
IV	1.88	1.87	1.83

Fuente: Los Autores.

Tabla 115. Número estructural de la subbase corregido Mina de Macas (Macas-Morona Santiago), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.15	2.19	2.05
II	2.15	2.19	2.05
III	2.15	2.19	2.05
IV	2.15	2.19	2.05

Fuente: Los Autores.

Tabla 116. Número estructural de la subbase corregido Mina del Coca (Coca-Orellana), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.16	2.12	2.09
II	2.16	2.12	2.09
III	2.16	2.12	2.09
IV	2.16	2.12	2.09

Fuente: Los Autores.

Tabla 117. Número estructural de la subbase corregido Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	2.29	2.27	2.24
II	2.29	2.27	2.24
III	2.29	2.27	2.24
IV	2.29	2.27	2.24

Fuente: Los Autores.

Tabla 118. Número estructural de la subbase corregido Mina Malca 3 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	1.71	1.69	1.65
II	1.71	1.69	1.65
III	1.71	1.69	1.65
IV	1.71	1.69	1.65

Fuente: Los Autores

Tabla 119. Número estructural de la base corregido Mina Malca 4 (Catamayo-Loja), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	1.79	1.89	1.88
II	1.79	1.89	1.88
III	1.79	1.89	1.88
IV	1.79	1.89	1.88

Fuente: Los Autores.

Tabla 120. Número estructural de la base corregido Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez), en cm.

Tipo de Base	Número estructural de la subbase corregido, SN ₃ *		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	1.93	1.99	2.04
II	1.93	1.99	2.04
III	1.93	1.99	2.04
IV	1.93	1.99	2.04

Fuente: Los Autores.

1.4. Verificación de diseño AASHTO 93.

Enseguida, se presenta una tabla, donde se muestran los diseños que cumplieron o no con la verificación mostrada anteriormente:

Tabla 121. Verificación de los diseños realizados con bases y subbases de las minas

Tipo de Base	Verificación de los diseños		
	Tipo de Subbase		
	I	II	III
I	Cumple	Cumple	Cumple
II	Cumple	Cumple	Cumple
III	Cumple	Cumple	Cumple
IV	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Los Autores.

Se puede ver que todos los diseños realizados con las diferentes combinaciones de base y subbase de todas las minas, cumplen con la verificación, en consecuencia, los diseños están correctamente realizados.

2. ANEXO 2: RECOPIACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS EN LAS MINAS EN ESTUDIO.

2.1. Granulometría.

La Granulometría de Materiales bajo la normativa ASTM C33 para el material de base y subbase, se muestrea una cantidad significativa de material seco a tamizar de distintas maneras con el fin de hallar los diferentes resultados de granulometría. (ASTM C33, 2008)

2.1.1. Bases.

2.1.1.1. Base clase 1.

A continuación, se indican las tablas de análisis granulométrico para cada una de las minas en estudio:

Tabla 122. Granulometría Base clase 1 Mina punto azul (Ibarra-Imbabura)

Tamiz	Masa retenida (g)		% Retenido	% Que pasa	%Que pasa especificado
	Parcial	Acumulado			
3'	0	0	0,00	100,00	
2½'	0	0	0,00	100,00	
2'	0	0	0,00	100,00	100
1½'	1675	1675	13,96	86,04	70 - 100
1'	1342	3017	25,15	74,85	55 - 85
¾'	671	3688	30,74	69,26	50 - 80
½'	831	4519	37,67	62,33	
⅜'	789	5308	44,24	55,76	35 - 60
No.4	2567	7875	65,64	34,36	25 - 50
Pasa 4,75mm	4122	4122	34,36		
Σ	11997			FINOS	
No.4	0	0,00	0,00	34,36	
No.8	172,32	172,32	6,74	27,62	
No.10	109,43	281,75	11,02	23,34	20 - 40
No.16	58,43	340,18	13,30	21,06	
No.20					
No.30	89,65	429,83	16,81	17,55	
No.40	74,32	504,15	19,71	14,64	10' - 25
No.50	53,42	557,57	21,80	12,56	
No.60					
No.100	92,54	650,11	25,42	8,94	
No.200	102,31	752,42	29,42	4,94	2' - 12
asa 75 µm	126,23	126,23	4,94		
Σ	878,65				

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 123. Granulometría Base clase 1 Mina Vargas Soria (Baños)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Que Pasa (%)	Especificación
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100.0	-
2 ½"	63.0	100.0	100.0	0.4	99.6	-
2"	50.0	158.0	258.0	1.1	98.9	-
1 ½ "	37.5	256.0	514.0	2.2	97.8	100
1"	25.0	225.0	739.0	3.2	96.8	70-100
¾"	19.0	1253.0	1992.0	8.7	91.3	60 -90
1/2"	12.5	658.0	2650.0	11.6	88.4	-
3/8"	9.5	2640.0	5290.0	23.1	76.9	45 -75
No.4	4.8	3610.0	89000	38.9	61.1	30-60

No.10	2.0	3664.5	12564.5	54.9	45.1	20 -50
No.40	0.4	6606.4	19170.9	83.8	16.2	10-25
No.200	0.1	3225.8	22396.7	97.9	2.1	2-12
PASA No 200		490.3	490.3			
SUMA:		22887	22887			

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 124. Granulometría Base clase 1 Mina Mulaló (Cotopaxi)

Granulometría Base Clase 1 Tipo B - Mina Mulaló				
% Agregado Fino Que Conformar La Muestra:				55
% Agregado Grueso Que Conformar La Muestra:				45
Tamiz	Abert. (mm)	% Pasa	Base Clase 1 Tipo B	Evaluación
1 1/2"	38.10	100.00	100	Satisfactoria
1"	25	100	70 - 100	Satisfactoria
3/4"	19	88.75	60 - 90	Satisfactoria
1/2"	12.5	57.25	-	-
3/8"	9.5	56.8	45 - 75	Satisfactoria
N.4	4.75	56.35	30 - 60	Satisfactoria
N.8	2.36	38.5	20 - 50	Satisfactoria
N.30	0.6	21.5	N.40	Satisfactoria
N.50	0.3	13.25	10 - 25	
N.100	0.15	7.48	-	-
N.200	0.075	3.9	2 - 12	Satisfactoria

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 125. Granulometría Base clase 1 Mina La China (Quevedo)

Malla N°	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
AGREGADO GRUESO						
3"	76,20	0	0	0,00	100	---
2 1/2"	64,00	0	0	0,00	100	---
2"	50,40	0	0	0,00	100	---
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00	100
1"	25,40	600	600	3,00	97,00	70 - 100
3/4"	19,00	2000	2600	13,00	87,00	60 - 90
1/2"	12,70	2000	4600	23,00	77,00	---
3/8"	9,51	1700	6300	31,50	68,50	45 - 75
N°4	4,76	2000	8300	41,50	58,50	30 - 60
Pasa N° 4	---	11700	20000			
Σ		20000				
AGREGADO FINO						
N° 10	2,00	2698	10998	55,0	45,0	20 - 50
N° 40	0,42	5316	16315	81,6	18,4	10 - 25
N° 200	0,074	3084	19399	97,0	3,0	2 - 12
Pasante N° 200		601				
Σ		11700				

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 126. Granulometría Base clase 1 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

TAMIZ	Abertura	% Retenido	% Que pasa
3'	75	0	100
2½'	63	0	100
2'	50	0	100
1½'	37.5	2.5	97.5
1'	25	18.3	81.7
¾'	19	33.1	66.9
½'	12.5	44.7	55.3
⅜'	9.5	50.1	49.9
No.4	4.8	55.6	44.4
No.10	2	59.7	40.3
No.40	0.4	77.9	22.1
No.200	0.075	95.7	4.3

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 127. Granulometría Base clase 1 Mina Compañía Jhv (Tena)

Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje e que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	100
1 ½	1104	1104	5,5	94,5	70 - 100
1	2140	3244	16,2	83,8	55 - 85
¾	1700	4944	24,7	75,3	50 - 80
½	2285	7229	36,1	63,9	
⅜	2810	10039	50,1	49,9	35 - 60
Nº.4	3355	13394	66,9	33,1	25 - 50
Nº.10	1190	14584	72,9	27,1	
Nº.40	2873	17456	87,2	12,8	10 - 25
Nº.200	1713	19170	95,8	4,2	2 - 12
Pasa Nº.200	849	849			
Sumatoria	20019	20019			

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 128. Granulometría Base clase 1 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
3"	75	0	0	0	100
2 ½"	63	0	0	0	100
2"	50	0	0	0	100
1 ½"	37.5	0	0	0	100
1"	25	686	686	3.4	96.6
¾"	19	1715	2401	12	88
½"	12.5	1714	4115	20.6	79.4
⅜"	9.5	2572	6687	33.4	66.6

No.4	4.75	4329	11016	55.1	44.9
No.10	2	1865	12881	64.4	35.6
No.40	0.425	2755	15636	78.2	21.8
No.200	0.075	2663	18299	91.5	8.5
P A S A No 200		1702	1702		
SUMA:		20000	20000		

Fuente: (Urquiza, 2019)

Tabla 129. Granulometría Base clase 1 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	100
1 ½	1000	1000	5	95	70 - 100
1	2000	3000	15	85	55 - 85
¾"	2000	5000	25	75	50 - 80
½"	1350	6350	31.75	68.25	
⅜"	3800	10150	50.75	49.25	35 - 60
Nº.4	9850	9850	-	-	25 - 50
Nº.10	2889.99	13039.99	65.19	34.8	
Nº.40	3362.79	16402.78	82.01	17.99	
Nº.200	1826.19	18228.97	91.14	8.86	
Pasa	1771.03	1771.03	-		
Nº.200					
Sumatoria	20000	20000			

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 130. Granulometría Base clase 1 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

TAMIZ	INEN (mm)	% Pasa	Base 1B	Evaluación
1 1/2"	38.1	100	100	Cumple
1"	25	98.7	70 - 100	Cumple
¾"	19	88.05	60 - 90	Cumple
½"	12.5	70.60	---	---
⅜"	9.5	64.72	45 - 75	Cumple
N.4	4.75	56.54	30 - 60	Cumple
N.8	2.36	46.6	N.10	Cumple
N.16	1.18	35.95	20 - 50	Cumple
N.30	0.6	24.21	N.40	Cumple
N.50	0.3	11.43	10 - 25	Cumple
N.100	0.15	5.36	---	---
N.200	0.075	3.31	2 - 12	Cumple
% Agregado Fino			55	
% Agregado Grueso			45	

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 131. Granulometría Base clase 1 Mina Del Coca (Coca- Orellana)

Tamiz	INEN (mm)	% Pasa	Base 1	Evaluación
2"	50.8	100.00	100	Cumple
1"	25	84.98	55 - 85	Cumple
3/4"	19	70.39	50-80	Cumple
1/2"	12.5	44.71	---	---
3/8"	9.5	39.93	35 - 60	Cumple
N.4	4.75	38.27	25 - 50	Cumple
N.8	2.36	35.70	N.10 20 - 40	Cumple
N.16	1.18	34.05		
N.30	0.6	22.08	N.40 10 - 25	Cumple
N.50	0.3	10.9		
N.100	0.15	5.13	---	---
N.200	0.075	4.06	2 - 12	Cumple
% Agregado Fino			37	
% Agregado Grueso			63	

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 132. Granulometría Base clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0	100	
63,00mm	2½'	0	0	0	100	
50,80mm	2'	0	0	0	100	100
38,00mm	1½'	2345	2345	15.79	84.21	70 – 100
25,40mm	1'	1789	4134	27.83	72.17	55 – 85
19,00mm	¾'	896	5030	33.86	66.14	50 – 80
12,70mm	½'	954	5984	40.28	59.72	
9,50mm	¾'	815	6799	45.77	54.23	35 – 60
4,75mm	No.4	2732	9531	64.16	35.84	25 – 50
Pasa 4,75mm		5324	5324	35.84		
Σ		14855			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0	0	35.84	
2,36mm	No.8	191.31	191.31	6.86	28.98	
2,00mm	No.10	98.76	290.07	10.4	25.44	20 – 40
1,68mm	No.16	77.43	367.5	13.17	22.67	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	80.11	447.61	16.04	19.8	
425 μm	No.40	77.23	524.84	18.81	17.03	10' – 25
300 μm	No.50	67.08	591.92	21.21	14.63	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	108.46	700.38	25.1	10.74	
75 μm	No.200	115.42	815.8	29.24	6.6	2' – 12
Pasa 75 μm		184.2	184.2	6.6		
Σ		1000				

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 133. Granulometría Base clase 1 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	100
1 ½	0	0	0	100,0	70 - 100
1	3200	3200	15.5	84.5	55 - 85
¾"	2500	5700	27.5	72.5	50 - 80
½"	2800	8500	41.1	58.9	
¾"	2500	11000	53.1	46.9	35 - 60
N°.4	4160	15160	73.2	26.8	25 - 50
N°.10	1358	16518	79.8	20.2	
N°.40	1487	18005	87	13	10-25
N°.200	1132	19137	92.4	7.6	2-12
Pasa N°.200	1563	1563			
Sumatoria	20700	20700			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 134. Granulometría Base clase 1 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	100
1 ½	1000	1000	5.8	94.2	70 - 100
1	2300	3300	19.1	80.9	55 - 85
¾"	2000	5300	30.6	69.4	50 - 80
½"	2500	7800	45.1	54.9	
¾"	1500	9300	53.8	46.2	35 - 60
N°.4	2000	11300	65.3	34.7	25 - 50
N°.10	1009	12309	71.1	28.9	
N°.40	2041	14350	82.9	17.1	10-25
N°.200	1937	16287	94.1	5.9	2-12
Pasa N°.200	1013	1013			
Sumatoria	17300	17300			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 135. Granulometría Base clase 1 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación Tabla 404-1.1 Clase 1 - Tipo A
3"	75	752	752	2.9	97.1	---

2 ½"	63	564	1316	5.1	94.9	---
2"	50	1289	2605	10	90	100
1 ½"	37.5	1499	4104	15.8	84.2	70 - 100
1"	25	1798	5902	22.7	77.3	55 - 85
¾"	19	1254	7156	27.6	72.4	50 - 80
½"	12.5	1820	8976	34.6	65.4	---
⅜"	9.5	2245	11221	43.2	56.8	35 - 60
No.4	4.75	1905	13126	50.6	49.4	25 - 50
No.10	2	2107	15233	58.7	41.3	---
No.40	0.425	4094	19327	74.4	25.6	10 - 25
No.200	0.075	3202	22529	86.8	13.2	2 - 12
PASA No 200		3437	3437			
SUMA:		25966	25966			

Fuente: (Tafur, 2020)

2.1.1.2. Base clase 2.

A continuación, se indican las tablas de análisis granulométrico para cada uno de las minas en estudio:

Tabla 136. Granulometría Base clase 2 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

Tamiz ASTM	Masa retenida		% retenido	% que pasa	% que pasa especificado
	Parcial	Acumulado			
3'	0	0	0,00	100,00	
2½'	0	0	0,00	100,00	
2'	0	0	0,00	100,00	
1½'	0	0	0,00	100,00	
1'	0	0	0,00	100,00	100
¾'	921	921	13,75	86,25	70 - 100
½'	644	1565	23,37	76,63	
⅜'	598	2163	32,30	67,70	50 - 80
No.4	1436	3599	53,74	46,26	35 - 65
Pasa 4,75mm	3098	3098	46,26		
Σ				FINOS	
No.4	0	0,00	0,00	46,26	
No.8	151,08	151,08	8,96	37,30	
No.10	78,19	229,27	13,59	32,67	25 - 50
No.16	65,43	294,70	17,47	28,79	
No.20					
No.30	99,62	394,32	23,38	22,88	
No.40	65,05	459,37	27,24	19,02	15 - 30
No.50	43,48	502,85	29,81	16,45	
No.60					
No.100	59,23	562,08	33,33	12,93	
No.200	98,12	660,20	39,14	7,12	3 - 15
Pasa 75 µm	120,02	120,02	7,12		
Σ	780,22				

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 137. Granulometría Base clase 2 Mina Vargas Soria (Baños)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	100.00	100.00	0.40	99.60	---
2"	158.00	258.00	1.10	98.60	---
1 1/2"	256.00	514.00	2.20	97.80	---
1"	225.00	739.00	3.20	96.80	100
3/4"	1253.00	1992.00	8.70	91.30	70 - 100
1/2"	658.00	2650.00	11.60	88.40	---
3/8"	2640.00	5290.00	23.10	76.90	50 - 80
N°4	3610.00	8900.00	38.90	61.10	35 - 65
N° 10	3664.50	12564.50	54.90	45.10	25 - 50
N° 40	6606.40	19170.90	83.80	16.20	15 - 30
N° 200	3225.80	22396.70	97.90	2.10	3 - 15
Pasante N° 200	490.30	490.30			
Σ	22887	22887.00			

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 138. Granulometría Mina Base clase 2 Mulaló (Cotopaxi)

Tamiz	Abert. (mm)	% Pasa	Base Clase 2	Evaluación
1"	25.00	100.00	100	Satisfactoria
3/4"	19	98	70 - 100	Satisfactoria
1/2"	12.5	62	-	-
3/8"	9.5	61.6	50 - 80	Satisfactoria
N.4	4.75	61.2	35 - 65	Satisfactoria
N.8	2.36	42	25 - 50	Satisfactoria
N.30	0.60	23.00	N.40	Satisfactoria
N.50	0.30	14.00	15 - 30	
N.100	0.15	7.7	-	-
N.200	0.075	3.8	3 - 15	Satisfactoria
% Agregado Fino Que Conformar La Muestra:			60	
% Agregado Grueso Que Conformar La Muestra:			40	

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 139. Granulometría Base clase 2 Mina La China (Quevedo)

Malla N°	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
AGREGADO GRUESO						
3"	76,20	0	0	0,00	100	---
2 1/2"	64,00	0	0	0,00	100	---
2"	50,40	0	0	0,00	100	---
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00	---
1"	25,40	0	0	0,00	100,00	100
3/4"	19,00	1300	1300	6,50	93,50	70 - 100
1/2"	12,70	2800	4100	20,50	79,50	---

3/8"	9,51	1900	6000	30,00	70,00	50 - 80
N°4	4,76	2000	8000	40,00	60,00	35 - 65
Pasa N° 4	.....	12000	20000			
Σ		20000				
AGREGADO FINO						
N° 10	2,00	2767	10767	53,8	46,2	25 - 50
N° 40	0,42	5453	16220	81,1	18,9	15 - 30
N° 200	0,074	3163	19383	96,9	3,1	3 - 15
Pasante N° 200		617				
Σ		12000				

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 140. Granulometría Base clase 2 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

Malla N°	Abertura	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	75	0.00	100.00	---
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	---
2"	50.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	37.50	0.00	100.00	---
1"	25.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.00	16.30	83.80	70 - 100
1/2"	12.50	32.50	67.50	---
3/8"	9.50	40.80	59.30	50 - 80
N°4	4.80	47.00	53.00	35 - 65
N° 10	2.00	51.90	84.10	25 - 50
N° 40	0.04	73.60	26.40	15 - 30
N° 200	0.075	94.90	5.10	3 - 15
Pasante N° 200				
Σ				

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 141. Granulometría Base clase 2 Mina Compañía Jhv (Tena)

GRANULOMETRÍA BASE CLASE 2					
Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial(gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaj e retenido	Porcentaj e que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	
1 ½	0	0	0,0	100,0	
1	540	540	2,8	97,2	100
3/4	350	890	4,5	95,5	70 - 100
1/2	3485	4375	22,4	77,6	
3/8	2210	6585	33,7	66,3	50 - 80
N°.4	3455	10040	51,3	48,7	35 - 65
N°.10	1711	11751	60,1	39,9	25 - 50
N°.40	4130	15881	81,2	18,8	15 - 30
N°.200	2463	18344	93,8	6,2	3 - 15
Pasa N°.200	1221	1221			
Sumatoria	19565	19565			

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 142. Granulometría Base clase 2 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación
3"	75	0	0	0	100	---
2 ½"	63	0	0	0	100	---
2"	50	0	0	0	100	---
1 ½"	37.5	0	0	0	100	---
1"	25	0	0	0	100	100
¾"	19	1776	1776	8.9	91.1	70 - 100
½"	12.5	1775	3551	17.8	82.2	---
⅜"	9.5	2663	6214	31.1	68.9	50 - 80
No.4	4.75	4483	10697	53.5	46.5	35 - 65
No.10	2	1931	12628	63.1	36.9	25 - 50
No.40	0.425	2852	15481	77.4	22.6	15 - 30
No.200	0.075	2757	18238	91.2	8.8	3 - 15
P A S A No 200		1762	1762			
SUMA:		20000	20000			

Fuente: (Urquiza, 2019)

Tabla 143. Granulometría Base clase 2 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
¾"	1500.00	1500.00	7.50	92.50	70 - 100
½"	2000.00	3500.00	17.50	82.50	---
⅜"	1350.00	4850.00	24.25	75.75	50 - 80
N°4	4800.00	9650.00	48.25	51.75	35 - 65
N° 10	3036.69	12686.69	63.43	36.56	25 - 50
N° 40	3533.49	16220.18	81.10	18.89	15 - 30
N° 200	1918.89	18139.07	90.69	9.30	3 - 15
Pasante N° 200	1860.93	490.30			
Σ	20000	20000.00			

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 144. Granulometría Base clase 2 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

Granulometría Base 2 - Mina Macas				
Tamiz	INEN (mm)	% Pasa	Base 2	Evaluación
1"	25	98.84	100	Cumple
¾"	19	89.38	70 - 100	Cumple
½"	12.5	73.87	---	---
⅜"	9.5	68.64	50 - 80	Cumple
N.4	4.75	61.37	35 - 65	Cumple

N.8	2.36	50.88	N.10	25 - 50	Cumple
N.16	1.18	39.32			
N.30	0.6	30.84	N.40	15 - 30	Cumple
N.50	0.3	23.9			
N.100	0.15	10.02		---	---
N.200	0.075	3.08		3 - 15	Cumple
% Agregado Fino					60
% Agregado Grueso					40

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 145. Granulometría Base clase 2 Mina Del Coca (Coca- Orellana)

Granulometría Base 2 - Mina Coca				
Tamiz	INEN (mm)	% Pasa	Base 2	Evaluación
1"	25	100	100	Cumple
3/4"	19	84.58	70 - 100	Cumple
1/2"	12.5	58.14	---	---
3/8"	9.5	53.09	50 - 80	Cumple
N.4	4.75	51.32	35 - 65	Cumple
N.8	2.36	48.38		
N.16	1.18	42.75	N.10 25 - 50	Cumple
N.30	0.6	27.84		
N.50	0.3	14.58	N.40 15 - 30	Cumple
N.100	0.15	7.41	---	---
N.200	0.075	2.77	3 - 15	Cumple
% Agregado Fino				50
% Agregado Grueso				50

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 146. Granulometría Base clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0	100	
63,00mm	2½'	0	0	0	100	
50,80mm	2'	0	0	0	100	
38,00mm	1½'	0	0	0	100	
25,40mm	1'	0	0	0	100	100
19,00mm	¾'	1161	1161	12.47	87.53	70 - 100
12,70mm	½'	876	2037	21.88	78.12	
9,50mm	⅜'	693	2730	29.33	70.67	50 - 80
4,75mm	No.4	2344	5074	54.51	45.49	35 - 65
Pasa 4,75mm		4234	4234	45.49		
Σ		9308			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0	0	45.49	
2,36mm	No.8	160.12	160.12	7.28	38.2	
2,00mm	No.10	90.55	250.67	11.4	34.09	25 - 50
1,68mm	No.16	78.32	328.99	14.97	30.52	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	102.33	431.32	19.62	25.87	
425 μm	No.40	88.76	520.08	23.66	21.83	15 - 30
300 μm	No.50	62.72	582.8	26.51	18.98	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	90.43	673.23	30.62	14.86	
75 μm	No.200	123.31	796.54	36.23	9.25	3 - 15

Pasa 75 μm	203.46	203.46	9.25
Σ	1000		

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 147. Granulometría Base clase 2 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	2500.00	2500.00	12.1	87.9	70 - 100
1/2"	2800.00	5300.00	25.6	74.4	---
3/8"	2500.00	7800.00	37.7	62.3	50 - 80
N°4	4160.00	11960.00	57.8	42.2	35 - 65
N° 10	2142.00	14102.00	68.1	31.9	25 - 50
N° 40	2346.00	16448.00	79.5	20.5	15 - 30
N° 200	1786.00	18234.00	88.1	11.9	3 - 15
Pasante N° 200	2466.00	2466.00			
Σ	20700	20700.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 148. Granulometría Base clase 2 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	3000.00	3000.00	14.5	85.5	70 - 100
1/2"	3345.00	6345.00	30.7	69.3	---
3/8"	2345.00	8690.00	42.0	58.0	50 - 80
N°4	2000.00	10690.00	51.7	48.3	35 - 65
N° 10	1681.00	12371.00	59.8	40.2	25 - 50
N° 40	3401.00	15772.00	76.2	23.8	15 - 30
N° 200	3229.00	19001.00	91.8	8.2	3 - 15
Pasante N° 200	1689.00	1689.00			
Σ	20690	20690.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 149. Granulometría Base clase 2 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

GRANULOMETRÍA						
Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación

				(%)	(%)	Tabla 404-1.2 clase 2
3"	75	0	0	0	100	---
2 ½"	63	102	102	0.3	99.7	---
2"	50	143	245	0.7	99.3	---
1 ½"	37.5	982	1227	3.5	96.5	---
1"	25	1398	2625	7.5	92.5	100
¾"	19	1610	4235	12.1	87.9	70 - 100
½"	12.5	1301	5536	15.9	84.1	---
⅜"	9.5	1298	6834	19.6	80.4	50 - 80
No.4	4.75	14210	21044	60.3	39.7	35 - 65
No.10	2	2800	23844	68.3	31.7	25 - 50
No.40	0.425	2824	26668	76.4	23.6	15 - 30
No.200	0.075	2299	28967	83	17	3 - 15
P A S A No 200		5931	5931			
SUMA:		34898	34898			

Fuente: (Tafur, 2020)

2.1.1.3. Base clase 3.

A continuación, se indican las tablas de análisis granulométrico para cada uno de las minas en estudio:

Tabla 150. Granulometría Base clase 3 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

TAMIZ ASTM	MASA RETENIDA		% Retenido	% Que pasa	% que pasa especificado
	Parcial	Acumulado			
3'	0	0	0,00	100,00	
2½'	0	0	0,00	100,00	
2'	0	0	0,00	100,00	
1½'	0	0	0,00	100,00	
1'	0	0	0,00	100,00	
¾'	0	0	0,00	100,00	100,00
½'	434	434	6,01	93,99	
⅜'	678	1112	15,39	84,61	
No.4	2314	3426	47,43	52,57	45 - 80
Pasa 4,75mm	3798	3798	52,57		
Σ	7224			FINOS	
No.4	0	0,00	0,00	52,57	
No.8	142,11	142,11	8,33	44,25	
No.10	99,67	241,78	14,16	38,41	30 - 60
No.16	75,43	317,21	18,58	33,99	
No.20					
No.30	112,26	429,47	25,16	27,41	
No.40	59,78	489,25	28,66	23,91	20 - 35
No.50	73,08	562,33	32,94	19,63	
No.60					
No.100	56,09	618,42	36,23	16,35	
No.200	96,52	714,94	41,88	10,69	3 - 15
Pasa 75 µm	182,49	182,49	10,69		
Σ	897,43				

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 151. Granulometría Base clase 3 Mina Vargas Soria (Baños)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	100.00	100.00	0.4	99.6	---
2"	158.00	258.00	1.1	98.9	---
1 1/2"	256.00	514.00	2.2	97.8	---
1"	225.00	739.00	3.2	96.8	---
3/4"	1253.00	1992.00	8.7	91.3	100
1/2"	658.00	2650.00	11.6	88.4	---
3/8"	2640.00	5290.00	23.1	76.9	---
N°4	3610.00	8900.00	38.9	61.1	45 - 80
N° 10	3664.50	12564.50	54.9	45.1	25 - 50
N° 40	6606.40	19170.90	83.8	16.2	15 - 30
N° 200	3225.80	22396.70	97.9	2.1	3 - 15
Pasante N° 200	490.30	490.30			
Σ	22887	22887.00			

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 152. Granulometría Base clase 3 Mina Mulaló (Cotopaxi)

Granulometría Base Clase 3 - Mina Mulaló				
Tamiz	Abert. (mm)	% Pasa	Base Clase 3	Evaluación
3/4"	19	100.00	100	Satisfactoria
1/2"	12.5	84.40	-	-
3/8"	9.5	83.50	-	-
N.4	4.75	78.40	45-80	Satisfactoria
N.8	2.36	49.00	-	-
N.30	0.60	26.00	-	-
N.50	0.30	16.90	-	-
N.100	0.15	9.90	-	-
N.200	0.075	4.30	3 - 15	Satisfactoria
% Agregado Fino Que Conformar La Muestra:				60
% Agregado Grueso Que Conformar La Muestra:				40

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 153. Granulometría Base clase 3 Mina La China (Quevedo)

Malla N°	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
AGREGADO GRUESO						
3"	76,20	0	0	0,00	100	---
2 1/2"	64,00	0	0	0,00	100	---
2"	50,40	0	0	0,00	100	---
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00	---
1"	25,40	0	0	0,00	100,00	---
3/4"	19,00	0	0	0,00	100,00	100

1/2"	12,70	2000	2000	10,00	90,00	---
3/8"	9,51	1350	3350	16,75	83,25	---
N°4	4,76	3000	6350	31,75	68,25	45 - 80
Pasa N° 4	.....	13650	20000			
Σ		20000				
AGREGADO FINO						
N° 10	2,00	3148	9498	47,5	52,5	30 - 60
N° 40	0,42	6203	15700	78,5	21,5	20 - 35
N° 200	0,074	3598	19298	96,5	3,5	3 - 15
Pasante N° 200		702				
Σ		13650				

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 154. Granulometría Base clase 3 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

Malla N°	Abertura	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	75	0.00	100.00	---
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	---
2"	50.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	37.50	0.00	100.00	---
1"	25.00	0.00	100.00	---
3/4"	19.00	0.00	100.00	100
1/2"	12.50	12.50	87.50	---
3/8"	9.50	21.50	78.50	---
N°4	4.80	40.00	60.00	45-80
N° 10	2.00	45.60	54.40	30-60
N° 40	0.04	70.20	29.80	20-35
N° 200	0.075	94.20	5.80	3-15
Pasante N° 200				

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 155. Granulometría Base clase 3 Mina Compañía Jhv (Tena)

GRANULOMETRÍA BASE CLASE 3					
Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0	100	
2 ½	0	0	0	100	
2	0	0	0	100	
1 ½	0	0	0	100	
1	0	0	0	100	
3/4	0	0	0	100	100
1/2	2285	2285	11,4	88,6	
3/8	1810	4095	20,4	79,6	
N°.4	3355	7450	37,1	62,9	45 - 80
N°.10	2267	9717	48,4	51,6	30 - 60
N°.40	5474	15192	75,7	24,3	20 - 35
N°.200	3265	18456	91,9	8,1	3-15

Pasa	1619	1619
Nº.200		
Sumatoria	20075	20075

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 156. Granulometría Base clase 3 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación
3"	75	0	0	0	100	---
2 ½"	63	0	0	0	100	---
2"	50	0	0	0	100	---
1 ½"	37.5	0	0	0	100	---
1"	25	0	0	0	100	---
¾"	19	0	0	0	100	100
½"	12.5	1430	1430	7.2	92.9	---
⅜"	9.5	2144	3574	17.9	82.1	---
No.4	4.75	5341	8915	44.6	55.4	45 - 80
No.10	2	2301	11216	56.1	43.9	30 - 60
No.40	0.425	3399	14615	73.1	26.9	20 - 35
No.200	0.075	3286	17901	89.5	10.5	3 - 15
PASA No 200		2099	2099			
SUMA:		20000	20000			

Fuente: (Urquiza, 2019)

Tabla 157. Granulometría Base clase 3 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

Malla Nº	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.0	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1"	160.00	160.00	0.82	99.18	---
¾"	165.00	325.00	1.67	98.33	100
½"	105.00	430.00	2.21	97.79	---
⅜"	235.00	665.00	3.42	96.58	---
Nº4	2000.00	2665.00	13.71	86.29	45-80
Pasante Nº 4	16770.00	16770.00		---	
Nº 10	146.70	146.70	39.03	60.97	30-60
Nº 40	170.70	317.40	68.49	31.51	20-35
Nº 200	92.70	410.10	84.49	15.51	3 - 15
Pasante Nº 200	91.00	501.10		---	
Σ	19435.00	19435.00		---	

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 158. Granulometría Base clase 3 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

Granulometría Base 3 - Mina Macas

Tamiz	INEN (mm)	% Pasa	Base 3	Evaluación
3/4"	19	100	100	Cumple
1/2"	12.5	83.35	---	---
3/8"	9.5	73.87	---	---
N.4	4.75	57.98	45 - 80	Cumple
N.8	2.36	55.59	N.10 30 - 60	Cumple
N.16	1.18	51.64		
N.30	0.6	35.16	N.40 20 -	Cumple
N.50	0.3	21.31	35	
N.100	0.15	10.62	---	
N.200	0.075	3.79	3 - 15	Cumple
% Agregado Fino			60	
% Agregado Grueso			40	

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 159. Granulometría Base clase 3 Mina Del Coca (Coca- Orellana)

Granulometría Base 3 - Mina Coca				
Tamiz	INEN (mm)	% Pasa	Base 3	Evaluación
3/4"	19	100	100	Cumple
1/2"	12.5	84.86	---	---
3/8"	9.5	71.1	---	---
N.4	4.75	62.40	45 - 80	Cumple
N.8	2.36	52.99	30 - 60	Cumple
N.16	1.18	48.86		
N.30	0.6	30.31	20- 35	Cumple
N.50	0.3	17.94		
N.100	0.15	10.1	---	---
N.200	0.075	3.50	3 - 15	Cumple

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 160. Granulometría Base clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0	100	
63,00mm	2½'	0	0	0	100	
50,80mm	2'	0	0	0	100	
38,00mm	1½'	0	0	0	100	
25,40mm	1'	0	0	0	100	
19,00mm	¾'	0	0	0	100	100
12,70mm	½'	792	792	6.15	93.85	
9,50mm	⅜'	935	1727	13.41	86.59	
4,75mm	No.4	4356	6083	47.22	52.78	45 - 80
Pasa 4,75mm		6798	6798	52.78		
Σ		12881			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0	0	52.78	
2,36mm	No.8	163.33	163.33	8.62	44.16	
2,00mm	No.10	112.44	275.77	14.55	38.22	30 - 60
1,68mm	No.16	90.63	366.4	19.34	33.44	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	125.67	492.07	25.97	26.81	
425 μm	No.40	67.56	559.63	29.53	23.24	20 - 35
300 μm	No.50	88.12	647.75	34.19	18.59	
250 μm	No.60					

150 μm	No.100	112.43	760.18	40.12	12.66	
75 μm	No.200	130.36	890.54	47	5.78	3' - 15
	Pasa 75 μm	109.46	109.46	5.78		
	Σ	1000				

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 161. Granulometría Base clase 3 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.0	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
3/4"	0.00	0.00	0.0	100.0	100
1/2"	2500.00	2500.00	12.1	87.9	---
3/8"	2200.00	4700.00	22.7	77.3	---
N°4	4160.00	8860.00	42.8	57.2	45-80
N° 10	2902.00	11762.00	56.8	43.2	30-60
N° 40	3178.00	14940.00	72.2	27.8	20-35
N° 200	2419.00	17359.00	83.9	16.1	3 - 15
Pasante N° 200	3341.00	3341.00			
Σ	20700	20700.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 162. Granulometría Base clase 3 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.0	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
3/4"	0.00	0.00	0.0	100.0	100
1/2"	1800.00	1800.00	8.7	91.3	---
3/8"	1200.00	3000.00	14.5	85.5	---
N°4	3800.00	6800.00	32.9	67.1	45-80
N° 10	2335.00	9135.00	44.2	55.8	30-60
N° 40	4724.00	13859.00	67.0	33.0	20-35
N° 200	4485.00	18344.00	88.7	11.3	3 - 15
Pasante N° 200	2346.00	2346.00			
Σ	20690	20690.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 163. Granulometría Base clase 3 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

GRANULOMETRÍA				
Tamiz	Abertura (Mm)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa	Especificación

		Masa Retenida Parcial	Masa Retenida Acumulada	(%)	(%)	
3"	75	38	38	0.1	99.9	---
2 ½"	63	42	80	0.3	99.7	---
2"	50	101	181	0.7	99.3	---
1 ½"	37.5	987	1168	4.6	95.4	---
1"	25	1385	2553	10	90	---
¾"	19	1498	4051	15.9	84.1	100
½"	12.5	1284	5335	21	79	---
⅜"	9.5	1301	6636	26.1	73.9	---
No.4	4.75	4125	10761	42.3	57.7	45 - 80
No.10	2	2935	13696	53.9	46.1	30 - 60
No.40	0.425	5873	19569	77	23	20 - 35
No.200	0.075	3509	23078	90.8	9.2	3 - 15
P A S A No 200		2341	2341			
SUMA:		25419	25419			

Fuente: (Tafur, 2020)

2.1.1.4. Base clase 4.

A continuación, se indican las tablas de análisis granulométrico para cada una de las minas en estudio:

Tabla 164. Granulometría Base clase 4 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

Tamiz ASTM	Masa retenida		% retenido	% que pasa	% que pasa especificado
	Parcial	Acumulado			
3'	0	0	0,00	100,00	
2½'	0	0	0,00	100,00	
2'	0	0	0,00	100,00	100
1½'	1123	1123	8,98	91,02	
1'	1034	2157	17,24	82,76	60 - 90
¾'	942	3099	24,77	75,23	
½'	833	3932	31,43	68,57	
⅜'	781	4713	37,67	62,33	
No.4	2675	7388	59,06	40,94	20 - 50
Pasa 4,75mm	5122	5122	40,94		
Σ	12510				Finos
No.4	0	0,00	0,00	40,94	
No.8	120,92	120,92	5,43	35,52	
No.10	85,43	206,35	9,26	31,68	
No.16	61,44	267,79	12,02	28,93	
No.20					
No.30	98,52	366,31	16,44	24,51	
No.40	83,89	450,20	20,20	20,74	
No.50	56,41	506,61	22,73	18,21	
No.60					
No.100	88,32	594,93	26,70	14,25	
No.200	109,14	704,07	31,59	9,35	0' - 15
Pasa 75 μm	208,36	208,36	9,35		
Σ	912,43				

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 165. Granulometría Base clase 4 Mina Vargas Soria (Baños)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	1180.00	1180.00	5.8	94.2	---
1"	4520.00	5700.00	0.00	100.00	60 - 90
3/4"	1930.00	7630.00	37.3	62.7	---
1/2"	1950.00	9580.00	46.8	53.2	---
3/8"	770.00	10350.00	50.5	49.5	---
N°4	1030.00	11380.00	55.6	44.4	20 - 50
N° 10	566.50	11946.50	58.3	41.7	---
N° 40	3926.50	15873.00	77.5	22.5	---
N° 200	2464.20	18337.20	89.5	10.5	0 - 15
Pasante N° 200	2142.80	2142.80			
Σ	20480	20480.00			

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 166. Granulometría Base clase 4 Mina Mulaló (Cotopaxi)

Granulometría Base Clase 4- Mina Mulaló				
Tamiz	Abert. (mm)	% Pasa	Base Clase 4	Evaluación
3/4"	19.00	100.00	-	Satisfactoria
1/2"	12.5	84.4	-	-
3/8"	9.5	83.5	-	-
N.4	4.75	78.4	20 - 50	Satisfactoria
N.8	2.36	49	-	Satisfactoria
N.30	0.60	26.00	-	Satisfactoria
N.50	0.30	16.90	-	Satisfactoria
N.100	0.15	9.9	-	-
N.200	0.075	4.3	0 - 15	Satisfactoria
% Agregado Fino Que Conformar La Muestra:				70
% Agregado Grueso Que Conformar La Muestra:				30

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 167. Granulometría Base clase 4 Mina La China (Quevedo)

Malla N°	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
AGREGADO GRUESO						
3"	76,20	0	0	0,00	100	---
2 1/2"	64,00	0	0	0,00	100	---
2"	50,40	0	0	0,00	100	100
1 1/2"	38,10	1000	1000	5,00	95,00	---
1"	25,40	1800	2800	14,00	86,00	60 - 90

3/4"	19,00	1300	4100	20,50	79,50	---
1/2"	12,70	2800	6900	34,50	65,50	---
3/8"	9,51	1900	8800	44,00	56,00	---
N°4	4,76	2000	10800	54,00	46,00	20 - 50
Pasa N° 4	.....	9200	20000			
Σ		20000				
AGREGADO FINO						
N° 10	2,00	2122	12922	64,6	35,4	---
N° 40	0,42	4180	17102	85,5	14,5	---
N° 200	0,074	2425	19527	97,6	2,4	0 - 15
Pasante N° 200		473				
Σ		9200				

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 168. Granulometría Base clase 4 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

Malla N°	Abertura	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	75	0.00	100.00	---
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	---
2"	50.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	37.50	6.80	93.20	---
1"	25.00	11.30	88.70	60 - 90
3/4"	19.00	19.50	80.50	---
1/2"	12.50	30.80	69.20	---
3/8"	9.50	38.90	61.10	---
N°4	4.80	54.80	45.20	20 - 50
N° 10	2.00	59.00	41.00	---
N° 40	0.04	77.50	22.50	---
N° 200	0.075	95.60	4.40	0 - 15
Pasante N° 200				

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 169. Granulometría Base clase 4 Mina Compañía Jhv (Tena)

GRANULOMETRÍA BASE CLASE 4					
Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	100
1 ½	1860	1860	9,3	90,7	
1	3510	5370	26,8	73,2	60 - 90
3/4	2712	8082	40,4	59,6	
1/2	1448	9530	47,6	52,4	
3/8	1699	11229	56,1	43,9	
N°.4	2157	13386	66,9	33,1	20 - 50
N°.10	1777	15163	75,8	24,2	
N°.40	2903	18066	90,3	9,7	
N°.200	1277	19343	96,7	3,3	0 - 15
Pasa N°.200	665	665			
Sumatoria	20008	20008			

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 170. Granulometría Base clase 4 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación
3"	75	0	0	0	100	---
2 1/2"	63	0	0	0	100	---
2"	50	0	0	0	100	100
1 1/2"	37.5	1482	1482	7.4	92.6	---
1"	25	3702	5184	25.9	74.1	60 - 90
3/4"	19	1852	7036	35.2	64.8	---
1/2"	12.5	1186	8222	41.1	58.9	---
3/8"	9.5	1778	10000	50	50	---
No.4	4.75	2593	12593	63	37	20 - 50
No.10	2	1538	14131	70.7	29.3	---
No.40	0.425	2271	16402	82	18	---
No.200	0.075	2195	18597	93	7	0 - 15
P A S A No 200		1403	1403			
SUMA:		20000	20000			

Fuente: (Urquiza, 2019)

Tabla 171. Granulometría Base clase 4 Mina San Luis Cananville (Tabacundo)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	1100.00	1100.00	5.5	94.5	---
1"	1600.00	2700.00	0.00	100.00	60 - 90
3/4"	1600.00	4300.00	21.5	78.5	---
1/2"	1850.00	6150.00	30.8	69.3	---
3/8"	1250.00	7400.00	37.0	63.0	---
N°4	3600.00	11000.00	55.0	45.0	20 - 50
N° 10	2640.60	13640.60	68.2	31.8	---
N° 40	3072.60	16713.20	83.6	16.4	---
N° 200	1668.60	18381.80	91.9	8.1	0 - 15
Pasante N° 200	1618.20	1618.20			
Σ	20000	20000.00			

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 172. Granulometría Base clase 4 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

Granulometría Base 4 - Mina Macas				
Tamiz	INEN (mm)	% Pasa	Base 4	Evaluación
2"	50.8	100	100	Cumple
1"	25	89.01	60 - 90	Cumple
3/4"	19	76.97	---	---
1/2"	12.5	57.24	---	---
3/8"	9.5	50.59	---	---
N.4	4.75	41.23	20 - 50	Cumple

N.8	2.36	38.62	---	---
N.16	1.18	36.87	---	---
N.30	0.6	24.18	---	---
N.50	0.3	9.23	---	---
N.100	0.15	3.11	---	---
N.200	0.075	1.98	0 - 15	Cumple
% Agregado Fino				40
% Agregado Grueso				60

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 173. Granulometría Base clase 4 Mina Del Coca (Coca- Orellana)

Granulometría Base 4 - Mina Coca				
TAMIZ	INEN (mm)	% Pasa	Base 4	Evaluación
2"	50.8	100	100	Cumple
1"	25	88.75	60 - 90	
3/4"	19	77.51	---	---
1/2"	12.5	48.66	---	---
3/8"	9.5	43.29	---	---
N.4	4.75	41.44	20 - 50	Cumple
N.8	2.36	38.69	---	---
N.16	1.18	35.75	---	---
N.30	0.6	23.72	---	---
N.50	0.3	9.55	---	---
N.100	0.15	3.75	---	---
N.200	0.075	1.87	0 - 15	Cumple
% Agregado Fino				40
% Agregado Grueso				60

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 174. Granulometría Base clase 4 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0	100	
63,00mm	2½'	0	0	0	100	
50,80mm	2'	0	0	0	100	100
38,00mm	1½'	1543	1543	10.34	89.66	
25,40mm	1'	1233	2776	18.59	81.41	60 - 90
19,00mm	¾'	1097	3873	25.94	74.06	
12,70mm	½'	971	4844	32.45	67.55	
9,50mm	⅜'	842	5686	38.09	61.91	
4,75mm	No.4	3455	9141	61.23	38.77	20 - 50
Pasa 4,75mm		5788	5788	38.77		
Σ		14929			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0	0	38.77	
2,36mm	No.8	134.31	134.31	5.21	33.56	
2,00mm	No.10	104.32	238.63	9.25	29.52	
1,68mm	No.16	98.56	337.19	13.07	25.7	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	121.09	458.28	17.77	21	
425 μm	No.40	92.34	550.62	21.35	17.42	
300 μm	No.50	67.44	618.06	23.96	14.81	
250 μm	No.60					

150 μm	No.100	109.42	727.48	28.2	10.57	
75 μm	No.200	163.28	890.76	34.53	4.24	0' - 15
Pasa 75 μm		109.24	109.24	4.24		
Σ		1000				

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 175. Granulometría Base clase 4 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	1600.00	1600.00	7.7	92.3	---
1"	1200.00	2800.00	0.00	100.00	60 - 90
3/4"	1900.00	4700.00	22.7	77.3	---
1/2"	2000.00	6700.00	32.4	67.6	---
3/8"	2000.00	8700.00	42.0	58.0	---
N°4	4160.00	12860.00	62.1	37.9	20 - 50
N° 10	1920.00	14780.00	71.4	28.6	---
N° 40	2104.00	16884.00	81.6	18.4	---
N° 200	1602.00	18486.00	89.3	10.7	0 - 15
Pasante N° 200	2212.00	2212.00			
Σ	20700	20700.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 176. Granulometría Base clase 4 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	1000.00	1000.00	4.8	95.2	---
1"	1500.00	2500.00	0.00	100.00	60 - 90
3/4"	1700.00	4200.00	20.3	79.7	---
1/2"	2400.00	6600.00	31.9	68.1	---
3/8"	2090.00	8690.00	42.0	58.0	---
N°4	3000.00	11690.00	56.5	43.5	20 - 50
N° 10	1513.00	13203.00	63.8	36.2	---
N° 40	3061.00	16264.00	78.6	21.4	---
N° 200	2906.00	19170.00	92.7	7.3	0 - 15
Pasante N° 200	1520.00	1520.00			
Σ	20690	20690.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 177. Granulometría Base clase 4 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación Tabla 404-1.4 Clase 4
3"	75	501	501	1.8	98.2	---

2 ½"	63	397	898	3.2	96.8	---
2"	50	1145	2043	7.4	92.6	100
1 ½"	37.5	1398	3441	12.4	87.6	---
1"	25	1701	5142	18.5	81.5	60 - 90
¾"	19	1205	6347	22.8	77.2	---
½"	12.5	1587	7934	28.6	71.4	---
⅜"	9.5	1397	9331	33.6	66.4	---
No.4	4.75	4562	13893	50	50	20 - 50
No.10	2	7101	20994	75.5	24.5	---
No.40	0.425	4337	25331	91.2	8.8	---
No.200	0.075	2453	27783	100	0	0 - 15
P A S A No 200		5	5			
SUMA:		27788	27788			

Fuente: (Tafur, 2020)

2.1.2. Subbases.

2.1.2.1. Subbase clase 1.

Tabla 178. Granulometría Subbase clase 1 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

Tamiz ASTM	Masa retenida		% retenido	% que pasa	% que pasa especificado
	Parcial	Acumulado			
3'	0	0	0,00	100,00	
2½'	0	0	0,00	100,00	
2'	0	0	0,00	100,00	
1½'	0	0	0,00	100,00	100
1'	609	609	7,92	92,08	
¾'	591	1200	15,60	84,40	
½'	472	1672	21,74	78,26	
⅜'	783	2455	31,92	68,08	
No.4	1342	3797	49,37	50,63	30 - 70
Pasa 4,75mm	3894	3894	50,63		
No.4	0	0,00	0,00	50,63	
No.8	104,02	104,02	6,85	43,78	
No.10	77,13	181,15	11,94	38,69	
No.16	55,45	236,60	15,59	35,04	
No.20					
No.30	66,89	303,49	20,00	30,63	
No.40	56,45	359,94	23,72	26,91	10 - 35
No.50	109,12	469,06	30,91	19,72	
No.60					
No.100	88,34	557,40	36,73	13,90	
No.200	114,23	671,63	44,25	6,38	0 - 15
Pasa 75 µm	104,00	104,00	6,85		
Σ	768,42				

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 179. Granulometría Subbase clase 1 Mina Vargas Soria (Baños)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1"	526.00	526.00	1.9	98.1	---
3/4"	1002.00	1528.00	5.7	94.3	---
1/2"	1525.00	3053.00	11.3	88.7	---
3/8"	2148.00	5201.00	19.2	80.8	---
N°4	5941.00	11142.00	41.2	58.8	30-70
N° 10	3298.60	14440.60	53.4	46.6	---
N° 40	5697.20	20137.80	74.5	25.5	10-35
N° 200	3948.10	24085.90	89.1	10.9	0-15
Pasante N° 200	2946.00	2946.00			
Σ	27032	27032.00			

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 180. Granulometría Subbase clase 1 Mina Mulaló (Cotopaxi)

Tamiz	Abert. (mm)	% Pasa	Sub Base Clase 1	Evaluación
1"	25.00	100.00	100	Satisfactoria
3/4"	19	94.00	-	-
1/2"	12.5	72.00	-	-
3/8"	9.5	70.00	-	-
N.4	4.75	68.00	30 - 70	Satisfactoria
N.8	2.36	42.00	-	-
N.30	0.60	23.00	N.40	
N.50	0.30	14.00	10 - 35	Satisfactoria
N.100	0.15	7.40	-	-
N.200	0.075	3.80	0 - 15	Satisfactoria

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 181. Granulometría Subbase clase 1 Mina La China (Quevedo)

Malla N°	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
AGREGADO GRUESO						
3"	76,20	0	0	0,00	100	---
2 1/2"	64,00	0	0	0,00	100	---
2"	50,40	0	0	0,00	100	---
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00	100
1"	25,40	1800	1800	9,00	91,00	---
3/4"	19,00	1000	2800	14,00	86,00	---
1/2"	12,70	1800	4600	23,00	77,00	---
3/8"	9,51	1000	5600	28,00	72,00	---
N°4	4,76	2400	8000	40,00	60,00	30 - 70
Pasa N° 4	.....	12000	20000			
Σ		20000				
AGREGADO FINO						
N° 10	2,00	2592	10592	53,0	47,0	---

N° 40	0,42	5694	16286	81,4	18,6	10 - 35
N° 200	0,074	3026	19312	96,6	3,4	0 - 15
Pasante N° 200		688				
Σ		12000				

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 182. Granulometría Subbase clase 1 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

Malla N°	Abertura	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	75	0.00	100.00	---
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	---
2"	50.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	37.50	0.00	100.00	100
1"	25.00	8.60	91.40	---
3/4"	19.00	15.90	84.10	---
1/2"	12.50	22.20	77.80	---
3/8"	9.50	28.50	71.50	---
N°4	4.80	37.30	62.70	30 - 70
N° 10	2.00	43.20	56.80	---
N° 40	0.04	68.80	31.20	10 - 35
N° 200	0.075	93.90	6.10	0 - 15
Pasante N° 200				

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 183. Granulometría Subbase clase 1 Mina Compañía Jhv (Tena)

GRANULOMETRÍA SUBBASE CLASE 1					
Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	
1 ½	0	0	0,0	100,0	100
1	989	989	4,9	95,1	
¾	1658	2647	13,2	86,8	
½	2586	5233	26,1	73,9	
3/8	1986	7219	36,0	64,0	
N°.4	2360	9579	47,7	52,3	30 - 70
N°.10	2815	12394	61,8	38,2	
N°.40	4598	16993	84,7	15,3	10 - 35
N°.200	2022	19015	94,8	5,2	0 - 15
Pasa N°.200	1053	1053			
Sumatoria	20068	20068			

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 184. Granulometría Subbase clase 1 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación
3"	75	0	0	0	100	---
2 ½"	63	0	0	0	100	---
2"	50	0	0	0	100	---
1 ½"	37.5	0	0	0	100	100
1"	25	2067	2067	10.3	89.7	---
¾"	19	1064	3131	15.7	84.3	---
½"	12.5	1434	4565	22.8	77.2	---
3/8"	9.5	2150	6715	33.6	66.4	---
No.4	4.75	3445	10160	50.8	49.2	30 - 70
No.10	2	2222	12382	61.9	38.1	---
No.40	0.425	2800	15182	75.9	24.1	10 - 35
No.200	0.075	2955	18137	90.7	9.3	0 - 15
P A S A No 200		1863	1863			
SUMA:		20000	20000			

Fuente: (Urquizo, 2019)

Tabla 185. Granulometría Subbase clase 1 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1"	1500.00	1500.00	7.5	92.5	---
¾"	2000.00	3500.00	17.5	82.5	---
½"	1800.00	5300.00	26.5	73.5	---
3/8"	1200.00	6500.00	32.5	67.5	---
Nº4	2000.00	8500.00	42.5	57.5	30 - 70
Nº 10	3969.80	12469.80	62.3	37.7	---
Nº 40	3415.50	15885.30	79.4	20.6	10 - 35
Nº 200	1911.30	17796.60	89.0	11.0	0 - 15
Pasante N° 200	2203.40	2203.40			
Σ	20000	20000.00			

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 186. Granulometría Subbase clase 1 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

TAMIZ	INEN (mm)	% Pasa	Subbase 1	Evaluación
2"	50.4	100.00	100	Cumple
1"	25	98.84	---	---
¾"	19	89.38	---	---
½"	12.5	73.87	---	---
3/8"	9.5	68.64	---	---
4	4.75	61.37	30 – 70	Cumple
8	2.36	50.84	---	---
16	1.18	39.22	---	---

30	0.6	26.41	N.40	10 – 35	Cumple
50	0.3	12.47			
100	0.15	5.85	---	---	
200	0.075	3.61	0 – 15		Cumple

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 187. Granulometría Subbase clase 1 Mina Del Coca (Coca- Orellana)

ASTM (in)	INEN (mm)	% Pasa	SubBase 1	Evaluación
1"	25	100	100	Cumple
3/4"	19	89.25	---	---
1/2"	12.5	67.76	---	---
3/8"	9.5	57.99	---	---
N.4	4.75	54.66	30-70	Cumple
N.8	2.36	50.17	---	---
N.16	1.18	47.85	---	---
N.30	0.6	31.03	N.40	Cumple
N.50	0.3	11.22	10-35	
N.100	0.15	4.48	---	---
N.200	0.075	2.98	0-15	Cumple

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 188. Granulometría Subbase clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0	100	
63,00mm	2½'	0	0	0	100	
50,80mm	2'	0	0	0	100	
38,00mm	1½'	0	0	0	100	100
25,40mm	1'	1155	1155	10.25	89.75	
19,00mm	¾'	891	2046	18.17	81.83	
12,70mm	½'	649	2695	23.93	76.07	
9,50mm	⅜'	1056	3751	33.3	66.7	
4,75mm	No.4	2233	5984	53.13	46.87	30 - 70
Pasa 4,75mm		5279	5279	46.87		
Σ		11263			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0	0	46.87	
2,36mm	No.8	133.65	133.65	6.26	40.61	
2,00mm	No.10	90.52	224.17	10.51	36.36	
1,68mm	No.16	77.74	301.91	14.15	32.72	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	70.33	372.24	17.45	29.42	
425 μm	No.40	68.41	440.65	20.65	26.22	10' - 35
300 μm	No.50	111.65	552.3	25.89	20.98	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	123.06	675.36	31.65	15.22	
75 μm	No.200	170.04	845.4	39.62	7.25	0' - 15
Pasa 75 μm		154.6	154.6	7.25		
Σ		1000				

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 189. Granulometría Subbase clase 1 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1"	1500.00	1500.00	7.2	92.8	---
3/4"	1900.00	3400.00	16.4	83.6	---
1/2"	2000.00	5400.00	26.1	73.9	---
3/8"	2000.00	7400.00	35.7	64.3	---
N°4	4160.00	11560.00	55.8	44.2	30 - 70
N° 10	2240.00	13800.00	66.7	33.3	---
N° 40	2453.00	16253.00	78.5	21.5	10 - 35
N° 200	1867.00	18120.00	87.5	12.5	0 - 15
Pasante N° 200	2579.00	2579.00			
Σ	20700	20700.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 190. Granulometría Subbase clase 1 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1"	2000.00	2000.00	9.7	90.3	---
3/4"	1500.00	3500.00	16.9	83.1	---
1/2"	1873.00	5373.00	26.0	74.0	---
3/8"	1139.00	6512.00	31.5	68.5	---
N°4	3262.00	9774.00	47.2	52.8	30 - 70
N° 10	1835.00	11609.00	56.1	43.9	---
N° 40	3713.00	15322.00	74.0	26.0	10 - 35
N° 200	3525.00	18847.00	91.0	9.0	0 - 15
Pasante N° 200	2579.00	2579.00			
Σ	20700	20700.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 191. Granulometría Subbase clase 1 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación Tabla 403-1.1 Clase 1
3"	75	0	0	0	100	---
2 1/2"	63	0	0	0	100	---
2"	50	60	60	0.2	99.8	---
1 1/2"	37.5	120	180	0.6	99.4	100

1"	25	2510	2690	8.7	91.3	---
3/4"	19	1380	4070	13.2	86.8	---
1/2"	12.5	2980	7050	22.9	77.1	---
3/8"	9.5	1750	8800	28.6	71.4	---
No.4	4.75	7850	16650	54.1	45.9	30 - 70
No.10	2	3412	20062	65.2	34.8	---
No.40	0.425	6115	26177	85.1	14.9	10 - 35
No.200	0.075	4500	30677	99.7	0.3	0 - 15
P A S A No 200		93	93			
SUMA:		30770	30770			

Fuente: (Tafur, 2020)

2.1.2.2. Subbase clase 2.

Tabla 192. Granulometría Subbase clase 2 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

TAMIZ ASTM	MASA RETENIDA		% Retenido	% Que pasa	% Que pasa especificado
	Parcial	Acumulado			
3'	0	0	0,00	100,00	
2½'	0	0	0,00	100,00	
2'	0	0	0,00	100,00	100
1½'	711	711	5,93	94,08	70 - 100
1'	589	1300	10,83	89,17	
¾'	823	2123	17,69	82,31	
½'	645	2768	23,07	76,93	
⅜'	432	3200	26,67	73,33	
No.4	3456	6656	55,47	44,53	30 - 70
Pasa 4,75mm	5344	5344	44,53		
Σ				FINOS	
No.4	0	0,00	0,00	44,53	
No.8	109,31	109,31	6,17	38,36	
No.10	84,32	193,63	10,93	33,60	
No.16	73,41	267,04	15,07	29,46	
No.20					
No.30	85,42	352,46	19,89	24,64	
No.40	56,93	409,39	23,11	21,43	15 - 40
No.50	39,76	449,15	25,35	19,18	
No.60					
No.100	74,51	523,66	29,56	14,98	
No.200	98,93	622,59	35,14	9,39	0' - 20
Pasa 75 µm	166,41	166,41	9,39		
Σ	789,00				

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 193. Granulometría Subbase clase 2 Mina Vargas Soria (Baños)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---

2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	70 - 100
1"	526.00	526.00	1.9	98.1	---
3/4"	1002.00	1528.00	5.7	94.3	---
1/2"	1525.00	3053.00	11.3	88.7	---
3/8"	2148.00	5201.00	19.2	80.8	---
N°4	5941.00	11142.00	41.2	58.8	30 - 70
N° 10	3298.60	14440.60	53.4	46.6	---
N° 40	5697.20	20137.80	74.5	25.5	15 - 40
N° 200	3948.10	24085.90	89.1	10.9	0 - 20
Pasante N° 200	2946.00	2946.00			
Σ	27032	27032.00			

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 194. Granulometría Subbase clase 2 Mina Mulaló (Cotopaxi)

Tamiz	Abert. (mm)	% Pasa	Sub Base Clase 2	Evaluación
1"	25.00	100.00	70 - 100	Satisfactoria
3/4"	19	94	-	-
1/2"	12.5	64	-	-
3/8"	9.5	63.2	-	-
N.4	4.75	62.4	30 - 70	Satisfactoria
N.8	2.36	42	-	-
N.30	0.60	23.00	N.40	Satisfactoria
N.50	0.30	14.00	15 - 40	
N.100	0.15	7.7	-	-
N.200	0.075	3.8	0 - 20	Satisfactoria

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 195. Granulometría Subbase clase 2 Mina La China (Quevedo)

Malla N°	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
AGREGADO GRUESO						
3"	76,20	0	0	0,00	100	---
2 1/2"	64,00	0	0	0,00	100	---
2"	50,40	0	0	0,00	100	100
1 1/2"	38,10	500	500	2,50	97,50	70 - 100
1"	25,40	1600	2100	10,50	89,50	---
3/4"	19,00	1200	3300	16,50	83,50	---
1/2"	12,70	1800	5100	25,50	74,50	---
3/8"	9,51	1000	6100	30,50	69,50	---
N°4	4,76	1900	8000	40,00	60,00	30 - 70
Pasa N° 4	.....	12000	20000			
Σ		20000				
AGREGADO FINO						
N° 10	2,00	2592	10592	53,0	47,0	---
N° 40	0,42	5694	16286	81,4	18,6	15 - 40
N° 200	0,074	3026	19312	96,6	3,4	0 - 20
Pasante N° 200		688				
Σ		12000				

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 196. Granulometría Subbase clase 2 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

Malla N°	Abertura	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	75	0.00	100.00	---
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	---
2"	50.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	37.50	0.00	100.00	70 - 100
1"	25.00	6.70	93.30	---
3/4"	19.00	13.60	86.40	---
1/2"	12.50	19.60	80.40	---
3/8"	9.50	25.60	74.40	---
N°4	4.80	35.50	64.50	30 - 70
N° 10	2.00	41.50	58.50	---
N° 40	0.04	67.90	32.10	15 - 40
N° 200	0.075	93.80	6.20	0 - 20

Pasante N° 200

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 197. Granulometría Subbase clase 2 Mina Compañía Jhv (Tena)

Tamiz	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	100
1 ½	959	959	4,8	95,2	70 - 100
1	1242	2201	11,0	89,0	
3/4	698	2899	14,5	85,5	
1/2	1451	4350	21,7	78,3	
3/8	1098	5448	27,2	72,8	
N°.4	2999	8447	42,2	57,8	30 - 70
N°.10	3107	11554	57,7	42,3	
N°.40	5075	16629	83,0	17,0	15 - 40
N°.200	2232	18861	94,2	5,8	0 - 20
Pasa N°.200	1162	1162			
Sumatoria	20023	20023			

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 198. Granulometría Subbase clase 2 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación
3"	75	0	0	0	100	---
2 ½"	63	0	0	0	100	---
2"	50	0	0	0	100	100

1 ½"	37.5	2263	2263	11.3	88.7	70 - 100
1"	25	2474	4737	23.7	76.3	---
¾"	19	1484	6221	31.1	68.9	---
½"	12.5	1237	7458	37.3	62.7	---
⅜"	9.5	1855	9313	46.6	53.4	---
No.4	4.75	1856	11169	55.8	44.2	30 - 70
No.10	2	1994	13163	65.8	34.2	---
No.40	0.425	2513	15676	78.4	21.6	15 - 40
No.200	0.075	2652	18328	91.6	8.4	0 - 20
P A S A No 200		1672	1672			
SUMA:		20000	20000			

Fuente: (Urquizo, 2019)

Tabla 199. Granulometría Subbase clase 2 Mina San Luis Cananville (Tabacundo)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	70 - 100
1"	1500.00	1500.00	7.5	92.5	---
¾"	2000.00	3500.00	17.5	82.5	---
½"	2300.00	5800.00	29.0	71.0	---
⅜"	1550.00	7350.00	36.8	63.3	---
N°4	1350.00	8700.00	43.5	56.5	30 - 70
N° 10	3900.76	12600.76	63.0	37.0	---
N° 40	3356.10	15956.86	79.8	20.2	15 - 40
N° 200	1878.06	17834.92	89.2	10.8	0 - 20
Pasante N° 200	2165.08	2165.08			
Σ	20000	20000.00			

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 200. Granulometría Subbase clase 2 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

TAMIZ	INEN (mm)	% Pasa	Subbase 1	Evaluación
2"	50.4	100.00	100	Cumple
1"	25	98.84	---	---
¾"	19	89.38	---	---
½"	12.5	73.87	---	---
⅜"	9.5	68.64	---	---
4	4.75	61.37	30 - 70	Cumple
8	2.36	50.84	---	---
16	1.18	39.22	---	---
30	0.6	26.41	N.40	15 -
50	0.3	12.47	40	Cumple
100	0.15	5.85	---	---
200	0.075	3.61	0 - 20	Cumple

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 201. Granulometría Subbase clase 2 Mina Del Coca (Coca- Orellana)

ASTM (in)	INEN (mm)	% Pasa	SubBase 1	Evaluación
1"	25	100	100	Cumple
3/4"	19	88.81	---	---
1/2"	12.5	66.42	---	---
3/8"	9.5	56.24	---	---
N.4	4.75	52.79	30-70	Cumple
N.8	2.36	48.24	---	---
N.16	1.18	46.01	---	---
N.30	0.6	29.83	N.40	Cumple
N.50	0.3	14.01	15-40	---
N.100	0.15	7.53	---	---
N.200	0.075	6.09	0-20	Cumple

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 202. Granulometría Subbase clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0	100	
63,00mm	2½'	0	0	0	100	
50,80mm	2'	0	0	0	100	100
38,00mm	1½'	936	936	6.41	93.59	70 - 100
25,40mm	1'	672	1608	11.01	88.99	
19,00mm	¾'	934	2542	17.41	82.59	
12,70mm	½'	759	3301	22.61	77.39	
9,50mm	⅜'	535	3836	26.27	73.73	
4,75mm	No.4	3988	7824	53.59	46.41	30 - 70
Pasa 4,75mm		6776	6776	46.41		
Σ		14600			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0	0	46.41	
2,36mm	No.8	115.47	115.47	5.36	41.05	
2,00mm	No.10	93.24	208.71	9.69	36.72	
1,68mm	No.16	81.89	290.6	13.49	32.92	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	90.76	381.36	17.7	28.71	
425 μm	No.40	63.43	444.79	20.64	25.77	15 - 40
300 μm	No.50	70.44	515.23	23.91	22.5	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	130.22	645.45	29.96	16.46	
75 μm	No.200	165.44	810.89	37.63	8.78	0' - 20
Pasa 75 μm		189.11	189.11	8.78		
Σ		1000				

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 203. Granulometría Subbase clase 2 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---

2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	500.00	500.00	2.4	97.6	70 - 100
1"	1500.00	2000.00	9.7	90.3	---
3/4"	1900.00	3900.00	18.8	81.2	---
1/2"	2000.00	5900.00	28.5	71.5	---
3/8"	2000.00	7900.00	38.2	61.8	---
N°4	4160.00	12060.00	58.3	41.7	30 - 70
N° 10	2118.00	14178.00	68.5	31.5	---
N° 40	2319.00	16497.00	79.7	20.3	15 - 40
N° 200	1765.00	18262.00	88.2	11.8	0 - 20
Pasante N° 200	2438.00	2438.00			
Σ	20700	20700.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 204. Granulometría Subbase clase 2 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	---
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	800.00	800.00	3.9	96.1	70 - 100
1"	1000.00	1800.00	8.7	91.3	---
3/4"	1000.00	2800.00	13.5	86.5	---
1/2"	1873.00	4673.00	22.6	77.4	---
3/8"	1139.00	5812.00	28.1	71.9	---
N°4	3262.00	9074.00	43.9	56.1	30 - 70
N° 10	1953.00	11027.00	53.3	46.7	---
N° 40	3951.00	14978.00	72.4	27.6	15 - 40
N° 200	3751.00	18729.00	90.5	9.5	0 - 20
Pasante N° 200	1962.00	1962.00			
Σ	20690	20690.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 205. Granulometría Subbase clase 2 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación
3"	75	0	0	0	100	---
2 1/2"	63	0	0	0	100	---
2"	50	110	110	0.4	99.6	100
1 1/2"	37.5	590	700	2.4	97.6	70 - 100
1"	25	1410	2110	7.2	92.8	---
3/4"	19	1330	3440	11.8	88.2	---
1/2"	12.5	1520	4960	17	83	---
3/8"	9.5	2840	7800	26.7	73.3	---
No.4	4.75	9210	17010	58.2	41.8	30 - 70
No.10	2	1957	18967	64.8	35.2	---
No.40	0.425	6639	25607	87.5	12.5	15 - 40
No.200	0.075	3614	29221	99.9	0.1	0 - 20

P A S A No 200	29	29
SUMA:	29250	29250

Fuente: (Tafur, 2020)

2.1.2.3. Subbase clase 3.

Tabla 206. Granulometría Subbase clase 3 Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

TAMIZ	MASA RETENIDA		%	% Que	% Que pasa
ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	pasa	especificado
3'	0	0	0,00	100,00	100
2½'	456	456	4,15	95,85	
2'	342	798	7,27	92,73	
1½'	789	1587	14,46	85,54	
1'	612	2199	20,03	79,97	
¾'	898	3097	28,21	71,79	
½'	542	3639	33,15	66,85	
⅜'	324	3963	36,10	63,90	
No.4	2451	6414	58,43	41,57	30 -70
Pasa 4,75mm			41,57		
Σ				FINOS	
No.4	0	0,00	0,00	41,57	
No.8	109,12	109,12	8,52	33,05	
No.10	45,36	154,48	12,06	29,51	
No.16	67,54	222,02	17,33	24,23	
No.20					
No.30	59,12	281,14	21,95	19,62	
No.40	31,42	312,56	24,40	17,17	
No.50	15,89	328,45	25,64	15,92	
No.60					
No.100	39,16	367,61	28,70	12,87	
No.200	98,14	465,75	36,36	5,20	0' - 20
Pasa 75 μm	66,66	66,66	5,20		
Σ	532,41				

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 207. Granulometría Subbase clase 3 Mina Vargas Soria (Baños)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	100
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	---
1"	526.00	526.00	1.9	98.1	---
3/4"	1002.00	1528.00	5.7	94.3	---
1/2"	1525.00	3053.00	11.3	88.7	---
3/8"	2148.00	5201.00	19.2	80.8	---
N°4	5941.00	11142.00	41.2	58.8	30-70
N° 10	3298.60	14440.60	53.4	46.6	---
N° 40	5697.20	20137.80	74.5	25.5	---
N° 200	3948.10	24085.90	89.1	10.9	0-20

Pasante N°		
200	2946.00	2946.00
Σ	27032	27032.00

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 208. Granulometría Subbase clase 3 Mina Mulaló (Cotopaxi)

Tamiz	Abert. (mm)	% Pasa	Sub Base Clase 3	Evaluación
1"	25.00	100.00	100	Satisfactoria
3/4"	19	94	-	-
1/2"	12.5	72	-	-
3/8"	9.5	70	-	-
N.4	4.75	68	30 - 70	Satisfactoria
N.8	2.36	42	-	-
N.30	0.6	23	-	-
N.50	0.3	14	-	-
N.100	0.15	7.7	-	-
N.200	0.075	3.8	0 - 20	Satisfactoria

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 209. Granulometría Subbase clase 3 Mina La China (Quevedo)

Malla N°	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
AGREGADO GRUESO						
3"	76,20	0	0	0,00	100	100
2 1/2"	64,00	500	500	2,50	97,5	---
2"	50,40	500	1000	5,00	95	---
1 1/2"	38,10	1000	2000	10,00	90,00	---
1"	25,40	1000	3000	15,00	85,00	---
3/4"	19,00	1000	4000	20,00	80,00	---
1/2"	12,70	1800	5800	29,00	71,00	---
3/8"	9,51	1000	6800	34,00	66,00	---
N°4	4,76	1200	8000	40,00	60,00	30 - 70
Pasa N° 4	.....	13000	21000			
Σ		20000				
AGREGADO FINO						
N° 10	2,00	2592	10592	53,0	47,0	---
N° 40	0,42	5694	16286	81,4	18,6	---
N° 200	0,074	3026	19312	96,6	3,4	0 - 20
Pasante N° 200		688				
Σ		12000				

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 210. Granulometría Subbase clase 3 Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

Malla N°	Abertura	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
----------	----------	------------	--------	------------------------

3"	75	0.00	100.00	100
2 1/2"	63.00	3.00	97.00	---
2"	50.00	6.00	94.00	---
1 1/2"	37.50	9.30	90.70	---
1"	25.00	13.00	87.00	---
3/4"	19.00	16.60	83.40	---
1/2"	12.50	22.80	77.20	---
3/8"	9.50	26.00	74.00	---
N°4	4.80	35.00	65.00	30-70
N° 10	2.00	41.00	59.00	---
N° 40	0.04	67.70	32.30	---
N° 200	0.075	93.70	6.30	0-20

Pasante N° 200

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 211. Granulometría Subbase clase 3 Mina Compañía Jhv (Tena)

Tamiz (pulgadas)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Especificación
3	0	0	0,0	100,0	100
2 ½	0	0	0,0	100,0	
2	0	0	0,0	100,0	
1 ½	2915	2915	14,6	85,4	
1	2260	5175	25,9	74,1	
¾	1270	6445	32,2	67,8	
½	1025	7470	37,4	62,7	
3/8	1120	8590	43,0	57,1	
N°.4	2270	10860	54,3	45,7	30 - 70
N°.10	2453	13313	66,6	33,4	
N°.40	4007	17320	86,6	13,4	
N°.200	1762	19082	95,4	4,6	0 - 20
Pasa N°.200	918	918			
Sumatoria	20000	20000			

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 212. Granulometría Subbase clase 3 Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación tabla 404-1.3 clase 3
3"	75	0	0	0	100.0	100
2 ½"	63	689	689	3.4	96.6	---
2"	50	689	1378	6.9	93.1	---
1 ½"	37.5	1511	2889	14.4	85.6	---
1"	25	1259	4148	20.7	79.3	---
¾"	19	755	4903	24.5	75.5	---
½"	12.5	1100	6003	30.0	70.0	---
3/8"	9.5	1650	7653	38.3	61.7	---
No.4	4.75	2518	10171	50.9	49.1	30-70
No.10	2	2219	12390	62.0	38.0	---
No.40	0.425	2797	15188	75.9	24.1	---

No.200	0.075	2952	18139	90.7	9.3	0-20
P A S A No 200		1861	1861			
SUMA:		20000	20000			

Fuente: (Urquizo, 2019)

Tabla 213. Granulometría Subbase clase 3 Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	100
2 1/2"	600.00	600.00	3.00	97.00	---
2"	600.00	1200.00	6.00	94.00	---
1 1/2"	600.00	1800.00	9.00	91.00	---
1"	1250.00	3050.00	15.25	84.75	---
3/4"	1250.00	4300.00	21.50	78.50	---
1/2"	1800.00	6100.00	30.50	69.50	---
3/8"	1200.00	7300.00	36.50	63.50	---
N°4	1700.00	9000.00	45.00	55.00	30-70
N° 10	3797.20	12797.20	63.99	36.01	---
N° 40	3267.00	16064.20	80.32	19.68	---
N° 200	1828.20	17892.40	89.46	10.54	0-20
Pasante N° 200	2107.60	2107.60			
Σ	20000	20000.00			

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 214. Granulometría Subbase clase 3 Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

TAMIZ	INEN (mm)	% Pasa	Subbase 3	Evaluación
3"	76.2	100	100	Cumple
1"	25	98.41	---	---
3/4"	19	85.4	---	---
1/2"	12.5	64.07	---	---
3/8"	9.5	56.88	---	---
4	4.75	46.88	30 - 70	Cumple
8	2.36	38.13	---	---
16	1.18	29.42	---	---
30	0.6	19.81	---	---
50	0.3	9.35	---	---
100	0.15	4.38	---	---
200	0.075	2.71	0 -20	Cumple

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 215. Granulometría Subbase clase 3 Mina Del Coca (Coca- Orellana)

ASTM (in)	INEN (mm)	% Pasa	SubBase 1	Evaluación
3"	76.2	100	100	Cumple
3/4"	19	89.93	---	---
1/2"	12.5	69.78	---	---
3/8"	9.5	60.61	---	---
N.4	4.75	57.48	30-70	Cumple
N.8	2.36	53.07	---	---

N.16	1.18	50.61	---	---
N.30	0.6	32.82	---	---
N.50	0.3	15.41	---	---
N.100	0.15	8.29	---	---
N.200	0.075	6.69	0-20	Cumple

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 216. Granulometría Subbase clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

TAMIZ INEN	ASTM	MASA RETENIDA (g) Parcial	Acumulado	% Retenido	% Que Pasa	% Que Pasa Especificado
76,00mm	3'	0	0	0	100	100
63,00mm	2½'	596	596	3.56	96.44	
50,80mm	2'	445	1041	6.21	93.79	
38,00mm	1½'	912	1953	11.65	88.35	
25,40mm	1'	746	2699	16.1	83.9	
19,00mm	¾'	1023	3722	22.21	77.79	
12,70mm	½'	876	4598	27.43	72.57	
9,50mm	⅜'	791	5389	32.15	67.85	
4,75mm	No.4	2677	8066	48.13	51.87	30 -70
Pasa 4,75mm		8694	8694	51.87		
Σ		16760			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0	0	51.87	
2,36mm	No.8	112.31	112.31	8.32	43.55	
2,00mm	No.10	59.76	172.07	12.75	39.12	
1,68mm	No.16	72.31	244.38	18.11	33.76	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	53.44	297.82	22.07	29.8	
425 μm	No.40	40.76	338.58	25.09	26.78	
300 μm	No.50	23.31	361.89	26.82	25.06	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	78.12	440.01	32.61	19.27	
75 μm	No.200	65.42	505.43	37.45	14.42	0' – 20
Pasa 75 μm		194.57	194.57	14.42		
Σ		700				

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 217. Granulometría Subbase clase 3 Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	100
2 1/2"	700.00	700.00	3.4	96.6	---
2"	900.00	1600.00	7.7	92.3	---
1 1/2"	500.00	2100.00	10.1	89.9	---
1"	1500.00	3600.00	17.4	82.6	---
¾"	1900.00	5500.00	26.6	73.4	---
½"	2000.00	7500.00	36.2	63.8	---
⅜"	2000.00	9500.00	45.9	54.1	---
N°4	4160.00	13660.00	66.0	34.0	30-70
N° 10	1726.00	15386.00	74.3	25.7	---
N° 40	1890.00	17275.00	83.5	16.5	---
N° 200	1438.00	18713.00	90.4	9.6	0-20

Pasante N° 200	1987.00	1987.00
Σ	20700	20700.00

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 218. Granulometría Subbase clase 3 Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Malla N°	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites Especificación
3"	0.00	0.00	0,00	100.00	100
2 1/2"	600.00	600.00	2.9	97.1	---
2"	800.00	1400.00	6.8	93.2	---
1 1/2"	700.00	2100.00	10.1	89.9	---
1"	800.00	2900.00	14.0	86.0	---
3/4"	800.00	3700.00	17.9	82.1	---
1/2"	1873.00	5573.00	26.9	73.1	---
3/8"	1139.00	6712.00	32.4	67.6	---
N°4	3262.00	9974.00	48.2	51.8	30-70
N° 10	1801.00	11775.00	56.9	43.1	---
N° 40	3645.00	15420.00	74.5	25.5	---
N° 200	3460.00	18880.00	91.3	8.7	0-20
Pasante N° 200	1810.00	1810.00			
Σ	20690	20690.00			

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 219. Granulometría Subbase clase 3 Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial	Masa retenida acumulada	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)	Especificación Tabla 403-1.1 clase 3
3"	75	0	0	0	100	100
2 1/2"	63	0	0	0	100	---
2"	50	80	80	0.3	99.7	---
1 1/2"	37.5	410	490	2	98	---
1"	25	2950	3440	13.8	86.2	---
3/4"	19	1380	4820	19.4	80.6	---
1/2"	12.5	2010	6830	27.4	72.6	---
3/8"	9.5	1270	8100	32.5	67.5	---
No.4	4.75	3950	12050	48.4	51.6	30 - 70
No.10	2	2499	14549	58.5	41.5	---
No.40	0.425	4968	19517	78.4	21.6	---
No.200	0.075	5329	24846	99.8	0.2	0 - 20
P a s a n o 200		44	44			
Suma:		24890	24890			

Fuente: (Tafur, 2020)

2.2. Gravedad específica.

Este método de ensayo cubre la determinación de algunas variables como lo son la gravedad específica del agregado que se ensayó y el porcentaje de absorción de agua que posee el material, referenciado por las normas (ASTM C-127, 2015), (ASTM C-128, 2015), AASHTO T-85 y T-84 y la INEN 856 Y 857.

2.2.1. Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

El agregado fino de la Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura) tiene una gravedad específica igual a 2,756 y una absorción de 2,2%.

El agregado grueso de la Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura) tiene una gravedad específica igual a 2,611 y una absorción de 1,28%.

2.2.2. Mina Vargas Soria (Baños)

El agregado fino de la Mina Vargas Soria (Baños) tiene una gravedad específica igual a 2.38 y una absorción de 3,43%.

El agregado grueso de la Mina Vargas Soria (Baños) tiene una gravedad específica igual a 2,61 y una absorción de 2.75%.

2.2.3. Mina Mulaló (Cotopaxi)

El agregado fino de la Mina Mulaló (Cotopaxi) tiene una gravedad específica igual a 2,28 y una absorción de 5.20%.

El agregado grueso de la Mina Mulaló (Cotopaxi) tiene una gravedad específica igual a 2.12 y una absorción de 3,07%.

2.2.4. Mina La China (Quevedo)

El agregado fino de la Mina La China (Quevedo) tiene una gravedad específica igual a 2.60 y una absorción de 4,41%.

El agregado grueso de la Mina Mulaló (Cotopaxi) tiene una gravedad específica igual a 2,70 y una absorción de 0.90%.

2.2.5. Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

El agregado fino de la Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza) tiene una gravedad específica igual a 1.95.

El agregado grueso de la Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza) tiene una gravedad específica igual a 2.58.

2.2.6. Mina Compañía Jhv (Tena)

El agregado fino de la Compañía Jhv (Tena) tiene una gravedad específica igual a 2.497 y una absorción de 1.94%.

El agregado grueso de la Compañía Jhv (Tena) tiene una gravedad específica igual a 2,62 y una absorción de 1.94%.

2.2.7. Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

El agregado fino de la Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita) tiene una gravedad específica igual a 2.37 y una absorción de 2.23%.

El agregado grueso de la Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita) tiene una gravedad específica igual a 2.28 y una absorción de 4.09%.

2.2.8. Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

El agregado fino de la Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo) tiene una gravedad específica igual a 2.27 y una absorción de 5.93%.

El agregado grueso de la Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo) tiene una gravedad específica igual a 2.38 y una absorción de 3.23%.

2.2.9. Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

El agregado fino de la Mina De Macas (Macas – Morona Santiago) tiene una gravedad específica igual a 2.47.

El agregado grueso de la Mina De Macas (Macas – Morona Santiago) tiene una gravedad específica igual a 2.33.

2.2.10. Mina Del Coca (Coca- Orellana)

El agregado fino de la Mina Del Coca (Coca- Orellana) tiene una gravedad específica igual a 2.41.

El agregado grueso de la Mina Del Coca (Coca- Orellana) tiene una gravedad específica igual a 2.26.

2.2.11. Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

El agregado fino de la Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí) tiene una gravedad específica igual a 2.63 y una absorción de 2.00%.

El agregado grueso de la Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí) tiene una gravedad específica igual a 2.67 y una absorción de 1.02%.

2.2.12. Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

El agregado fino de la Mina Malca 3 (Catamayo - Loja) tiene una gravedad específica igual a 2.52 y una absorción de 3.07%.

El agregado grueso de la Mina Malca 3 (Catamayo - Loja) tiene una gravedad específica igual a 2.50 y una absorción de 2.09%.

2.2.13. Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

El agregado fino de la Mina Malca 4 (Catamayo - Loja) tiene una gravedad específica igual a 2.52 y una absorción de 2.90%.

El agregado grueso de la Mina Malca 4 (Catamayo - Loja) tiene una gravedad específica igual a 2.50 y una absorción de 2.12%.

2.2.14. Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

El agregado fino de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez) tiene una gravedad específica igual a 2.52 y una absorción de 3.55%.

El agregado grueso de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez) tiene una gravedad específica igual a 2.61 y una absorción de 1.86%

2.3. Contenido orgánico.

2.3.1. Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

Se observa que esta el color N° 2 lo que debe interpretarse que la arena puede ser utilizada para concreto o morteros.

2.3.2. Mina Vargas Soria (Baños)

El valor en la escala da como resultado el No. 2, lo cual es aceptable ya que la especificación indica que puede resultar el color hasta el No. 3.

2.3.3. Mina Mulaló (Cotopaxi)

No se realizó el ensayo

2.3.4. Mina La China (Quevedo)

El valor en la escala da como resultado el No. 3, lo cual es aceptable ya que la especificación indica que puede resultar el color hasta el No. 3.

2.3.5. Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

No se realizó el ensayo

2.3.6. Mina Compañía Jhv (Tena)

El valor en la escala da como resultado el No. 3, lo cual es aceptable ya que la especificación indica que puede resultar el color hasta el No. 3.

2.3.7. Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

El valor en la escala da como resultado el No. 1, lo cual es aceptable ya que la especificación indica que puede resultar el color hasta el No. 3.

2.3.8. Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

El valor en la escala da como resultado el No. 1, lo cual es aceptable ya que la especificación indica que puede resultar el color hasta el No. 3.

2.3.9. Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

No se realizó el ensayo

2.3.10. Mina Del Coca (Coca- Orellana)

No se realizó el ensayo

2.3.11. Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

Se observa que esta el color N° 2 lo que debe interpretarse que la arena puede ser utilizada para concreto o morteros.

2.3.12. Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Se observa que esta el color N° 2 lo que debe interpretarse que la arena puede ser utilizada para concreto o morteros.

2.3.13. Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Se observa que esta el color N° 3 lo que debe interpretarse que la arena puede ser utilizada para concreto o morteros

2.3.14. Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Se observa que esta el color N° 2 lo que debe interpretarse que la arena puede ser utilizada para concreto o morteros

2.4. Terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en los agregados.

Mediante este ensayo se determina la cantidad aproximada de terrones de arcilla y partículas friables que se encuentran en el agregado, ya que al estar en contacto con el material pueden ser perjudiciales en su resistencia por reaccionar químicamente al envolver al agregado, a continuación, se indican los resultados obtenidos en cada mina

de estudio a excepción de las minas Malca 4 y Malca 3, en las cuales no se realizó el ensayo:

Tabla 220. Terrones de Arcilla, Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.3	0.3

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 221. Terrones de Arcilla, Mina Vargas Soria (Baños)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
3.90	4.94

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 222. Terrones de Arcilla, Mina Mulaló (Cotopaxi)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.50	0.18

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 223. Terrones de Arcilla, Mina La China (Quevedo)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
1.40	1.20

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 224. Terrones de Arcilla, Mina Wiliselzu Cia. Ltda. (Puyo, Pastaza)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.698	0.698

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 225. Terrones de Arcilla, Mina Compañía Jhv (Tena)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.547	0.547

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 226. Terrones de Arcilla, Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.48	1.80

Fuente: (Urquizo, 2019)

Tabla 227. Terrones de Arcilla, Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
5.50	5.00

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 228. Terrones de Arcilla, Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.21	0.21

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 229. Terrones de Arcilla, Mina Del Coca (Coca- Orellana)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.25	0.25

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 230. Terrones de Arcilla, Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
0.24	0.24

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 231. Terrones de Arcilla, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Agregado grueso	Agregado fino
% Total terrones - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
1,3	1,1

Fuente: (Tafur, 2020)

2.5. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos (sulfato de sodio y de magnesio).

Mediante el ensayo DESGASTE DE LOS AGREGADOS SUJETOS A LA ACCIÓN DE SULFATOS “ASTM C-8”. se determina el porcentaje de desgaste que se encuentran sometidos los materiales, ya que los sulfatos se encuentran generalmente en agentes naturales como el agua y en el aire provoca que el material sufra el deterioro, así como la pérdida de propiedades del material. A continuación, se indican los resultados obtenidos en cada mina de estudio:

Tabla 232. Desgaste por Sulfatos, Mina Punto Azul (Ibarra-Imbabura)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
8.00	6.00

Fuente: (Coronel, 2019)

Tabla 233. Desgaste por Sulfatos, Mina Vargas Soria (Baños)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
5.00	5.00

Fuente: (Vaca, 2019)

Tabla 234. Desgaste por Sulfatos, Mina Mulaló (Cotopaxi)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)

6.20

7.53

Fuente: (Alvarado, 2019)

Tabla 235. Desgaste por Sulfatos, Mina La China (Quevedo)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
28.50	50.22

Fuente: (Zambrano, 2019)

Tabla 236. Desgaste por Sulfatos, mina Wiliselzu cia. Ltda. (puyo, Pastaza)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
6.06	0.81

Fuente: (Ocaña, 2019)

Tabla 237. Desgaste por Sulfatos, Mina Compañía Jhv (Tena)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
14.90	17.70

Fuente: (Pazmiño , 2019)

Tabla 238. Desgaste por Sulfatos, Cantera San Joaquín (Provincia De Cotopaxi, Sector Santa Rita)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
16.62	21.49

Fuente: (Urquizo, 2019)

Tabla 239. Desgaste por Sulfatos, Mina San Luis Cananvalle (Tabacundo)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
25.41	29.92

Fuente: (Alvear, 2019)

Tabla 240. Desgaste por Sulfatos, Mina De Macas (Macas – Morona Santiago)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
2.75	6.52

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 241. Desgaste por Sulfatos, Mina Del Coca (Coca- Orellana)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
4.00	7.59

Fuente: (Cox & Gomez, 2019)

Tabla 242. Desgaste por Sulfatos, Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
5.00	6.00

Fuente: (Rios, 2019)

Tabla 243. Desgaste por Sulfatos, Mina Malca 3 (Catamayo - Loja)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)

5.70

14.90

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 244. Desgaste por Sulfatos, Mina Malca 4 (Catamayo - Loja)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Desgaste total - agregado fino (%)
5.90	15.20

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)

Tabla 245. Desgaste por Sulfatos, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramírez)

Agregado grueso	Agregado fino
% Desgaste total - agregado grueso (%)	% Total terrones - agregado fino (%)
2.69	3.93

Fuente: (Palacios & Panchi, 2019)