



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**  
**DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN.”**

---

**AUTORA:** Lissette Lilian Veintimilla Quinatoa

**TUTORA:** Ing. M.Sc. Betzabeth Jessenia Suquillo Ronquillo

**AMBATO - ECUADOR**

**Agosto - 2021**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutora del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN”**, elaborado por la **Srta. Lissette Lilian Veintimilla Quinatoa**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I 1804357547, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

.....

**Ing. M. Sc. Betzabeth Jessenia Suquillo Ronquillo**

**TUTORA**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Lisette Lilian Veintimilla Quinatoa**, con C.I. 1804357547 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN”**, así como también las tablas, gráficos, análisis, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



.....  
**Veintimilla Quinatoa Lisette Lilian**

**C.I. 180435754 -7**

**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto 2021



.....  
**Veintimilla Quinatoa Lissette Lilian**

**C.I. 180435754 -7**

**AUTORA**

## APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros de Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Lissette Lilian Veintimilla Quinatoa de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

.....  
Ing. Mg. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre  
**Miembro calificador**

.....  
Ing. Mg. Jorge Washintong Cevallos Cabrera  
**Miembro calificador**

## **DEDICATORIA**

*A mis queridos padres, quienes siempre han estado a mi lado siendo mi apoyo incondicional y mi guía.*

*A mis hermanas que han soportado mis altos niveles de estrés cuando algo no me salía bien. Gracias por darme siempre un empujón cuando creía que ya no podía más.*

*A mi familia en general por estar siempre conmigo en los momentos de alegría y tristeza.*

*Todos ustedes han sido mi inspiración y motivo para seguir adelante.*

*Los quiero mucho.*

***Lissette Veintimilla***

## AGRADECIMIENTO

*Cuando empecé a escribir estas líneas quería que fuera algo memorable y creí que redactarlo sería fácil, pero no fue así.*

*Sin duda alguna el ítem de “Agradecimientos” es la parte más complicada, porque es difícil querer condensar en unas pocas líneas lo profundamente agradecida que me encuentro con todas aquellas personas que hicieron posible que el proyecto culmine exitosamente.*

*Y es que he tenido la suerte de rodearme de personas que con su paciencia, consejos, ánimos, dedicación y conocimientos me han guiado en el desarrollo de este proyecto.*

*No me queda más que decirles de todo corazón*

**GRACIAS.**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|   |           |
|---|-----------|
| CERTIFICACIÓN .....                                     | ii        |
| AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....                        | iii       |
| DERECHOS DE AUTOR .....                                 | iv        |
| APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO .....                      | v         |
| DEDICATORIA .....                                       | vi        |
| AGRADECIMIENTO .....                                    | vii       |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....                      | viii      |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                   | xi        |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                  | xv        |
| RESUMEN.....  | xvii      |
| ABSTRACT .....  | xviii     |
| <b>CAPITULO I- MARCO TEÓRICO .....</b>                  | <b>1</b>  |
| 1.1 Antecedentes Investigativos .....                   | 1         |
| 1.1.1 Antecedentes .....                                | 1         |
| 1.1.2 Justificación.....                                | 3         |
| 1.1.3 Fundamentación teórica .....                      | 4         |
| <b>1.1.3.1 La Radiactividad .....</b>                   | <b>4</b>  |
| <b>1.1.3.2 Magnitudes y unidades de radiación .....</b> | <b>6</b>  |
| <b>1.1.3.3 El Radón .....</b>                           | <b>7</b>  |
| <b>1.1.3.4 El gas radón y la salud .....</b>            | <b>7</b>  |
| <b>1.1.3.5 Fuentes generadoras de radón.....</b>        | <b>8</b>  |
| <b>1.1.3.6 Movilidad y transporte del Rn-222.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>1.1.3.7 Emanación de Rn-222 .....</b>                | <b>10</b> |
| <b>1.1.3.8 Concentración de radón Rn-222.....</b>       | <b>11</b> |
| <b>1.1.3.9 Exhalación de radón Rn-222.....</b>          | <b>11</b> |
| 1.1.4 Hipótesis.....                                    | 15        |
| <b>1.2 OBJETIVOS .....</b>                              | <b>15</b> |
| 1.2.1 Objetivo General.....                             | 15        |
| 1.2.2 Objetivos Específicos.....                        | 15        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPITULO II.- METODOLOGÍA.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.1 Materiales y Equipos .....</b>   | <b>16</b> |
| 2.1.1 Materiales.....   | 16        |
| 2.1.2 Equipo.....   | 16        |
| 2.1.2.1 Detector Pylon AB7.....   | 16        |
| 2.1.2.1 Cámara de Vidrio.....   | 17        |
| 2.1.2.3 Maquina de los Ángeles.....   | 17        |
| 2.1.2.4 Permeámetro de carga constante.....                                       | 18        |
| <b>2.2 Métodos .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>2.2.1 Plan de Recolección de Datos .....</b>                                   | <b>19</b> |
| 2.2.1.1 Muestreo de suelos.....   | 19        |
| 2.2.1.2 Descripción de las áreas mineras en estudio.....                          | 24        |
| 2.2.1.2.1 Cantera Kumochi.....  | 24        |
| 2.2.1.2.2 Mina Mora.....  | 26        |
| 2.2.1.2.3 Cantera Puerta del Sol.....   | 28        |
| <b>2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de información .....</b>                | <b>29</b> |
| 2.2.2.1 Contenido de humedad.....   | 30        |
| 2.2.2.2 Gravedad Específica y Capacidad de absorción de los agregados.....        | 31        |
| 2.2.2.3 Análisis Granulométrico.....  | 32        |
| 2.2.2.4 Densidad Aparente de los agregados.....                                   | 35        |
| 2.2.2.4.1 Densidad Aparente Suelta de los agregados.....                          | 36        |
| 2.2.2.4.2 Densidad Aparente Compactada de los agregados.....                      | 37        |
| 2.2.2.4.3 Densidad Aparente compactada de la mezcla.....                          | 38        |
| 2.2.2.5 Permeabilidad.....  | 38        |
| 2.2.2.6 Resistencia a la abrasión.....  | 39        |
| 2.2.2.7 Método de la Cámara Cerrada.....  | 40        |
| <b>CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                | <b>42</b> |
| <b>3.1 Análisis y discusión de los resultados .....</b>                           | <b>42</b> |
| 3.1.1 Áreas mineras en estudio.....   | 42        |
| 3.1.2 Propiedades físicas de los agregados.....                                   | 43        |
| 3.1.2.1 Contenido de humedad.....   | 43        |
| 3.1.2.2 Permeabilidad de los agregados.....                                       | 45        |
| 3.1.2.3 Análisis Granulométrico.....  | 47        |
| 3.1.2.4 Gravedad Específica y Capacidad de absorción de los agregados.....        | 59        |
| 3.1.3 Propiedades mecánicas de los agregados para la elaboración de hormigón..... | 62        |
| 3.1.3.2 Resistencia a la abrasión.....  | 63        |

|  |   |            |
|--|---|------------|
| 3.1.2.2  | Densidad real del cemento.....  | 64         |
| 3.1.3.3  | Densidad aparente de los agregados.....   | 65         |
| 3.1.4  | Resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....                                   | 80         |
| 3.1.5  | Dosificación de hormigón – Método de la densidad óptima.....  | 81         |
| 3.1.6  | Resultados de la tasa de exhalación superficial de radón desde los agregados pétreos y el hormigón..... | 85         |
| 3.1.7  | Concentración Indoor de gas radón Rn-222.....   | 92         |
| 3.1.8  | Dosis efectiva anual por inhalación.....  | 96         |
| 3.1.9  | Estimación de las propiedades físicas de los agregados y el gas radón.....                              | 98         |
| 3.1.10   | Mapas de exposición al Radón-222 de las concesiones mineras en estudio .....                            | 100        |
| <b>3.2</b>   | <b>Verificación de hipótesis.....</b>   | <b>100</b> |
| <b>CAPITULO IV.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> |   | <b>102</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Conclusiones.....</b>  | <b>102</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Recomendaciones.....</b>   | <b>105</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                 |   | <b>106</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                       |   | <b>112</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1:</b> Niveles Ambientales máximos recomendados por distintos organismos.....           | 8  |
| <b>Tabla 2:</b> Concentración de uranio en función del tipo de roca .....                        | 9  |
| <b>Tabla 3:</b> Contenido de Radio (Ra-226) en los materiales de construcción.....               | 9  |
| <b>Tabla 4:</b> Comparativa de tasa de exhalación de diferentes materiales de construcción ..... | 14 |
| <b>Tabla 5:</b> Puntos de extracción de las muestras de los agregados pétreos .....              | 21 |
| <b>Tabla 6:</b> Coordenadas UTM-Mina Mora .....  | 27 |
| <b>Tabla 7:</b> Ensayos -Propiedades del Material.....   | 29 |
| <b>Tabla 8:</b> Límites especificados para agregado fino.....                                    | 33 |
| <b>Tabla 9:</b> Límites especificados para agregado grueso .....                                 | 33 |
| <b>Tabla 10:</b> Características de las canteras en estudio .....                                | 42 |
| <b>Tabla 11:</b> Contenido de humedad – Resumen Canteras .....                                   | 43 |
| <b>Tabla 12:</b> Permeabilidad – Resumen Canteras .....  | 45 |
| <b>Tabla 13:</b> Granulometría – Kumochi - Ripio PCA 1 .....                                     | 47 |
| <b>Tabla 14:</b> Granulometría – Kumochi - Ripio Stock 1 .....                                   | 48 |
| <b>Tabla 15:</b> Granulometría – Kumochi – Arena PCA 1.....                                      | 49 |
| <b>Tabla 16:</b> Granulometría – Kumochi – Arena Stock 1 .....                                   | 50 |
| <b>Tabla 17:</b> Granulometría – Puerta del Sol – Ripio PCA 2.....                               | 51 |
| <b>Tabla 18:</b> Granulometría – Puerta del Sol – Ripio Stock 2.....                             | 52 |
| <b>Tabla 19:</b> Granulometría – Puerta del Sol – Arena PCA 2.....                               | 53 |
| <b>Tabla 20:</b> Granulometría – Puerta del Sol – Arena Stock 2.....                             | 54 |
| <b>Tabla 21:</b> Granulometría – Mina Mora – Ripio PCA 3 .....                                   | 55 |
| <b>Tabla 22:</b> Granulometría – Mina Mora – Ripio Stock 3.....                                  | 56 |
| <b>Tabla 23:</b> Granulometría – Mina Mora – Arena PCA 3 .....                                   | 57 |
| <b>Tabla 24:</b> Granulometría – Mina Mora – Arena Stock 3 .....                                 | 58 |
| <b>Tabla 25:</b> Densidad Real y Capacidad de absorción de los agregados – Resumen Canteras..... | 59 |
| <b>Tabla 26:</b> Resistencia a la abrasión -Agregado grueso - Resumen Canteras .....             | 63 |
| <b>Tabla 27:</b> Densidad real del cemento.....  | 64 |
| <b>Tabla 28:</b> Densidad Aparente suelta y compactada – Kumochi – PCA 1.....                    | 65 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 29:</b> Densidad Aparente Compactada - mezcla – Kumochi – PCA 1 .....   | 66  |
| <b>Tabla 30:</b> Densidad Aparente suelta y compactada – Kumochi – Stock 1 .....   | 68  |
| <b>Tabla 31:</b> Densidad Aparente Compactada - mezcla – Kumochi – Stock 1 .....   | 69  |
| <b>Tabla 32:</b> Densidad Aparente suelta y compactada– Puerta del Sol – PCA 2.....  | 70  |
| <b>Tabla 33:</b> Densidad Aparente Compactada - mezcla – Puerta del Sol – PCA 2.....   | 71  |
| <b>Tabla 34:</b> Densidad Aparente suelta y compactada – Puerta del Sol – Stock 2.....                                       | 73  |
| <b>Tabla 35:</b> Densidad Aparente Compactada - mezcla – Puerta del Sol – Stock 2 .....                                      | 74  |
| <b>Tabla 36:</b> Densidad Aparente Suelta y Compactada –Mina Mora- PCA 3 .....   | 75  |
| <b>Tabla 37:</b> Densidad Aparente Compactada - mezcla –Mina Mora-PCA 3.....   | 76  |
| <b>Tabla 38:</b> Densidad Aparente Suelta y Compactada –Mina Mora-Stock 3 .....  | 78  |
| <b>Tabla 39:</b> Densidad Aparente Compactada - mezcla –Mina Mora-Stock 3 .....  | 79  |
| <b>Tabla 40:</b> Ensayos - Resumen de Resultados – Canteras.....   | 80  |
| <b>Tabla 41:</b> Nomenclatura empleada en la dosificación de hormigón.....   | 81  |
| <b>Tabla 42:</b> Dosificación de hormigón con agregados – STOCK 1 – Kumochi.....   | 82  |
| <b>Tabla 43:</b> Dosificación de hormigones con agregados – STOCK2 – Puerta del Sol  | 83  |
| <b>Tabla 44:</b> Dosificación de hormigón con agregados – STOCK 3 – Mina Mora .....  | 84  |
| <b>Tabla 45:</b> Nomenclatura - Cálculo de la tasa de exhalación superficial de radón ....                                   | 86  |
| <b>Tabla 46:</b> Tasa de exhalación superficial de radón – Kumochi- Arena Stock 1.....                                       | 86  |
| <b>Tabla 47:</b> Tasa de exhalación superficial de radón – Kumochi- Ripio Stock 1.....                                       | 87  |
| <b>Tabla 48:</b> Tasa de exhalación superficial de radón – Puerta del Sol- Arena Stock 2                                     | 87  |
| <b>Tabla 49:</b> Tasa de exhalación superficial de radón – Puerta del Sol- Ripio Stock 2                                     | 88  |
| <b>Tabla 50:</b> Tasa de exhalación superficial de radón – Mina Mora- Arena Stock 3....                                      | 88  |
| <b>Tabla 51:</b> Tasa de exhalación superficial de radón – Mina Mora- Ripio Stock 3....                                      | 89  |
| <b>Tabla 52:</b> Tasa de exhalación superficial – Probeta de hormigón – Kumochi .....  | 89  |
| <b>Tabla 53:</b> Tasa de exhalación superficial – Probeta de hormigón – Puerta del Sol..                                     | 90  |
| <b>Tabla 54:</b> Tasa de exhalación superficial – Probeta de hormigón – Mina Mora .....                                      | 90  |
| <b>Tabla 55:</b> Resultados de la tasa de exhalación superficial de muestras en estudio..                                    | 91  |
| <b>Tabla 56:</b> Resultados de Concentración Indoor de radón debido al aporte desde los agregados pétreos y el hormigón..... | 96  |
| <b>Tabla 57:</b> Dosis efectiva anual por inhalación de radón – Construcción en estudio                                      | 97  |
| <b>Tabla 58:</b> Resultados de los ensayos realizados a los agregados pétreos y el radón - Canteras.....                     | 99  |
| <b>Tabla 59:</b> Contenido de humedad – Kumochi – Ripio PCA 1.....   | 128 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 60:</b> Contenido de humedad – Kumochi – Ripio Stock 1 .....                          | 128 |
| <b>Tabla 61:</b> Contenido de humedad – Kumochi – Arena PCA 1 .....                            | 129 |
| <b>Tabla 62:</b> Contenido de humedad – Kumochi – Arena Stock 1 .....                          | 129 |
| <b>Tabla 63:</b> Contenido de humedad – Puerta de Sol – Ripio PCA 2 .....                      | 130 |
| <b>Tabla 64:</b> Contenido de humedad – Puerta de Sol – Ripio Stock 2 .....                    | 130 |
| <b>Tabla 65:</b> Contenido de humedad – Puerta de Sol – Arena PCA 2 .....                      | 131 |
| <b>Tabla 66:</b> Contenido de humedad – Puerta de Sol – Arena Stock 2 .....                    | 131 |
| <b>Tabla 67:</b> Contenido de humedad – Mina Mora – Ripio PCA 3 .....                          | 132 |
| <b>Tabla 68:</b> Contenido de humedad – Mina Mora – Ripio Stock 3 .....                        | 132 |
| <b>Tabla 69:</b> Contenido de humedad – Mina Mora – Arena PCA 3 .....                          | 133 |
| <b>Tabla 70:</b> Contenido de humedad – Mina Mora – Arena Stock 3 .....                        | 133 |
| <b>Tabla 71:</b> Permeabilidad – Kumochi – Ripio PCA 1 .....                                   | 134 |
| <b>Tabla 72:</b> Permeabilidad – Kumochi – Ripio Stock 1 .....                                 | 134 |
| <b>Tabla 73:</b> Permeabilidad – Kumochi – Arena PCA 1 .....                                   | 135 |
| <b>Tabla 74:</b> Permeabilidad – Kumochi – Arena Stock 1 .....                                 | 135 |
| <b>Tabla 75:</b> Permeabilidad – Puerta de Sol – Ripio PCA 2 .....                             | 136 |
| <b>Tabla 76:</b> Permeabilidad – Puerta de Sol – Ripio Stock 2 .....                           | 136 |
| <b>Tabla 77:</b> Permeabilidad – Puerta de Sol – Arena PCA 2 .....                             | 137 |
| <b>Tabla 78:</b> Permeabilidad – Puerta de Sol – Arena Stock 2 .....                           | 137 |
| <b>Tabla 79:</b> Permeabilidad – Mina Mora – Ripio PCA 3 .....                                 | 138 |
| <b>Tabla 80:</b> Permeabilidad – Mina Mora – Ripio Stock 3 .....                               | 138 |
| <b>Tabla 81:</b> Permeabilidad – Mina Mora – Arena PCA 3 .....                                 | 139 |
| <b>Tabla 82:</b> Permeabilidad – Mina Mora – Arena Stock 3 .....                               | 139 |
| <b>Tabla 83:</b> Densidad real y Capacidad de absorción – Kumochi – Ripio PCA 1 .....          | 140 |
| <b>Tabla 84:</b> Densidad real y capacidad de absorción – Kumochi – Ripio Stock 1 .....        | 141 |
| <b>Tabla 85:</b> Densidad real y capacidad de absorción – Kumochi – Arena PCA 1 .....          | 142 |
| <b>Tabla 86:</b> Densidad real y capacidad de absorción – Kumochi – Arena Stock 1 .....        | 143 |
| <b>Tabla 87:</b> Densidad real y capacidad de absorción – Puerta del Sol – Ripio PCA 2 .....   | 144 |
| <b>Tabla 88:</b> Densidad real y capacidad de absorción – Puerta del Sol – Ripio Stock 2 ..... | 145 |
| <b>Tabla 89:</b> Densidad real y capacidad de absorción – Puerta del Sol – Arena PCA 2 .....   | 146 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 90:</b> Densidad real y Capacidad de absorción – Puerta de Sol – Arena Stock 2 ..... | 147 |
| <b>Tabla 91:</b> Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Ripio PCA 3 .           | 148 |
| <b>Tabla 92:</b> Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Ripio Stock 3           | 149 |
| <b>Tabla 93:</b> Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Arena PCA 3             | 150 |
| <b>Tabla 94:</b> Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Arena Stock 3           | 151 |
| <b>Tabla 95:</b> Resistencia al desgaste – Kumochi – Ripio PCA 1 .....                        | 152 |
| <b>Tabla 96:</b> Resistencia al desgaste – Kumochi – Ripio Stock 1 .....                      | 152 |
| <b>Tabla 97:</b> Resistencia al desgaste – Puerta de Sol – Ripio PCA 2.....                   | 153 |
| <b>Tabla 98:</b> Resistencia al desgaste – Puerta de Sol – Ripio Stock 2 .....                | 153 |
| <b>Tabla 99:</b> Resistencia al desgaste – Mina Mora – Ripio PCA 3 .....                      | 154 |
| <b>Tabla 100:</b> Resistencia al desgaste – Mina Mora – Ripio Stock 3.....                    | 154 |
| <b>Tabla 101:</b> Dosificación de hormigón con agregados – PCA 1 – Kumochi .....              | 155 |
| <b>Tabla 102:</b> Dosificación de hormigón con agregados – PCA 2 – Puerta de Sol.....         | 156 |
| <b>Tabla 103:</b> Dosificación de hormigón con agregados – PCA 3 – Mina Mora.....             | 157 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Capacidad de penetración en la materia de los distintos tipos de radiación  | 5  |
| <b>Figura 2:</b> Contribución de las distintas fuentes de exposición, de origen natural y artificial, a la dosis recibida por la población ..... | 5  |
| <b>Figura 3:</b> Proceso de liberación del radón a la atmósfera.....   | 11 |
| <b>Figura 4:</b> Professional Electronic Pylon AB7.....  | 17 |
| <b>Figura 5:</b> Cámara hermética de vidrio .....  | 17 |
| <b>Figura 6:</b> Máquina de los ángeles .....  | 18 |
| <b>Figura 7:</b> Permeámetro de carga constante.....   | 19 |
| <b>Figura 8:</b> Puntos de muestreo – Kumochi.....   | 21 |
| <b>Figura 9:</b> Puntos de muestreo– Puerta del Sol .....  | 22 |
| <b>Figura 10:</b> Puntos de muestreo– Mina Mora .....  | 22 |
| <b>Figura 11:</b> Excavación PCA a 1m de profundidad -Mina Mora.....   | 23 |
| <b>Figura 12:</b> Material en Stock – Mina Mora .....  | 23 |
| <b>Figura 13:</b> Conservación de las muestras para el análisis de radón.....  | 24 |
| <b>Figura 14:</b> Ubicación - Concesión Minera Kumochi.....  | 25 |
| <b>Figura 15:</b> Concesión Minera “Mina Mora” .....   | 26 |
| <b>Figura 16:</b> Área Minera Puerta del Sol .....   | 28 |
| <b>Figura 17:</b> Contenido de humedad.....  | 31 |
| <b>Figura 18:</b> Granulometría del agregado fino.....   | 34 |
| <b>Figura 19:</b> Granulometría del agregado grueso .....  | 35 |
| <b>Figura 20:</b> Densidad Aparente Suelta de los agregados .....  | 36 |
| <b>Figura 21:</b> Densidad Aparente Compactada de los agregados .....  | 37 |
| <b>Figura 22:</b> Densidad Aparente Compactada de la mezcla .....  | 38 |
| <b>Figura 23:</b> Concentración de gas radón dentro de la cámara cerrada - Ripio – Puerta del Sol.....   | 41 |
| <b>Figura 24:</b> Contenido de humedad – Agregado fino - Canteras .....  | 43 |
| <b>Figura 25:</b> Contenido de humedad – Agregado grueso – Canteras .....  | 44 |
| <b>Figura 26:</b> Permeabilidad -Agregado fino -Resumen Canteras.....  | 46 |
| <b>Figura 27:</b> Permeabilidad - Agregado grueso - Resumen Canteras.....  | 46 |
| <b>Figura 28:</b> Densidad real - Agregado grueso - Resumen Canteras.....  | 60 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 29:</b> Densidad real -Agregado fino -Resumen Canteras .....                     | 60 |
| <b>Figura 30:</b> Capacidad de absorción del agregado grueso – Resumen Canteras.....       | 61 |
| <b>Figura 31:</b> Capacidad de absorción del agregado fino – Resumen Canteras.....         | 62 |
| <b>Figura 32:</b> Resistencia a la abrasión – Agregado Grueso – Resumen Canteras .....     | 63 |
| <b>Figura 33:</b> Resultados de la tasa de exhalación superficial de radón – Agregados ..  | 91 |
| <b>Figura 34:</b> Tasa de exhalación superficial de radón – Cilindros de hormigón .....    | 92 |
| <b>Figura 35:</b> Implantación de la edificación en estudio .....                          | 94 |
| <b>Figura 36:</b> Distribución arquitectónica – planta baja - edificación en estudio ..... | 94 |



## RESUMEN

El presente proyecto analiza las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos de tres áreas mineras: Kumochi, Puerta del Sol y Mina Mora. Cuyo propósito radica en evaluar la calidad de los agregados para la fabricación del hormigón y determinar la tasa de exhalación y concentración indoor de radón.

Se utilizó el Método de Cámara Cerrada para evaluar la tasa de exhalación de radón de los materiales. La configuración experimental consistió en una cámara de vidrio templado de 125 litros y un detector de centelleo (Celda de Lucas) en interfaz con el monitor Pylon AB7.

Adicional para verificar si los niveles de concentración indoor debido al aporte de gas radón-222 desde los agregados pétreos y del hormigón representan un riesgo para la salud de sus ocupantes, se realizó la propuesta de un proyecto de vivienda que debido a su nivel reducido de ventilación se verá más propenso a la presencia de elevados niveles de este gas.

Los datos reportaron que la concentración y la dosis efectiva anual para todas las muestras no sobrepasan los 300 Bq por metro cúbico y 1,1 mSv por año respectivamente, siendo valores de referencia recomendados por la UNSCEAR y otros organismos internacionales.

Finalmente, con los resultados obtenidos se elaboró un mapa de exposición al radón en el cual se detallan los valores de exhalación, contribución a la concentración indoor y dosis efectiva anual de los agregados pétreos recolectados en las tres áreas mineras.

**Palabras claves:** Tasa de exhalación, concentración indoor, dosis efectiva, miliSievert, Bequerelio.

## ABSTRACT

The present draft analyses the physical and mechanical properties of the quarried aggregates from three mining areas: Kumochi, Puerta del Sol and Mina Mora. Whose purpose is to evaluate the quality of aggregates for concrete manufacturing and determine the radon exhalation rate of it and indoor concentration of radon.

The Closed Chamber Method was used to assess the radon exhalation rate of the materials. The experimental configuration consisted of a 125-liter tempered glass chamber and a scintillation detector (Lucas Cell) in interface with the Pylon AB7 monitor.

Additional to verify whether the levels of concentration indoor, due to contribution of radon -222 gas from quarried aggregate and concrete represent a risk to the health of its occupants, it has been made the proposal of a Housing Project, that due to its reduced level of ventilation it will be prone to present high levels of this gas.

The data reported that the anual concentration and effective dose for all samples do not exceed 300 Bq per cubic meter and 1.1 mSv per year respectively, being it reference values recommended by the UNSCEAR and other international organizations bodies.

Finally, with the results obtained, a radon exposure map was developed in which details the exhalation values, contribution to the indoor concentration and annual effective dose of the quarried aggregates collected in the three mining areas.

**Keywords:** exhalation rate, indoor concentration, effective doce, miliSievert, Bequerelio.

## CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

Piedecausa en 2011 en su artículo sobre “Radiactividad natural en los materiales de construcción”, menciona que gran parte de las rocas existentes en la tierra contienen uranio (U), por lo tanto, se encontrará radio (Ra) y debido a su desintegración radiactiva se producirá el gas radón (Rn-222). [1]

En el 2006, Quintana, Serdeiro, Fernández y Ciallella, en su estudio denominado “Estudio del Impacto Radiológico de los Materiales de Construcción en Argentina”, Investigaron cuales son los materiales más usados de la región con el fin de medir la cantidad de Radio, Thorio y Potasio existentes en las muestras. Los materiales en estudio fueron: Cemento: los cuales provenían de 3 empresas líderes en el mercado de la construcción; Yesos: mismos que procedían de diferentes canteras de la zona y las arenas que fueron extraídas del Rio Paraná Guazú y de canteras de las provincias de Salta y Catamarca. Las muestras se secaron y trituraron con la finalidad de obtener una granulometría uniforme (150 gr aproximadamente). Posteriormente se las colocó en recipientes plásticos de 7cm de diámetro y 4cm de altura, durante un periodo de 21 días procurando permitir un equilibrio a las hijas del radón y poder medirlas. Se utilizó la técnica de espectrometría gamma directa con un detector coaxial de germanio de alta pureza GeHp coaxial, con 60% de eficiencia. Concluyendo que la cantidad de Radio presente en las muestras de arena de canteras son 45,8 Bq/Kg, superiores que las muestras de arenas de rio cuyo valor fue de 5,1 Bq/Kg. Sin embargo, los resultados se encuentran dentro de los límites permitidos según la Unión Europea en su informe Radiation Protection 112 de 40 Bq/Kg en concentraciones normales y 240 Bq/Kg concentraciones máximas. En el caso del cemento y yeso los niveles de concentración también están dentro de los límites. [2]

En el 2014, Shoeib y Thabayneh en su artículo “Assessment of natural radiation exposure and radón exhalation rate in various samples of Egyptian building material”, Analiza muestras de materiales de construcción más usados en Egipto como: yeso, cemento, cal, arena, bloques de cemento, gypsum, granito y cerámica, con el propósito de determinar los niveles de concentración de Ra, Th, K y la relación con la concentración de radón. La técnica empleada para medir dichos niveles fue mediante la espectroscopia gamma basado en un detector de germanio de alta pureza con una eficiencia de 40%. En el caso del radón se empleó la técnica pasiva LR-115. Dicho estudio concluyó que las concentraciones de radio en la arena, así como el nivel de radón están relacionadas ya que, si existe mayor cantidad de radio, la producción de radón será también alta. En este caso los niveles son normales y se encuentra dentro de los niveles establecidos por normas internacionales. [3]

Los métodos de medición de gas radón mencionados anteriormente son efectivos, pero el periodo de muestreo es largo por lo que para optimizar el tiempo y obtener resultados igual de confiables existe el Método de Cámara Cerrada.

Damaris Hidrovo en su investigación en 2019, sobre “Determinación del coeficiente de exhalación másico de los materiales de construcción más usados en el cantón Riobamba”, explica que la técnica utilizada fue la denominada Cámara Cerrada, que consiste en introducir la muestra en una cámara de vidrio por tres días aproximadamente y empleando un detector activo se puede determinar el nivel de concentración de radón dentro de la cámara. Producto de esta investigación se concluye que los materiales en estudio eran ladrillos, bloque, hormigón armado, granito, cuyas concentraciones eran bajas y a partir de este dato se logró calcular la tasa de exhalación dando como resultado  $0.0024 \pm 0.0005$  [Bq/kg\*h],  $0.0253 \pm 0.009$  [Bq/kg\*h],  $0.088 \pm 0.009$  [Bq/kg\*h],  $0.0517 \pm 0.03$  [Bq/kg\*h] respectivamente. Además, los niveles de dosis efectiva de cada uno de los materiales se encuentran dentro de los límites permisibles de 1,1 mSv/año propuesto por el UNSCEAR. [4]

Debido a que las personas permanecen la mayor parte del tiempo en el interior de su domicilio aumenta la posibilidad de exposición al Rn-222, por lo que la medición de los niveles de concentración de radón en los agregados pétreos resulta esencial, puesto que tras cuantificar las concentraciones en estos elementos puede constituir el primer paso para evaluar los posibles riesgos radiológicos y su afectación en la salud. [5]

### 1.1.2 Justificación

La mayor parte de las obras de ingeniería como: iglesias, centros comerciales, instituciones educativas, viviendas, etc., son hechas de hormigón. Por lo cual el individuo se encuentra constantemente en contacto con estas.

Y al conocer que el hormigón es considerado como una piedra artificial constituida por arena, ripio, cemento y agua en proporciones adecuadas, donde los agregados constituyen la mayor parte del conjunto; he aquí la importancia de conocer la presencia de un gas radiactivo que exhalen de los mismos y su influencia en la construcción.

En los agregados pétreos empleados en la construcción existe la presencia de un gas imperceptible llamado radón (Rn-222). Éste es un gas radiactivo natural, emisor de partículas alfa, por lo tanto, resulta nocivo para la salud en especial si una persona se halla expuesta a altos niveles de concentración.

Las fuentes emisoras de radón son varias, pero entre las principales se puede mencionar: materiales de construcción, suelo y agua. Los materiales que usualmente son empleados para construir, provienen de elementos que existen en la corteza terrestre, mismos que pueden ser en menor o mayor grado radiactivos dependiendo de su lugar de procedencia. Razón por la cual, se estima que aproximadamente el 20% de la concentración total de radón en una vivienda, se atribuye a los materiales de construcción empleados.

Con el propósito de estudiar la presencia de este gas radiactivo y teniendo en cuenta que en el Ecuador ninguna normativa hace mención al efecto nocivo de este elemento en la calidad de vida de la población, se ha planteado el macro proyecto de investigación denominado “Evaluación de elementos radiactivos de la serie del Uranio 238 en el ambiente en pacientes con cáncer”, del cual se desprende el presente trabajo cuyo enfoque principal es determinar la concentración y exhalación de Rn-222 en los agregados pétreos de las canteras Kumochi, Mora, Puerta del Sol , estimadas como áreas mineras representativas de la ciudad de Ambato, las cuales para ser consideradas como tal , fueron previamente evaluadas en otro proyecto de investigación a cargo del Ingeniero Fabricio Chicaiza, en el cual tomó en cuenta factores como: temperatura , estructura geológica y población .

### 1.1.3 Fundamentación teórica

#### 1.1.3.1 La Radiactividad

A lo largo de todos los tiempos el ser humano se ha visto expuesto a radiación ya que esta se encuentra presente en todas partes: en el agua, suelo, alimentos, e incluso en nuestro propio organismo.

Radiación es toda aquella energía que se propaga en forma de onda a través del espacio y se clasifican en diversos grupos, destacando las radiaciones naturales, artificiales, ionizantes y no ionizantes.

**La radiación ionizante.** -Son partículas con una gran cantidad de energía capaz de modificar la estructura atómica del material con cual interactúan, mientras que la radiación no ionizante o de baja energía carece de tal capacidad. [6]

Las radiaciones ionizantes se clasifican en:

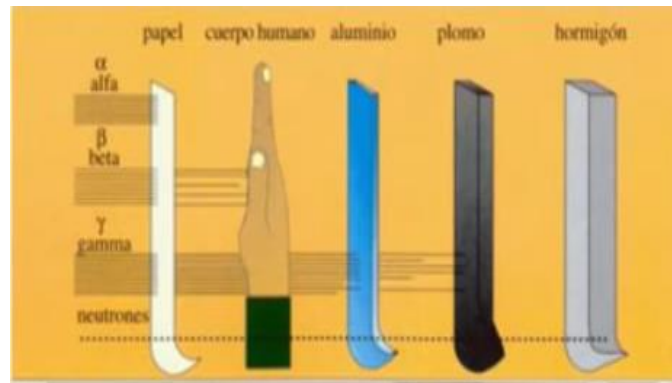
**Radiaciones alfa.** - Son de alta intensidad, pero poco penetrantes. Pueden ser detenidas por una hoja de papel

**Radiaciones Beta.** - Son menos intensas, aunque más penetrantes. Son absorbidas por láminas de vidrio, madera o metal.

**Radiaciones Gama.** - Es muy penetrante, capaz de atravesar el aluminio. Para ser detenido se requiere de espesores importantes de plomo u hormigón.

**Rayos cósmicos.** – Son aquellas que proceden del sol y el espacio exterior. La atmósfera actúa como un filtro protegiéndonos de sus efectos dañinos. Este tipo de radiación es capaz de atravesar láminas de plomo y para detener requiere de cantidades importantes de hormigón. [7]

**Figura 1:** Capacidad de penetración en la materia de los distintos tipos de radiación

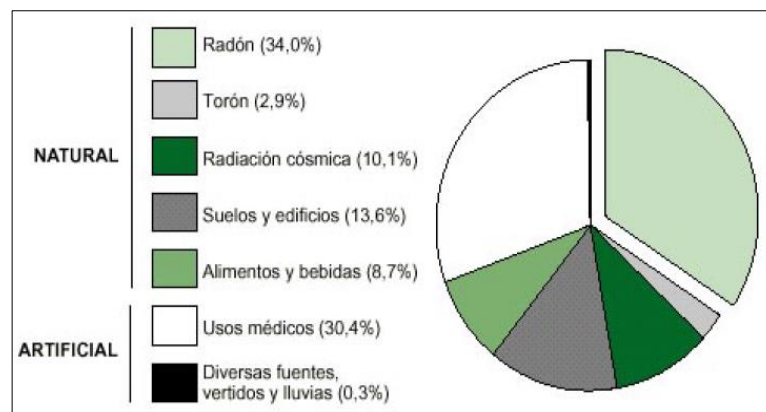


**Fuente:** [8]

**La radiación natural.** – Son aquellas radiaciones que se encuentran presentes en la naturaleza que nos rodea. Además, las tres cuartas partes de la radiactividad presente en el medio ambiente proceden de elementos naturales. [9]

Las radiaciones emitidas por los materiales de construcción se hallan dentro de las denominadas radiaciones naturales debido a que la materia prima proviene del suelo y de las rocas superficiales mismas que contienen cierta cantidad de elementos radiactivos como: uranio, torio y otros.

**Figura 2:** Contribución de las distintas fuentes de exposición, de origen natural y artificial, a la dosis recibida por la población



**Fuente:** [10]

La figura 2 muestra que la mayor fuente de exposición a la radiación natural se atribuye al gas radón que no solo puede afectar a los tejidos externos, sino que por inhalación puede ingresar al organismo y atacar a los tejidos sensibles. Por lo tanto, es necesario conocer que materiales constructivos podrían causar un aumento de la concentración de este gas al interior de la vivienda y de ser necesario limitar su uso. [2]

### 1.1.3.2 Magnitudes y unidades de radiación

**Actividad (A).** - Se refiere a la cantidad de partículas que emite una fuente radiactiva en función de un tiempo determinado. Su unidad de medida es el bequerel (Bq) y equivale a una desintegración por segundo. [11]

**Periodo de semidesintegración.** - Se define como el tiempo necesario para que la actividad de cualquier fuente radiactiva decaiga a la mitad de su valor inicial.

**Dosis absorbida (D).** - Es la cantidad de energía que absorbe un medio material por unidad de masa. La unidad de dosis es el Gray (Gy) que equivale a 1 J/Kg.

**Dosis equivalente.** - Cuantifica el potencial daño biológico producido en el ser humano a causa de diferentes tipos de radiación. Su unidad de medida es el Sievert (Sv). [12]

**Dosis efectiva.** - Se define como la suma ponderada de las diferentes dosis equivalentes en distintos órganos del cuerpo y su daño potencial debido a las radiaciones. La unidad de medida es el julio por kilogramo ( $J \cdot kg^{-1}$ ) y se le da el nombre de sievert (Sv). [9]



### **1.1.3.3 El Radón**

En el año de 1908 el gas radón (Rn-222) fue descubierto por Friedrich Ernst Dorn, definiéndolo como un gas imperceptible de origen natural, originado a partir de la desintegración radiactiva del radio-226, mismo que es producto de desintegración de la cadena del uranio-238, con un periodo de vida media corta debido a que tarda aproximadamente 3.82 días en desintegrarse.

Su presencia en el ambiente se atribuye a que el uranio se encuentra en los suelos y rocas que constituyen la corteza terrestre. Generalmente hallándolos en pequeñas proporciones denominándolo ppm (partes por millón). [13] [14]

### **1.1.3.4 El gas radón y la salud**

La principal afección del gas radón está relacionado con sus productos de desintegración (Po, Pb, Bi) y su radiactividad, puesto que se trata de un elemento que al desintegrarse libera partículas alfa, mismas que pueden ingresar al organismo mediante la inhalación y dañar a las células presentes, originando serios problemas de salud a nivel pulmonar. [15]

En una publicación del diario El PAÍS, informa que se están realizando mediciones de radón en los municipios de Colmenar Viejo – España, con el fin de conocer los niveles de radón existentes, puesto que de los 70 trabajadores del lugar se han detectado 10 casos de cáncer, esto debido a que se abriera una puerta cerrada desde 2003 y se encontrara una gran piedra de granito. Además, un funcionario de la Sede informó que había hecho una medición y el resultado obtenido fue de 790 Bequerelios. Y están permitidos 300 Bq/m<sup>3</sup>. [16]

Otra investigación realizada en Galicia – España por el profesor Alberto Ruano de la Universidad de Santiago de Compostela y otros profesionales de la Facultad de Medicina y del Laboratorio de Radón de Galicia, tenían como objetivo estimar la mortalidad por cáncer pulmonar que se produce por culpa de la exposición al radón. Y encontraron que la exposición a este gas se encuentra detrás del 7% de fallecimientos

en 2017. Este porcentaje es el más alto a nivel español. Por lo cual si no se toman acciones el porcentaje de muertes podrían duplicarse. Cabe recalcar que entre más cercana sea la construcción con el suelo el nivel de exposición al radón podría ser mayor. [17]

Por tal motivo algunos organismos internacionales como: La Agencia Internacional Para El Cáncer (AIRC), La Organización Mundial De La Salud (OMS), EURATOM, Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), establecen niveles de concentración ambientales máximos recomendados de exposición ante este gas radiactivo. [18]

**Tabla 1:** Niveles Ambientales máximos recomendados por distintos organismos

| Niveles ambientales máximos recomendados por distintos organismos |   |
|---|---|
| Fuente  | Nivel   |
| Real Decreto 783/2001   | 1.000 Bq/m <sup>3</sup>                       |
| Directiva 2013/59/EURATOM   | 300 Bq/m <sup>3</sup>                         |
| Health Canada <sup>12</sup> (desde 2007)                          | 200 Bq/m <sup>3</sup>                         |
| Organización Mundial de la Salud (desde 2009) <sup>2</sup>        | 100 Bq/m <sup>3</sup> - 300 Bq/m <sup>3</sup> |
| Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear <sup>20</sup>  | 300 Bq/m <sup>3</sup> - 600 Bq/m <sup>3</sup> |

**Fuente:** [18]

### 1.1.3.5 Fuentes generadoras de radón

El ser humano se encuentra potencialmente expuesto a diversas fuentes generadoras de gas radón como: el terreno, el agua y los materiales de construcción.

**Terreno.** - Considerado como una fuente eminente de gas Rn-222. Los factores de los cuales depende para generar una mayor o menor cantidad de radón son; la cantidad de uranio que posea y el tipo de roca predominante.

A continuación, se muestra una tabla con el tipo de roca y la concentración de uranio:

**Tabla 2:** Concentración de uranio en función del tipo de roca

| Tipo de roca | Concentración de uranio<br>U <sup>238</sup> (ppm) |
|--------------|---|
| Basálticas   | 1   |
| Granitos     | 5   |
| Arcillas     | 3,7   |
| Arenas       | 0,5   |

**Fuente:** [19]

**Materiales de construcción.** - Debido a que la materia prima empleada en la elaboración de varios materiales de construcción proviene de rocas o suelos que contienen radio que posteriormente se convertirá en radón, se hace necesario procurar emplear materiales con bajo contenido de este elemento. Puesto que la concentración interna de Rn-222 debido a los materiales de construcción es alrededor de 5 a 20 Bq/m<sup>3</sup>, que representa aproximadamente un 20% del total de aporte en un espacio cerrado. [20]

En la presente tabla se muestra el contenido de radio de algunos materiales más usados en la construcción.

**Tabla 3:** Contenido de Radio (Ra-226) en los materiales de construcción

| Material de construcción | Mínimo<br>[Bq/kg] | Máximo<br>[Bq/kg] |
|--------------------------|-------------------|-------------------|
| Ladrillos                | 45,2              | 143               |
| Hormigón                 | 21,1              | 192               |
| Hormigón poroso          | 46,1              | 85                |
| Hormigón Clinker         | 66,7              | 118               |
| Morteros                 | 19,8              | 82                |
| Plaqueta cerámica        | 63,0              | 117               |
| Arena                    | 13,3              | 41                |
| Arcilla                  | 40,9              | 199               |
| Cenizas volantes         | 75,5              | 363               |
| Cemento                  | 36,5              | 88                |
| Limos                    | 12,5              | 94                |
| Yeso                     | 12,1              | 86                |

**Fuente:** The National Radiation Protection Institute

**Agua.** - El radón presenta solubilidad en el agua, por lo que puede hallarse en aguas superficiales como también en aguas subterráneas, razón por la cual el nivel de concentración varía dependiendo donde se encuentre. En el caso de arroyos, lagos, ríos, agua de mar, el nivel de concentración es muy baja, con valores inferiores a  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$ .

Para las fuentes de agua como pozos y manantiales el nivel será más elevado, ya que aflora a la superficie a través de formaciones rocosas que pueden contener uranio, radio y thorio. [21] [22]

### **1.1.3.6 Movilidad y transporte del Rn-222**

El Rn-222 presenta una gran movilidad a través de los espacios porosos y alcanzan una distancia importante antes de desintegrarse. El desplazamiento del radón se produce por dos mecanismos: la difusión y convección.

**Difusión:** Se produce cuando el gas se mueve de un lugar de alta concentración a una zona de baja concentración. Cabe recalcar que la difusión del gas en agua es lenta. [23]

**Convección:** Se genera por la diferencia de presión existente entre el gas que contiene el suelo y el aire en el interior del edificio. [24]

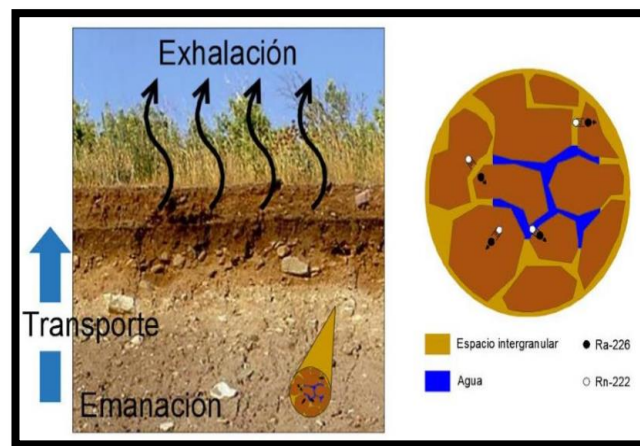
De acuerdo con el Consejo de Seguridad Nuclear, las posibles vías para que el radón se introduzca en una edificación pueden ser: a través de grietas en paredes o pisos, sótanos, desagües, entre otros. Además, el nivel de ventilación en una construcción juega un papel muy importante, ya que si el sistema no es el adecuado los niveles de exposición ante este gas podrían ser elevados y generar posteriores problemas en la salud.

### **1.1.3.7 Emanación de Rn-222**

La emanación consiste en el escape de átomos de radón de la roca que lo contiene a los poros del terreno. Está representado por el coeficiente de emanación consiste en el número de átomos de radón por segundo por kilogramo de material seco ( $\text{átomos s}^{-1} \text{kg}^{-1}$ ). [25]

Los factores que afectan a la emanación de Rn-222 son: tamaño del grano, forma, contenido de humedad, permeabilidad y distribución de átomos de radio en los granos del mineral. [13]

**Figura 3:** Proceso de liberación del radón a la atmósfera



**Fuente:** [13]

### 1.1.3.8 Concentración de radón Rn-222

Se define como la cantidad de átomos de radón que hay en un ambiente. La unidad de medida es el Bequerelio por metro cúbico de aire ( $\text{Bq/m}^3$ ), donde 1 Bq equivale a una desintegración atómica por segundo. [26] [27]

### 1.1.3.9 Exhalación de radón Rn-222

Es la cantidad de radón presente en el espacio poroso y que es liberado a la atmósfera por unidad de superficie en un determinado periodo de tiempo. Las unidades de medida

son: Bq / (m<sup>2</sup> \* h) o Bq/ (kg\*h). Este proceso se genera aproximadamente en los 10 primeros metros de profundidad. [13] [23]

Damaris Hidrovo en su tesis denominada: “Determinación del coeficiente de exhalación másico de los materiales de construcción más usados en el Cantón Riobamba.” Menciona que “Para que se produzca el proceso de exhalación de radón por parte del material de construcción, es necesario que se dé el proceso de difusión, proceso mediante el cual el radón se mueve de un sistema a otro ya sea que se movilice del agua hacia el aire, o de un sólido (material de construcción) al aire.” [4]

Para conocer la tasa de exhalación superficial desde los materiales, se lo puede realizar mediante el denominado Método de la cámara cerrada. Entonces el balance de masas dentro de la cámara estará descrito por la siguiente ecuación:

$$\frac{dC}{dt} = -\lambda C - DC + \frac{E_o A}{V} + \frac{q(C_o - C)}{V} \quad (1)$$

Donde:

El término  $-\lambda C$ , representa el decaimiento natural del gas radón; mientras que  $DC$  es la tasa de radón de vuelta al material de construcción, mismo que hace referencia al efecto “Back difusión”;  $\frac{E_o A}{V}$  indica, el radón que va a exhalar desde el material. Finalmente,  $\frac{q(C_o - C)}{V}$  expresa que existirá un intercambio de radón entre el laboratorio y la cámara debido a una fuga, puesto que la cámara no se encuentra completamente sellada.

De los cuales,  $E_o$  = es la tasa de exhalación de radón;  $A$  indica, el área de exhalación de la muestra;  $q$  = es la tasa de fuga de la cámara;  $V$  = Volumen efectivo de la cámara;  $C_o$  = Concentración media de radón de fondo en el laboratorio;  $C$  = Concentración de radón dentro de la cámara. [28]

Resolviendo la Ecuación (1), se obtiene la expresión de la concentración de radón dentro de la cámara en función del tiempo siendo esta la siguiente:

$$C = \left( \frac{E_o A + q C_o}{V(\lambda + D + \frac{q}{V})} \right) \left( 1 - e^{-[\lambda + D + (\frac{q}{V})]t} \right) \quad (2)$$

A partir de la Ecuación (2), se obtiene la fórmula para determinar la tasa de exhalación de radón, de la siguiente manera: [28]

$$\frac{dC}{dt} \Big|_{(t \rightarrow 0)} = (M_e) = \left( \frac{E_o A + q C_o}{V} \right) \quad (3)$$

Resolviendo la ecuación diferencial e igualando a cero se obtiene:

$$E_o = (M_e - \frac{q}{V} C_o) \frac{V}{A} \quad (4)$$

Donde:

$E_o$ , representa la tasa de exhalación superficial de radón;  $M_e$ , corresponde a la pendiente inicial de la curva de crecimiento del radón dentro de la cámara;  $f \circ q/V$ , indica la Tasa de Intercambio de aire entre la cámara y el laboratorio;  $C_o$ , es el background de laboratorio;  $V$ , volumen efectivo de la cámara; finalmente  $A$ , representa el área de exhalación de la muestra que se está analizando. [4]

En la Tabla 4 se presenta los resultados de algunos estudios sobre la tasa de exhalación superficial de radón de diferentes materiales de construcción recopilados de la literatura.

**Tabla 4:** Comparativa de tasa de exhalación de diferentes materiales de construcción

| Material                 | Tasa de exhalación (Bq·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> ) | Tasa de exhalación (Bq kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) | Referencia               |
|--------------------------|---|---|--------------------------|
| <b>Italia</b>            |   |   |                          |
| Areniscas                |   | 0.014 ± 0.002   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Ladrillos                |   | 0.0276 ± 0.0013   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Hormigón                 |   | 0.0089 ± 0.0007   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Mortero                  |   | 0.015 ± 0.002   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Mortero blanco           |   | 0.0040 ± 0.0005   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Enlucido                 |   | 0.0171 ± 0.0002   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Baldosas de terracota    |   | 0.0065 ± 0.0008   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Granito verde            |   | 0.082 ± 0.005   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Granito rosa             |   | 0.0129 ± 0.004  | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Granito blanco           |   | 0.0043 ± 0.0005   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Mármol rojo              |   | No detectable   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Gres porcelánico         |   | No detectable   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Azulejo de cerámica      |   | No detectable   | (Righi and Bruzzi, 2006) |
| Cemento IV/B (P) 32,5 R  | 0.49 ± 0.12   | 0.015 ± 0.001   | (Tuccimei et al., 2009)  |
| <b>Grecia</b>            |   |   |                          |
| Ladrillos de arcilla     | 0.21 ± 0.18   | 0.011 ± 0.009   | (Stoulos et al., 2003)   |
| Hormigón                 | 3.51 ± 2.19   | 0.037 ± 0.022   | (Stoulos et al., 2003)   |
| Baldosas de granito      | 1.24 ± 0.06   | 0.084 ± 0.081   | (Stoulos et al., 2003)   |
| <b>Iraq</b>              |   |   |                          |
| Ladrillos                | 2.22 ± 0.26   | 0.021 ± 0.002   | (Amin, 2015)             |
| Hormigón                 | 0.82 ± 0.16   | 0.008 ± 0.001   | (Amin, 2015)             |
| Ladrillos (Jumhoori)     | 1.17 ± 0.16   | 0.011 ± 0.002   | (Amin, 2015)             |
| Grava                    | 2.42 ± 0.18   | 0.023 ± 0.009   | (Amin, 2015)             |
| Cerámica                 | 1.93 ± 0.18   | 0.018 ± 0.002   | (Amin, 2015)             |
| Thermostone (artificial) | 1.86 ± 0.23   | 0.017 ± 0.002   | (Amin, 2015)             |
| Cemento blanco           | 1.08 ± 0.10   | 0.010 ± 0.001   | (Amin, 2015)             |
| Cemento                  | 1.30 ± 0.16   | 0.012 ± 0.001   | (Amin, 2015)             |
| Arena                    | 0.35 ± 0.01   | 0.022 ± 0.002   | (Hussein et al., 2013)   |
| Grava                    | 0.27 ± 0.01   | 0.019 ± 0.002   | (Hussein et al., 2013)   |
| Cemento                  | 0.22 ± 0.01   | 0.018 ± 0.002   | (Hussein et al., 2013)   |
| Bloque                   | 0.18 ± 0.01   | 0.017 ± 0.002   | (Hussein et al., 2013)   |
| Yeso                     | 0.16 ± 0.01   | 0.017 ± 0.002   | (Hussein et al., 2013)   |
| Panel de yeso            | 0.13 ± 0.01   | 0.016 ± 0.002   | (Hussein et al., 2013)   |
| Balsas cerámicas         | 0.16 ± 0.01   | 0.014 ± 0.002   | (Hussein et al., 2013)   |
| <b>Alemania</b>          |   |   |                          |
| Ladrillos                | 0.76  |   | (Keller et al., 2001)    |
| Piedra pómez             | 6.3   |   | (Keller et al., 2001)    |
| Grava (escoria )         | 2.23  |   | (Keller et al., 2001)    |
| Grava (escoria )         | 2.23  |   | (Keller et al., 2001)    |
| Grava (Cenizas volantes) | 2.81  |   | (Keller et al., 2001)    |
| Hormigón                 | 2.81  |   | (Keller et al., 2001)    |
| Hormigón poroso          | 2.45  |   | (Keller et al., 2001)    |
| Fosoyeso                 | 24.12   |   | (Keller et al., 2001)    |

Fuente: [22]



#### **1.1.4 Hipótesis**

Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos de las canteras Kumochi, Mina Mora y Puerta del sol influyen en la exhalación y nivel de concentración de gas radón al interior de una construcción y consecuentemente en la calidad de vida de sus ocupantes.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar la concentración y exhalación de gas radón Rn-222 en agregados pétreos de las canteras representativas Kumochi, Mora y Puerta del Sol ubicadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Establecer las propiedades físico-mecánicas de las muestras de agregados pétreos adquiridas en las canteras Kumochi, Mora y Puerta del Sol
- ✓ Relacionar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos con la concentración de Radón -222
- ✓ Calcular la tasa de concentración y exhalación de radón-222 de las muestras de agregados pétreos obtenidas en las canteras Kumochi, Mora y Puerta del Sol pertenecientes al cantón Ambato
- ✓ Verificar si los niveles de concentración media de gas radón que presentan las diferentes muestras en estudio se encuentran dentro de los límites permitidos para la salud conforme a las diferentes normativas internacionales
- ✓ Elaborar un mapa de exposición al radón Rn-222 para la Provincia del Tungurahua con los niveles de concentración presentes en los agregados pétreos de las canteras Kumochi, Mora y Puerta del Sol

## **CAPITULO II.- METODOLOGÍA**

### **2.1 Materiales y Equipos**

#### **2.1.1 Materiales**

Con el propósito de determinar la exhalación superficial de gas radón desde los agregados pétreos y el aporte de los mismos a la concentración indoor. Se procederá a la obtención de 4 muestras de material de cada una de las canteras: 2 de agregado fino y 2 de agregado grueso.

#### **2.1.2 Equipo**

##### **2.1.2.1 Detector Pylon AB7**

Es un instrumento de nueva generación desarrollado por la empresa Pylon Electronics, diseñado para realizar una medición rápida y precisa de los niveles de radón. Consta de una celda de lucas de centelleo, esta celda es cilíndrica con una base transparente recubierta internamente por sulfuro de zinc activado con plata. Cuando el Rn-222 decae emite partículas alfa, estas reaccionan con el compuesto centellador que recubre la parte interna de la celda, produciendo un destello de luz que es detectado por el fotomultiplicador, este lo convierte en impulsos eléctricos, son amplificados y reflejados en el monitor Pylon AB7. El instrumento puede usarse en ambientes con temperaturas que oscilan entre 0°C y 40°C. [29]

**Figura 4:** Professional Electronic Pylon AB7



**Fuente:** Pylon Electronic INC- User Manual

#### 2.1.2.1 Cámara de Vidrio

Compuesta por 6 láminas de vidrio templado, cada una de 50x50 cm, las cuales forman un cubo de vidrio de 125 litros de volumen. Las láminas tienen un espesor de 0.8mm. Posee una lámina movable para insertar la muestra del material.

**Figura 5:** Cámara hermética de vidrio



**Fuente:** Lissette Veintimilla

#### 2.1.2.3 Máquina de los Ángeles

Consta de un tambor cilíndrico hueco de acero de  $508 \pm 5$  mm de longitud y  $711 \pm 5$  mm de diámetro, con un espesor de no menor a 12,4 mm. El tambor tiene una abertura para introducir el material de ensayo y la carga abrasiva. Dicha carga consiste en

esferas de acero de 47 mm de diámetro aproximadamente, y una masa entre 390 y 445 g. [30]

**Figura 6:** Máquina de los ángeles



**Fuente:** Lissette Veintimilla

#### 2.1.2.4 Permeámetro de carga constante

Son instrumentos usados para determinar la permeabilidad de los suelos. Se trata de un cilindro de Lucita en el cual se introduce la muestra de ensayo (gravas y arenas). El método consiste en determinar la cantidad de agua que se recoge en un tiempo  $t$  y conociendo  $A$  que corresponde al área de la muestra y  $L$  que es el espesor de la muestra posteriormente aplicando la ley de Darcy calculamos el valor del coeficiente de permeabilidad  $K$ . [31]

El equipo consta de las siguientes partes:

- ✓ Embudo. - Servirá para la colocación del fluido
- ✓ Tubos plásticos de diámetro mínimo. - Utilizado para permitir el paso del fluido
- ✓ Envase Cilíndrico de Lucita. – De dos secciones con paredes de 6.3 mm de espesor; empleado para colocar la muestra de agregado.
- ✓ Tapa superior chapada en acero con anillos de sellado
- ✓ Piedras porosas. -Ubicadas en la parte superior y fondo para evitar la pérdida de fluido a través del envase cilíndrico. De grosor 2,47 pulg. diam. x1/2 pulg.
- ✓ Llaves de paso. - Para permitir el ingreso y salida del fluido
- ✓ Soporte [32]

**Figura 7:** Permeámetro de carga constante



**Fuente:** Lissette Veintimilla

## **2.2 Métodos**

La metodología de investigación empleada en este trabajo es bibliográfica, experimental, de laboratorio y aplicada puesto que mediante los procedimientos descritos en el presente proyecto se pretende dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

### **2.2.1 Plan de Recolección de Datos**

#### **2.2.1.1 Muestreo de suelos**

Existe una amplia metodología referente al muestreo de los suelos, cuyos criterios de selección están relacionados con los objetivos que se pretenda conseguir. La elección del tipo de muestreo va a depender del tipo de elemento radiactivo que se vaya a determinar.

Por ejemplo:

- Para calcular la dosis de radón de la población debida a la deposición de un radionucleido, se requerirá de un muestreo en una determinada profundidad que estará en función del tipo de emisión del isótopo y su energía.
- Si se pretende calcular la velocidad de migración o el coeficiente de distribución de Rn-222, entonces se deberá realizar un muestreo en profundidad que dependerá del tiempo transcurrido, el perfil del suelo, el patrón de lluvias, etc.
- Si lo que se requiere conocer es el contenido de los radionucleidos naturales, se tomarán muestras a cualquier profundidad.

Entonces es importante tener claro que es lo que se quiere medir para realizar un adecuado muestreo. [33]

En este caso como el objetivo es conocer la exhalación de gas radón Rn-222 que corresponde a un radionucleido de origen natural, las muestras podrán tomarse a cualquier profundidad.

Considerando estos aspectos, los criterios empleados para realizar la toma de muestras para este proyecto son los siguientes:

- ✓ Características de los puntos de muestreo

Como zonas de estudio se seleccionaron tres áreas mineras pertenecientes a la provincia del Tungurahua: Kumochi, Puerta del Sol y Mina Mora. Las concesiones están catalogadas como minería artesanal y pequeña minería. Para su elección se consideró características como: estructura geológica, precipitaciones, temperatura y población.

- ✓ Elección del número de puntos de muestreo

Al realizarse un recorrido dentro de cada una de las concesiones mineras y observar que su estratigrafía es relativamente homogénea, los puntos de muestreo en el caso del PCA se situó en una zona que aún no ha sido explotada. Además, con el propósito de evaluar si las propiedades físicas de los agregados antes de la extracción y en la zona de stock varían, se tomará también una muestra de material en este sitio.

**Tabla 5:** Puntos de extracción de las muestras de los agregados pétreos

| CANTERA        | AGREGADO      | UBICACIÓN         | LUGAR DE OBTENCIÓN | COORDENADAS |         |
|----------------|---------------|-------------------|--------------------|-------------|---------|
|                |               |                   |                    | X           | Y       |
| KUMOCHI        | ARENA - RIPIO | ZONA SIN EXPLOTAR | PCA 1              | 770216      | 9861993 |
|                | ARENA         | ZONA DE STOCK     | STOCK              | 770381      | 9861992 |
|                | RIPIO         | ZONA DE STOCK     | STOCK              | 770371      | 9861985 |
| PUERTA DEL SOL | ARENA - RIPIO | ZONA SIN EXPLOTAR | PCA 1              | 770476      | 9876130 |
|                | ARENA         | ZONA DE STOCK     | STOCK              | 770420      | 9876076 |
|                | RIPIO         | ZONA DE STOCK     | STOCK              | 770428      | 9876056 |
| MINA MORA      | ARENA - RIPIO | ZONA SIN EXPLOTAR | PCA 1              | 770472      | 9861476 |
|                | ARENA         | ZONA DE STOCK     | STOCK              | 770482      | 9861371 |
|                | RIPIO         | ZONA DE STOCK     | STOCK              | 770489      | 9861375 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 8:** Puntos de muestreo – Kumochi



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 9:** Puntos de muestreo– Puerta del Sol



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 10:** Puntos de muestreo– Mina Mora



**Fuente:** Lissette Veintimilla

- ✓ Extracción de la muestra

Se procede a retirar la cobertura vegetal, posteriormente se excavará un PCA (Pozo a Cielo Abierto) de 1 metro de profundidad en todas las canteras con el fin de establecer un punto de comparación respecto a las características que puedan presentar cada una de las muestras extraídas.



**Figura 11:** Excavación PCA a 1m de profundidad -Mina Mora



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 12:** Material en Stock – Mina Mora



**Fuente:** Lissette Veintimilla

- ✓ Conservación de las muestras de suelo

Las muestras serán colocadas en recipientes herméticos con la finalidad de evitar la pérdida de la humedad y del gas radiactivo. Dichas muestras serán transportadas al Laboratorio de Técnicas Nucleares de la ESPOCH para el análisis del gas radón.

**Figura 13:** Conservación de las muestras para el análisis de radón



**Fuente:** Lissette Veintimilla

### **2.2.1.2 Descripción de las áreas mineras en estudio**

En el cantón Ambato provincia del Tungurahua existen 14 áreas mineras en funcionamiento. En el Sector Norte se encuentran las canteras: Andesita, Piedradura, Rocardura, Salomón y Puerta del Sol. En el Sector de las Viñas: Kumochi, Nieto, Alvortiz, Mina Mora y Masaquiza-Pinto. En Aguajan: Playa Llagchoa, M&T, El Salado y El salado 1.

De las cuales tomando en cuenta los factores de temperatura, estructura geológica y precipitación, se han seleccionado para el análisis del radón en los agregados pétreos las siguientes canteras: Kumochi, Mina Mora y Puerta del Sol.

#### **2.2.1.2.1 Cantera Kumochi**

**Figura 14:** Ubicación - Concesión Minera Kumochi



**Fuente:** Lissette Veintimilla

### **Ubicación**

Canteras Kumochi con número de concesión minera 200485, se encuentra ubicada en la cabecera del cantón Ambato Parroquia Izamba, Sector Las Viñas. El acceso a la zona se lo realiza desde la ciudad de Ambato por el paso lateral de la ruta panamericana norte, tomando un desvío hacia la derecha por la vía Las Viñas en un recorrido de 3.2 Km. [34]

Geográficamente se localiza en las coordenadas 770058 E, 9861842 N y 2309 m.s.n.m.; comprende un área de 6 hectáreas. Produce alrededor de 100 m<sup>3</sup> de arena y ripio por día.

## Estructura geológica

Geológicamente se caracteriza por la presencia de rocas volcánicas terciarias que conforman el basamento y rocas volcánicas sedimentarias pliocénicas recubierto por depósitos volcánicos plio-cuaternarios y laháricos afectados por fallas regionales y locales.

## Temperatura y precipitación

Su temperatura ambiente varía de 14 a 16 ° C. Con un nivel de precipitación de 500 - 600 mm<sup>3</sup>/año.

### 2.2.1.2.2 Mina Mora

**Figura 15:** Concesión Minera “Mina Mora”



**Fuente:** Lissette Veintimilla

## Ubicación

La concesión minera “Mina Mora” con código 290762, está localizada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, Parroquia Pishilata. Consta de 4 hectáreas mineras aprovechables. Produce base, subbase, arena y ripio. Este proyecto se encuentra ubicado en las coordenadas:

**Tabla 6:** Coordenadas UTM-Mina Mora

| COORDENADAS |        |         |
|-------------|--------|---------|
| Puntos      | X      | Y       |
| PP          | 770541 | 9861524 |
| V1          | 770541 | 9861324 |
| V2          | 770341 | 9861324 |
| V3          | 770341 | 9861524 |

**Fuente:** Cantera Mina Mora

El acceso al área minera se lo hace desde la ciudad de Ambato por el paso lateral con dirección hacia la Parroquia Pishilata en una vía de segundo orden.

## Estructura geológica

Geológicamente está constituido por conglomerados de lavas basálticas, andesitas, cementadas con una matriz arenosa comprendido de un material piroclástico y sedimentos fluvilacustres con espesores de 1.5 hasta 4m. En la parte superior se observa una capa de cangahua que va de limo arenoso a limo arcilloso con un espesor que no supera los 20cm, en la parte baja se encuentra pequeños depósitos de arena volcánica blanca cuyo espesor es de 1m. El material que actualmente se viene explotando está constituida por clastos andesíticos, que en algunos casos presentan cuarzo, feldespato y biotita. [35]

## Temperatura y precipitación

La temperatura de la zona varia de 14 a 16 ° C y los niveles de precipitación corresponden a: 500 -600 mm<sup>3</sup>/año.

### 2.2.1.2.3 Cantera Puerta del Sol

**Figura 16:** Área Minera Puerta del Sol



**Fuente:** Lissette Veintimilla

#### **Ubicación**

El área minera “Puerta del Sol” con código 290557, posee una extensión de 4 hectáreas mineras aprovechables. Produce materiales para la construcción. El acceso al área minera se lo hace desde la ciudad de Ambato por el paso lateral en la ruta panamericana norte, tomando un desvío hacia la derecha vía a Guapante. [36]

#### **Temperatura y precipitación**

El nivel de precipitación en la zona se encuentra en un rango de 500 – 600 mm<sup>3</sup>/día. La temperatura oscila entre 12 y 16 °C.

## Estructura geológica

Geológicamente se encuentra caracterizada por la formación Latacunga de edad Pleistocénica, con la presencia de depósitos fluvio lacustres localizados alrededor de la laguna de Yambo y en el flanco izquierdo del Río Cutuchi cerca de Guapante. [37]

Además, constituida por depósitos laharíticos de varios metros de espesor originados por las deposiciones fluvio glaciales del Cotopaxi que comprende flujos piroclásticos, tobas volcánicas y andesitas piroxénicas que son aprovechados como materia prima en la industria de la construcción. [38]

### 2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de información

Una vez obtenidas las muestras, se procede a determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados que guardan relación con la exhalación del radón, para lo cual, en la siguiente tabla se muestran los ensayos requeridos:

**Tabla 7:** Ensayos -Propiedades del Material

| ENSAYOS                                  | NORMA                                 | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|--|---------------------------------------|-----------------|---------------|
| <b>FÍSICO - MECÁNICAS</b>                |                                       |                 |               |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                     | ASTM 52216-71 /<br>NTE INEN 862       | X               | X             |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO                  | NTE INEN 696                          | X               | X             |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA                      | NTE INEN 856 /<br>NTE INEN 857        | X               | X             |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA<br>Y COMPACTADA | NTE INEN 858                          | X               | X             |
| RESISTENCIA A LA ABRASIÓN                | NTE INEN 860 /<br>NTE INEN 861        | X               |               |
| PERMEABILIDAD                            | AASHTO T-125 -66 /<br>ASTM D -2434-68 | X               | X             |
| <b>RADIATIVAS</b>                        |                                       |                 |               |
| MÉTODO DE LA CÁMARA<br>CERRADA           |                                       | X               | X             |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

### 2.2.2.1 Contenido de humedad

Es una propiedad física del suelo expresada en términos de porcentaje, que representa la cantidad de agua existente en las partículas del material. Existen cuatro estados de humedad:

**Seco al horno.** - Cuando en las partículas del agregado no existe la presencia de agua ya que el mismo fue secado a 110°C.

**Humedad Natural.** - Contenido de agua propia del material a temperatura ambiente.

**Saturado Superficie seca (SSS).** - Cuando Aparentemente el agregado está seco, pero todos los poros del mismo se encuentran llenos de agua. Se lo denomina estado de equilibrio ya que no cede agua, pero tampoco absorbe.

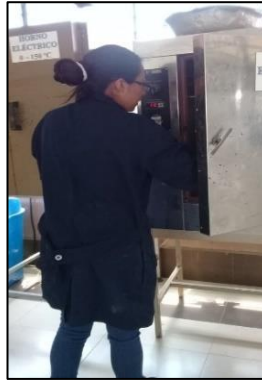
**Saturado Superficie húmeda (SSH).** - Las partículas del agregado están visiblemente mojadas y sus poros están llenos de agua.

Las normas empleadas para determinar dicha propiedad son ASTM 52216-71 - NTE INEN 862 que manifiesta lo siguiente:

- Identificar los recipientes metálicos a utilizar
- Pesar los recipientes vacíos
- Colocar la muestra de suelo en cada recipiente
- Pesar el recipiente más suelo húmedo
- Colocar los recipientes más suelo húmedo en el horno durante 24 horas
- Pesar el suelo seco más el recipiente



**Figura 17:** Contenido de humedad



**Fuente:** Lissette Veintimilla

### **2.2.2.2 Gravedad Específica y Capacidad de absorción de los agregados**

La densidad real o gravedad específica es aquella propiedad que relaciona el peso de las partículas sólidas del suelo respecto al volumen que ocupan. [39]

La capacidad de absorción es la cantidad de agua que el agregado puede absorber hasta alcanzar la condición SSS. El nivel de absorción del árido grueso varía del 0.2% al 4% y el en caso del agregado fino varía del 0,2 % al 2%. [40]

Para realizar este ensayo se procede según lo especificado por las normas NTE INEN 857 y NTE INEN 858 describiendo a continuación:

#### **Procedimiento:**

Para el ensayo con el agregado fino

- Sumergir 500 gramos de agregado fino en agua durante 24 horas antes del ensayo
- Sacar el material del agua y colocarlo sobre una bandeja inclinada para que el agua empiece a escurrir
- Comprobar que el material alcanzó la condición de Saturado Superficie Seca (SSS), mediante el ensayo del cono y el pisón, que consiste en sujetar firmemente el cono y colocar el árido hasta llenarlo, en cada agregación se lo compacta, será compactado con un total de 25 golpes, enraza y retirar el

molde, si el árido fino se destrona ligeramente implica que ha alcanzado la condición requerida.

- Pesar el picnómetro vacío
- Introducir la muestra de agregado en el picnómetro
- Pesar el picnómetro más arena
- Introducir agua en el picnómetro
- Mover y girar el picnómetro hasta extraer el aire
- Llenar el picnómetro con agua hasta la marca de aforo
- Pesar el conjunto picnómetro + agua + arena
- Pesar el picnómetro más 500cc de agua
- Tomar dos muestras de agregado fino en condiciones SSS en recipientes previamente pesados y agregarlas al horno durante 24 horas.
- Pesar las muestras secas

Para el ensayo con el agregado grueso

- Colocar la muestra de grava en agua durante 24 horas previas al ensayo
- Retirar el agregado del agua y secar con la ayuda de una franela
- Pesar la canastilla vacía (en el aire)
- Pesar la canastilla sumergida (en el agua)
- Colocar el suelo saturado superficie seca en la canastilla
- Pesar la canastilla más suelo (en el aire)
- Pesar la canastilla más suelo sumergido (en el agua)
- Determinar la capacidad de absorción tomando muestras en estado SSS del suelo y colocar en recipientes metálicos previamente pesados y ubicar en el horno durante 24 horas
- Pesar los recipientes más suelo seco

### **2.2.2.3 Análisis Granulométrico**

Permite conocer la distribución de los tamaños de partículas de un agregado, cuando la muestra seleccionada atraviesa una serie de tamices denominada SERIE DE

TYLER. Cabe recalcar que los agregados utilizados en la elaboración del hormigón deberán poseer una granulometría comprendida entre los límites especificados a continuación: [40]

**Tabla 8:** Límites especificados para agregado fino

| TAMIZ INEN | TAMIZ ASTM | PORCENTAJE QUE PASA |
|------------|------------|---------------------|
| 9.5 mm     | 3/8 "      | 100                 |
| 4.75 mm    | # 4        | 95 - 100            |
| 2.36 mm    | # 8        | 80 - 100            |
| 1.18 mm    | # 16       | 50 - 85             |
| 0.60 mm    | # 30       | 25 - 60             |
| 0.30 mm    | # 50       | 10 - 30             |
| 0.15 mm    | # 100      | 2 - 10              |
| 0.074 mm   | # 200      | -                   |

**Fuente:** NTE INEN 872

**Tabla 9:** Límites especificados para agregado grueso

| Tamiz    |               | Límite ( % que pasa) |          |
|----------|---------------|----------------------|----------|
| ASTM C33 | Abertura (mm) | Inferior             | Superior |
| 2"       | 50,8          | 100                  | 100      |
| 1 1/2"   | 38,1          | 95                   | 100      |
| 1"       | 25,4          | -                    | -        |
| 3/4"     | 19            | 35                   | 70       |
| 1/2"     | 12,5          | -                    | -        |
| 3/8"     | 9,5           | 10                   | 30       |
| Nº4      | 4,76          | 0                    | 5        |

**Fuente:** ASTM C33

Tamaño Nominal Máximo (TNM). - Corresponde al tamiz anterior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. Se recomienda que el TNM del agregado grueso en la elaboración del hormigón este esté comprendida entre 1 ½" y ¾". [41]

Módulo de finura (MF). - Es un índice del grosor de las partículas del agregado. De acuerdo con la norma ASTM C125 los valores para las arenas oscilan entre 2.3 y 3.1. gr/cm<sup>3</sup>.

Además, es conveniente usar agregados con partículas esféricas y cúbicas porque presentan una mayor resistencia y el consumo de cemento en la elaboración del hormigón es menor debido a que existe un mayor acomodo de partículas. [42]

Conforme lo dicta la norma NTE INEN 696, el proceso para determinar el análisis granulométrico de los agregados se detalla a continuación.

## **Procedimiento**

Análisis granulométrico del agregado fino

- Seleccionar una muestra de suelo entre 500 a 1000 gramos
- Pesar la muestra
- Ordenar los tamices redondos de mayor a menor
- Colocar el suelo sobre los tamices
- Colocar en la tamizadora eléctrica en un periodo de 10 a 15 minutos
- Tomar pesos retenidos acumulados hasta el tamiz #200
- Pesar individualmente el suelo que se encuentra en la fuente redonda
- Sumar los valores del tamiz #200 y la fuente
- Verificar que el error no sobrepase el 1% de la muestra total

**Figura 18:** Granulometría del agregado fino



**Fuente:** Lissette Veintimilla

## Análisis granulométrico del agregado grueso

- ✓ Seleccionar una muestra de suelo entre 5000 a 10000 gramos
- ✓ Pesar la muestra
- ✓ Ordenar los tamices cuadrados de mayor a menor
- ✓ Colocar el suelo sobre los tamices
- ✓ Tomar pesos retenidos acumulados hasta el tamiz #4
- ✓ Tomar el peso individual del suelo que está en la fuente
- ✓ Sumar los valores del tamiz #4 y la fuente
- ✓ Verificar que el error este en el rango del  $\pm 1\%$  de la muestra total

**Figura 19:** Granulometría del agregado grueso



**Fuente:** Lissette Veintimilla

### 2.2.2.4 Densidad Aparente de los agregados

Se define como la relación existente entre la masa del agregado que ocupa el recipiente, para el volumen del recipiente. Se denomina aparente debido a los vacíos existentes entre partículas.

Según la norma NTE INEN 694, considera que los agregados ya sea en estado suelto o compactado poseen una densidad normal cuando su masa unitaria se encuentra alrededor de  $1.120 \text{ g/cm}^3$  y  $1.920 \text{ gr/cm}^3$ . [43]

#### 2.2.2.4.1 Densidad Aparente Suelta de los agregados

Está definida como la relación que existe entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material, incluidos todos los poros saturables y no saturables. [42]

Esta propiedad se determina de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 858.

#### **Procedimiento:**

- ✓ Colocar el agregado fino en una bandeja
- ✓ Pesar el molde metálico en la balanza mecánica
- ✓ Llenar el molde con el agregado desde una altura no mayor a 5cm
- ✓ Enrazar al nivel del borde del recipiente utilizando una varilla de acero normalizada
- ✓ Pesar el recipiente más material
- ✓ Determinar la densidad aparente suelta dividiendo el peso del agregado para el volumen del recipiente
- ✓ Repetir lo anteriormente descrito para el agregado grueso

**Figura 20:** Densidad Aparente Suelta de los agregados



**Fuente:** Lissette Veintimilla

#### 2.2.2.4.2 Densidad Aparente Compactada de los agregados

Es la relación entre la masa del agregado para el volumen que ocupan los agregados, donde el recipiente es llenado dándole acomodo a las partículas con una varilla normalizada de compactación. [44] [45]

#### **Procedimiento**

- ✓ Pesar el recipiente metálico
- ✓ Llenar el recipiente con el agregado fino o grueso hasta 1/3 de su altura
- ✓ Compactar con la varilla normalizada dando 25 golpes en espiral de adentro hacia fuera
- ✓ Colocar otra capa de material hasta 2/3 de la altura y compactar de acuerdo al procedimiento indicado
- ✓ Llenar el recipiente hasta un poco más del borde, compactar y enrazar
- ✓ Pesar el recipiente más agregado y registrar los datos para su posterior análisis

**Figura 21:** Densidad Aparente Compactada de los agregados



**Fuente:** Lissette Veintimilla

#### 2.2.2.4.3 Densidad Aparente compactada de la mezcla

Se utiliza el método descrito para las densidades aparentes en la norma NTE INEN 858, en la que se va determinando una densidad aparente para diferentes porcentajes de agregado fino y grueso hasta obtener una densidad máxima de la mezcla. [45]

El porcentaje óptimo de arena se obtiene restando un 4% al máximo, y en el caso de la grava se lo obtiene añadiendo el 4%, porcentajes con los cuales se interseca a la curva para encontrar la densidad optima de mezcla. [44]

Además, dichos datos son importantes para establecer las cantidades de agregado que se requiere para un determinado volumen de hormigón.

**Figura 22:** Densidad Aparente Compactada de la mezcla



**Fuente:** Lissette Veintimilla

#### 2.2.2.5 Permeabilidad

La permeabilidad es la facilidad que poseen los suelos para dejar que el agua fluya a través de ellos. Lo cual depende de los vacíos que tenga el suelo; un suelo grueso tendrá más huecos que un suelo fino, por lo que tendrá mayor permeabilidad. [46]

La permeabilidad se determina conforme a los parámetros establecidos en las normas AASHTO T-125-66 - ASTM D -2434-68.



## **Procedimiento**

- ✓ Seleccionar la muestra de suelo
- ✓ Medir el diámetro interior del permeámetro
- ✓ Colocar una piedra porosa en la base del permeámetro
- ✓ Añadir el suelo en tres capas y apisonar cada capa con un número variable de golpes 10, 14 y 18 golpes
- ✓ Tapar el permeámetro y saturar la muestra de suelo
- ✓ Medir la altura de carga hidráulica
- ✓ Medir el espesor del suelo
- ✓ Cronometrar el tiempo que se tarda en salir el agua de la muestra y llenar la probeta de 25 ml

### **2.2.2.6 Resistencia a la abrasión**

Este ensayo determina la resistencia a la degradación del agregado grueso mediante el uso de La Máquina de los Ángeles.

Este ensayo se lo realiza de acuerdo a las especificaciones en las normas NTE INEN 860 – NTE INEN 861.

## **Procedimiento**

- ✓ Determinar la granulometría de agregado y seleccionar el método y cantidad de material a emplearse.
- ✓ Lavar la muestra y secarla en el horno 24 horas antes del ensayo
- ✓ Colocar dicha muestra y la carga abrasiva (esferas) en la máquina de los ángeles
- ✓ Cerrar y girar la máquina a una velocidad entre 30 – 33 r/min con un total de 500 vueltas.
- ✓ Tamizar el material por la malla #12 y pesar este material
- ✓ Realizar los respectivos cálculos para determinar el porcentaje de abrasión

### 2.2.2.7 Método de la Cámara Cerrada

Este método ha sido utilizado en un sin número de estudios con el fin de conocer la exhalación de radón desde los materiales de construcción. La técnica consiste en introducir el material de ensayo en la cámara cerrada herméticamente junto con el detector previamente configurado empleando un protocolo de medida de radón cada hora. Entonces el radón exhalado por la muestra se acumulará en la cámara al transcurrir el tiempo. El detector empleado en este proyecto es un Pylon AB7 que consta de una celda de Lucas de centelleo. [47]

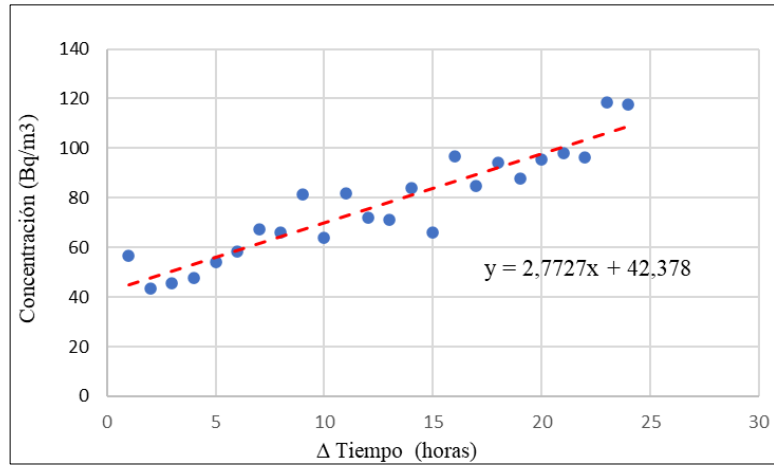
#### **Procedimiento:**

- ✓ Seleccionar las muestras de los agregados y pesar. Posteriormente serán colocados en un recipiente rectangular de vidrio de 29,5cmx20cm procurando que la superficie del material sea uniforme. Finalmente tomar la altura de la muestra y colocar el recipiente con el material en el interior de la cámara junto con el detector. Mientras que para realizar el experimento con cilindros de hormigón hay que identificar el diámetro y altura del cilindro y colocarlo directamente dentro de la cámara.

A manera de ejemplo en la Figura 20, se aprecia la concentración de gas radón dentro de la cámara cerrada durante dos días de medición de la muestra de ripio obtenida en el área minera Puerta del Sol.

La línea entrecortada representa el ajuste lineal realizada a los datos captados por el Pylon AB7 durante el periodo de medición.

**Figura 23:** Concentración de gas radón dentro de la cámara cerrada - Ripio – Puerta del Sol



**Fuente:** Lissette Veintimilla

## CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos de los distintos ensayos de laboratorio realizados a los agregados pétreos de las tres áreas mineras en estudio, puesto que a más de conocer la calidad de los mismos para la elaboración del hormigón se analizará su relación con la presencia de radón.

#### 3.1.1 Áreas mineras en estudio

Al realizar un recorrido al interior de cada una de las áreas mineras en estudio y con la información recolectada se pudo identificar el tipo de roca por el cual se hallan constituidas, el nivel de precipitaciones y temperatura de la zona, siendo variables que influyen en la exhalación, transporte y concentración de Rn-222.

En la siguiente tabla se muestran dichas características.

**Tabla 10:** Características de las canteras en estudio

| Nº | Área Minera    | Estructura Geológica               | Precipitación mm <sup>3</sup> /año | Temperatura °C | Población (Hab) |
|----|----------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------|
| 1  | Kumochi        | Areniscas tobáceas de grano grueso | 500 - 600                          | 14 – 16        | 13353           |
| 2  | Puerta del Sol | Andesitas piroxénicas y tobas      | 500 - 600                          | 12 – 14        | 4475            |
| 3  | Mina Mora      | Areniscas tobáceas de grano grueso | 500 - 600                          | 14 – 16        | 13353           |

**Fuente:** [32]

### 3.1.2 Propiedades físicas de los agregados

#### 3.1.2.1 Contenido de humedad

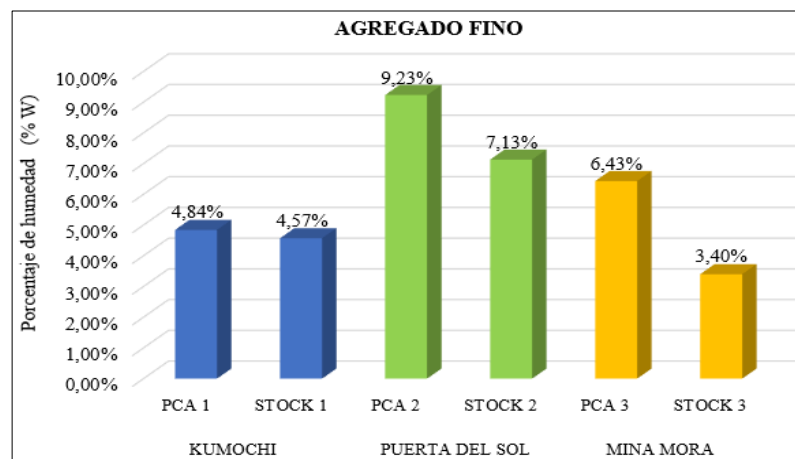
**Tabla 11:** Contenido de humedad – Resumen Canteras

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |         |                |         |           |         |
|--|--|---------|----------------|---------|-----------|---------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |         |                |         |           |         |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |         |                |         |           |         |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |         |                |         |           |         |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |         |                |         |           |         |
| FECHA:   | 12/3/2020  |         |                |         |           |         |
| CANTERAS   | KUMOCHI  |         | PUERTA DEL SOL |         | MINA MORA |         |
| MUESTRA  | PCA 1  | STOCK 1 | PCA 2          | STOCK 2 | PCA 3     | STOCK 3 |
| % HUMEDAD  | %  | %       | %              | %       | %         | %       |
| AGREGADO FINO (ARENA)  | 4,84%  | 4,57%   | 9,23%          | 7,13%   | 6,43%     | 3,40%   |
| AGREGADO GRUESO (RIPIO)  | 4,29%  | 3,10%   | 4,73%          | 2,92%   | 1,34%     | 0,62%   |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

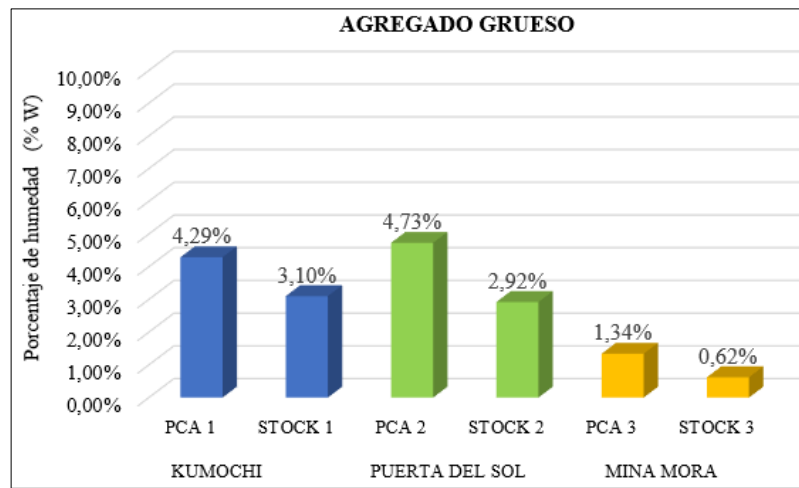
En la Tabla 11, se puede apreciar los resultados de los contenidos de humedad correspondientes a cada cantera. Para más detalles ver el Anexo 12.

**Figura 24:** Contenido de humedad – Agregado fino - Canteras



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 25:** Contenido de humedad – Agregado grueso – Canteras



**Fuente:** Lissette Veintimilla

En las Figuras 24 y 25 se observan los porcentajes de contenido de humedad correspondientes a cada cantera, así como el lugar de extracción.

La cantera Kumochi, muestra que el contenido de humedad presente en las muestras del PCA 1 a una profundidad de 1 m son: 4,84 % en arena y 4,29 % en ripio; en el caso de las muestras de la zona de stock 1 los porcentajes son arena= 4,57 % y ripio=3,10%. Por otro lado, los porcentajes para la cantera Puerta del Sol son: arena=9,23%, ripio=4,73% correspondientes al PCA 2 a una profundidad de 1,30 m y arena =7,13 %, ripio =2,92 % en las zonas de stock 2. Finalmente, en la Mina Mora los resultados para el PCA 3 a una profundidad de 1,10 m son: arena=6,43%, ripio =1,34% y en la zona de stock 3 arena=3,40 % y ripio =0,62%.

En todos los casos se observa que los suelos finos retienen mayor cantidad de agua que los suelos gruesos, y además varían conforme al lugar de extracción y profundidad siendo así que las muestras extraídas del PCA contienen mayor humedad que la zona de Stock.

### 3.1.2.2 Permeabilidad de los agregados

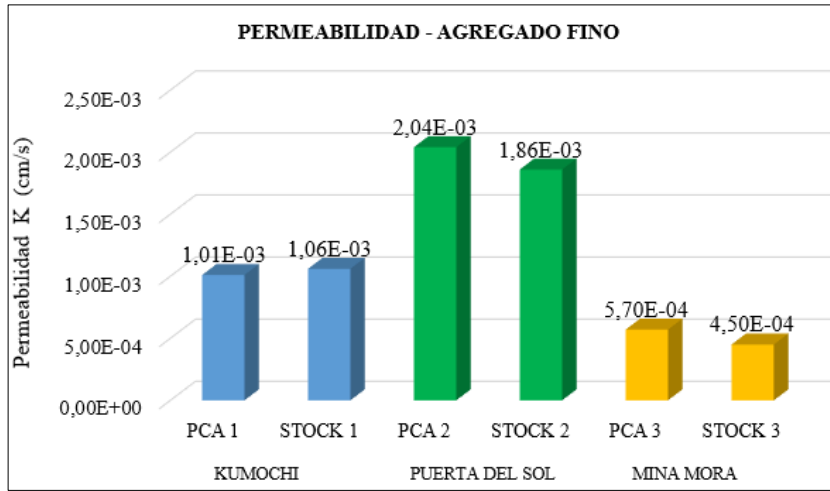
**Tabla 12:** Permeabilidad – Resumen Canteras

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |                |          |           |          |
|--|--|----------|----------------|----------|-----------|----------|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |          |                |          |           |          |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASHTO:T-125-66   |          |                |          |           |          |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |                |          |           |          |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |                |          |           |          |
| FECHA:   | 12/3/2020  |          |                |          |           |          |
| CANTERAS   | KUMOCHI  |          | PUERTA DEL SOL |          | MINA MORA |          |
| MUESTRA  | PCA 1  | STOCK 1  | PCA 2          | STOCK 2  | PCA 3     | STOCK 3  |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD   | K  | K        | K              | K        | K         | K        |
| AGREGADO FINO - (ARENA)  | 1,01 E-3   | 1,06 E-3 | 2,04 E-3       | 1,86 E-3 | 5,7 E-4   | 4,5 E-4  |
| AGREGADO GRUESO - (RIPIO)  | 1,60 E-3   | 1,77 E-3 | 1,15 E-2       | 1,07 E-2 | 1,17 E-3  | 1,13 E-3 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

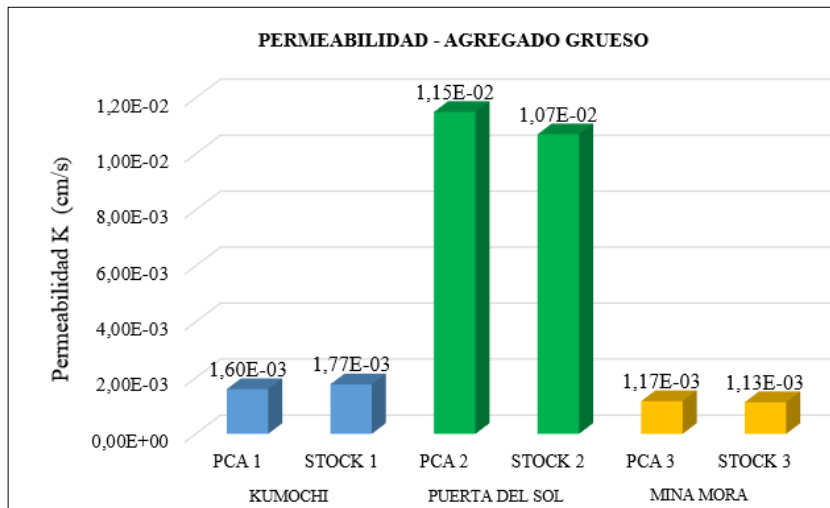
De acuerdo con la Tabla 12, mediante la utilización del método del permeámetro de carga constante se ha podido determinar los coeficientes de permeabilidad de los suelos. Para la cantera Kumochi son: arena=1,01E-03, ripio =1,60 E-03 correspondiente al PCA 1; arena=1,01E-03; grava =1,77 E-03 de la zona de Stock 1. Los agregados de la cantera Puerta del Sol presentan los siguientes: arena=2,04 E-03, grava =1,15 E-02; arena=1,86 E-03, grava =1,07E-02, extraídos del PCA 2 y obtenidos de la zona de stock 2 respectivamente. En el caso de la Mina Mora arena=5,7 E-04, grava =1,17 E-03; arena=4,5 E-04, grava =1,13 E-03, los primeros valores se atribuyen a las muestras del PCA 3 y las siguientes a las zonas de Stock 3.

**Figura 26:** Permeabilidad -Agregado fino -Resumen Canteras



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 27:** Permeabilidad - Agregado grueso - Resumen Canteras



**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se observa en las figuras 26 y 27, los resultados obtenidos evidencian que el material extraído de las canteras en estudio corresponde a: gravas, arenas y arenas finas. Además, se aprecia que en todas las canteras el material que más permeabilidad posee son los agregados gruesos permitiendo un buen drenaje. Por tal motivo al existir más espacios, permite mayor paso de líquidos lo cual frenará la exhalación de radón.

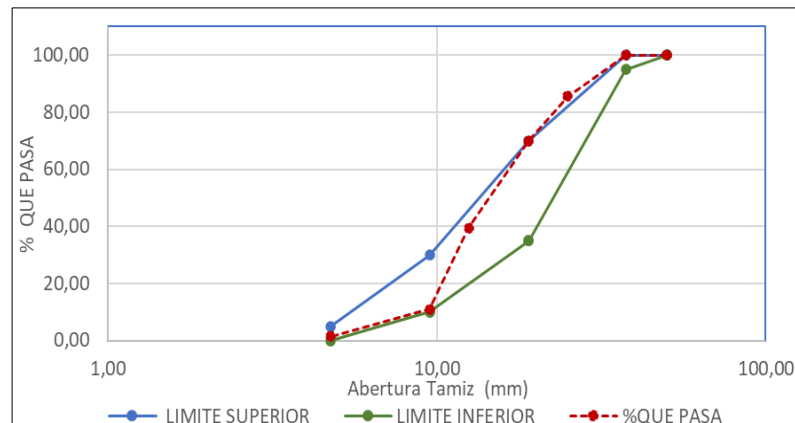


### 3.1.2.3 Análisis Granulométrico

✓ Cantera Kumochi

**Tabla 13:** Granulometría – Kumochi - Ripio PCA 1



| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                           |  |                         |                      |            |                        |
|---|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA                 |  |                         |                      |            |                        |
| CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL                             |  |                         |                      |            |                        |
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO " |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:  | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO :  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA:  | RIPIO - PCA 1  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:   | CANTERA KUMOCHI  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA :                                      | 6000   |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:  | 6/1/2020   |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ   | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 2"  | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| 1 1/2"  | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 95 --- 100             |
| 1"  | 863,8  | 863,8                   | 14,4                 | 85,6       |                        |
| 3/4"  | 934,4  | 1798,2                  | 30,0                 | 70,0       | 35 --- 70              |
| 1/2"  | 1836,1   | 3634,3                  | 60,6                 | 39,4       |                        |
| 3/8"  | 1710,1   | 5344,4                  | 89,1                 | 10,9       | 10 --- 30              |
| #4  | 565,2  | 5909,6                  | 98,5                 | 1,5        | 0 --- 5                |
| FUENTE  | 82,2   | 5991,8                  | 99,9                 |            |                        |
| TNM (TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO)                             |  |                         |                      | 1"         |                        |

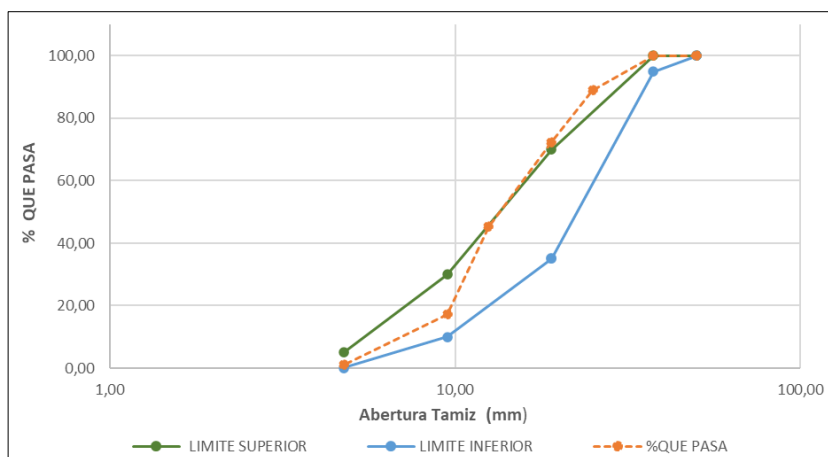


**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 13, se visualiza que la curva de distribución del agregado grueso es buena ya que se ajusta a los límites establecidos en la normativa, siendo el tamaño nominal máximo (TNM) de 1 pulgada considerado como partículas adecuadas para la elaboración de hormigón.

**Tabla 14:** Granulometría – Kumochi - Ripio Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                         |                      |            |                        |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO "  |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:   | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO :   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA:   | RIPIO - STOCK 1  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:  | 6000   |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:   | 6/1/2020   |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ  | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 2"   | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| 1 1/2"   | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 95 --- 100             |
| 1"   | 662,6  | 662,6                   | 11,0                 | 89,0       |                        |
| 3/4"   | 991,5  | 1654,1                  | 27,6                 | 72,4       | 35 --- 70              |
| 1/2"   | 1626,8   | 3280,9                  | 54,7                 | 45,3       |                        |
| 3/8"   | 1689,7   | 4970,6                  | 82,8                 | 17,2       | 10 --- 30              |
| #4   | 967,5  | 5938,1                  | 99,0                 | 1,0        | 0 --- 5                |
| FUENTE   | 38,1   | 5976,2                  | 99,6                 |            |                        |
| TNM (TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO)  |  |                         |                      | 1"         |                        |

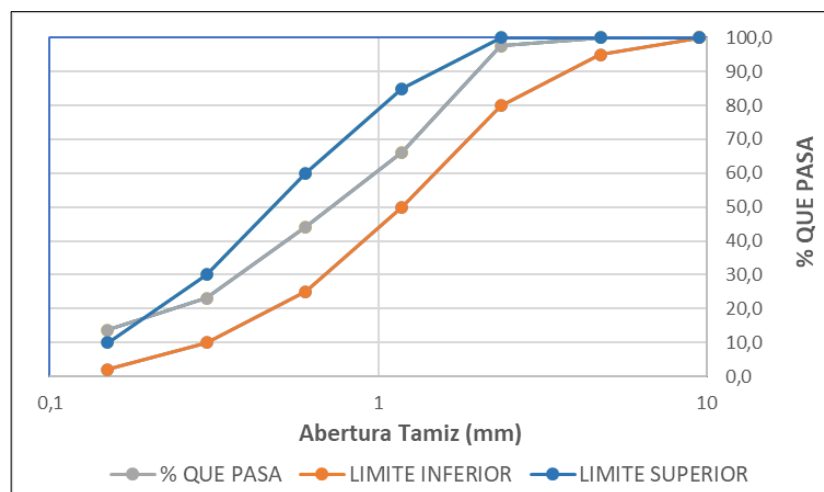


**Fuente:** Lissette Veintimilla

Una vez realizado el análisis granulométrico, en tabla 14, se observa que la curva de distribución del agregado grueso ajusta a los límites establecidos en la normativa, siendo el tamaño nominal máximo (TNM) de 1 pulgada considerado como partículas adecuadas para la elaboración de hormigón.

**Tabla 15:** Granulometría – Kumochi – Arena PCA 1

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                         |  | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA |                      | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                        |
|---|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO " |  |   |                      |                             |                        |
| NORMA:  | NTE INEN 872   |   |                      |                             |                        |
| PROYECTO:   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |                      |                             |                        |
| MUESTRA :   | ARENA - PCA 1  |   |                      |                             |                        |
| ORIGEN:   | CANTERA KUMOCHI  |   |                      |                             |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:                                     | 700  |   |                      |                             |                        |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |                      |                             |                        |
| FECHA:  | 6/1/2020   |   |                      |                             |                        |
| TAMIZ   | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr)                 | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA                  | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 3/8"  | 0  | 0                                       | 0,0                  | 100,0                       | 100                    |
| #4  | 0  | 0                                       | 0,0                  | 100,0                       | 95 --- 100             |
| #8  | 17   | 17                                      | 2,4                  | 97,6                        | 80 --- 100             |
| #16   | 220,1  | 237,1                                   | 33,9                 | 66,1                        | 50 --- 85              |
| #30   | 153,5  | 390,6                                   | 55,8                 | 44,2                        | 25 --- 60              |
| #50   | 148,1  | 538,7                                   | 77,0                 | 23,0                        | 10 --- 30              |
| #100  | 65,6   | 604,3                                   | 86,3                 | 13,7                        | 2 --- 10               |
| #200  | 41   | 645,3                                   | 92,2                 | 7,8                         |                        |
| FUENTE  | 31,1   | 676,4                                   | 96,6                 |                             |                        |
| MODULO DE FINURA                                      |  |   | 2,6                  |                             |                        |

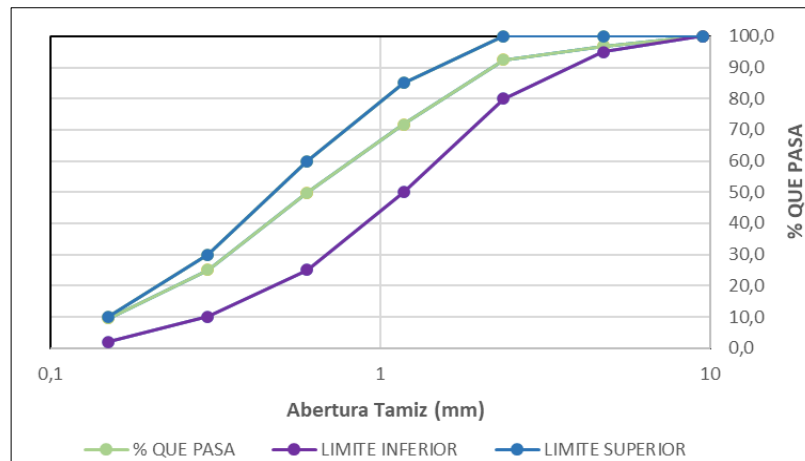


**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 15, se observa que existe una adecuada distribución de las partículas de agregado fino, puesto que se ajustan a los límites estipulados en la norma. Además, el módulo de finura es 2,6 considerada como ideal en la elaboración del hormigón.

**Tabla 16:** Granulometría – Kumochi – Arena Stock 1

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                         |  | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA |                      | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                        |
|---|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO " |  |   |                      |                             |                        |
| NORMA:  | NTE INEN 872   |   |                      |                             |                        |
| PROYECTO:   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |                      |                             |                        |
| MUESTRA :   | ARENA - STOCK 1  |   |                      |                             |                        |
| ORIGEN:   | CANTERA KUMOCHI  |   |                      |                             |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:                                     | 700  |   |                      |                             |                        |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |                      |                             |                        |
| FECHA:  | 6/1/2020   |   |                      |                             |                        |
| TAMIZ   | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr)                 | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA                  | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 3/8"  | 0  | 0                                       | 0,0                  | 100,0                       | 100                    |
| #4  | 22,7   | 22,7                                    | 3,2                  | 96,8                        | 95 --- 100             |
| #8  | 30,5   | 53,2                                    | 7,6                  | 92,4                        | 80 --- 100             |
| #16   | 144,7  | 197,9                                   | 28,3                 | 71,7                        | 50 --- 85              |
| #30   | 153,3  | 351,2                                   | 50,2                 | 49,8                        | 25 --- 60              |
| #50   | 173,3  | 524,5                                   | 74,9                 | 25,1                        | 10 --- 30              |
| #100  | 108,9  | 633,4                                   | 90,5                 | 9,5                         | 2 --- 10               |
| #200  | 51,7   | 685,1                                   | 97,9                 | 2,1                         |                        |
| FUENTE  | 14,9   | 700                                     | 100,0                |                             |                        |
| MÓDULO DE FINURA                                      |  |   |                      | 2,6                         |                        |





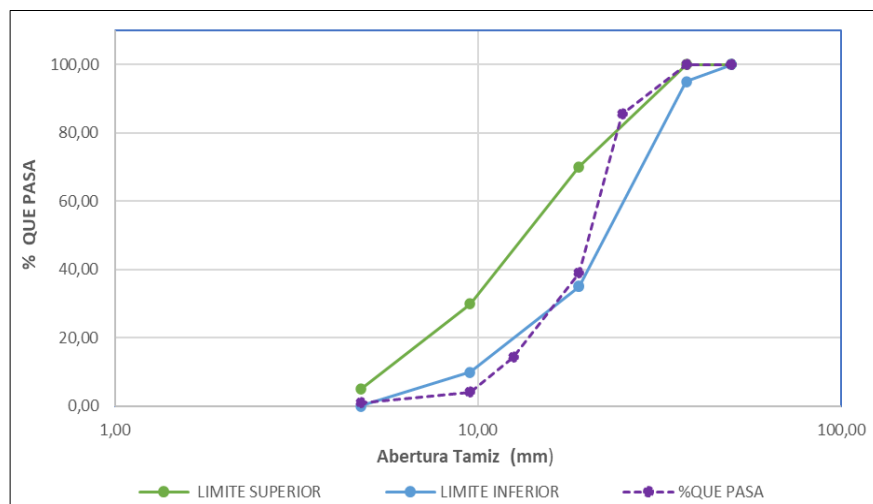
**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se observa en la tabla 16, el tamaño de las partículas de árido fino se encuentran dentro de los límites permitidos conforme a la norma NTE INEN 872. Y el módulo de finura en la muestra de arena es: 2,6 clasificándolas como una arena gruesa ideal para hormigones, puesto que entre más fino sea el material, aumenta la superficie específica y se requiere mayor cantidad de aglomerante.

✓ Cantera Puerta del Sol

**Tabla 17:** Granulometría – Puerta del Sol – Ripio PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                         |                      |            |                        |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO "  |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:   | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO :   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA:   | RIPIO - PCA 2  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:  | 6000   |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:   | 18/2/2020  |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ  | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 2"   | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| 1 1/2"   | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 95 --- 100             |
| 1"   | 865,2  | 865,2                   | 14,4                 | 85,6       |                        |
| 3/4"   | 2796,2   | 3661,4                  | 61,0                 | 39,0       | 35 --- 70              |
| 1/2"   | 1478,4   | 5139,8                  | 85,7                 | 14,3       |                        |
| 3/8"   | 612,7  | 5752,5                  | 95,9                 | 4,1        | 10 --- 30              |
| #4   | 185,5  | 5938,0                  | 99,0                 | 1,0        | 0 --- 5                |
| FUENTE   | 56,9   | 5994,9                  | 99,9                 |            |                        |
| TNM (TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO)  |  |                         | 1"                   |            |                        |

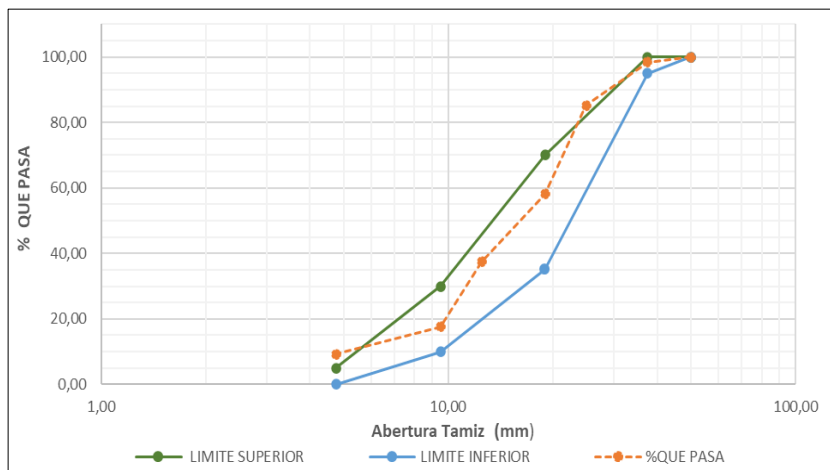


**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 17, se aprecia que el TNM del agregado grueso del PCA 2 es 1", encontrándose dentro de los límites permitidos para ser empleado en la elaboración de hormigón cuyos rangos varían desde 1 ½" hasta ¾", además existe un ligero incumplimiento en el rango de partículas correspondiente al tamiz 3/8", puesto que los límites permisibles por la norma son 10 - 30 % y en el análisis se obtiene 4,1%.

**Tabla 18:** Granulometría – Puerta del Sol – Ripio Stock 2



| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                           |  | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA |                      | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                        |
|---|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO " |  |   |                      |                             |                        |
| NORMA:  | NTE INEN 872   |   |                      |                             |                        |
| PROYECTO :  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |                      |                             |                        |
| MUESTRA:  | RIPIO - STOCK 2  |   |                      |                             |                        |
| ORIGEN:   | CANTERA PUERTA DE SOL  |   |                      |                             |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:                                       | 6000   |   |                      |                             |                        |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |                      |                             |                        |
| FECHA:  | 18/2/2020  |   |                      |                             |                        |
| TAMIZ   | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr)                 | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA                  | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 2"  | 0,0  | 0,0                                     | 0,0                  | 100,0                       | 100                    |
| 1 1/2"  | 93,1   | 93,1                                    | 1,6                  | 98,4                        | 95 --- 100             |
| 1"  | 795,0  | 888,1                                   | 14,8                 | 85,2                        |                        |
| 3/4"  | 1622,6   | 2510,7                                  | 41,8                 | 58,2                        | 35 --- 70              |
| 1/2"  | 1243,7   | 3754,4                                  | 62,6                 | 37,4                        |                        |
| 3/8"  | 1185,8   | 4940,2                                  | 82,3                 | 17,7                        | 10 --- 30              |
| #4  | 505,6  | 5445,8                                  | 90,8                 | 9,2                         | 0 --- 5                |
| FUENTE  | 553,9  | 5999,7                                  | 100,0                |                             |                        |
| TNM (TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO)                             |  |   |                      | 1"                          |                        |

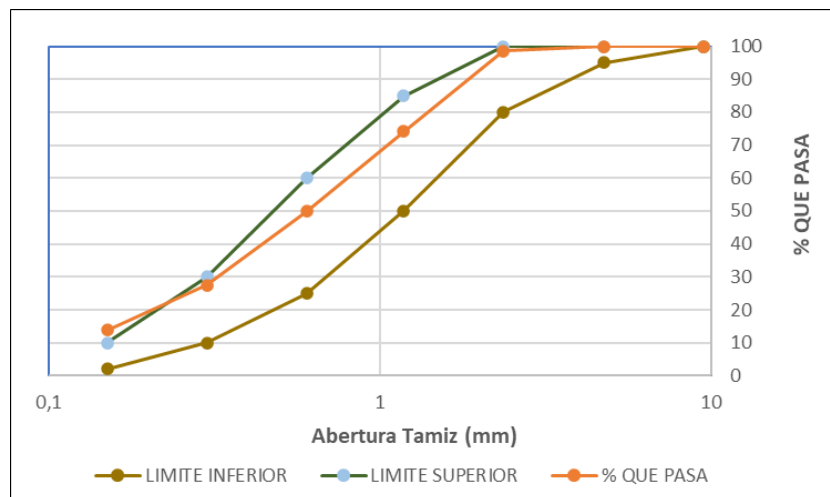


Fuente: Lissette Veintimilla

En la tabla 18 se observa que el TNM del agregado grueso concerniente a la zona de Stock 2 es 1”, encontrándose dentro de los límites permitidos para ser empleado en la elaboración de hormigón cuyos rangos varían desde 1 ½” hasta ¾”, además existe un ligero incumplimiento en el rango de partículas correspondiente al tamiz #4, puesto que los límites permisibles por la norma son 0 - 5 % y en el análisis se obtiene 9,2 %.

**Tabla 19:** Granulometría – Puerta del Sol – Arena PCA 2



|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                         |                      |            |                        |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO "  |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:   | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA :  | ARENA - PCA 2  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:  | 700  |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:   | 18/2/2020  |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ  | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 3/8"   | 0  | 0                       | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| #4   | 0  | 0                       | 0,0                  | 100,0      | 95 --- 100             |
| #8   | 10   | 10                      | 1,4                  | 98,6       | 80 --- 100             |
| #16  | 171,4  | 181,4                   | 25,9                 | 74,1       | 50 --- 85              |
| #30  | 168,9  | 350,3                   | 50,0                 | 50,0       | 25 --- 60              |
| #50  | 157,6  | 507,9                   | 72,6                 | 27,4       | 10 --- 30              |
| #100   | 95,4   | 603,3                   | 86,2                 | 13,8       | 2 --- 10               |
| #200   | 61,3   | 664,6                   | 94,9                 | 5,1        |                        |
| FUENTE   | 35,3   | 699,9                   | 100,0                |            |                        |
| MÓDULO DE FINURA   |  |                         |                      | 2,4        |                        |

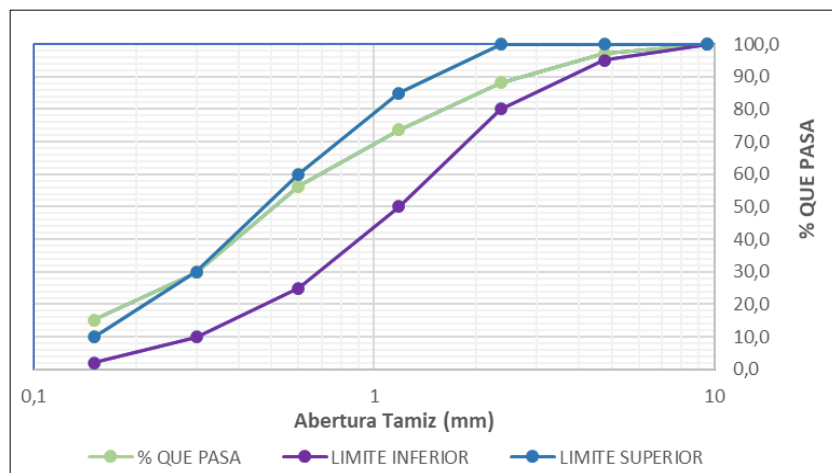


Fuente: Lissette Veintimilla

En la tabla 19, puede evidenciarse que la distribución de las partículas cumple los límites establecidos hasta el tamiz #50, ya que a partir de este existe un ligero incumplimiento, puesto que el rango permisible es 2-10% y se obtuvo un valor de 13,8%. El módulo de finura obtenido es 2,4 misma que supera el mínimo de 2.3, para ser considerada en la elaboración del hormigón.

**Tabla 20:** Granulometría – Puerta del Sol – Arena Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                         |                      |            |                        |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO "  |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:   | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMUCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA :  | ARENA - STOCK 2  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:  | 700  |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:   | 18/2/2020  |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ  | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 3/8"   | 0  | 0                       | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| #4   | 20   | 20                      | 2,9                  | 97,1       | 95 --- 100             |
| #8   | 63,6   | 83,6                    | 11,9                 | 88,1       | 80 --- 100             |
| #16  | 100,5  | 184,1                   | 26,3                 | 73,7       | 50 --- 85              |
| #30  | 121,5  | 305,6                   | 43,7                 | 56,3       | 25 --- 60              |
| #50  | 185  | 490,6                   | 70,1                 | 29,9       | 10 --- 30              |
| #100   | 102,7  | 593,3                   | 84,8                 | 15,2       | 2 --- 10               |
| #200   | 78,4   | 671,7                   | 96,0                 | 4,0        |                        |
| FUENTE   | 26,1   | 697,8                   | 99,7                 |            |                        |
| MÓDULO DE FINURA   |  |                         | 2,4                  |            |                        |





Fuente: Lissette Veintimilla

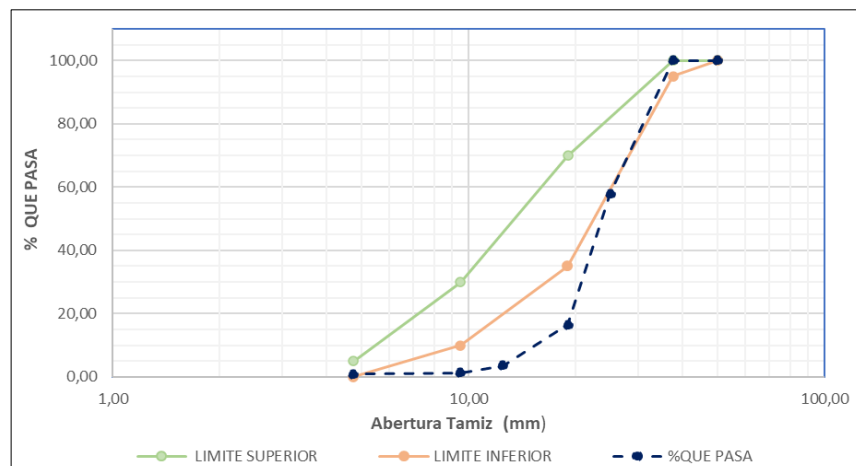


En la tabla 20, correspondiente al análisis granulométrico del agregado fino muestra que el módulo de finura obtenido es 2,4 y se encuentra dentro del rango 2,3 a 3.1. y es aceptada para emplearse en la elaboración de hormigón. Su distribución granulométrica es buena debido a que se encuentra dentro de los rangos presentados en la norma ASTM.

✓ Cantera Mina Mora

**Tabla 21:** Granulometría – Mina Mora – Ripio PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                         |                      |            |                        |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO "  |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:   | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO :   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA:   | RIPIO - PCA 3  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:  | 6000   |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:   | 10/3/2020  |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ  | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 2"   | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| 1 1/2"   | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 95 --- 100             |
| 1"   | 2528,5   | 2528,5                  | 42,1                 | 57,9       |                        |
| 3/4"   | 2478,0   | 5006,5                  | 83,4                 | 16,6       | 35 --- 70              |
| 1/2"   | 779,1  | 5785,6                  | 96,4                 | 3,6        |                        |
| 3/8"   | 138,4  | 5924,0                  | 98,7                 | 1,3        | 10 --- 30              |
| #4   | 26,1   | 5950,1                  | 99,2                 | 0,8        | 0 --- 5                |
| FUENTE   | 41,3   | 5991,4                  | 99,9                 |            |                        |
| TNM (TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO)  |  |                         |                      | 1 1/2"     |                        |

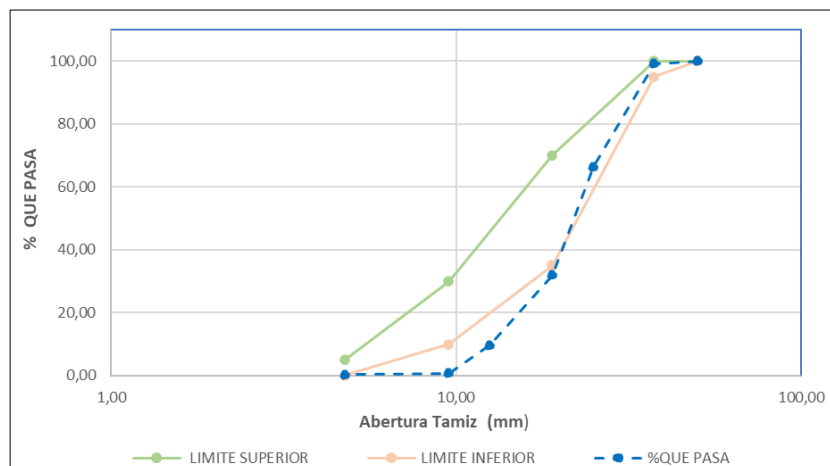


**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 21 mediante el ensayo de granulometría se determinó que el TNM del agregado grueso en el PCA es 1 ½". Conjuntamente se observa que la curva a partir del tamiz ¾" al #4 se encuentra bajo el límite inferior establecido en la norma por lo cual se concluye el tamaño del agregado es relativamente grueso variando entre partículas de 1 1/2" a ¾".

**Tabla 22:** Granulometría – Mina Mora – Ripio Stock 3



| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b></p> <p><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> </div> </div> |  |                         |                      |            |                        |
|---|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO "   |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:  | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO :  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA:  | RIPIO - STOCK 3  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:   | MINA MORA  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:   | 6000   |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:  | 10/3/2020  |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ   | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 2"  | 0,0  | 0,0                     | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| 1 1/2"  | 54,0   | 54,0                    | 0,9                  | 99,1       | 95 --- 100             |
| 1"  | 1962,4   | 2016,4                  | 33,6                 | 66,4       |                        |
| ¾"  | 2069,1   | 4085,5                  | 68,1                 | 31,9       | 35 --- 70              |
| 1/2"  | 1332,6   | 5418,1                  | 90,3                 | 9,7        |                        |
| 3/8"  | 540,4  | 5958,5                  | 99,3                 | 0,7        | 10 --- 30              |
| #4  | 21,8   | 5980,3                  | 99,7                 | 0,3        | 0 --- 5                |
| FUENTE  | 19,5   | 5999,8                  | 100,0                |            |                        |
| TNM (TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO)   |  |                         |                      | 1 1/2"     |                        |

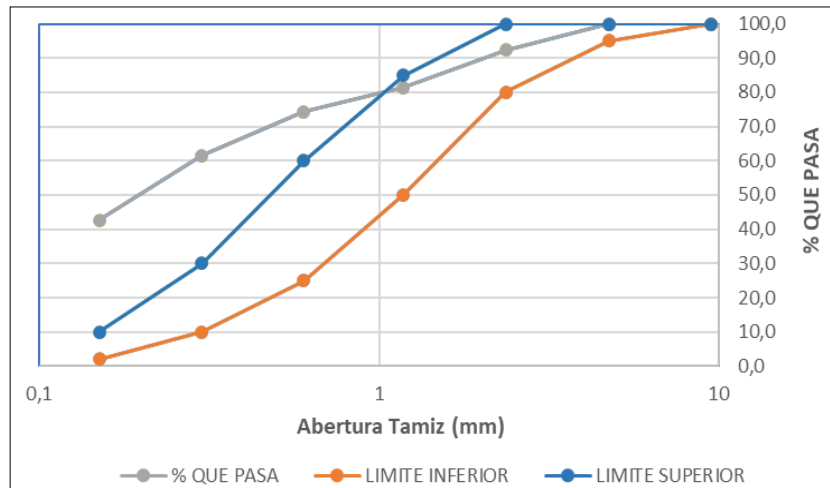


**Fuente:** Lissette Veintimilla

Mediante el ensayo de granulometría se determinó que el TNM del agregado grueso es 1 ½”. Conjuntamente se observa que la curva a partir del tamiz ¾” al #4 se encuentra bajo el límite inferior establecido en la norma por lo cual se concluye el tamaño del agregado es relativamente grueso variando entre partículas de 1 1/2” a ¾”.

**Tabla 23:** Granulometría – Mina Mora – Arena PCA 3



|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                         |                      |            |                        |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO "  |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:   | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA :  | ARENA - PCA 3  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:  | 700  |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:   | 10/3/2020  |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ  | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 3/8"   | 0  | 0                       | 0,0                  | 100,0      | 100                    |
| #4   | 0  | 0                       | 0,0                  | 100,0      | 95 --- 100             |
| #8   | 53,8   | 53,8                    | 7,7                  | 92,3       | 80 --- 100             |
| #16  | 76,3   | 130,1                   | 18,6                 | 81,4       | 50 --- 85              |
| #30  | 50,1   | 180,2                   | 25,7                 | 74,3       | 25 --- 60              |
| #50  | 88,7   | 268,9                   | 38,4                 | 61,6       | 10 --- 30              |
| #100   | 132,8  | 401,7                   | 57,4                 | 42,6       | 2 --- 10               |
| #200   | 131,3  | 533                     | 76,1                 | 23,9       |                        |
| FUENTE   | 164,3  | 697,3                   | 99,6                 |            |                        |
| MÓDULO DE FINURA   |  |                         | 1,5                  |            |                        |

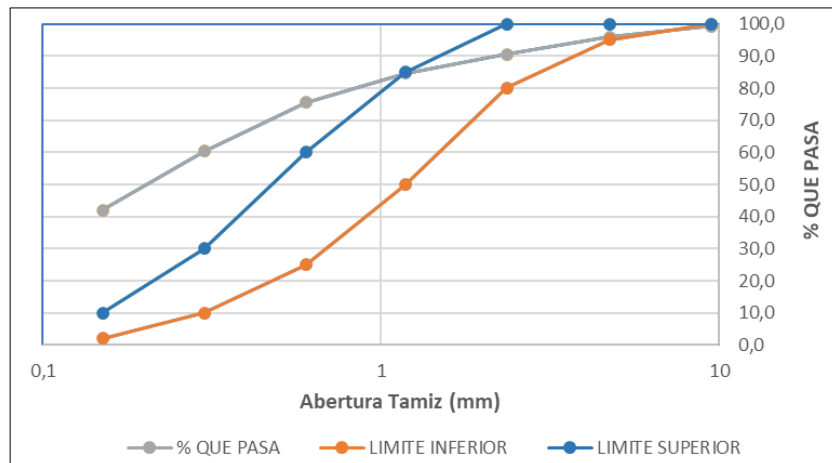


Fuente: Lissette Veintimilla

Se observa en la tabla 23 que la curva granulométrica se encuentra fuera de los límites establecidos por la norma ASTM, específicamente en el límite superior, teniendo así una tendencia de arenas muy finas. El módulo de finura es 1,5 menor que 2.3 y no recomendable para hormigones.

**Tabla 24:** Granulometría – Mina Mora – Arena Stock 3

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div>  </div> |  |                         |                      |            |                        |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| ENSAYO : "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO "  |  |                         |                      |            |                        |
| NORMA:   | NTE INEN 872   |                         |                      |            |                        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |            |                        |
| MUESTRA :  | ARENA - STOCK 3  |                         |                      |            |                        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |                         |                      |            |                        |
| CANTIDAD MUESTRA:  | 700  |                         |                      |            |                        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                         |                      |            |                        |
| FECHA:   | 10/3/2020  |                         |                      |            |                        |
| TAMIZ  | RETENIDO PARCIAL (gr)  | RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | LIMITE ASTM % QUE PASA |
| 3/8"   | 4,8  | 4,8                     | 0,7                  | 99,3       | 100                    |
| #4   | 24,3   | 29,1                    | 4,2                  | 95,8       | 95 --- 100             |
| #8   | 36,9   | 66                      | 9,4                  | 90,6       | 80 --- 100             |
| #16  | 41,2   | 107,2                   | 15,3                 | 84,7       | 50 --- 85              |
| #30  | 63,8   | 171                     | 24,4                 | 75,6       | 25 --- 60              |
| #50  | 106,5  | 277,5                   | 39,6                 | 60,4       | 10 --- 30              |
| #100   | 128,8  | 406,3                   | 58,0                 | 42,0       | 2 --- 10               |
| #200   | 143,5  | 549,8                   | 78,5                 | 21,5       |                        |
| FUENTE   | 143,1  | 692,9                   | 99,0                 |            |                        |
| MÓDULO DE FINURA   |  |                         |                      | 1,5        |                        |





**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 24 se observa que la curva se encuentra fuera de los límites establecidos por la norma ASTM, específicamente en el límite superior, teniendo así una tendencia de arenas muy finas. El módulo de finura es 1,5 menor que 2.3 y no recomendable para hormigones ya que la superficie específica aumenta y consecuentemente la cantidad de cemento en la elaboración de hormigón aumentará.

### 3.1.2.4 Gravedad Especifica y Capacidad de absorción de los agregados

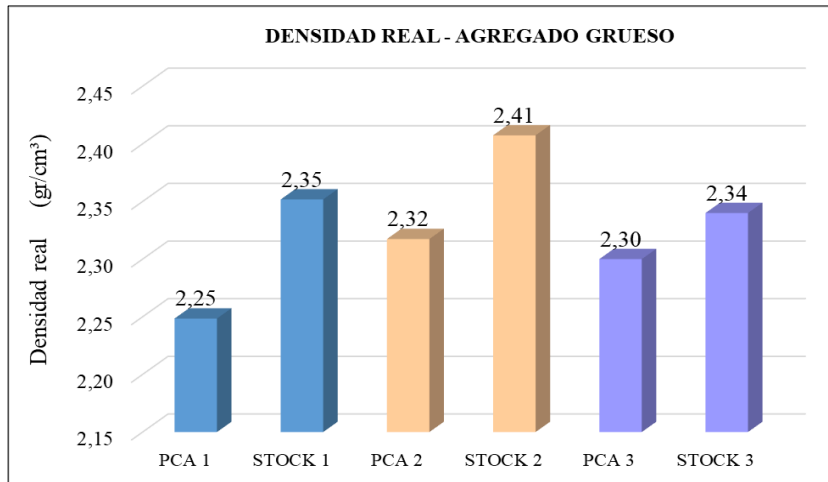
**Tabla 25:** Densidad Real y Capacidad de absorción de los agregados – Resumen Canteras

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  |   |             |                             |             |                             |             |
|--|---|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>   |   |             |                             |             |                             |             |
| <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>   |   |             |                             |             |                             |             |
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |   |             |                             |             |                             |             |
| NORMA:   | NTE INEN 856 / NTE INEN 857   |             |                             |             |                             |             |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |             |                             |             |                             |             |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA  |             |                             |             |                             |             |
| FECHA:   | 21/2/2020   |             |                             |             |                             |             |
| CANTERAS :   | KUMOCHI   |             | PUERTA DEL SOL              |             | MINA MORA                   |             |
|  | DR<br>(gr/cm <sup>3</sup> )   | CA<br>( % ) | DR<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | CA<br>( % ) | DR<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | CA<br>( % ) |
| RIPIO - PCA  | 2,25  | 2,68        | 2,32                        | 3,75        | 2,30                        | 5,18        |
| RIPIO - STOCK  | 2,35  | 3,75        | 2,41                        | 4,06        | 2,34                        | 6,13        |
| ARENA - PCA  | 2,56  | 0,90        | 2,47                        | 3,70        | 1,75                        | 2,88        |
| ARENA - STOCK  | 2,69  | 0,94        | 2,42                        | 4,74        | 1,78                        | 3,00        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 25, se encuentran los resultados del ensayo de densidad real y capacidad de absorción de los agregados. En el Anexo 14 se encuentra a detalle la obtención de dichos resultados.

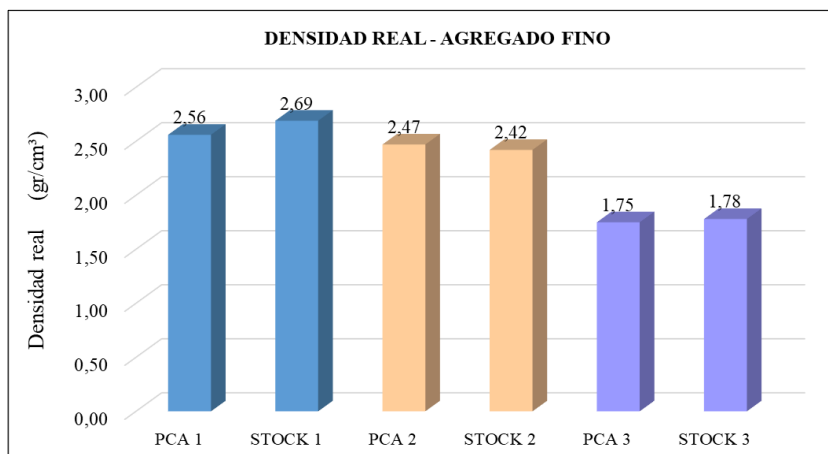
**Figura 28:** Densidad real - Agregado grueso - Resumen Canteras



**Fuente:** Lissette Veintimilla

Después realizar el ensayo de densidad real del agregado grueso, en la Figura 28 se muestran los resultados obtenidos: Cantera Kumochi, PCA 1= 2,25 gr/cm<sup>3</sup>, Stock 1=2,35 gr/cm<sup>3</sup>. Para la cantera Puerta del Sol los valores corresponden a: PCA 2=2,32 gr/cm<sup>3</sup>, Stock 2 =2,41 gr/cm<sup>3</sup>. Finalmente, los resultados de la cantera Mina Mora son: PCA 3=2,3 gr/cm<sup>3</sup>, Stock 3 =2,34 gr/cm<sup>3</sup>. En todos los casos no se trata de una grava ideal puesto que su densidad real es menor a 2,6 gr/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, supera el valor de 2,3 establecido en la normativa para considerarse en la elaboración de hormigón.

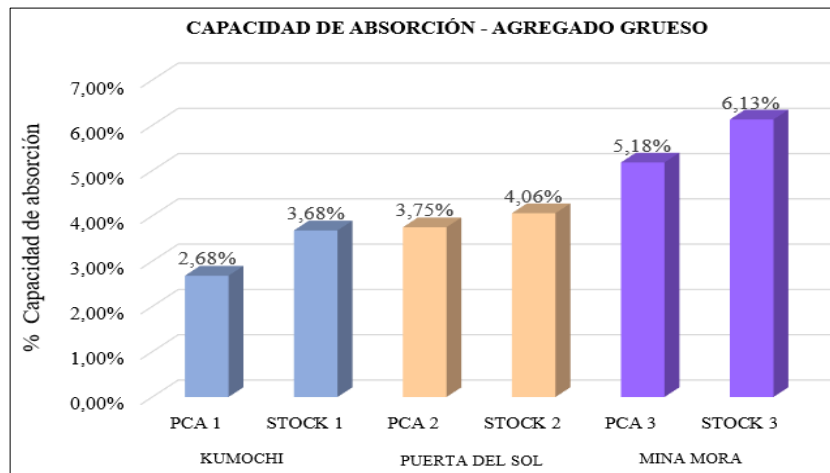
**Figura 29:** Densidad real -Agregado fino -Resumen Canteras



**Fuente:** Lissette Veintimilla

De acuerdo a la Figura 29, los resultados de densidad real del agregado fino pertenecientes a la cantera Kumochi son: PCA 1 = 2,56 gr/cm<sup>3</sup> y 2,69 gr/cm<sup>3</sup> en Stock 1, cuyos valores corresponden a una buena arena, ideal en la elaboración de hormigón. En las canteras Puerta del Sol y Mina Mora los resultados son los siguientes: PCA 2= 2,47 gr/cm<sup>3</sup>, Stock 2 = 2,42 gr/cm<sup>3</sup>; PCA 3 = 1,75 gr/cm<sup>3</sup> y Stock 3= 1,78 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. En ambos casos no se trata de un agregado ideal ya que se encuentra por debajo de 2,6 gr/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, supera el valor de 2,3 establecido en la normativa por tal motivo puede emplearse en la fabricación de hormigón.

**Figura 30:** Capacidad de absorción del agregado grueso – Resumen Canteras

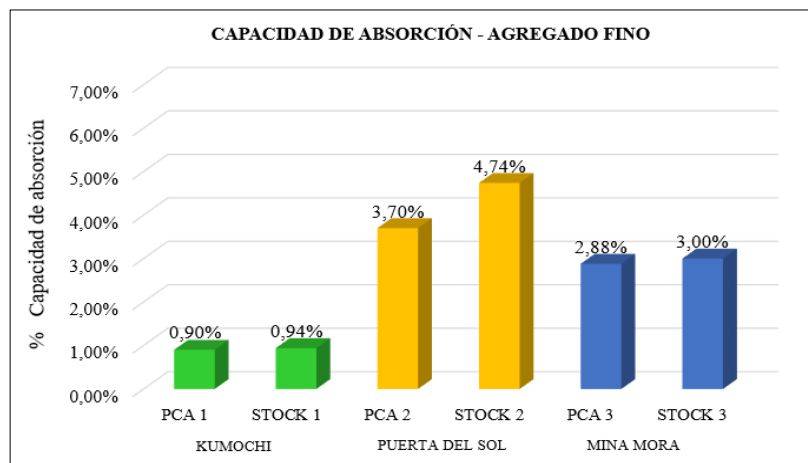


**Fuente:** Lissette Veintimilla

Conforme se aprecia en la Figura 30, los resultados de la capacidad de absorción del agregado grueso son: PCA 1=2,68 % y Stock 1=3,68%. En la cantera Puerta del Sol los porcentajes son: PCA 2=3,75 % y Stock 2=4,06 %. Finalmente, los resultados de la cantera Mina Mora son: PCA 3=5,18 % y Stock 3=6,13 %.

Como indican los resultados el nivel de absorción de agua en el agregado grueso es alto, puesto que su rango oscila entre 0.2% al 4%, mientras que en el caso de la Mina Mora supera estos rangos. Por tanto, la relación agua-cemento disminuirá consecuentemente el concreto perderá trabajabilidad.

**Figura 31:** Capacidad de absorción del agregado fino – Resumen Canteras



**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la figura 31, se muestran los valores capacidad de absorción del agregado fino correspondientes a las distintas áreas mineras en estudio. Cantera Kumochi es: PCA 1 =0,90 % y Stock 1=0,94%, valores que están dentro de los rangos establecidos que varían del 0,2% al 2%. Entonces como el nivel de absorción es bajo la relación agua - cemento aumentará y la resistencia del hormigón disminuirá.

Para la cantera Puerta del Sol: PCA 2=3,70 %, Stock 2= 4,74 %; Mina Mora: PCA 3 = 2,88 %, Stock 3 = 3,00 %. Estos resultados sobrepasan el nivel absorción que varían del 0.2 al 2%. Por tanto, entre mayor sea el porcentaje disminuirá su calidad. Además, la relación agua-cemento disminuirá y el concreto perderá trabajabilidad.

Al existir mayor capacidad de absorción en los agregados gruesos, refleja que los mismos poseen una mayor cantidad de poros que serán saturados permitiendo así la disolución de gas radón en agua.

### **3.1.3 Propiedades mecánicas de los agregados para la elaboración de hormigón**



A continuación, se analizarán los resultados de los ensayos de resistencia a la abrasión, densidad real del cemento y densidad aparente que son parámetros que intervienen en la dosificación del hormigón mediante el método de la densidad óptima desarrollado por



la Universidad Central del Ecuador, cabe recalcar que las propiedades de densidad real, capacidad de absorción y análisis granulométrico ya han sido analizadas previamente.

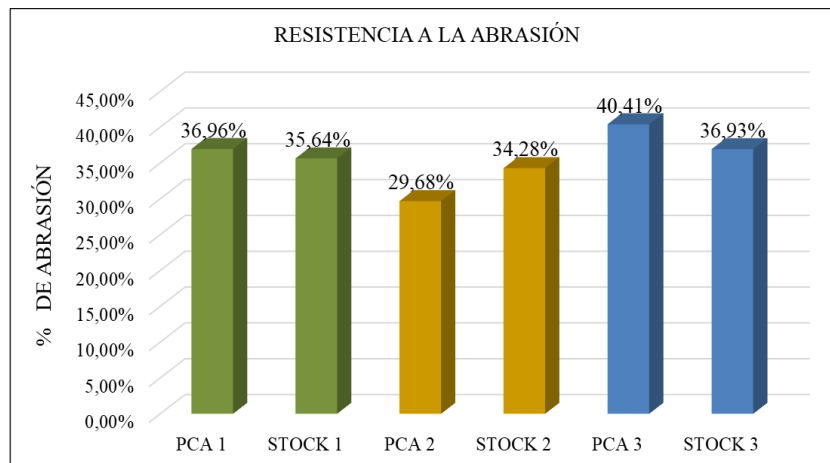
### 3.1.3.2 Resistencia a la abrasión

**Tabla 26:** Resistencia a la abrasión -Agregado grueso - Resumen Canteras

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |         |                |         |           |         |
|--|--|---------|----------------|---------|-----------|---------|
| ENSAYO : "RESISTENCIA A LA ABRASIÓN "  |  |         |                |         |           |         |
| NORMA:   | INEN 860   |         |                |         |           |         |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |         |                |         |           |         |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |         |                |         |           |         |
| FECHA:   | 12/3/2020  |         |                |         |           |         |
| CANTERAS   | KUMOCHI  |         | PUERTA DEL SOL |         | MINA MORA |         |
| MUESTRA  | PCA 1  | STOCK 1 | PCA 2          | STOCK 2 | PCA 3     | STOCK 3 |
| % ABRASIÓN   | %  | %       | %              | %       | %         | %       |
| AGREGADO GRUESO (RIPIO )   | 36,96  | 35,64   | 29,68          | 34,28   | 40,41     | 36,93   |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 32:** Resistencia a la abrasión – Agregado Grueso – Resumen Canteras





**Fuente:** Lissette Veintimilla

En tabla 26 y Figura 32 se muestra un resumen del ensayo de abrasión realizado a los agregados gruesos cuyos valores se detallan a continuación: 36,96 % y 35,64 % en la cantera Kumochi; 29,68% ,34,28% en la cantera Puerta del sol, finalmente 40,41% y 36,93% en la Mina Mora atribuibles a las muestras del PCA y Stock respectivamente. Todos los valores se encuentran en los rangos establecidos en la norma mismo que varía entre 10% al 45%, por lo cual se trata de una grava resistente aceptable en la elaboración de hormigón.

Para más detalles, respecto a la obtención de dichos valores, revisar el Anexo 15.

### 3.1.2.2 Densidad real del cemento

**Tabla 27:** Densidad real del cemento

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                    |             |
|--|--|--------------------|-------------|
| ENSAYO : "DENSIDAD REAL DEL CEMENTO "  |  |                    |             |
| NORMA:   | NTE INEN 156   |                    |             |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |             |
| ORIGEN:  | CEMENTO FUERTE   |                    |             |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |             |
| FECHA:   | 13/2/2020  |                    |             |
| CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CEMENTO  |  |                    |             |
| DENOMINACION   | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES           | MASA        |
| m1   | Masa del frasco  | gr                 | 163,7       |
| m2   | Masa frasco + cemento  | gr                 | 238,7       |
| m3   | Masa + cemento +gasolina   | gr                 | 596,1       |
| m4=m3-m2   | Masa gasolina añadida  | gr                 | 357,4       |
| m5   | Masa frasco +500 cm <sup>3</sup> de gasolina   | gr                 | 540,6       |
| m6=m5-m1   | Masa de 500 cm <sup>3</sup> de gasolina  | gr                 | 376,9       |
| dg=m6/500cm <sup>3</sup>   | Densidad de la gasolina  | gr/cm <sup>3</sup> | 0,754       |
| m7=m6-m4   | Masa del gasolina desalojada por el cemento  | gr                 | 19,5        |
| me =m2-m1  | Masa del cemento   | gr                 | 75          |
| Vc =m7/da  | Volumen del gasolina desalojada  | cm <sup>3</sup>    | 25,87       |
| dc =mc/Vc  | Densidad real del cemento  | gr/cm <sup>3</sup> | <b>2,90</b> |



**Fuente:** Lissette Veintimilla

Mediante el ensayo de gravedad específica del cemento descrito en la norma NTE INEN 156, se obtuvo que el valor es 2,90 gr/cm<sup>3</sup>. Encontrándose dentro de los rangos permitidos 2.9 – 3.1 gr/cm<sup>3</sup>.

### 3.1.3.3 Densidad aparente de los agregados

✓ Cantera Kumochi



**Tabla 28:** Densidad Aparente suelta y compactada – Kumochi – PCA 1

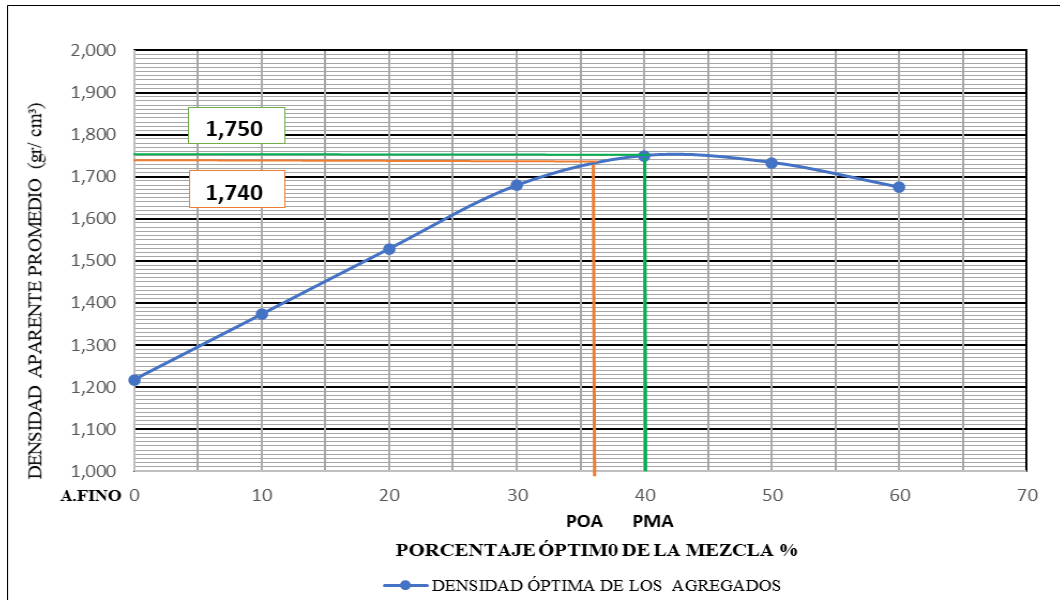
|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |                                     |  |
|--|--|----------|-------------------------------------|--|
| ENSAYO: "DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS "  |  |          |                                     |  |
| NORMA:   | NTE INEN 858   |          |                                     |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |                                     |  |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |          |                                     |  |
| MUESTRA:   | PCA 1  |          |                                     |  |
| MASA RECIPIENTE :  | 9,9  |          |                                     | Kg   |
| VOLUMEN RECIPIENTE :   | 21,2   |          |                                     | dm <sup>3</sup>                              |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |                                     |  |
| FECHA:   | 31/1/2020  |          |                                     |  |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| AGREGADO   | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)   | AGREGADO | PESO UNITARIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO   | 35,9   | 26       | 1,226                               | 1,229  |
|  | 36   | 26,1     | 1,231                               |  |
| FINO   | 42,4   | 32,5     | 1,533                               | 1,509  |
|  | 41,4   | 31,5     | 1,486                               |  |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| GRUESO   | 36,8   | 26,9     | 1,269                               | 1,269  |
|  | 36,8   | 26,9     | 1,269                               |  |
| FINO   | 43,6   | 33,7     | 1,590                               | 1,592  |
|  | 43,7   | 33,8     | 1,594                               |  |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 28, mediante el ensayo de densidad aparente de los agregados, se observa que la densidad aparente suelta para las muestras de agregado grueso y fino corresponden a: 1.229gr /cm<sup>3</sup> y 1,509 gr /cm<sup>3</sup> respectivamente. Mientras que la densidad aparente compactada es: ripio=1,269 gr /cm<sup>3</sup> y arena = 1,592 gr /cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se evidencia que la densidad aparente es mayor en un estado compactado, ya que existe un mejor acomodo de partículas, reduciendo así la cantidad de vacíos existentes entre los mismos. Además, se encuentran dentro de los rangos de densidad aparente de un agregado que varía de 1.120 gr /cm<sup>3</sup> a 1.920 gr /cm<sup>3</sup> según lo dispuesto en la norma NTE INEN 694.

**Tabla 29:** Densidad Aparente Compactada - mezcla – Kumochi – PCA 1

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO             |      | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  |       | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                            |   |  |   |  |
|---|------|--|-------|-----------------------------|----------------------------|---|--|---|--|
|   |      |  |       |                             |                            |   |  | ENSAYO: " DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA " |  |
| PROYECTO:                                 |      | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |       |                             |                            |   |  |   |  |
| ORIGEN / MUESTRA :                        |      | CANTERA KUMOCHI / PCA 1  |       |                             | ENSAYADO POR:              |   | LISSETTE VEINTIMILLA                       |   |  |
| MASA DE RECIPIENTE (Kg):                  |      | 9,9  |       |                             | FECHA:                     |   | 31/1/2020                                  |   |  |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ): |      | 21,2   |       |                             | NORMA:                     |   | NTE INEN 858 : 2010                        |   |  |
| % MEZCLA                                  |      | CANTIDAD (Kg)  |       | FINO AÑADIDO (Kg)           | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg) | AGREGADO (Kg)   | PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> )          |  |
| GRUESO                                    | FINO | GRUESO   | FINO  | FINO                        | AGREGADO FINO + GRUESO     |   |  |   |  |
| 100                                       | 0    | 40   | 0,00  | 0,00                        | 35,6                       | 25,7  | 1,212                                      | <b>1,217</b>  |  |
|   |      |  |       |                             | 35,8                       | 25,9  | 1,222                                      |   |  |
| 90  | 10   | 40   | 4,44  | 4,44                        | 38,8                       | 28,9  | 1,363                                      | <b>1,373</b>  |  |
|   |      |  |       |                             | 39,2                       | 29,3  | 1,382                                      |   |  |
| 80  | 20   | 40   | 10,00 | 5,56                        | 42,4                       | 32,5  | 1,533                                      | <b>1,528</b>  |  |
|   |      |  |       |                             | 42,2                       | 32,3  | 1,524                                      |   |  |
| 7   | 30   | 40   | 17,14 | 7,14                        | 45,2                       | 35,3  | 1,665                                      | <b>1,679</b>  |  |
|   |      |  |       |                             | 45,8                       | 35,9  | 1,693                                      |   |  |
| 60  | 40   | 40   | 26,67 | 9,53                        | 46,8                       | 36,9  | 1,741                                      | <b>1,750</b>  |  |
|   |      |  |       |                             | 47,2                       | 37,3  | 1,759                                      |   |  |
| 50  | 50   | 40   | 40,00 | 13,33                       | 46,7                       | 36,8  | 1,736                                      | <b>1,733</b>  |  |
|   |      |  |       |                             | 46,6                       | 36,7  | 1,731                                      |   |  |
| 40  | 60   | 40   | 60,00 | 20,00                       | 45,8                       | 35,9  | 1,693                                      | <b>1,689</b>  |  |
|   |      |  |       |                             | 45,6                       | 35,7  | 1,684                                      |   |  |





|   |       |                    |
|---|-------|--------------------|
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO:             | 40    | %                  |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO:           | 60    | %                  |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO:             | 36    | %                  |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO :          | 64    | %                  |
| DENSIDAD APARENTE MÁXIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,750 | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD APARENTE ÓPTIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,740 | gr/cm <sup>3</sup> |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Analizando la tabla 29, se obtiene que el porcentaje máximo de la mezcla está dada por 40% de agregado fino y 60% de agregado grueso; misma que alcanza una densidad aparente máxima de 1,75 gr/cm<sup>3</sup>. Los porcentajes óptimos de la mezcla corresponden arena=36% y ripio=64%, siendo la densidad óptima de 1,74 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 30:** Densidad Aparente suelta y compactada – Kumochi – Stock 1

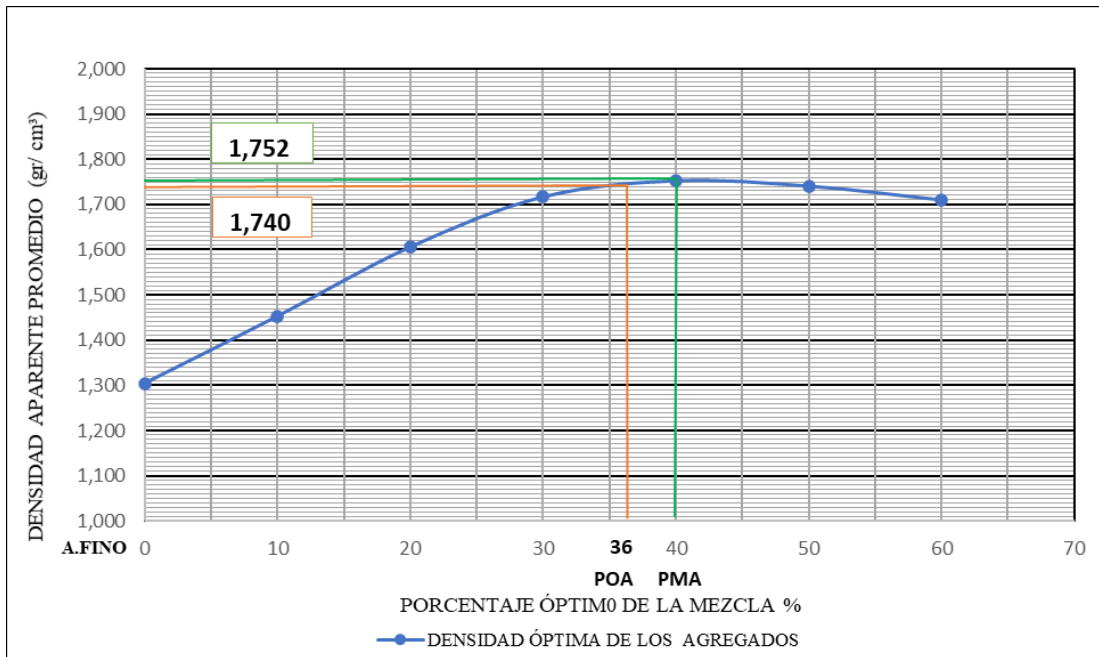
|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |                                     |  |
|--|--|---|-------------------------------------|--|
| ENSAYO: "DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS "  |  |   |                                     |  |
| NORMA:   | NTE INEN 858   |   |                                     |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |                                     |  |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |   |                                     |  |
| MUESTRA:   | STOCK 1  |   |                                     |  |
| MASA RECIPIENTE :  | 9,9  |   |                                     | Kg   |
| VOLUMEN RECIPIENTE :   | 21,2   |   |                                     | dm <sup>3</sup>                              |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |                                     |  |
| FECHA:   | 31/1/2020  |   |                                     |  |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |   |                                     |  |
| AGREGADO   | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)   | AGREGADO  | PESO UNITARIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO   | 35,6   | 25,7  | 1,212                               | 1,210  |
|  | 35,5   | 25,6  | 1,208                               |  |
| FINO   | 41,4   | 31,5  | 1,486                               | 1,481  |
|  | 41,2   | 31,3  | 1,476                               |  |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |   |                                     |  |
| GRUESO   | 37,5   | 27,6  | 1,302                               | 1,314  |
|  | 38   | 28,1  | 1,325                               |  |
| FINO   | 43,2   | 33,3  | 1,571                               | 1,580  |
|  | 43,6   | 33,7  | 1,590                               |  |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 30, mediante el ensayo de densidad aparente de los agregados, se determinó que la densidad aparente suelta para las muestras de agregado grueso y fino corresponden a: 1,210 gr /cm<sup>3</sup> y 1.481 gr /cm<sup>3</sup> respectivamente. Mientras que la densidad aparente compactada es: ripio = 1,314 gr /cm<sup>3</sup> y arena =1,580 gr /cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se evidencia que la densidad aparente es mayor en un estado compactado, ya que existe un mayor acomodo de partículas, reduciendo así la cantidad de vacíos existentes entre los mismos. Además, se encuentran dentro de los rangos de densidad aparente de un agregado que varía de 1.120 gr /cm<sup>3</sup> a 1.920 gr /cm<sup>3</sup> según lo dispuesto en la norma NTE INEN 694.

**Tabla 31:** Densidad Aparente Compactada - mezcla – Kumochi – Stock 1

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO |      | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  |       | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                            | ENSAYO: " DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA " |                               |                                 |
|-------------------------------|------|--|-------|-----------------------------|----------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|
|                               |      |  |       |                             |                            |   |                               |                                 |
| PROYECTO:                     |      | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |       |                             |                            |   |                               |                                 |
| ORIGEN / MUESTRA :            |      | CANTERA KUMOCHI / STOCK 1  |       | ENSAYADO POR:               |                            | LISSETTE VEINTIMILLA                                  |                               |                                 |
| MASA DE RECIPIENTE (Kg):      |      | 9,9  |       | FECHA:                      |                            | 31/1/2020   |                               |                                 |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE (dm³):  |      | 21,2   |       | NORMA:                      |                            | NTE INEN 858  |                               |                                 |
| % MEZCLA                      |      | CANTIDAD (Kg)  |       | FINO AÑADIDO (Kg)           | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg) | AGREGADO (Kg)   | PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm³) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm³) |
| GRUESO                        | FINO | GRUESO   | FINO  | FINO                        | AGREGADO FINO + GRUESO     |   |                               |                                 |
| 100                           | 0    | 40   | 0,00  | 0,00                        | 37,5                       | 27,6  | 1,302                         | 1,304                           |
|                               |      |  |       |                             | 37,6                       | 27,7  | 1,307                         |                                 |
| 90                            | 10   | 40   | 4,44  | 4,44                        | 40,6                       | 30,7  | 1,448                         | 1,453                           |
|                               |      |  |       |                             | 40,8                       | 30,9  | 1,458                         |                                 |
| 80                            | 20   | 40   | 10,00 | 5,56                        | 43,7                       | 33,8  | 1,594                         | 1,606                           |
|                               |      |  |       |                             | 44,2                       | 34,3  | 1,618                         |                                 |
| 7                             | 30   | 40   | 17,14 | 7,14                        | 46,4                       | 36,5  | 1,722                         | 1,717                           |
|                               |      |  |       |                             | 46,2                       | 36,3  | 1,712                         |                                 |
| 60                            | 40   | 40   | 26,67 | 9,53                        | 46,8                       | 36,9  | 1,741                         | 1,752                           |
|                               |      |  |       |                             | 47,3                       | 37,4  | 1,764                         |                                 |
| 50                            | 50   | 40   | 40,00 | 13,33                       | 46,8                       | 36,9  | 1,741                         | 1,741                           |
|                               |      |  |       |                             | 46,8                       | 36,9  | 1,741                         |                                 |
| 40                            | 60   | 40   | 60,00 | 20,00                       | 46,2                       | 36,3  | 1,712                         | 1,710                           |
|                               |      |  |       |                             | 46,1                       | 36,2  | 1,708                         |                                 |





|   |       |        |
|---|-------|--------|
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO:             | 40    | %      |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO:           | 60    | %      |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO:             | 36    | %      |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO :          | 64    | %      |
| DENSIDAD APARENTE MÁXIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,752 | gr/cm³ |
| DENSIDAD APARENTE ÓPTIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,740 | gr/cm³ |

Fuente: Lissette Veintimilla

En la tabla 31, mediante el ensayo de densidad aparente de los agregados, se determinó que el porcentaje máximo de la mezcla se alcanza con 40% de agregado fino y 60% de agregado grueso; cuya densidad aparente máxima es 1,752 gr/cm<sup>3</sup>. Los porcentajes óptimos de la mezcla corresponden arena=36% y ripio=64%, siendo la densidad óptima 1,74 gr/cm<sup>3</sup>. Determinando así la cantidad de peso de agregado requerido por unidad de volumen de hormigón.

✓ Cantera Puerta del Sol

**Tabla 32:** Densidad Aparente suelta y compactada– Puerta del Sol – PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |                                     |  |
|--|--|---|-------------------------------------|--|
| ENSAYO: "DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS "  |  |   |                                     |  |
| NORMA:   | NTE INEN 858   |   |                                     |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |                                     |  |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |   |                                     |  |
| MUESTRA:   | PCA 2  |   |                                     |  |
| MASA RECIPIENTE :  | 9,9  |   | Kg                                  |  |
| VOLUMEN RECIPIENTE :   | 21,2   |   | dm <sup>3</sup>                     |  |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |                                     |  |
| FECHA:   | 31/1/2020  |   |                                     |  |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |   |                                     |  |
| AGREGADO   | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)   | AGREGADO  | PESO UNITARIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO   | 35,4   | 25,5  | 1,203                               | 1,198  |
|  | 35,2   | 25,3  | 1,193                               |  |
| FINO   | 38,3   | 28,4  | 1,340                               | 1,342  |
|  | 38,4   | 28,5  | 1,344                               |  |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |   |                                     |  |
| GRUESO   | 37,5   | 27,6  | 1,302                               | 1,309  |
|  | 37,8   | 27,9  | 1,316                               |  |
| FINO   | 39,9   | 30  | 1,415                               | 1,413  |
|  | 39,8   | 29,9  | 1,410                               |  |

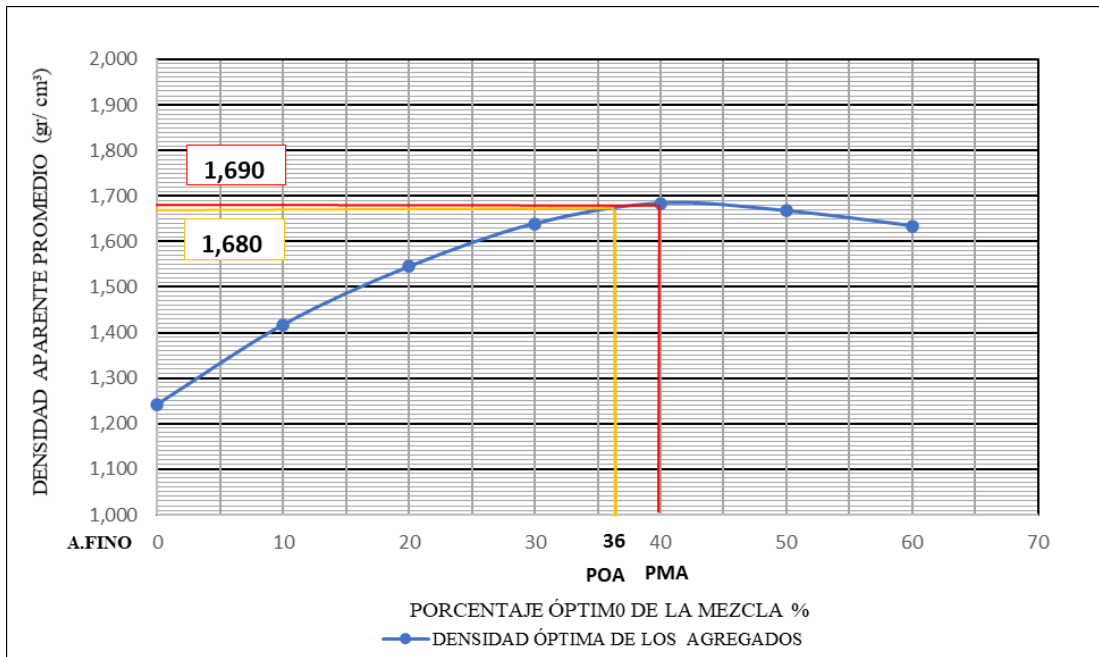
**Fuente:** Lissette Veintimilla



Mediante el ensayo de densidad aparente de los agregados, en la Tabla 32, se aprecia que la densidad aparente suelta para las muestras de agregado grueso y fino corresponden a: 1,198 gr /cm<sup>3</sup> y 1.342 gr /cm<sup>3</sup> respectivamente. Mientras que la densidad aparente compactada es: ripio = 1,309 gr /cm<sup>3</sup> y arena =1,413 gr /cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se evidencia que la densidad aparente es mayor en un estado compactado, ya que existe un mayor acomodo de partículas, reduciendo así la cantidad de vacíos existentes entre los mismos. Además, se encuentran dentro de los rangos de densidad aparente de un agregado que varía de 1.120 gr /cm<sup>3</sup> a 1.920 gr /cm<sup>3</sup> según lo dispuesto en la norma NTE INEN 694.

**Tabla 33:** Densidad Aparente Compactada - mezcla – Puerta del Sol – PCA 2

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO             |      | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  |       | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                            | ENSAYO: " DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA " |  |  |
|---|------|--|-------|-----------------------------|----------------------------|---|--|--|
|   |      |  |       |                             |                            |   |  |  |
| PROYECTO:                                 |      | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |       |                             |                            |   |  |  |
| ORIGEN / MUESTRA :                        |      | CANTERA PUERTA DE SOL / PCA 2  |       | ENSAYADO POR:               |                            | LISSETTE VEINTIMILLA                                  |  |  |
| MASA DE RECIPIENTE (Kg):                  |      | 9,9  |       | FECHA:                      |                            | 27/2/2020   |  |  |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ): |      | 21,2   |       | NORMA:                      |                            | NTE INEN 858  |  |  |
| %MEZCLA                                   |      | CANTIDAD (Kg)  |       | FINO AÑADIDO (Kg)           | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg) | AGREGADO (Kg)   | PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO                                    | FINO | GRUESO   | FINO  | FINO                        | AGREGADO FINO + GRUESO     |   |  |  |
| 100                                       | 0    | 40   | 0,00  | 0,00                        | 36,3                       | 26,4  | 1,245                                      | <b>1,243</b>                                 |
|   |      |  |       |                             | 36,2                       | 26,3  | 1,241                                      |  |
| 90  | 10   | 40   | 4,44  | 4,44                        | 40,1                       | 30,2  | 1,425                                      | <b>1,417</b>                                 |
|   |      |  |       |                             | 39,8                       | 29,9  | 1,410                                      |  |
| 80  | 20   | 40   | 10,00 | 5,56                        | 43                         | 33,1  | 1,561                                      | <b>1,545</b>                                 |
|   |      |  |       |                             | 42,3                       | 32,4  | 1,528                                      |  |
| 7   | 30   | 40   | 17,14 | 7,14                        | 44,3                       | 34,4  | 1,623                                      | <b>1,639</b>                                 |
|   |      |  |       |                             | 45                         | 35,1  | 1,656                                      |  |
| 60  | 40   | 40   | 26,67 | 9,53                        | 45,4                       | 35,5  | 1,675                                      | <b>1,684</b>                                 |
|   |      |  |       |                             | 45,8                       | 35,9  | 1,693                                      |  |
| 50  | 50   | 40   | 40,00 | 13,33                       | 45,3                       | 35,4  | 1,670                                      | <b>1,667</b>                                 |
|   |      |  |       |                             | 45,2                       | 35,3  | 1,665                                      |  |
| 40  | 60   | 40   | 60,00 | 20,00                       | 44,6                       | 34,7  | 1,637                                      | <b>1,634</b>                                 |
|   |      |  |       |                             | 44,5                       | 34,6  | 1,632                                      |  |





|   |              |
|---|--------------|
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO:             | 40 %         |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO:           | 60 %         |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO:             | 36 %         |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO :          | 64 %         |
| DENSIDAD APARENTE MÁXIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,690 gr/cm³ |
| DENSIDAD APARENTE ÓPTIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,680 gr/cm³ |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se observa en la gráfica de la tabla 33, el porcentaje máximo de la mezcla está conformada por: 40% agregado fino y 60% agregado grueso, cuya densidad aparente máxima es 1,69 gr/cm<sup>3</sup>. Mientras que los porcentajes óptimos de la mezcla corresponden arena=36% y ripio=64%, siendo la densidad aparente óptima de la mezcla 1,68 gr/cm<sup>3</sup>. Fijando así la cantidad de peso de agregado requerido por unidad de volumen de hormigón.

**Tabla 34:** Densidad Aparente suelta y compactada – Puerta del Sol – Stock 2

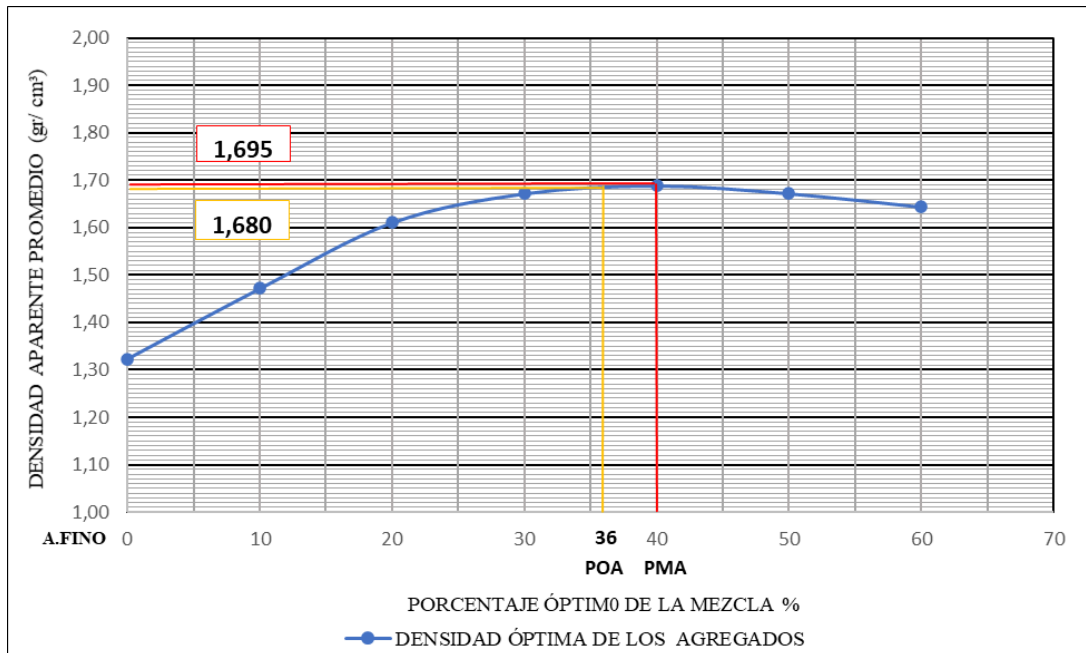
|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |                                     |  |
|--|--|----------|-------------------------------------|--|
| ENSAYO: "DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS "  |  |          |                                     |  |
| NORMA:   | NTE INEN 858   |          |                                     |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |                                     |  |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |          |                                     |  |
| MUESTRA:   | STOCK 2  |          |                                     |  |
| MASA RECIPIENTE :  | 9,9  |          |                                     | Kg   |
| VOLUMEN RECIPIENTE :   | 21,2   |          |                                     | dm <sup>3</sup>                              |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |                                     |  |
| FECHA:   | 31/1/2020  |          |                                     |  |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| AGREGADO   | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)   | AGREGADO | PESO UNITARIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO   | 35,2   | 25,3     | 1,193                               | 1,191  |
|  | 35,1   | 25,2     | 1,189                               |  |
| FINO   | 37,3   | 27,4     | 1,292                               | 1,314  |
|  | 38,2   | 28,3     | 1,335                               |  |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| GRUESO   | 37,3   | 27,4     | 1,292                               | 1,295  |
|  | 37,4   | 27,5     | 1,297                               |  |
| FINO   | 39,7   | 29,8     | 1,406                               | 1,401  |
|  | 39,5   | 29,6     | 1,396                               |  |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 34, se observa que la densidad aparente suelta para las muestras de agregado grueso y fino corresponden a: 1,191 gr/cm<sup>3</sup> y 1.314 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Mientras que la densidad aparente compactada es: ripio = 1,295 gr/cm<sup>3</sup> y arena = 1,401 gr/cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se evidencia que la densidad aparente es mayor en un estado compactado, ya que existe un mayor acomodo de partículas, reduciendo así la cantidad de vacíos existentes entre los mismos. Además, se encuentran dentro de los rangos de densidad normal de 1.120 gr/cm<sup>3</sup> a 1.920 gr/cm<sup>3</sup> dispuestos en la norma NTE INEN 694.

**Tabla 35:** Densidad Aparente Compactada - mezcla – Puerta del Sol – Stock 2

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                         |      | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  |       |                   | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |               |                               |                                 |
|---|------|--|-------|-------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------------|
| ENSAYO: " DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA " |      |  |       |                   |                             |               |                               |                                 |
| PROYECTO:   |      | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |       |                   |                             |               |                               |                                 |
| ORIGEN / MUESTRA :                                    |      | CANTERA PUERTA DE SOL / STOCK 2  |       |                   | ENSAYADO POR:               |               | LISSETTE VEINTIMILLA          |                                 |
| MASA DE RECIPIENTE (Kg):                              |      | 9,9  |       |                   | FECHA:                      |               | 27/2/2020                     |                                 |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE (dm³):                          |      | 21,2   |       |                   | NORMA:                      |               | NTE INEN 858                  |                                 |
| % MEZCLA  |      | CANTIDAD (Kg)  |       | FINO AÑADIDO (Kg) | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)  | AGREGADO (Kg) | PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm³) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm³) |
| GRUESO  | FINO | GRUESO   | FINO  | FINO              | AGREGADO FINO + GRUESO      |               |                               |                                 |
| 100   | 0    | 40   | 0,00  | 0,00              | 37,9                        | 28            | 1,321                         | 1,323                           |
|   |      |  |       |                   | 38                          | 28,1          | 1,325                         |                                 |
| 90  | 10   | 40   | 4,44  | 4,44              | 40,8                        | 30,9          | 1,458                         | 1,472                           |
|   |      |  |       |                   | 41,4                        | 31,5          | 1,486                         |                                 |
| 80  | 20   | 40   | 10,00 | 5,56              | 43,8                        | 33,9          | 1,599                         | 1,611                           |
|   |      |  |       |                   | 44,3                        | 34,4          | 1,623                         |                                 |
| 7   | 30   | 40   | 17,14 | 7,14              | 45,3                        | 35,4          | 1,670                         | 1,672                           |
|   |      |  |       |                   | 45,4                        | 35,5          | 1,675                         |                                 |
| 60  | 40   | 40   | 26,67 | 9,53              | 45,5                        | 35,6          | 1,679                         | 1,689                           |
|   |      |  |       |                   | 45,9                        | 36            | 1,698                         |                                 |
| 50  | 50   | 40   | 40,00 | 13,33             | 45,4                        | 35,5          | 1,675                         | 1,672                           |
|   |      |  |       |                   | 45,3                        | 35,4          | 1,670                         |                                 |
| 40  | 60   | 40   | 60,00 | 20,00             | 44,7                        | 34,8          | 1,642                         | 1,644                           |
|   |      |  |       |                   | 44,8                        | 34,9          | 1,646                         |                                 |





|   |              |
|---|--------------|
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO:             | 40 %         |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO:           | 60 %         |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO:             | 36 %         |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO :          | 64 %         |
| DENSIDAD APARENTE MÁXIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,695 gr/cm³ |
| DENSIDAD APARENTE ÓPTIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,680 gr/cm³ |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Se observa en la tabla 35, los resultados del ensayo de densidad aparente compactada de la mezcla cuyo porcentaje máximo de agregado fino = 40%, porcentaje máximo de agregado grueso =60 % y densidad aparente máxima = 1,695 gr/cm<sup>3</sup>. Mientras que los porcentajes óptimos de la mezcla corresponden arena=36% y ripio=64%, siendo la densidad aparente óptima = 1,68 gr/cm<sup>3</sup>.

✓ Mina Mora

**Tabla 36:** Densidad Aparente Suelta y Compactada –Mina Mora- PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |                                     |  |
|--|--|----------|-------------------------------------|--|
| ENSAYO: "DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS "  |  |          |                                     |  |
| NORMA:   | NTE INEN 858   |          |                                     |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |                                     |  |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |          |                                     |  |
| MUESTRA:   | PCA 3  |          |                                     |  |
| MASA RECIPIENTE :  | 9,9  |          |                                     | Kg   |
| VOLUMEN RECIPIENTE :   | 21,2   |          |                                     | dm <sup>3</sup>                              |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |                                     |  |
| FECHA:   | 2/3/2020   |          |                                     |  |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| AGREGADO   | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)   | AGREGADO | PESO UNITARIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO   | 37,5   | 27,6     | 1,302                               | 1,302  |
|  | 37,5   | 27,6     | 1,302                               |  |
| FINO   | 38,5   | 28,6     | 1,349                               | 1,347  |
|  | 38,4   | 28,5     | 1,344                               |  |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| GRUESO   | 39,3   | 29,4     | 1,387                               | 1,384  |
|  | 39,2   | 29,3     | 1,382                               |  |
| FINO   | 40,4   | 30,5     | 1,439                               | 1,436  |
|  | 40,3   | 30,4     | 1,434                               |  |

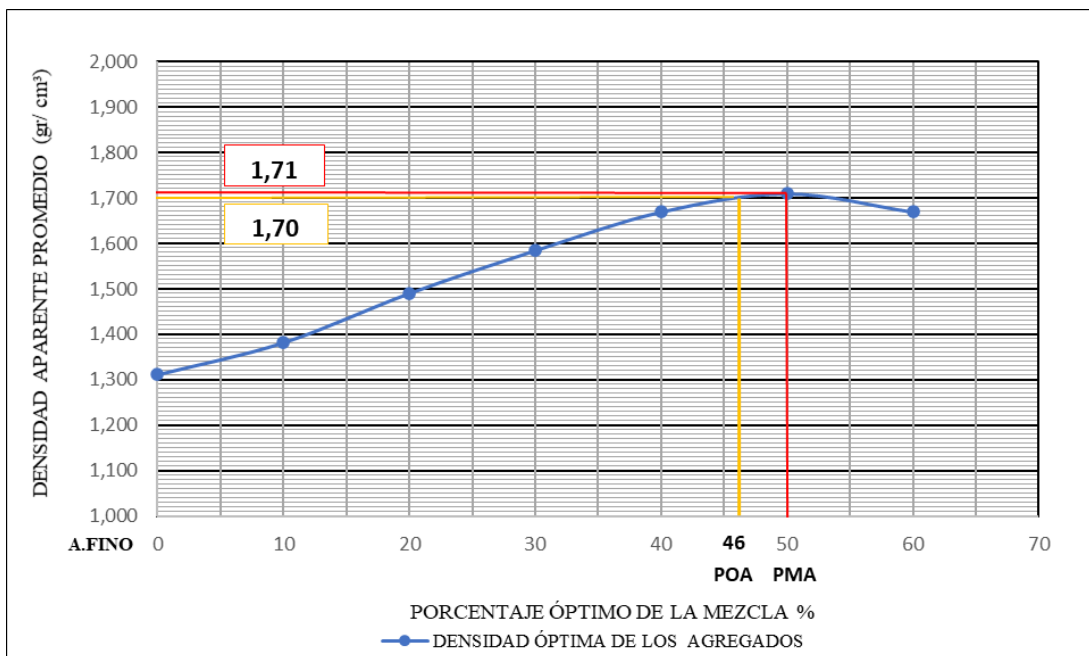
**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 36, se presentan los resultados de densidad aparente suelta para las muestras de agregado grueso y fino que corresponden a: 1,302 gr /cm<sup>3</sup> y 1.347 gr /cm<sup>3</sup> respectivamente. Mientras que la densidad aparente compactada es: ripio = 1,384 gr /cm<sup>3</sup> y arena =1,436 gr /cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se evidencia que la densidad aparente es mayor en un estado compactado, ya que existe un mejor acomodo de partículas, reduciendo así la cantidad de vacíos existentes entre los mismos.

Además, se encuentran dentro de los rangos de densidad normal de 1.120 gr /cm<sup>3</sup> a 1.920 gr /cm<sup>3</sup> dispuestos en la norma NTE INEN 694.

**Tabla 37:** Densidad Aparente Compactada - mezcla –Mina Mora-PCA 3

| ORIGEN / MUESTRA :                        |      | MINA MORA / PCA 3  |       |                   | ENSAYADO POR:              |               | LISSETTE VEINTIMILLA                       |  |
|---|------|--|-------|-------------------|----------------------------|---------------|--|--|
|   |      | CANTIDAD (Kg)  |       |                   | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg) |               | PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm <sup>3</sup> ) |  |
| PROYECTO:                                 |      | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |       |                   |                            |               |  |  |
| MASA DE RECIPIENTE (Kg):                  |      | 9,9  |       |                   | FECHA:                     |               | 2/3/2020                                   |  |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ): |      | 21,2   |       |                   | NORMA:                     |               | NTE INEN 858                               |  |
| %MEZCLA                                   |      | CANTIDAD (Kg)  |       | FINO AÑADIDO (Kg) | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg) | AGREGADO (Kg) | PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO                                    | FINO | GRUESO   | FINO  | FINO              | AGREGADO FINO + GRUESO     |               |  |  |
| 100                                       | 0    | 40   | 0,00  | 0,00              | 37,8                       | 27,9          | 1,316                                      | <b>1,311</b>                                 |
|   |      |  |       |                   | 37,6                       | 27,7          | 1,307                                      |  |
| 90  | 10   | 40   | 4,44  | 4,44              | 39,1                       | 29,2          | 1,377                                      | <b>1,382</b>                                 |
|   |      |  |       |                   | 39,3                       | 29,4          | 1,387                                      |  |
| 80  | 20   | 40   | 10,00 | 5,56              | 41,4                       | 31,5          | 1,486                                      | <b>1,491</b>                                 |
|   |      |  |       |                   | 41,6                       | 31,7          | 1,495                                      |  |
| 7   | 30   | 40   | 17,14 | 7,14              | 43,4                       | 33,5          | 1,580                                      | <b>1,585</b>                                 |
|   |      |  |       |                   | 43,6                       | 33,7          | 1,590                                      |  |
| 60  | 40   | 40   | 26,67 | 9,53              | 45,4                       | 35,5          | 1,675                                      | <b>1,670</b>                                 |
|   |      |  |       |                   | 45,2                       | 35,3          | 1,665                                      |  |
| 50  | 50   | 40   | 40,00 | 13,33             | 46,3                       | 36,4          | 1,717                                      | <b>1,710</b>                                 |
|   |      |  |       |                   | 46                         | 36,1          | 1,703                                      |  |
| 40  | 60   | 40   | 60,00 | 20,00             | 45,4                       | 35,5          | 1,675                                      | <b>1,670</b>                                 |
|   |      |  |       |                   | 45,2                       | 35,3          | 1,665                                      |  |





|   |       |                    |
|---|-------|--------------------|
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO:             | 50    | %                  |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO:           | 50    | %                  |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO:             | 46    | %                  |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO :          | 54    | %                  |
| DENSIDAD APARENTE MÁXIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,760 | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD APARENTE ÓPTIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,750 | gr/cm <sup>3</sup> |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Analizando la tabla 37, el resultado del ensayo de densidad aparente compactada de la mezcla es: porcentaje máximo de agregado fino =50%, porcentaje máximo de agregado grueso =50 % y densidad aparente máxima de la mezcla = 1,76 gr/cm<sup>3</sup>. Mientras que los porcentajes óptimos de la mezcla corresponden arena=46% y ripio=54%, siendo la densidad aparente óptima de la mezcla 1,75 gr/cm<sup>3</sup>. Estableciendo así la cantidad de peso de agregado requerido por unidad de volumen de hormigón.

**Tabla 38:** Densidad Aparente Suelta y Compactada –Mina Mora-Stock 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |                                     |  |
|--|--|----------|-------------------------------------|--|
| ENSAYO: "DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS "  |  |          |                                     |  |
| NORMA:   | NTE INEN 858   |          |                                     |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |                                     |  |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |          |                                     |  |
| MUESTRA:   | STOCK 3  |          |                                     |  |
| MASA RECIPIENTE :  | 9,9  |          |                                     | Kg   |
| VOLUMEN RECIPIENTE :   | 21,2   |          |                                     | dm <sup>3</sup>                              |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |                                     |  |
| FECHA:   | 2/3/2020   |          |                                     |  |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| AGREGADO   | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)   | AGREGADO | PESO UNITARIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
| GRUESO   | 37,7   | 27,8     | 1,311                               | 1,309  |
|  | 37,6   | 27,7     | 1,307                               |  |
| FINO   | 38,6   | 28,7     | 1,354                               | 1,351  |
|  | 38,5   | 28,6     | 1,349                               |  |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO  |  |          |                                     |  |
| GRUESO   | 39,5   | 29,6     | 1,396                               | 1,394  |
|  | 39,4   | 29,5     | 1,392                               |  |
| FINO   | 40,3   | 30,4     | 1,434                               | 1,432  |
|  | 40,2   | 30,3     | 1,429                               |  |

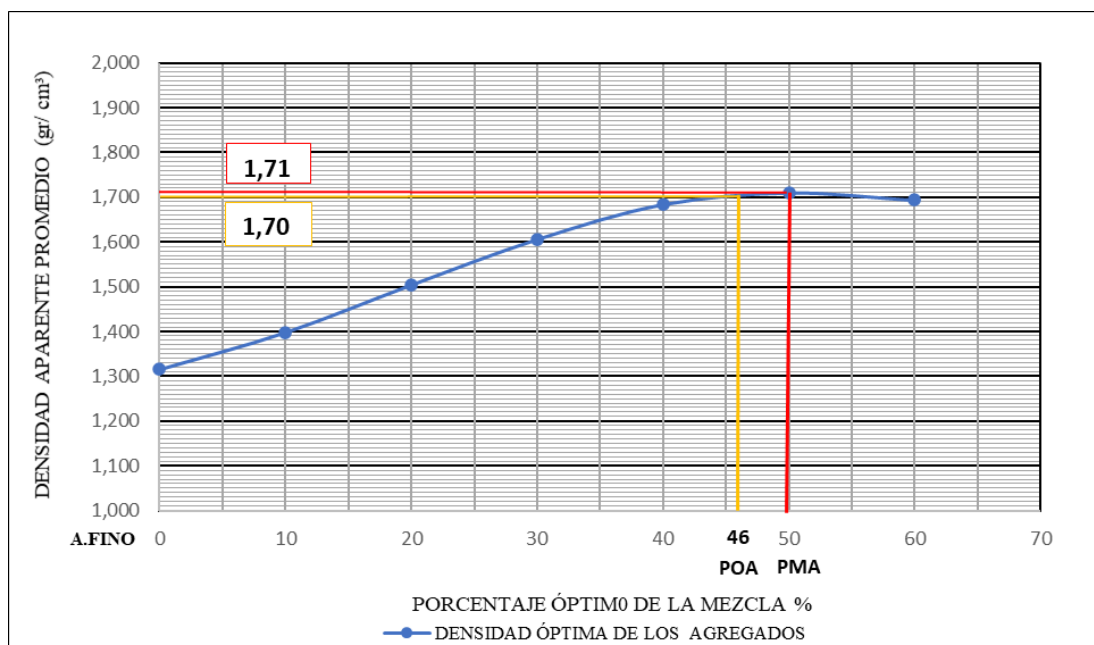
**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la tabla 38, se observa que la densidad aparente suelta para las muestras de agregado grueso y fino corresponden a: 1,309 gr /cm<sup>3</sup> y 1.351gr /cm<sup>3</sup> respectivamente. Mientras que la densidad aparente compactada es: ripio = 1,394 gr /cm<sup>3</sup> y arena =1,432 gr /cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se evidencia que la densidad aparente es mayor en un estado compactado, ya que existe un mayor acomodo de partículas, reduciendo así la cantidad de vacíos existentes entre los mismos. Además, se encuentran dentro de los rangos de densidad normal de 1.120 gr /cm<sup>3</sup> a 1.920 gr /cm<sup>3</sup> dispuestos en la norma NTE INEN 694.



**Tabla 39:** Densidad Aparente Compactada - mezcla –Mina Mora-Stock 3

| PROYECTO:                    |      | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                         |       |                   |                            |               |                               |                                 |
|------------------------------|------|---|-------|-------------------|----------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------------|
|                              |      | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA               |       |                   |                            |               |                               |                                 |
| ORIGEN / MUESTRA :           |      | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL                           |       |                   |                            |               |                               |                                 |
|                              |      | ENSAYO: " DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA " |       |                   |                            |               |                               |                                 |
| MASA DE RECIPIENTE (Kg):     |      | MINA MORA / PCA 3                                     |       |                   | ENSAYADO POR:              |               | LISSETTE VEINTIMILLA          |                                 |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE (dm³): |      | 21,2  |       |                   | FECHA:                     |               | 2/3/2020                      |                                 |
|                              |      |   |       |                   | NORMA:                     |               | NTE INEN 858                  |                                 |
| % MEZCLA                     |      | CANTIDAD (Kg)   |       | FINO AÑADIDO (Kg) | AGREGADO + RECIPIENTE (Kg) | AGREGADO (Kg) | PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm³) | PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm³) |
| GRUESO                       | FINO | GRUESO  | FINO  | FINO              | AGREGADO FINO + GRUESO     |               |                               |                                 |
| 100                          | 0    | 40  | 0,00  | 0,00              | 37,9                       | 28            | 1,321                         | 1,316                           |
|                              |      |   |       |                   | 37,7                       | 27,8          | 1,311                         |                                 |
| 90                           | 10   | 40  | 4,44  | 4,44              | 39,4                       | 29,5          | 1,392                         | 1,399                           |
|                              |      |   |       |                   | 39,7                       | 29,8          | 1,406                         |                                 |
| 80                           | 20   | 40  | 10,00 | 5,56              | 41,2                       | 31,3          | 1,476                         | 1,505                           |
|                              |      |   |       |                   | 42,4                       | 32,5          | 1,533                         |                                 |
| 7                            | 30   | 40  | 17,14 | 7,14              | 43,8                       | 33,9          | 1,599                         | 1,606                           |
|                              |      |   |       |                   | 44,1                       | 34,2          | 1,613                         |                                 |
| 60                           | 40   | 40  | 26,67 | 9,53              | 45,5                       | 35,6          | 1,679                         | 1,684                           |
|                              |      |   |       |                   | 45,7                       | 35,8          | 1,689                         |                                 |
| 50                           | 50   | 40  | 40,00 | 13,33             | 46,2                       | 36,3          | 1,712                         | 1,710                           |
|                              |      |   |       |                   | 46,1                       | 36,2          | 1,708                         |                                 |
| 40                           | 60   | 40  | 60,00 | 20,00             | 45,9                       | 36            | 1,698                         | 1,693                           |
|                              |      |   |       |                   | 45,7                       | 35,8          | 1,689                         |                                 |





|   |       |        |
|---|-------|--------|
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO:             | 50    | %      |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO:           | 50    | %      |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO:             | 46    | %      |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO :          | 54    | %      |
| DENSIDAD APARENTE MÁXIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,710 | gr/cm³ |
| DENSIDAD APARENTE ÓPTIMA DEL AGREGADO (MEZCLA): | 1,700 | gr/cm³ |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se observa en la gráfica de la tabla 39, el porcentaje máximo de la mezcla está conformada por: 50% agregado fino y 50% agregado grueso, mientras que la densidad aparente máxima de la mezcla es 1,710 gr/cm<sup>3</sup>. Mientras que los porcentajes óptimos de la mezcla corresponden arena=46% y ripio=54%, siendo la densidad aparente óptima de la mezcla 1,70 gr/cm<sup>3</sup>.

### 3.1.4 Resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

**Tabla 40:** Ensayos - Resumen de Resultados – Canteras

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |                |          |           |          |                    |
|--|--|----------|----------------|----------|-----------|----------|--------------------|
| RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS  |  |          |                |          |           |          |                    |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |                |          |           |          |                    |
| ENSAYADO POR :   | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |                |          |           |          |                    |
| FECHA :  | 29/5/2020  |          |                |          |           |          |                    |
| ORIGEN :   | KUMOCHI  |          | PUERTA DEL SOL |          | MINA MORA |          | UNIDAD             |
| MUESTRA :  | PCA 1  | STOCK 1  | PCA 2          | STOCK 2  | PCA 3     | STOCK 3  |                    |
| AGREGADO GRUESO - RIPIO  |  |          |                |          |           |          |                    |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA   | 1,269  | 1,314    | 1,309          | 1,295    | 1,384     | 1,394    | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA   | 1,229  | 1,21     | 1,198          | 1,191    | 1,302     | 1,309    | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD REAL  | 2,3  | 2,35     | 2,32           | 2,41     | 2,3       | 2,34     | gr/cm <sup>3</sup> |
| POROSIDAD  | 45,38  | 48,51    | 48,36          | 50,58    | 43,39     | 44,06    | %                  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD   | 4,29   | 4,57     | 4,73           | 2,92     | 1,34      | 0,62     | %                  |
| CAPACIDAD DE ABSORCIÓN   | 2,68   | 3,70     | 3,75           | 4,10     | 5,18      | 6,13     | %                  |
| RESISTENCIA A LA ABRASIÓN  | 36,96  | 35,64    | 29,68          | 34,28    | 40,41     | 36,93    | %                  |
| TNM  | 1"   | 1"       | 1"             | 1"       | 1 1/2 "   | 1 1/2 "  | plg.               |
| PERMEABILIDAD  | 1,60 E-3   | 1,77 E-3 | 1,15 E-2       | 1,07 E-2 | 1,17 E-3  | 1,13 E-3 |                    |
| AGREGADO FINO - ARENA  |  |          |                |          |           |          |                    |
| DENSIDAD APARENTE COMPACTADA   | 1,592  | 1,58     | 1,413          | 1,401    | 1,436     | 1,432    | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD APARENTE SUELTA   | 1,509  | 1,481    | 1,342          | 1,314    | 1,347     | 1,351    | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD REAL  | 2,56   | 2,69     | 2,47           | 2,42     | 1,75      | 1,78     | gr/cm <sup>3</sup> |
| POROSIDAD  | 41,05  | 44,94    | 45,67          | 45,70    | 23,03     | 24,10    | %                  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD   | 4,84   | 3,10     | 9,23           | 7,13     | 6,43      | 3,40     | %                  |
| CAPACIDAD DE ABSORCIÓN   | 0,90   | 0,94     | 3,70           | 4,74     | 2,88      | 3,00     | %                  |
| PERMEABILIDAD  | 1,01 E-3   | 1,06 E-3 | 2,04 E-3       | 1,86 E-3 | 5,7 E-3   | 4,5 E-3  |                    |
| MF   | 2,60   | 2,60     | 2,40           | 2,40     | 1,50      | 1,50     |                    |
| MEZCLA RIPIO + ARENA   |  |          |                |          |           |          |                    |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO   | 60   | 60       | 60             | 60       | 50        | 50       | %                  |
| PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO   | 40   | 40       | 40             | 40       | 50        | 50       | %                  |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO   | 64   | 64       | 64             | 64       | 54        | 54       | %                  |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO   | 36   | 36       | 36             | 36       | 46        | 46       | %                  |
| DENSIDAD APARENTE MÁXIMA   | 1,75   | 1,752    | 1,69           | 1,695    | 1,710     | 1,710    | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD APARENTE ÓPTIMA   | 1,74   | 1,740    | 1,680          | 1,680    | 1,700     | 1,700    | gr/cm <sup>3</sup> |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se aprecia en la tabla 40, las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos estudiados no varían considerablemente desde su extracción hasta el proceso de expedición del mismo. Por otro lado, considerando que en las canteras el material se encuentra depositado en las zonas de almacenamiento para ser comercializadas de manera más rápida.

Entonces los especímenes para determinar la concentración de gas radón serán realizados con las muestras obtenidas de la zona de Stock.

### 3.1.5 Dosificación de hormigón – Método de la densidad óptima

A continuación, se detallarán las proporciones de cada uno de los componentes empleados en la elaboración del hormigón, empleando el método de la densidad óptima desarrollado en los laboratorios de la Universidad Central del Ecuador.

Este método considera que los vacíos dejados por el agregado grueso serán ocupados por el agregado fino; y que los vacíos dejados por el agregado fino serán llenados por pasta de cemento y agua. Además, se proporcionará de un adecuado recubrimiento del elemento.



**Tabla 41:** Nomenclatura empleada en la dosificación de hormigón

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |              |  |
|--|--|--------------|--|
| DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN - MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA  |  |              |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |              |  |
| NOMENCLATURA   | DESCRIPCIÓN  | NOMENCLATURA | DESCRIPCIÓN                              |
| R  | CANTIDAD DE RIPIO  | DOM          | DENSIDAD ÓPTIMO DE LA MEZCLA             |
| W  | CANTIDAD DE AGUA   | CHR          | CONTENIDO DE HUMEDAD DEL RIPIO           |
| A  | CANTIDAD DE ARENA  | CAR          | CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL RIPIO         |
| C  | CANTIDAD DE CEMENTO  | k            | COEFICIENTE DE CANTIDAD DE PASTA         |
| DRR  | DENSIDAD REAL DEL RIPIO  | CHA          | CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA ARENA         |
| W/C  | RELACIÓN AGUA /CEMENTO   | CAA          | CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA ARENA       |
| DRA  | DENSIDAD REAL DE LA ARENA  | DASR         | DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL RIPIO       |
| DRC  | DENSIDAD REAL DEL CEMENTO  | DASA         | DENSIDAD APARENTE SUELTA DE LA ARENA     |
| POR  | PORCENTAJE ÓPTIMO DEL RIPIO  | DACR         | DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL RIPIO   |
| MFA  | MÓDULO DE FINURA DE LA ARENA   | DACA         | DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA ARENA |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

• Dosificación – Kumochi

**Tabla 42:** Dosificación de hormigón con agregados – STOCK 1 – Kumochi

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                          |   |                                |
|---|--------------------------|--|--------------------------------|
| DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN -MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA  |                          |  |                                |
| PROYECTO:   |                          | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                                |
| ORIGEN:   | CANTERA KUMOCHI          | ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA           |
| MUESTRA:  | STOCK 1                  | FECHA:   | 1/2/2020                       |
|   |                          |  | Fc : 240 Kg/cm <sup>2</sup>    |
| <b>DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS</b>  |                          | <b>DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA</b>  |                                |
| DRC   | 2,9 gr/cm <sup>3</sup>   | $DRM = \frac{DRA \cdot POA + DRR \cdot POR}{100}$  |                                |
| DRA   | 2,69 gr/cm <sup>3</sup>  | DRM  | 2,4724 gr/cm <sup>3</sup>      |
| DRR   | 2,35 gr/cm <sup>3</sup>  | DRM  | 2472,4 Kg/m <sup>3</sup>       |
| DASA  | 1,481 gr/cm <sup>3</sup> | <b>PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS</b>   |                                |
| DASR  | 1,21 gr/cm <sup>3</sup>  | $POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$   |                                |
| DACA  | 1,58 gr/cm <sup>3</sup>  | POV  | 29,62 %                        |
| DACR  | 1,314 gr/cm <sup>3</sup> | <b>CANTIDAD DE PASTA</b>   |                                |
| MFA   | 2,5 gr/cm <sup>3</sup>   | $CP = POV + 2\% + 6\%(POV)$  |                                |
| DOM   | 1,74 gr/cm <sup>3</sup>  | CP   | 33,99 %                        |
| POA   | 36 %                     | CP   | 339,93 dm <sup>3</sup>         |
| POR   | 64 %                     | CP   | 0,34 cm <sup>3</sup>           |
| CAA   | 0,94 %                   | <b>CANTIDAD DE CEMENTO</b>   |                                |
| CAR   | 3,7 %                    | $C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$   |                                |
| CHA   | 3,1 %                    | C  | 0,38 gr/m <sup>3</sup>         |
| CHR   | 4,57 %                   | C  | 375,68 kg/m <sup>3</sup>       |
| <b>DATOS OBTENIDAS DE TABLAS</b>  |                          | <b>CANTIDAD DE AGUA</b>  |                                |
| W/C   | 0,56                     | $W = \frac{CP}{C} \times C$  |                                |
| K   | 1,11                     | W  | 210,38 kg o lt /m <sup>3</sup> |
| Asentamiento  | 6---9 cm                 | <b>CANTIDAD DE ARENA</b>   |                                |
| ? (POV)   | 8                        | $A = (1000 - CP) \cdot DRA + \frac{POA}{100}$  |                                |
|   |                          | A  | 639,21 Kg/m <sup>3</sup>       |
|   |                          | <b>CANTIDAD DE RIPIO</b>   |                                |
|   |                          | $R = (1000 - CP) \cdot DRR + \frac{POR}{100}$  |                                |
|   |                          | R  | 992,75 Kg/m <sup>3</sup>       |

| MATERIALES   | DOSIFICACIÓN AL PESO                          |                              |                                    | CORRECCIÓN DE HUMEDAD |      |                             |       |  |  |
|--------------|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------|-----------------------------|-------|--|--|
|              | CANTIDAD EN KG POR M <sup>3</sup> DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO         | CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO | CA %                  | CH%  | CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH |       | CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO |  |
|              |   |                              |                                    |                       |      | %                           | Kg    |  |  |
| W            | 210,38  | 0,56                         | 28,00                              | -                     | -    | -                           | -2,99 | 25,01  |  |
| C            | 375,68  | 1,00                         | 50,00                              | -                     | -    | -                           | -     | 50,00  |  |
| A            | 639,21  | 1,70                         | 85,07                              | 0,94                  | 3,1  | -2,16                       | -1,84 | 86,91  |  |
| R            | 992,75  | 2,64                         | 132,13                             | 3,7                   | 4,57 | -0,87                       | -1,15 | 133,27                                       |  |
| <b>TOTAL</b> | <b>2218,03</b>                                |                              |                                    |                       |      |                             |       |  |  |
|              |   | DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO |                                    |                       |      |                             |       |  |  |

Fuente: Lissette Veintimilla

- Dosificación -Puerta del Sol

**Tabla 43:** Dosificación de hormigones con agregados – STOCK2 – Puerta del Sol

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |  |
|---|--|
| DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN -MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA  |  |
| PROYECTO:   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMUCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |
| ORIGEN:   | CANTERA PUERTA DEL SOL   |
| MUESTRA:  | STOCK 2  |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |
| FECHA:  | 1/2/2020   |
| F'c :   | 240 Kg/cm <sup>2</sup>   |
| <b>DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS</b>  |  |
| DRC   | 2,9 gr/cm <sup>3</sup>   |
| DRA   | 2,42 gr/cm <sup>3</sup>  |
| DRR   | 2,41 gr/cm <sup>3</sup>  |
| DASA  | 1,314 gr/cm <sup>3</sup>   |
| DASR  | 1,191 gr/cm <sup>3</sup>   |
| DACA  | 1,401 gr/cm <sup>3</sup>   |
| DACR  | 1,295 gr/cm <sup>3</sup>   |
| MFA   | 2,4 gr/cm <sup>3</sup>   |
| DOM   | 1,68 gr/cm <sup>3</sup>  |
| POA   | 36 %   |
| POR   | 64 %   |
| CAA   | 4,74 %   |
| CAR   | 4,1 %  |
| CHA   | 7,13 %   |
| CHR   | 2,92 %   |
| <b>DATOS OBTENIDAS DE TABLAS</b>  |  |
| W/C   | 0,56   |
| K   | 1,11   |
| Asentamiento  | 6--9 cm  |
| ? (POV)   | 8  |
| <b>DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA</b>   |  |
| $DRM = \frac{DRA \cdot POA + DRR \cdot POR}{100}$   |  |
| DRM   | 2,4136 gr/cm <sup>3</sup>  |
| DRM   | 2413,6 Kg/m <sup>3</sup>   |
| <b>PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS</b>  |  |
| $POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$  |  |
| POV   | 30,39 %  |
| <b>CANTIDAD DE PASTA</b>  |  |
| $CP = POV + 2\% + 6\%(POV)$   |  |
| CP  | 34,83 %  |
| CP  | 348,26 dm <sup>3</sup>   |
| CP  | 0,35 cm <sup>3</sup>   |
| <b>CANTIDAD DE CEMENTO</b>  |  |
| $C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$  |  |
| C   | 0,38 gr/m <sup>3</sup>   |
| C   | 384,89 kg/m <sup>3</sup>   |
| <b>CANTIDAD DE AGUA</b>   |  |
| $W = \frac{CP}{C} \times C$   |  |
| W   | 215,54 kg o lt /m <sup>3</sup>   |
| <b>CANTIDAD DE ARENA</b>  |  |
| $A = (1000 - CP) \cdot DRA \cdot \frac{POA}{100}$   |  |
| A   | 567,80 Kg/m <sup>3</sup>   |
| <b>CANTIDAD DE RIPIO</b>  |  |
| $R = (1000 - CP) \cdot DRR \cdot \frac{POR}{100}$   |  |
| R   | 1005,24 Kg/m <sup>3</sup>  |

| MATERIALES   | DOSIFICACIÓN AL PESO                          |                              |                                    | CORRECCIÓN DE HUMEDAD |      |                             |       |  |
|--------------|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------|-----------------------------|-------|--|
|              | CANTIDAD EN KG POR M <sup>3</sup> DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO         | CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO | CA %                  | CH%  | CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH |       | CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO |
|              |   |                              |                                    |                       |      | %                           | Kg    |  |
| W            | 215,54  | 0,56                         | 28,00                              | -                     | -    | -                           | -0,22 | 27,78  |
| C            | 384,89  | 1,00                         | 50,00                              | -                     | -    | -                           | -     | 50,00  |
| A            | 567,80  | 1,48                         | 73,76                              | 4,74                  | 7,13 | -2,39                       | -1,76 | 75,52  |
| R            | 1005,24                                       | 2,61                         | 130,59                             | 4,1                   | 2,92 | 1,18                        | 1,54  | 129,05                                       |
| <b>TOTAL</b> | 2173,47                                       |                              |                                    |                       |      |                             |       |  |
|              |   | DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO |                                    |                       |      |                             |       |  |

Fuente: Lissette Veintimilla

- Dosificación - Mina Mora

**Tabla 44:** Dosificación de hormigón con agregados – STOCK 3 – Mina Mora

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                           |   | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  |                                    | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                        |                             |       |  |
|---|---|--|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------|--|
| DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN - MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| PROYECTO:   |   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| ORIGEN:   | MINA MORA                                     | ENSAYADO POR:  |                                    | LISSETTE VEINTIMILLA        |                        |                             |       |  |
| MUESTRA:  | STOCK 3                                       | FECHA:   | 10/3/2020                          | Fc :                        | 240 Kg/cm <sup>2</sup> |                             |       |  |
| <b>DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS</b>                    |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DRC   | 2,9   | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DRA   | 1,78  | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DRR   | 2,34  | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DASA  | 1,351   | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DASR  | 1,309   | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DACA  | 1,432   | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DACR  | 1,394   | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| MFA   | 1,5   | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DOM   | 1,7   | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| POA   | 46  | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| POR   | 54  | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| CAA   | 3   | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| CAR   | 6,13  | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| CHA   | 3,4   | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| CHR   | 0,62  | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>DATOS OBTENIDAS DE TABLAS</b>                        |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| W/C   | 0,56  |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| K   | 1,11  |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| Asentamiento  | 6---9   | cm   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| ? (POV)   | 8   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA</b>                       |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| $DRM = \frac{DRA \cdot POA + DRR \cdot POR}{100}$       |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DRM   | 2,0824  | gr/cm <sup>3</sup>   |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| DRM   | 2082,4  | Kg/m <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS</b>                      |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| $POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$                |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| POV   | 18,36   | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>CANTIDAD DE PASTA</b>                                |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| $CP = POV + 2\% + 6\%(POV)$                             |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| CP  | 21,83   | %  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| CP  | 218,33  | dm <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| CP  | 0,22  | cm <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>CANTIDAD DE CEMENTO</b>                              |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| $C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$            |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| C   | 0,24  | gr/m <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| C   | 241,29  | kg/m <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>CANTIDAD DE AGUA</b>                                 |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| $W = \frac{CP}{C} \times C$                             |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| W   | 135,12  | kg o lt /m <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>CANTIDAD DE ARENA</b>                                |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| $A = (1000 - CP) + DRA + \frac{POA}{100}$               |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| A   | 640,04  | Kg/m <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>CANTIDAD DE RIPIO</b>                                |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| $R = (1000 - CP) + DRR + \frac{POR}{100}$               |   |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| R   | 987,72  | Kg/m <sup>3</sup>  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
| <b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>                             |   |  | <b>CORRECCIÓN DE HUMEDAD</b>       |                             |                        |                             |       |  |
| MATERIALES  | CANTIDAD EN KG POR M <sup>3</sup> DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO   | CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO | CA %                        | CH%                    | CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH |       | CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO |
|   |   |  |                                    |                             |                        | %                           | Kg    |  |
| W   | 135,12  | 0,56   | 28,00                              | -                           | -                      | -                           | 10,75 | 38,75  |
| C   | 241,29  | 1,00   | 50,00                              | -                           | -                      | -                           | -     | 50,00  |
| A   | 640,04  | 2,65   | 132,63                             | 3                           | 3,4                    | -0,4                        | -0,53 | 133,16                                       |
| R   | 987,72  | 4,09   | 204,68                             | 6,13                        | 0,62                   | 5,51                        | 11,28 | 193,40                                       |
| TOTAL   | 2004,17                                       |  |                                    |                             |                        |                             |       |  |
|   |   |  | DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO       |                             |                        |                             |       |  |

Fuente: Lissette Veintimilla

En las tablas 42,43 y 44 se encuentran las cantidades necesarias de cada componente para la elaboración de 1 m<sup>3</sup> de hormigón. Lo cual nos permite determinar las proporciones adecuadas para elaborar las probetas de hormigón que serán llevados al laboratorio para el análisis del gas radón.

### 3.1.6 Resultados de la tasa de exhalación superficial de radón desde los agregados pétreos y el hormigón

Para determinar la tasa de exhalación del Rn-222, se empleará la Ecuación (4), descrita en el Capítulo 1, sección 1.1.3.9.

$$E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A} \quad (4)$$

Donde:

El termino  $M_e$ , se obtiene mediante un ajuste lineal de los datos de concentración obtenidos durante la medición de la muestra dentro de la cámara cerrada. Chao en su artículo “Determination of Radon Emanation and Back Diffusion Characteristics of Building Materials in Small Chamber Tests” [28] , explica que, en las primeras horas de medición la curva de crecimiento debido a la acumulación de radón dentro de la cámara será lineal.



El valor de  $f$  corresponde a la tasa de intercambio de aire debido a la fuga de la cámara, que según mediciones realizadas en los Laboratorios de Técnicas Nucleares de la ESPOCH reporta un valor de  $0,0023 \text{ h}^{-1}$ .

El valor del background  $C_o$ , medido durante el periodo de análisis de las muestras, reporta una concentración media de radón de  $31 \text{ Bq/m}^3$ , cuyo dato será empleado en el cálculo.

El termino  $V$ , que corresponde al volumen efectivo de la cámara será de 109 lt. Obtenida al restar del volumen total de la cámara (125 lt) el volumen que ocupa el monitor AB7 y el resto de accesorios que se encuentren dentro de la cámara de prueba.

El valor de  $A$ , representa el área de exhalación de la muestra. Cuyo valor para este proyecto es 0,059 m<sup>2</sup>.



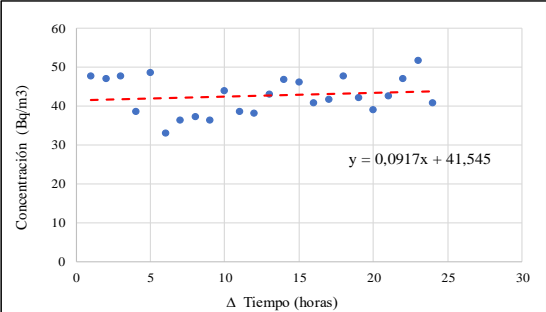
**Tabla 45:** Nomenclatura - Cálculo de la tasa de exhalación superficial de radón

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                      |
|--|--|----------------------|
| TASA DE EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN EN AGREGADOS   |  |                      |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                      |
| NOMENCLATURA   | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES             |
| $Me$   | Pendiente inicial de la curva de crecimiento del radón dentro de la cámara   | Bq/m <sup>3</sup> *h |
| $Co$   | Concentración media de radón de fondo en el laboratorio  | Bq/m <sup>3</sup>    |
| $Eo$   | Tasa de exhalación superficial de radón  | Bq/m <sup>2</sup> *h |
| $q$  | Tasa de fuga de la cámara  | m <sup>3</sup> /h    |
| $V$  | Volumen efectivo de la cámara  | m <sup>3</sup>       |
| $f (q/V)$  | Tasa de Intercambio de aire  | h <sup>-1</sup>      |
| $A$  | Área de la muestra   | m <sup>2</sup>       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

A continuación, se muestran las tablas de cálculo de la exhalación superficial de radón desde los materiales de construcción, correspondientes a cada una de las muestras en análisis.



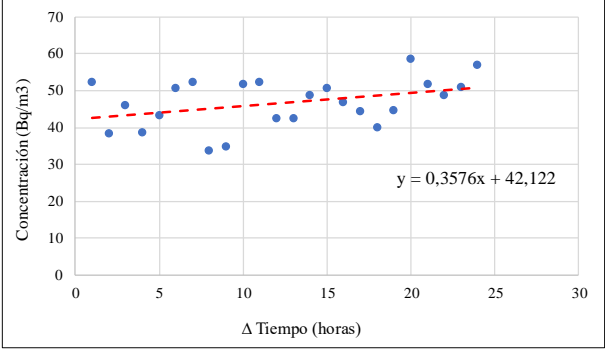
**Tabla 46:** Tasa de exhalación superficial de radón – Kumochi- Arena Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>   |  |                         |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
|---|--|-------------------------|----------------------|-------------------------|--------|-------------------------|------------------|-----|-------|----------------|------|-------|-------------------|-----|-------|----------------|--|--|
| EXHALACIÓN DE RADÓN EN AGREGADO FINO  |  |                         |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| PROYECTO:   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                         |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| ORIGEN:   | KUMOCHI  | REALIZADO POR:          | LISSETTE VEINTIMILLA |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| MUESTRA:  | STOCK  | FECHA:                  | 8/10/2020            |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| <b>INGRESO DE DATOS</b> <table border="1"> <tr> <td><math>Me</math></td> <td>0,0917</td> <td>Bq/(m<sup>3</sup>*hr)</td> </tr> <tr> <td><math>f</math></td> <td>0,0023</td> <td>hr<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td><math>V</math></td> <td>0,109</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>Co</math></td> <td>31,00</td> <td>Bq/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>A</math></td> <td>0,059</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> </table> |  | $Me$                    | 0,0917               | Bq/(m <sup>3</sup> *hr) | $f$    | 0,0023                  | hr <sup>-1</sup> | $V$ | 0,109 | m <sup>3</sup> | $Co$ | 31,00 | Bq/m <sup>3</sup> | $A$ | 0,059 | m <sup>2</sup> |  |  |
| $Me$  | 0,0917   | Bq/(m <sup>3</sup> *hr) |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| $f$   | 0,0023   | hr <sup>-1</sup>        |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| $V$   | 0,109  | m <sup>3</sup>          |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| $Co$  | 31,00  | Bq/m <sup>3</sup>       |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| $A$   | 0,059  | m <sup>2</sup>          |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| <b>TASA DE EXHALACIÓN</b> $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ <table border="1"> <tr> <td><math>E_o</math></td> <td>0,0377</td> <td>Bq/(m<sup>2</sup>*hr)</td> </tr> </table>   |  |                         |                      | $E_o$                   | 0,0377 | Bq/(m <sup>2</sup> *hr) |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o$   | 0,0377   | Bq/(m <sup>2</sup> *hr) |                      |                         |        |                         |                  |     |       |                |      |       |                   |     |       |                |  |  |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



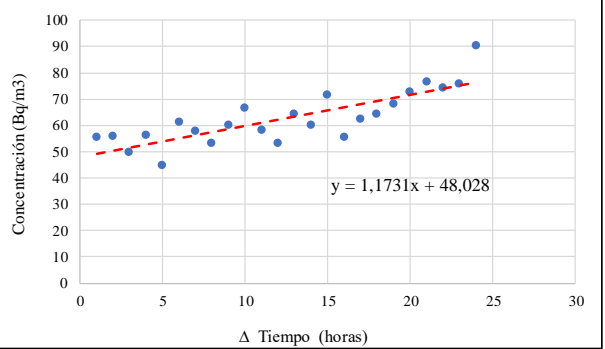


**Tabla 47:** Tasa de exhalación superficial de radón – Kumochi- Ripio Stock 1

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL   |         |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
|--|---------|--|--|--|---------------------------------------|--------|-----------------------|-------|--------|-------------------------|-----|-------|----------------|-------|-------|-------------------|-----|-------|----------------|--|--|
| EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN EN AGREGADO GRUESO   |         |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| PROYECTO:  |         | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| ORIGEN:  | KUMOCHI | ENSAYADO POR:  | LABORATORIO DE TÉCNICAS NUCLEARES / ESPOCH |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| MUESTRA:   | STOCK   | FECHA:   | 5/11/2020                                  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">INGRESO DE DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>M_e</math></td> <td>0,3576</td> <td>Bq/m<sup>3</sup>.hr</td> </tr> <tr> <td><math>f</math></td> <td>0,0023</td> <td>hr<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td><math>V</math></td> <td>0,109</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>C_o</math></td> <td>31,00</td> <td>Bq/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>A</math></td> <td>0,059</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table> |         | INGRESO DE DATOS   |  |  | $M_e$                                 | 0,3576 | Bq/m <sup>3</sup> .hr | $f$   | 0,0023 | hr <sup>-1</sup>        | $V$ | 0,109 | m <sup>3</sup> | $C_o$ | 31,00 | Bq/m <sup>3</sup> | $A$ | 0,059 | m <sup>2</sup> |  |  |
| INGRESO DE DATOS   |         |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $M_e$  | 0,3576  | Bq/m <sup>3</sup> .hr  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $f$  | 0,0023  | hr <sup>-1</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $V$  | 0,109   | m <sup>3</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $C_o$  | 31,00   | Bq/m <sup>3</sup>  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $A$  | 0,059   | m <sup>2</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TASA DE EXHALACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><math>E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}</math></td> </tr> <tr> <td><math>E_o</math></td> <td>0,5289</td> <td>Bq/(m<sup>2</sup>*hr)</td> </tr> </tbody> </table>  |         | TASA DE EXHALACIÓN   |  |  | $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ |        |                       | $E_o$ | 0,5289 | Bq/(m <sup>2</sup> *hr) |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| TASA DE EXHALACIÓN   |         |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$  |         |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o$  | 0,5289  | Bq/(m <sup>2</sup> *hr)  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |



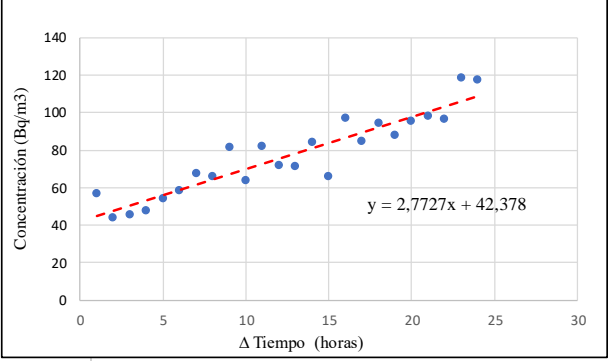
Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 48:** Tasa de exhalación superficial de radón – Puerta del Sol- Arena Stock 2

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
|--|---------------|--|--|--|---------------------------------------|--------|-----------------------|-------|--------|-------------------------|-----|-------|----------------|-------|-------|-------------------|-----|-------|----------------|--|--|
| EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN EN AGREGADO FINO   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| PROYECTO:  |               | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| ORIGEN:  | PUERTA DE SOL | ENSAYADO POR:  | LABORATORIO DE TÉCNICAS NUCLEARES / ESPOCH |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| MUESTRA:   | STOCK         | FECHA:   | 29/10/2020                                 |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">INGRESO DE DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>M_e</math></td> <td>1,1731</td> <td>Bq/m<sup>3</sup>.hr</td> </tr> <tr> <td><math>f</math></td> <td>0,0023</td> <td>hr<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td><math>V</math></td> <td>0,109</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>C_o</math></td> <td>31,00</td> <td>Bq/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>A</math></td> <td>0,059</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table> |               | INGRESO DE DATOS   |  |  | $M_e$                                 | 1,1731 | Bq/m <sup>3</sup> .hr | $f$   | 0,0023 | hr <sup>-1</sup>        | $V$ | 0,109 | m <sup>3</sup> | $C_o$ | 31,00 | Bq/m <sup>3</sup> | $A$ | 0,059 | m <sup>2</sup> |  |  |
| INGRESO DE DATOS   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $M_e$  | 1,1731        | Bq/m <sup>3</sup> .hr  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $f$  | 0,0023        | hr <sup>-1</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $V$  | 0,109         | m <sup>3</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $C_o$  | 31,00         | Bq/m <sup>3</sup>  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $A$  | 0,059         | m <sup>2</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TASA DE EXHALACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><math>E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}</math></td> </tr> <tr> <td><math>E_o</math></td> <td>2,0355</td> <td>Bq/(m<sup>2</sup>*hr)</td> </tr> </tbody> </table>  |               | TASA DE EXHALACIÓN   |  |  | $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ |        |                       | $E_o$ | 2,0355 | Bq/(m <sup>2</sup> *hr) |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| TASA DE EXHALACIÓN   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$  |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o$  | 2,0355        | Bq/(m <sup>2</sup> *hr)  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |



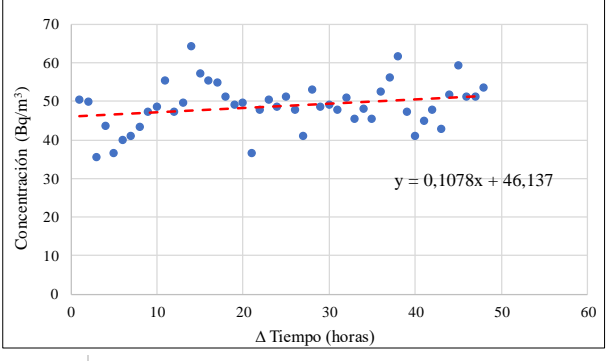
Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 49:** Tasa de exhalación superficial de radón – Puerta del Sol- Ripio Stock 2

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
|--|---------------|--|--|--|---------------------------------------|--------|-----------------------|-------|--------|-------------------------|-----|-------|----------------|-------|-------|-------------------|-----|-------|----------------|--|--|
| EXHALACIÓN DE RADÓN EN AGREGADO GRUESO   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| PROYECTO:  |               | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| ORIGEN:  | PUERTA DE SOL | ENSAYADO POR:  | LABORATORIO DE TÉCNICAS NUCLEARES / ESPOCH |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| MUESTRA:   | STOCK         | FECHA:   | 5/11/2020                                  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">INGRESO DE DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>M_e</math></td> <td>2,7727</td> <td>Bq/m<sup>3</sup>.hr</td> </tr> <tr> <td><math>f</math></td> <td>0,0023</td> <td>hr<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td><math>V</math></td> <td>0,109</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>C_o</math></td> <td>31,00</td> <td>Bq/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>A</math></td> <td>0,059</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table> |               | INGRESO DE DATOS   |  |  | $M_e$                                 | 2,7727 | Bq/m <sup>3</sup> .hr | $f$   | 0,0023 | hr <sup>-1</sup>        | $V$ | 0,109 | m <sup>3</sup> | $C_o$ | 31,00 | Bq/m <sup>3</sup> | $A$ | 0,059 | m <sup>2</sup> |  |  |
| INGRESO DE DATOS   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $M_e$  | 2,7727        | Bq/m <sup>3</sup> .hr  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $f$  | 0,0023        | hr <sup>-1</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $V$  | 0,109         | m <sup>3</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $C_o$  | 31,00         | Bq/m <sup>3</sup>  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $A$  | 0,059         | m <sup>2</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TASA DE EXHALACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><math>E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}</math></td> </tr> <tr> <td><math>E_o</math></td> <td>4,9907</td> <td>Bq/(m<sup>2</sup>*hr)</td> </tr> </tbody> </table>  |               | TASA DE EXHALACIÓN   |  |  | $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ |        |                       | $E_o$ | 4,9907 | Bq/(m <sup>2</sup> *hr) |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| TASA DE EXHALACIÓN   |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$  |               |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o$  | 4,9907        | Bq/(m <sup>2</sup> *hr)  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |



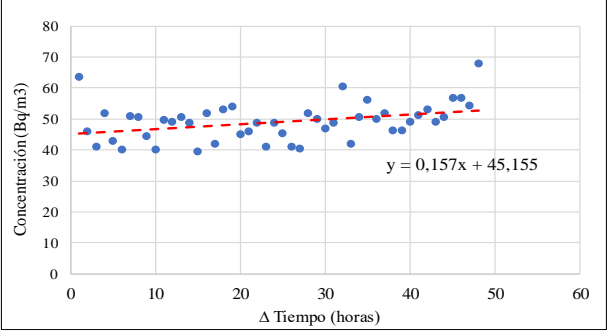
Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 50:** Tasa de exhalación superficial de radón – Mina Mora- Arena Stock 3

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL   |           |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
|--|-----------|--|--|--|---------------------------------------|--------|-----------------------|-------|--------|-------------------------|-----|-------|----------------|-------|-------|-------------------|-----|-------|----------------|--|--|
| EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN EN AGREGADO FINO   |           |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| PROYECTO:  |           | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| ORIGEN:  | MINA MORA | ENSAYADO POR:  | LABORATORIO DE TÉCNICAS NUCLEARES / ESPOCH |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| MUESTRA:   | STOCK     | FECHA:   | 15/10/2020                                 |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">INGRESO DE DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>M_e</math></td> <td>0,1078</td> <td>Bq/m<sup>3</sup>.hr</td> </tr> <tr> <td><math>f</math></td> <td>0,0023</td> <td>hr<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td><math>V</math></td> <td>0,109</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>C_o</math></td> <td>31,00</td> <td>Bq/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>A</math></td> <td>0,059</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table> |           | INGRESO DE DATOS   |  |  | $M_e$                                 | 0,1078 | Bq/m <sup>3</sup> .hr | $f$   | 0,0023 | hr <sup>-1</sup>        | $V$ | 0,109 | m <sup>3</sup> | $C_o$ | 31,00 | Bq/m <sup>3</sup> | $A$ | 0,059 | m <sup>2</sup> |  |  |
| INGRESO DE DATOS   |           |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $M_e$  | 0,1078    | Bq/m <sup>3</sup> .hr  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $f$  | 0,0023    | hr <sup>-1</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $V$  | 0,109     | m <sup>3</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $C_o$  | 31,00     | Bq/m <sup>3</sup>  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $A$  | 0,059     | m <sup>2</sup>   |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TASA DE EXHALACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><math>E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}</math></td> </tr> <tr> <td><math>E_o</math></td> <td>0,0674</td> <td>Bq/(m<sup>2</sup>*hr)</td> </tr> </tbody> </table>  |           | TASA DE EXHALACIÓN   |  |  | $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ |        |                       | $E_o$ | 0,0674 | Bq/(m <sup>2</sup> *hr) |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| TASA DE EXHALACIÓN   |           |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$  |           |  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |
| $E_o$  | 0,0674    | Bq/(m <sup>2</sup> *hr)  |  |  |                                       |        |                       |       |        |                         |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |



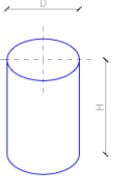
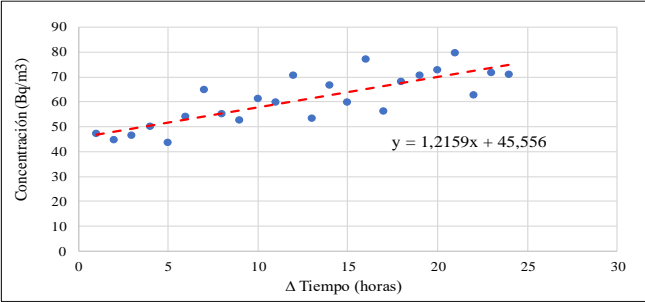
Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 51:** Tasa de exhalación superficial de radón – Mina Mora- Ripio Stock 3

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL    |           |  |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
|---|-----------|--|--|-------------------------|-----|--------|------------------|-----|-------|----------------|-------|-------|-------------------|-----|-------|----------------|--|--|--|--|
| EXHALACIÓN DE RADÓN EN AGREGADO GRUESO  |           |  |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| PROYECTO:   |           | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| ORIGEN:   | MINA MORA | ENSAYADO POR:  | LABORATORIO DE TÉCNICAS NUCLEARES / ESPOCH |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| MUESTRA:  | STOCK     | FECHA:   | 5/11/2020                                  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| <b>INGRESO DE DATOS</b> <table border="1"> <tr> <td><math>M_e</math></td> <td>0,1570</td> <td>Bq/m<sup>3</sup>.hr</td> </tr> <tr> <td><math>f</math></td> <td>0,0023</td> <td>hr<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td><math>V</math></td> <td>0,109</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>C_o</math></td> <td>62,05</td> <td>Bq/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>A</math></td> <td>0,059</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> </table> |           | $M_e$  | 0,1570                                     | Bq/m <sup>3</sup> .hr   | $f$ | 0,0023 | hr <sup>-1</sup> | $V$ | 0,109 | m <sup>3</sup> | $C_o$ | 62,05 | Bq/m <sup>3</sup> | $A$ | 0,059 | m <sup>2</sup> |  |  |  |  |
| $M_e$   | 0,1570    | Bq/m <sup>3</sup> .hr  |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| $f$   | 0,0023    | hr <sup>-1</sup>   |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| $V$   | 0,109     | m <sup>3</sup>   |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| $C_o$   | 62,05     | Bq/m <sup>3</sup>  |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| $A$   | 0,059     | m <sup>2</sup>   |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| <b>TASA DE EXHALACIÓN</b> $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ <table border="1"> <tr> <td><math>E_o</math></td> <td>0,0264</td> <td>Bq/(m<sup>2</sup>*hr)</td> </tr> </table>   |           | $E_o$  | 0,0264                                     | Bq/(m <sup>2</sup> *hr) |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |
| $E_o$   | 0,0264    | Bq/(m <sup>2</sup> *hr)  |  |                         |     |        |                  |     |       |                |       |       |                   |     |       |                |  |  |  |  |

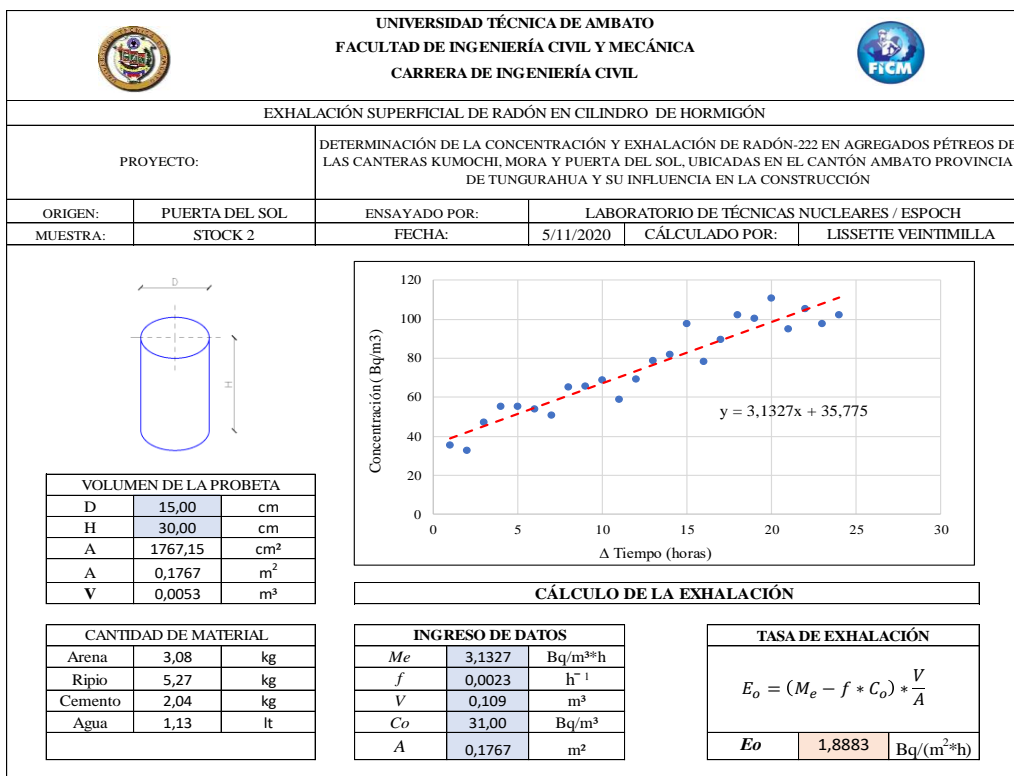
Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 52:** Tasa de exhalación superficial – Probeta de hormigón – Kumochi

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL    |         |  |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
|---|---------|--|--|----------------|----------------------|-------|----|---------|---------|-----------------|------|--------|----------------|--|--------|----------------|---------------------------------|----------------------|-----|--------|-----------------|-----|-------|----------------|-------|-------|-------------------|-----|--------|----------------|--|--|-------|--------|------------------------|
| EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN EN CILINDRO DE HORMIGÓN   |         |  |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| PROYECTO:   |         | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| ORIGEN:   | KUMOCHI | ENSAYADO POR:  | LABORATORIO DE TÉCNICAS NUCLEARES / ESPOCH |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| MUESTRA:  | STOCK 1 | FECHA:   | 5/11/2020                                  | CÁLCULADO POR: | LISSETTE VEINTIMILLA |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
|    |         |    |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| <b>VOLUMEN DE LA PROBETA</b> <table border="1"> <tr> <td>D</td> <td>15,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>30,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1767,15</td> <td>cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>0,1767</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>0,0053</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> </table> |         | D  | 15,00                                      | cm             | H                    | 30,00 | cm | A       | 1767,15 | cm <sup>2</sup> | A    | 0,1767 | m <sup>2</sup> | V  | 0,0053 | m <sup>3</sup> | <b>CÁLCULO DE LA EXHALACIÓN</b> |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| D   | 15,00   | cm   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| H   | 30,00   | cm   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| A   | 1767,15 | cm <sup>2</sup>  |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| A   | 0,1767  | m <sup>2</sup>   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| V   | 0,0053  | m <sup>3</sup>   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| <b>CANTIDAD DE MATERIAL</b> <table border="1"> <tr> <td>Arena</td> <td>6,92</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Ripio</td> <td>10,62</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>3,98</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1,99</td> <td>lt</td> </tr> </table>   |         | Arena  | 6,92                                       | kg             | Ripio                | 10,62 | kg | Cemento | 3,98    | kg              | Agua | 1,99   | lt             | <b>INGRESO DE DATOS</b> <table border="1"> <tr> <td><math>M_e</math></td> <td>1,2159</td> <td>Bq/m<sup>3</sup>*h</td> </tr> <tr> <td><math>f</math></td> <td>0,0023</td> <td>h<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td><math>V</math></td> <td>0,109</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>C_o</math></td> <td>31,00</td> <td>Bq/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><math>A</math></td> <td>0,1767</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> </table> |        | $M_e$          | 1,2159                          | Bq/m <sup>3</sup> *h | $f$ | 0,0023 | h <sup>-1</sup> | $V$ | 0,109 | m <sup>3</sup> | $C_o$ | 31,00 | Bq/m <sup>3</sup> | $A$ | 0,1767 | m <sup>2</sup> | <b>TASA DE EXHALACIÓN</b> $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ <table border="1"> <tr> <td><math>E_o</math></td> <td>0,7060</td> <td>Bq/(m<sup>2</sup>*h)</td> </tr> </table> |  | $E_o$ | 0,7060 | Bq/(m <sup>2</sup> *h) |
| Arena   | 6,92    | kg   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| Ripio   | 10,62   | kg   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| Cemento   | 3,98    | kg   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| Agua  | 1,99    | lt   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| $M_e$   | 1,2159  | Bq/m <sup>3</sup> *h   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| $f$   | 0,0023  | h <sup>-1</sup>  |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| $V$   | 0,109   | m <sup>3</sup>   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| $C_o$   | 31,00   | Bq/m <sup>3</sup>  |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| $A$   | 0,1767  | m <sup>2</sup>   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |
| $E_o$   | 0,7060  | Bq/(m <sup>2</sup> *h)   |  |                |                      |       |    |         |         |                 |      |        |                |  |        |                |                                 |                      |     |        |                 |     |       |                |       |       |                   |     |        |                |  |  |       |        |                        |

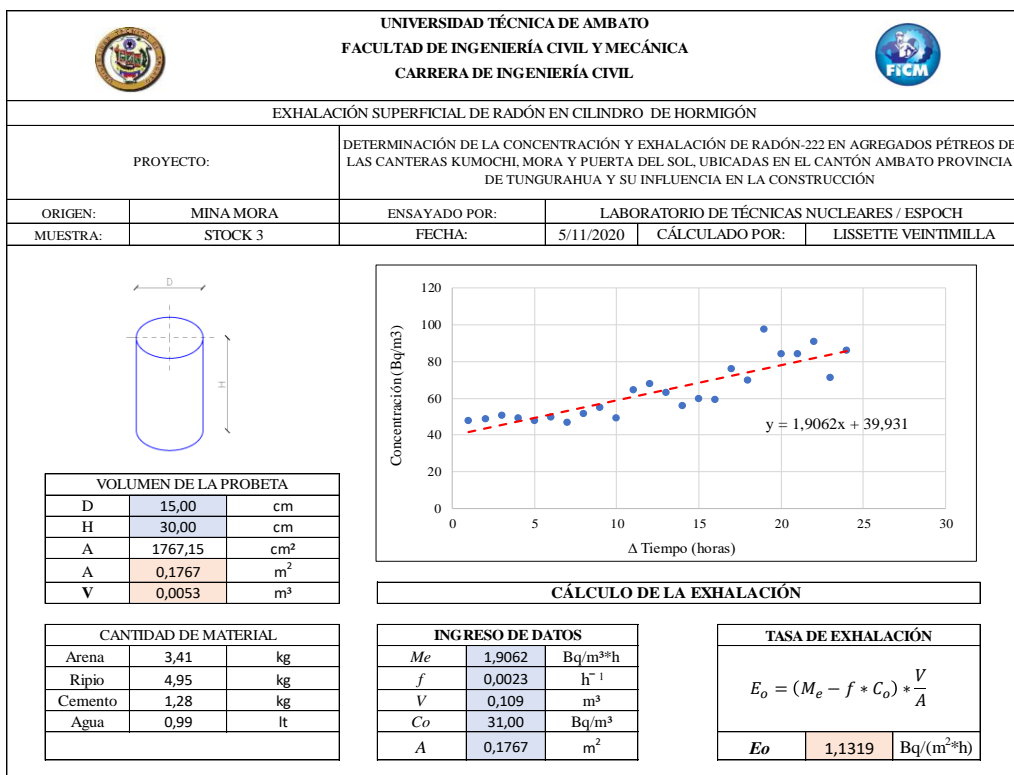
Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 53:** Tasa de exhalación superficial – Probeta de hormigón – Puerta del Sol



Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 54:** Tasa de exhalación superficial – Probeta de hormigón – Mina Mora



Fuente: Lissette Veintimilla

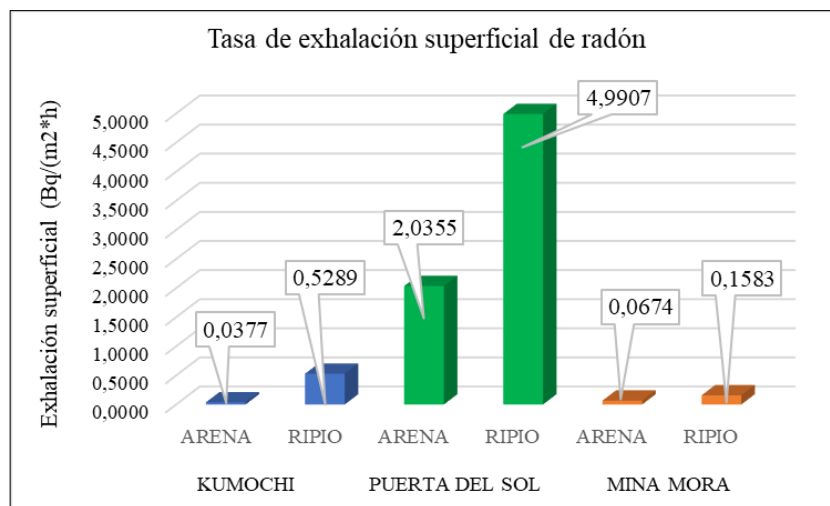
Finalmente, en la Tabla 55, se presenta un resumen de los resultados obtenidos de la tasa exhalación superficial.

**Tabla 55:** Resultados de la tasa de exhalación superficial de muestras en estudio

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO   |                | FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  |                      | CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                                       |                 |                |                   |                |                        |
|---|----------------|--|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|------------------------|
| TASA DE EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN                                     |                |  |                      |                             |                                       |                 |                |                   |                |                        |
| PROYECTO:   |                | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                      |                             |                                       |                 |                |                   |                |                        |
| ORIGEN:   | ESPECIFICADO   | REALIZADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA | MÉTODO:                     | $E_o = (M_e - f * C_o) * \frac{V}{A}$ |                 |                |                   |                |                        |
| MUESTRAS:   | STOCK          | FECHA:   | 22/1/2021            | AJUSTE LINEAL               |                                       |                 |                |                   |                |                        |
| CÁLCULO DE LA TASA DE EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN – MUESTRAS EN ESTUDIO |                |  |                      |                             |                                       |                 |                |                   |                |                        |
| NÚMERO  | CANTERA        | AGREGADO   | INICIO MEDIDA        | FIN MEDIDA                  | $M_e$                                 | $f$             | $V$            | $C_o$             | $A$            | $E_o$                  |
|   |                |  |                      |                             | Bq/(m <sup>3</sup> hr)                | h <sup>-1</sup> | m <sup>3</sup> | Bq/m <sup>3</sup> | m <sup>2</sup> | Bq/(m <sup>2</sup> *h) |
| 1   | KUMOCHI        | ARENA  | 8/10/2020            | 15/10/2020                  | 0,0917                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,059          | 0,0377                 |
| 2   | MINA MORA      | ARENA  | 15/10/2020           | 22/10/2020                  | 0,1078                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,059          | 0,0674                 |
| 3   | PUERTA DEL SOL | ARENA  | 29/10/2020           | 5/11/2020                   | 1,1731                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,059          | 2,0355                 |
| 4   | PUERTA DEL SOL | RIPIO  | 5/11/2020            | 12/11/2020                  | 2,7727                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,059          | 4,9907                 |
| 5   | MINA MORA      | RIPIO  | 12/11/2020           | 19/11/2020                  | 0,157                                 | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,059          | 0,1583                 |
| 6   | KUMOCHI        | RIPIO  | 3/12/2020            | 10/12/2020                  | 0,3576                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,059          | 0,5289                 |
| 7   | PUERTA DEL SOL | HORMIGÓN   | 24/12/2020           | 7/1/2021                    | 3,1327                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,1767         | 1,8885                 |
| 8   | KUMOCHI        | HORMIGÓN   | 7/1/2021             | 14/1/2021                   | 1,2159                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,1767         | 0,7061                 |
| 9   | MINA MORA      | HORMIGÓN   | 14/1/2021            | 21/1/2021                   | 1,9062                                | 0,0023          | 0,109          | 31,00             | 0,1767         | 1,1319                 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

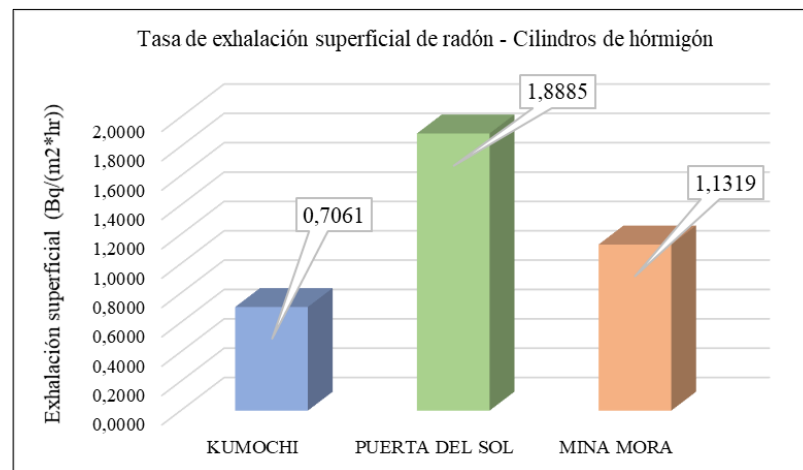
**Figura 33:** Resultados de la tasa de exhalación superficial de radón – Agregados



**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se observa en la Figura 33, el nivel más alto de la tasa de exhalación superficial de radón se atribuye a los agregados gruesos, particularmente al ripio del área minera Puerta del Sol reportando un valor de 4,9907 Bq/(m<sup>2</sup>\*h), debido a que el agregado presenta una mayor cantidad de poros entonces el gas radón posee una mayor facilidad de salida y escape al exterior.

**Figura 34:** Tasa de exhalación superficial de radón – Cilindros de hormigón



**Fuente:** Lissette Veintimilla

En la Figura 34, se aprecia que la tasa de exhalación superficial de radón en el hormigón es mayor para la cantera Puerta del Sol con 1,885 Bq/(m<sup>2</sup>\*h). Esto debido a que los agregados pétreos empleados en la elaboración del mismo poseen una mayor exhalación lo cual refleja mayor presencia del gas en el hormigón.

### 3.1.7 Concentración Indoor de gas radón Rn-222

Debido a que el individuo permanece la mayor parte de su tiempo dentro de una construcción ya sea esta su vivienda o lugar de trabajo. Es importante conocer la concentración interna de radón al que se encontrará expuesto y si este será perjudicial o no para su salud.

En una vivienda, los agregados pétreos están presentes tanto en sus elementos estructurales como en los acabados. Y consecuentemente el individuo estará constantemente expuesto al gas radiactivo que exhalen de los mismos.

A continuación, se describen las características de una propuesta de vivienda en la cual se va a determinar la concentración indoor de radón que va a existir en este ambiente debido al aporte del gas radón desde los agregados y también de su conjunto (hormigón).

Cabe recalcar que la vivienda aún no está construida, por tanto, los niveles con los cuales deberá cumplir para no suponer un riesgo para la salud de sus ocupantes deberán ser menor a los 300 Bq/m<sup>3</sup> que estiman las normas internacionales en el caso de construcciones nuevas.

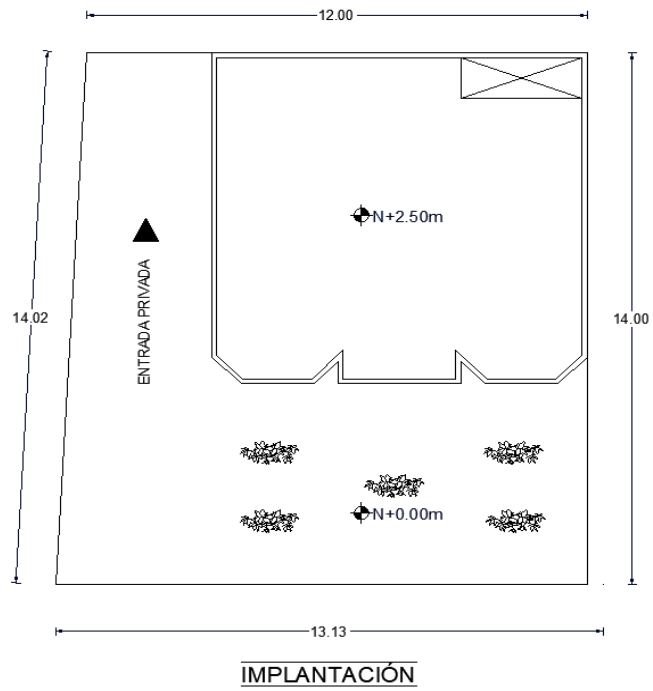
### **Características de la edificación**

La vivienda propuesta se encontrará ubicada en el cantón Ambato, Provincia del Tungurahua. Corresponde a una vivienda unifamiliar, de planta baja con una losa inaccesible. El sistema estructural será de hormigón armado con vigas descolgadas. Con  $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .

El objeto de estudio de esta propuesta de vivienda es debido a que la misma se encuentra adosada en 2 lados, motivo por el cual el nivel de ventilación será reducido, siendo así más propenso a la presencia de gas radón en el interior.

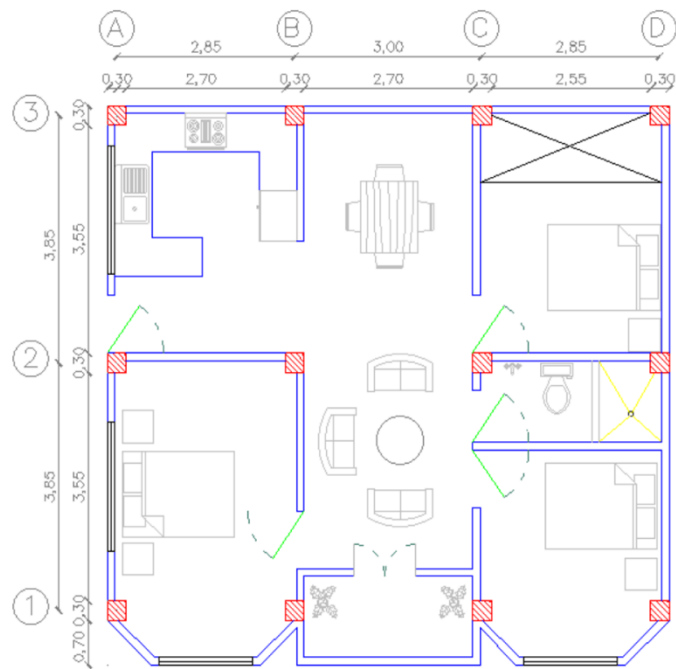
En el Anexo 17, se encuentran los planos arquitectónicos y estructurales de la propuesta de este proyecto de vivienda.

**Figura 35:** Implantación de la edificación en estudio



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Figura 36:** Distribución arquitectónica – planta baja - edificación en estudio



**Fuente:** Lissette Veintimilla



Para determinar la contribución a la concentración indoor de radón desde las muestras de los agregados pétreos (arena y ripio) y el hormigón, se empleará la expresión propuesta por William Nazaroff y Anthony Nero en su publicación “Radon and Its Decay Products in Indoor Air”, cuya expresión es la siguiente: [48]

$$C_{Rn} = \frac{Ex * S}{V * \lambda_v}$$

Donde:



$C_{Rn}$  , representa la concentración interna de radón (Bq/m<sup>3</sup>),  $Ex$ , tasa de exhalación superficial de radón (Bq/m<sup>2</sup>\*h),  $S$ , el área de exhalación de radón (m<sup>2</sup>),  $V$  volumen de la habitación (m<sup>3</sup>) y  $\lambda_v$  tasa de intercambio de aire (h<sup>-1</sup>). [49]

Para determinar el área de la construcción se empleó el comando Área disponible en el Software AutoCAD. Reportando un valor de 70,59 m<sup>2</sup>. El volumen de la habitación es de 176,48 m<sup>3</sup>.

La tasa de intercambio de aire entre el interior y exterior de la vivienda para este cálculo será 0,5 h<sup>-1</sup> puesto que existe la presencia de aberturas por donde podría escapar el gas. El dato se obtiene de mediciones experimentales.

El resultado de la concentración de radón al interior de la construcción en estudio debido al aporte de los agregados pétreos y el hormigón se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 56:** Resultados de Concentración Indoor de radón debido al aporte desde los agregados pétreos y el hormigón

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |  |                                  |                      |
|--|--|--|----------------------------------|----------------------|
| CONCENTRACIÓN DE RADÓN EN UNA EDIFICACIÓN  |  |  |                                  |                      |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |  |                                  |                      |
| ORIGEN:  | ESPECIFICADO   |  | REALIZADO POR:                   | LISSETTE VEINTIMILLA |
| MUESTRAS:  | STOCK  |  | FECHA:                           | 31/1/2021            |
| CONCENTRACIÓN INTERNA DE RADÓN EN LA EDIFICACIÓN EN ESTUDIO  |  |  |                                  |                      |
| INGRESO DE DATOS   |  |  |                                  |                      |
| $E_x$ (Bq/(m <sup>2</sup> *h))   | ESPECIFICADO   | $C_{Rn} = \frac{E_x * S}{V_E * \lambda_v}$ | $\lambda_v$ (h <sup>-1</sup> ) = | 0,5                  |
| $S$ (m <sup>2</sup> ) =  | 70,59  |  | $V_E$ (m <sup>3</sup> ) =        | 176,48               |
| CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN INTERNA DE RADÓN   |  |  |                                  |                      |
| NÚMERO   | CANTERA  | AGREGADO                                   | $E_x$                            | $C_{Rn}$             |
|  |  |  | Bq/(m <sup>2</sup> *h)           | Bq/m <sup>3</sup>    |
| 1  | KUMOCHI  | ARENA                                      | 0,0377                           | 0,0302               |
| 2  | PUERTA DEL SOL   | ARENA                                      | 2,0355                           | 1,6284               |
| 3  | MINA MORA  | ARENA                                      | 0,0674                           | 0,0539               |
| 4  | KUMOCHI  | RIPIO                                      | 0,5289                           | 0,4231               |
| 5  | PUERTA DEL SOL   | RIPIO                                      | 4,9907                           | 3,9926               |
| 6  | MINA MORA  | RIPIO                                      | 0,1583                           | 0,1267               |
| 7  | KUMOCHI  | HORMIGÓN                                   | 0,7061                           | 0,5649               |
| 8  | PUERTA DEL SOL   | HORMIGÓN                                   | 1,8885                           | 1,5108               |
| 9  | MINA MORA  | HORMIGÓN                                   | 1,1319                           | 0,9055               |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se aprecia en la tabla 56, la contribución de gas radón desde los agregados pétreos y del hormigón al interior de la vivienda en análisis es baja respecto al nivel de referencia dispuesta por las normativas internacionales entre ellas la UNSCEAR que estima una concentración de 300 Bq/m<sup>3</sup>; puesto que los niveles más altos determinados ni siquiera superan los 10 Bq/m<sup>3</sup>.

### 3.1.8 Dosis efectiva anual por inhalación

La dosis efectiva anual debido a la inhalación puede ser calculada empleando la siguiente expresión:

$$D_E = D_{FC} * \tau * F * C_{Rn}$$

Donde:



$D_E$ , corresponde a la dosis efectiva anual por inhalación;  $D_{FC}$ , indica el factor de conversión de unidades;  $\tau$ , es el tiempo medio que un individuo inhala el radón en un año;  $F$ , es un factor de equilibrio entre el radón y sus productos de desintegración;  $C_{Rn}$ , corresponde a la concentración interna de radón.

Cabe recalcar que el factor de conversión de unidades de Becquerel (actividad radiactiva) a Sievert (dosis de radiación) será  $9 \times 10^{-9}$ ; y el factor de equilibrio entre el radón y su progenie se toma 0,4 como sugiere UNSCEAR.

Para el valor de  $\tau$ , se estima un escenario desfavorable en el cual el individuo pasará las 24 horas del día los 365 días del año al interior de la vivienda, entonces  $\tau=8760$ .

El límite de dosis efectiva establecido por la UNSCEAR es de 1,1 mSv/año. [50]

**Tabla 57:** Dosis efectiva anual por inhalación de radón – Construcción en estudio

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |                               |                      |
|--|--|----------|-------------------------------|----------------------|
| DÓSIS EFECTIVA ANUAL POR INHALACIÓN DE RADÓN   |  |          |                               |                      |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |                               |                      |
| ORIGEN:  | ESPECIFICADO   |          | REALIZADO POR:                | LISSETTE VEINTIMILLA |
| MUESTRAS:  | STOCK  |          | FECHA:                        | 31/1/2021            |
| DÓSIS EFECTIVA ANUAL POR INHALACIÓN DE RADÓN   |  |          |                               |                      |
| INGRESO DE DATOS   |  |          |                               |                      |
| $D_E = D_{FC} * \tau * F * C_{Rn}$   | $D_{FC} =$   | 9,00E-09 | Sv/[(Bq/m <sup>3</sup> )*h]   |                      |
|  | $\tau =$   | 8760     | (h/año)                       |                      |
|  | $F =$  | 0,4      |                               |                      |
| CÁLCULO DE LA DÓSIS EFECTIVA ANUAL POR INHALACIÓN DE RADÓN   |  |          |                               |                      |
| NÚMERO   | CANTERA  | AGREGADO | $C_{Rn}$<br>Bq/m <sup>3</sup> | $D_E$<br>mSv/año     |
| 1  | KUMOCHI  | ARENA    | 0,0302                        | 0,0010               |
| 2  | PUERTA DEL SOL   | ARENA    | 1,6284                        | 0,0514               |
| 3  | MINA MORA  | ARENA    | 0,0539                        | 0,0017               |
| 4  | KUMOCHI  | RIPIO    | 0,4231                        | 0,0133               |
| 5  | PUERTA DEL SOL   | RIPIO    | 3,9926                        | 0,1259               |
| 6  | MINA MORA  | RIPIO    | 0,1267                        | 0,0040               |
| 7  | KUMOCHI  | HORMIGÓN | 0,5649                        | 0,0178               |
| 8  | PUERTA DEL SOL   | HORMIGÓN | 1,5108                        | 0,0476               |
| 9  | MINA MORA  | HORMIGÓN | 0,9055                        | 0,0286               |

Fuente: Lissette Veintimilla

Como se aprecia en la tabla 57, el nivel de dosis efectiva anual al cual se encontrará expuesto el individuo dentro de su vivienda constituida por agregados de las diferentes canteras, no correrá mayor riesgo debido a que los niveles son bajos ya que no superan el límite establecido por el UNSCEAR de 1,1 mSv/año.



### **3.1.9 Estimación de las propiedades físicas de los agregados y el gas radón**

Las propiedades físicas de los agregados pétreos seleccionados son: densidad real, porosidad, contenido de humedad, permeabilidad y análisis granulométrico. Debido a que la literatura indica que entre mayor sea la porosidad del agregado, éste será menos denso y facilitará la difusión del mismo elevando la concentración del gas. [1] Además, A mayor permeabilidad, mayor concentración de radón. Y A menor tamaño del agregado, menor concentración de Rn-222. [23]

Así también Aina Noverques en su Trabajo de Maestría titulado: “DESARROLLO DE METODOLOGÍAS PARA LA REALIZACIÓN DE MEDICIONES DE EXHALACIÓN DE RADÓN-222.” menciona que: los agregados con elevada humedad tendrán sus poros llenos de agua lo que frenará la exhalación de radón y consecuentemente disminuirá la concentración.

En la tabla 58 se muestran los resultados de los ensayos realizados a los agregados, la tasa de exhalación superficial de radón, concentración interna y dosis efectiva.

**Tabla 58:** Resultados de los ensayos realizados a los agregados pétreos y el radón - Canteras

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                |           |                       |
|--|--|----------------|-----------|-----------------------|
| PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS Y SU RELACIÓN CON EL RADÓN  |  |                |           |                       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                |           |                       |
| ENSAYADO POR :   | LISSETTE VEINTIMILLA   | FECHA :        | 27/3/2021 |                       |
| ORIGEN :   | KUMOCHI  | PUERTA DEL SOL | MINA MORA | UNIDAD                |
| MUESTRA :  | STOCK 1  | STOCK 2        | STOCK 3   |                       |
| <b>AGREGADO GRUESO - RIPIO</b>   |  |                |           |                       |
| POROSIDAD  | 48,51  | 50,58          | 44,06     | %                     |
| DENSIDAD REAL  | 2,35   | 2,41           | 2,34      | gr/cm <sup>3</sup>    |
| PERMEABILIDAD  | 1,77 E-3   | 1,07 E-2       | 1,13 E-3  |                       |
| CONTENIDO DE HUMEDAD   | 4,57   | 2,92           | 0,62      | %                     |
| TNM  | 1"   | 1"             | 1 1/2 "   | plg.                  |
| TASA DE EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN  | 0,5289   | 4,9907         | 0,1583    | Bq/m <sup>2</sup> * h |
| CONCENTRACIÓN INDOOR DE RADÓN  | 0,4231   | 3,9926         | 0,1267    | Bq/m <sup>3</sup>     |
| DOSIS EFECTIVA   | 0,0133   | 0,1259         | 0,004     | mSv/año               |
| <b>AGREGADO FINO - ARENA</b>   |  |                |           |                       |
| POROSIDAD  | 44,94  | 45,70          | 24,10     | %                     |
| DENSIDAD REAL  | 2,69   | 2,42           | 1,78      | gr/cm <sup>3</sup>    |
| PERMEABILIDAD  | 1,06 E-3   | 1,86 E-3       | 4,5 E-3   |                       |
| CONTENIDO DE HUMEDAD   | 3,10   | 7,13           | 3,40      | %                     |
| CAPACIDAD DE ABSORCIÓN   | 0,94   | 4,74           | 3,00      | %                     |
| MF   | 2,50   | 2,40           | 1,50      |                       |
| CONCENTRACIÓN INDOOR DE RADÓN  | 0,0302   | 1,6284         | 0,0539    | Bq/m <sup>3</sup>     |
| TASA DE EXHALACIÓN SUPERFICIAL DE RADÓN  | 0,0377   | 2,0355         | 0,0674    | Bq/m <sup>2</sup> * h |
| DOSIS EFECTIVA   | 0,0010   | 0,0514         | 0,0017    | mSv/año               |
| <b>CILINDRO DE HORMIGÓN</b>  |  |                |           |                       |
| TASA DE EXHALACIÓN DE RADÓN  | 0,7061   | 1,885          | 1,1319    | Bq/m <sup>2</sup> * h |
| CONCENTRACIÓN INDOOR DE RADÓN  | 0,5649   | 1,5108         | 0,9055    | Bq/m <sup>3</sup>     |
| DOSIS EFECTIVA   | 0,0178   | 0,0476         | 0,0286    | mSv/año               |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

Como se aprecia en la Tabla 58, la porosidad más alta registrada corresponde al agregado grueso de tamaño nominal de 1" obtenido de la cantera Puerta del Sol, cuya densidad real es 2,41 gr/cm<sup>3</sup>; la permeabilidad es =1,07E-2 siendo este dato también el más elevado de todas las medidas; además el contenido de humedad es de 2,92 %. Y reporta una tasa de exhalación superficial igual a 4,9907 Bq/(m<sup>2</sup>\*h). La concentración interna calculada es 3,9926 Bq/m<sup>3</sup> y una dosis efectiva anual de = 0,1259 mSv/año.

Para el agregado fino, la porosidad más alta calculada es 45,70 %, cuya densidad real es 2,42 gr/cm<sup>3</sup>; el módulo de finura es 2,4; la permeabilidad que se registra es 1,86E-3; el contenido de humedad igual a 7,13%. Con estas características la tasa de exhalación superficial obtenida es de 2,0355 Bq/(m<sup>2</sup>\*h). La concentración interna calculada es 1,6284 Bq/m<sup>3</sup> y una dosis efectiva anual de = 0,0514 mSv/año.

Como se observa los resultados no muestran una relación directa que permita aseverar que: a mayor porosidad, densidad real, contenido de humedad, tamaño del gránulo y permeabilidad existirá un mayor nivel de concentración Indoor de radón.

### **3.1.10 Mapas de exposición al Radón-222 de las concesiones mineras en estudio**

En el Anexo 18, se muestran los mapas de exposición al radón donde consta la ubicación de cada concesión minera, la tasa de exhalación superficial, concentración y dosis efectiva anual de radón previamente determinados.

## **3.2 Verificación de hipótesis**

Conforme a la hipótesis planteada en el presente trabajo de titulación denominado: “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN “ , y mediante los ensayos y experimentos realizados, se verificó que los niveles de concentración y exhalación de gas radón presente en los agregados pétreos no dependen solamente de las características físico mecánicas, sino un factor muy importante que hay que considerar es la estructura geológica y los minerales por los cuales se hallan constituidas las rocas. Ya que, si la roca madre contiene en cantidades elevadas el

uranio-238 o Radio-226 que son los precursores del radón entonces el nivel de concentración y exhalación también serán elevados.

Como puede evidenciarse a lo largo de este trabajo, los agregados de las áreas mineras en estudio excepto por el agregado fino de la Mina Mora son seguras para emplearse en la industria de la construcción ya que, a más de cumplir con los parámetros dispuestos en las Normas INEN para la elaboración de hormigones, la contribución de radón por parte de los agregados al interior de una vivienda es baja, puesto que no supera ni los  $10 \text{ Bq/m}^3$  y su índice de dosis efectiva no supera el límite de  $1,1 \text{ mSv/año}$  establecido por las normativas internacionales entre ellas la UNSCEAR.

## CAPITULO IV.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- ✓ En consecuencia, a los estudios y ensayos realizados para el presente proyecto se puede establecer que las propiedades físico mecánicas que presentan los agregados pétreos de las concesiones mineras: Kumochi y Puerta del Sol ubicadas en el cantón Ambato, cumplen con los requisitos establecidos en las Normas INEN 872 para ser empleados en la fabricación del hormigón, puesto que es un material sumamente demandado para la construcción de las diversas obras civiles.

En el caso de la Cantera Mina Mora, los resultados obtenidos muestran que el agregado grueso cumple con las características para la elaboración del hormigón, mientras que la arena es demasiado fina ya que presenta un módulo de finura por debajo de los límites aceptables siendo de 1,78  $\text{gr/cm}^3$ .

- ✓ Frente a la evidencia expuesta en la Tabla 58, las propiedades físicas de los agregados pétreos que guardan relación con la exhalación y concentración del gas radón son: el contenido de humedad, porosidad, densidad real, análisis granulométrico y permeabilidad.

Cabe recalcar que no existe una relación directa que nos permita afirmar que entre mayor sea alguna de estas características el nivel de exhalación superficial y de concentración indoor de radón también sean elevadas.

Por tanto, se deduce que adicional a las características físicas y mecánicas de los agregados pétreos la concentración de radón en interiores estará influenciada por la estructura geológica y mineralógica de la roca.



- ✓ Se determinó que la tasa de exhalación de radon-222 de las muestras de agregados pétreos usando el Método de la Cámara Cerrada para las distintas concesiones mineras en estudio son: arena= 0,0377 Bq/m<sup>2</sup>\*h, ripio=0,5289 Bq/m<sup>2</sup>\*h que corresponden a la Cantera Kumochi; Para el área minera Puerta del Sol los resultados son: arena=2,0355 Bq/m<sup>2</sup>\*h, ripio =4,9907 Bq/m<sup>2</sup>\*h; Finalmente en la Mina Mora los valores son= arena=0,0674 Bq/m<sup>2</sup>\*h, ripio=1,1319 Bq/m<sup>2</sup>\*h.

Para las probetas de hormigón los valores calculados son los siguientes: concentración = 0,5649 Bq/m<sup>3</sup>, exhalación=0,7061 Bq/m<sup>2</sup>\*h que corresponden a la cantera Kumochi; concentración = 1,5108 Bq/m<sup>3</sup>, exhalación=1,8885 Bq/m<sup>2</sup>\*h cuyos datos pertenecen a la cantera Puerta del Sol; para la Mina Mora los resultados son los siguientes: concentración = 0,9055 Bq/m<sup>3</sup>, exhalación=1,1319 Bq/m<sup>2</sup>\*hr.

Como se evidencia, la presencia de gas radón es mayor en el hormigón como tal, puesto que se encuentra constituido no solamente por agregados pétreos sino también por cemento y agua que aportan con la presencia de radón-222.

- ✓ En la construcción en análisis previamente diseñada y calculada para una resistencia de 240 kg/cm<sup>2</sup> cuya presencia de aire al interior de la misma es de 176,48 m<sup>3</sup> en el cual se acumulará el gas radón; la tasa de concentración interior y dosis efectiva anual a los cuales se encontrará expuesto el individuo serán: Concentración = 0,4533 Bq/m<sup>3</sup> y dosis efectiva = 0,0143 mSv/año con agregados de la cantera Kumochi; Concentración = 5,621 Bq/m<sup>3</sup> y dosis efectiva = 0,1773 mSv/año con agregados del área minera Puerta del Sol; Finalmente Concentración = 0,1806 Bq/m<sup>3</sup> y dosis efectiva = 0,0057 mSv/año valores que corresponden a la concesión minera Mina Mora.

Los resultados de concentración y dosis efectiva que reportan las muestras de hormigón son: Concentración =  $0,5649 \text{ Bq/m}^3$ , dosis efectiva =  $0,0178 \text{ mSv/año}$  perteneciente a la cantera Kumochi; Concentración =  $1,5108 \text{ Bq/m}^3$ , dosis efectiva =  $0,0476 \text{ mSv/año}$  atribuible al área minera Puerta del Sol; Concentración= $0,9055 \text{ Bq/m}^3$  y dosis efectiva =  $0,0476 \text{ mSv/año}$  que corresponde a la cantera Mina Mora.

En relación a lo antes expuesto, se verifica que las muestras en estudio cumplen los límites permitidos y son aptas para ser empleadas en la industria de la construcción, además no representan un riesgo inminente en la salud de sus ocupantes puesto que conforme a la UNSCEAR el nivel de concentración mínima para construcciones nuevas es de  $300 \text{ Bq/m}^3$  y el nivel de dosis efectiva establecida es  $1,1 \text{ mSv/año}$ .

- ✓ A partir de la información recolectada se elaboró un mapa de exposición al radón Rn-222, que nos muestra la tasa de exhalación superficial de radón, la concentración indoor y el nivel de dosis efectiva anual al cual se hallarán expuestos los individuos en caso de emplear estos agregados pétreos en sus obras de construcción

## **4.2 Recomendaciones**

- ✓ En virtud de lo estudiado se sugiere realizar el análisis de muestras de cemento y agua con el propósito de conocer cuál es la exhalación de radón de los mismos y su contribución al Radón Indoor.
  
- ✓ Extender el protocolo de medida de radón a por lo menos 21 días con el propósito de llegar al estado de equilibrio en la curva de acumulación de radón.
  
- ✓ Identificar la estructura mineralógica del agregado en estudio con el fin de conocer el contenido de uranio-238 del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Piedecausa, S. Chinchón, M. Morales y M. Sanjuan, “Radiactividad natural de los materiales de construcción. Aplicación al hormigón. Parte II. Radiación interna: el gas radón”. *CEMENTO HORMIGÓN*, N.º 946, pp.35, Septiembre-October 2011.
- [2] H. Ciallella, J. Fernández, E. Quintana y G. Serdeiro, “Estudio del Impacto Radiológico de los Materiales de la Construcción en Argentina”. Primer Congreso Americano del IRPA 2006, Acapulco México, Septiembre 3-8,2006.
- [3] M. Shoeib and K. Thabayneh, “Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation rate in various samples of Egyptian building materials”. *ScienceDirect*, Vol.7, pp.174-181, February.2014.
- [4] D. Hidrovo, “Determinación del coeficiente de exhalación másico de los materiales de construcción más usados en el cantón Riobamba,” Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba,2019.
- [5] D. Muntean, C. Cosma and D. Moldovan, “Measurement of natural radioactivity and radiation hazards for some natural and artificial building materials available in Romania”. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. [On-line]. pp.523-532, January.2014. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10967-013-2837-8> [Dec.13, 2019].
- [6] G. Real. (2002). *El radón: Tratamiento jurídico de un enemigo invisible*. [On-line]. Available:[https://books.google.com.ec/books?id=nYXAnH5kEfsC&printsec=copyright&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=nYXAnH5kEfsC&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) [March 28, 2020].
- [7] G. Gonzáles y C. Rabin. *Para entender las radiaciones*. Uruguay: DIRAC,2011, pp.20.
- [8] J. García, “Radiactividad Natural y Radón en Canarias”, en Jornada Técnica El gas radón y salud laboral, Las Palmas,2019.

- [9] V. Gamo. “Conceptos Básicos Sobre Protección Radiológica”. Internet: <https://www.csn.es/documents/10182/950714/Curso+General+de+Formaci%C3%B3n+de+Actuantes+en+Emergencias+Nucleares.+TEMA+00.+Conceptos+b%C3%A1sicos+sobre+protecci%C3%B3n+radiol%C3%B3gica/4fe9a575-d9e0-4683-b9d3-c28a7841ed6a> ,Marzo 11,2015 [Mayo 4, 2020].
- [10] NTP 440. “Radón en ambientes interiores,” n°440, pp.1-10,2004.
- [11] R. Núñez y L. Roglá, “La radioactividad ambiental”, *LOGOS CIENCIA & TECNOLOGÍA*, Vol.2, No. 2, pp.50-61, Enero-Junio, 2011.
- [12] R. Cueva. “Vigilancia Médica En Trabajadores Expuestos A Radiaciones Ionizantes.” Tesis de Maestría SSA, Universidad San Francisco de Quito, Quito,2008.
- [13] M. Fuente. “Research about different measurement techniques of radon exhalation in soils.” Trabajo de fin de Máster, Universidad de Cantabria, España,2016.
- [14] C. Sainz y L. Quindós. “EL RADÓN: LA NUEVA AMENAZA INVISIBLE.” Internet: <http://elradon.com/wp-content/uploads/2018/10/ArtUC26.pdf> , 2005 [Septiembre.15,2019].
- [15] EPA (2015). “Manual Informativo Sobre El Radón, La guía para proteger a su familia y a usted del radón.” [Online]. Available: [https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2015-08/documents/citizensguide\\_sp.pdf](https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2015-08/documents/citizensguide_sp.pdf) , 2015 [Noviembre.14,2019].
- [16] U. Martin. “Madrid mide el gas radón en una sede judicial donde se han detectado 10 casos de cáncer” EL PAÍS (jul.18,2019). Disponible en: [https://elpais.com/sociedad/2019/07/18/actualidad/1563477135\\_319725.html](https://elpais.com/sociedad/2019/07/18/actualidad/1563477135_319725.html), [20/7/2021].
- [17] E.D. Carruébano. “Un estudio revela que el radón está detrás del 4% de las muertes a causa del cáncer de pulmón en España” ABC GALICIA (Jun. 9, 2021). Disponible en: <https://www.abc.es/espana/galicia/abci-estudio-revela>

radon-esta-detras-7-porciento-muertes-causa-cancer-pulmon-galicia-202106091707\_noticia.html#disqus\_thread [20/7/2021].

- [18] J. Barros, M.J. López, A. Ruano y C. Narocki, “Exposición laboral a Radón Interior en España. Estudio Piloto.”, Universidad de Santiago de Compostela, Laboratorio Radón de Galicia e ISTAS-CCOO, IV Edición de las Becas I+D en PRL,2017.
- [19] L, Quindós. (1995). *Radón: un gas radiactivo de origen natural en su casa*. [On-line]. Available:[https://books.google.com.ec/books/about/Rad%C3%B3n.html?id=x-FozgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Rad%C3%B3n.html?id=x-FozgAACAAJ&redir_esc=y) . pp.7. [Marzo 28,2020].
- [20] F. Vázquez. “Estudio experimental sobre la efectividad y vialidad de distintas soluciones constructivas para reducir la concentración de gas radon en edificaciones” Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid,2009.
- [21] G. Akerblom and J. Lindgren. *Mapping of groundwater radon potential*. [On-line]. Volumen.29. Available: [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:29009838](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:29009838) [Noviembre 16,2019].
- [22] H. Alonso. “El radón en suelos, rocas, materiales de construcción y aguas subterráneas de las Islas Canarias Orientales.” Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, 2015.
- [23] A. Noverques. “Desarrollo de metodologías para la realización de mediciones de exhalación de Radon-222.” Trabajo de fin de Master, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2017.
- [24] M. Seisdedos. “MAPA DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN AL GAS RADÓN EN LAS VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID.” Trabajo de fin de Master, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2016.
- [25] C. Andersen. (1999, August). “Radon-222 Exhalation from Danish Building Materials: H + H Industri A/S Results.” *ResearchGate*. [On-

line].No.1135(EN),pp.1-55.Available:

[https://www.researchgate.net/publication/267681407\\_Radon222\\_Exhalation\\_from\\_Danish\\_Building\\_Materials\\_H\\_H\\_Industri\\_AS\\_Results](https://www.researchgate.net/publication/267681407_Radon222_Exhalation_from_Danish_Building_Materials_H_H_Industri_AS_Results) [Nov.20,2019].

- [26] B. Frutos y M. Olaya, “Protección frente a la inmisión de gas radón en edificios”, Consejo de Seguridad Nuclear, Madrid-España, Informe Técnico Referencia INT-04.20, 2010.
- [27] A. Otero y otros. (2017, Septiembre). “Estudio, medida y mitigación de la concentración de radón en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidade da Coruña.” *Informes de la Construcción*. [On-line]. 69 (547), pp.1-11. Available: [https://www.researchgate.net/publication/320095348\\_Estudio\\_medida\\_y\\_mitigacion\\_de\\_la\\_concentracion\\_de\\_radon\\_en\\_la\\_Escuela\\_Universitaria\\_de\\_Arquitectura\\_Tecnica\\_de\\_la\\_Universidade\\_da\\_Coruna](https://www.researchgate.net/publication/320095348_Estudio_medida_y_mitigacion_de_la_concentracion_de_radon_en_la_Escuela_Universitaria_de_Arquitectura_Tecnica_de_la_Universidade_da_Coruna) [Nov.21,2019].
- [28] C. Chao, T. Tung, T. Chan y J. Burnett, “Determination of Radon Emanation and Back Diffusion Characteristics of Building Materials in Small Chamber Tests”. *Building and Environment*, No.4, pp.355-362,1996.
- [29] Pylon Electronics Inc. (2020). Pylon AB7 Portable Radiation Monitor: User Manual. [On-line]. Available: <https://pylonelectronics-radon.com/wpcontent/uploads/2019/08/DS138R2-AB7.pdf> [Sept.21,2020].
- [30] Instituto Ecuatoriano de Normalización, "Áridos. Determinación del valor de degradación del árido grueso de partículas menores a 37.5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles.," *Norma Técnica Ecuatoriana*, nº 860, pp. 3-10, 2010.
- [31] F. Mantilla, “Ensayos de Mecánica de Suelos,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato,2011.
- [32] F. Chicaiza. “Análisis de la presencia de gas radiactivo radón en agregados pétreos de la provincia de Tungurahua y su incidencia en la construcción,” Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato,2020.

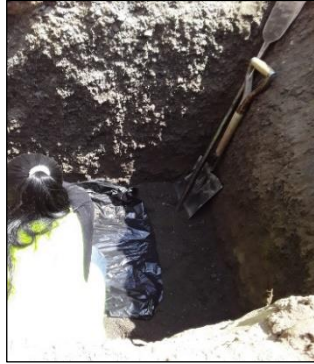
- [33] A. Otero. “ESTUDIO DE LA RADIATIVIDAD AMBIENTAL EN SUELOS DE LA COSTA NORTE DE A CORUÑA Y LUGO.” Tesis doctoral, Universidade a Coruña, España, 2014.
- [34] M. Medina. “Determinación del material particulado total producido por la extracción y trituración del material pétreo con la finalidad de elaborar una propuesta de plan de manejo en el área minera Kumochi sector Las Viñas parroquia Izamba, cantón Ambato,” Tesis de Grado, Escuela Politécnica Superior del Ejército, Latacunga, 2014.
- [35] W. Quinatoa. “Información” E-mail personal (Dic. 02, 2019).
- [36] M. Flores. “Registro Ambiental Cantera Puerta del Sol” E-mail personal (Dic. 03, 2019).
- [37] Instituto de Investigación Geológico y Energético. (1978). Hoja Geológica Ambato [Mapa].1:100.000. Quito: Instituto Geográfico Militar. CT-ÑIV-A. Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/1IdF-IG56NS0Cc6sC7Ra5vS8uBHFxuZAb/view>
- [38] H. Tipantasig. “Información” E-mail personal (dic. 16, 2020).
- [39] Instituto Ecuatoriano de Normalización, "Áridos. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Árido Grueso," *Norma Técnica Ecuatoriana*, n° 857, pp. 3-10, 2010.
- [40] S. Medina, “Hormigón”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [41] E. Tierra. “Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos.” Internet: [https://www.academia.edu/34894710/AN%C3%81LISIS\\_GRANULOM%C3%89TRICO\\_DE\\_LOS\\_AGREGADOS\\_FINOS\\_Y\\_GRUESOS,Nov.5](https://www.academia.edu/34894710/AN%C3%81LISIS_GRANULOM%C3%89TRICO_DE_LOS_AGREGADOS_FINOS_Y_GRUESOS,Nov.5), 2014 [Dic. 04, 2019].
- [42] J. Sánchez, “La resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el módulo de elasticidad estático en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua,” Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.



- [43] Instituto Ecuatoriano de Normalización, " Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología," Norma Técnica Ecuatoriana, nº 0694, pp. 2-7, 2010.
- [44] Instituto Ecuatoriano de Normalización, "Áridos. Determinación de la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) y el Porcentaje de Vacíos," Norma Técnica Ecuatoriana, nº 0858, pp. 2-7, 2010.
- [45] E. Paguay, "La adición de botellas plásticas PET en la elaboración de bloques alivianados para viviendas unifamiliares y su efecto en la variación de temperatura y acondicionamiento acústico en el cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.," Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [46] American Society for Testing and Materials, "Estándar test methods for permeability of granular soils (constant head)," ASTM D 2434-68, 2007.
- [47] C. Guapizaca, "Implementación de un método de detección del gas radón-222 en agua proveniente de las vertientes naturales del Volcán Carihuairazo," Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2018.
- [48] W. Nazaroff y A. Nero. "Radon and Its Decay Products in Indoor Air". Wiley-Interscience, pp.518,1988.
- [49] A. Mahur, R. Kumar, M. Mishra, D. Sengupta y R. Prasad, "An investigation of radon exhalation rate and estimation of radiation doses in coal and fly ash samples". *ScienceDirect*, pp.401-406, 2008.
- [50] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2006, Vols. I-II, pág. 497

## ANEXOS

### Anexo 1.- Reconocimiento y extracción de muestras de agregados



**Imagen 1.-** Kumochi - PCA



**Imagen 2.-** Kumochi - Stock



**Imagen 5.-** Puerta de sol – PCA



**Imagen 6.-** Puerta de sol – Stock



**Imagen 5.-** Mina Mora -PCA



**Imagen 6.-** Mina Mora - Stock

**Anexo 2.-** Ensayo - Contenido de humedad



**Imagen 1.-** Identificar los recipientes



**Imagen 2.-** Pesar los recipientes vacíos



**Imagen 3.-** Colocar la muestra de suelo húmedo en los recipientes



**Imagen 4.-** Pesar el recipiente más suelo húmedo



**Imagen 5.-** Colocar las muestras en el horno durante 24 horas



**Imagen 6.-** Pesar el recipiente más suelo seco

### Anexo 3.- Ensayo - Gravedad específica y Capacidad de absorción

#### Agregado Fino



**Imagen 1.-** Sumergir la muestra 24 h antes del ensayo



**Imagen 2.-** Preparar los instrumentos a utilizar



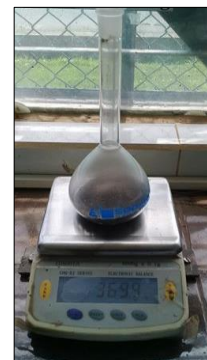
**Imagen 3.-** Colocar sobre una bandeja inclinada para que el agua empiece a escurrir



**Imagen 4.-** Comprobar que el material alcanzó la condición de Saturado Superficie Seca (SSS), mediante el ensayo del cono y el pisón



**Imagen 5.-** Pesar el picnómetro vacío



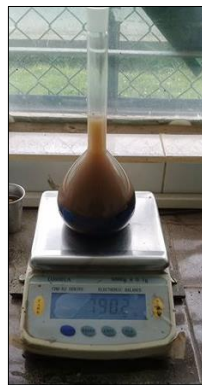
**Imagen 6.-** Introducir la arena en el picnómetro y pesar el conjunto



**Imagen 7.-** Introducir agua en el picnómetro



**Imagen 8.-** Girar el picnómetro hasta extraer el aire



**Imagen 9.-** Llenar el picnómetro hasta la marca de aforo y pesar el conjunto picnómetro más agua más arena



**Imagen 10.-** Pesar el picnómetro más 500cc de agua



**Imagen 11.-** Tomar dos muestras de agregado fino en estado SSS y colocar en el horno durante 24 horas



**Imagen 12.-** Pesar las muestras secas de suelo

Agregado Grueso



**Imagen 1.-** Sumergir la muestra 24 h antes del ensayo



**Imagen 2.-** Retirar el exceso de agua con ayuda de una franela



**Imagen 3.-** Pesar la canastilla vacía al aire



**Imagen 4.-** Pesar la canastilla sumergida en el agua



**Imagen 5.-** Colocar el suelo saturado superficie seca en la canastilla



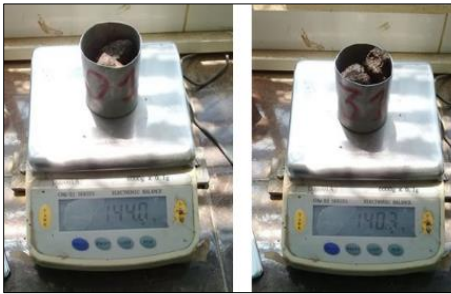
**Imagen 6.-** Pesar la canastilla más suelo (en el aire)



**Imagen 7.-** Pesar la canastilla más suelo sumergido (en el agua)



**Imagen 8.-** Pesar dos recipientes metálicos



**Imagen 9.-** Determinar la capacidad de absorción tomando dos muestras de grava en condición SSS y pesar



**Imagen 10.-** Colocar en el horno durante 24 horas y pesar las muestras secas

#### **Anexo 4.-** Ensayo - Análisis granulométrico

Árido fino - Arena



**Imagen 1.-** Seleccionar la muestra de suelo y pesar



**Imagen 2.-** Ordenar los tamices de mayor a menor



**Imagen 3.-** Colocar el suelo sobre los tamices



**Imagen 4.-** Llevar a la tamizadora de 10 a 15 minutos



**Imagen 5.-** Tomar pesos retenidos acumulados hasta el tamiz #200



**Imagen 6.-** Pesar el material retenido en la fuente



## Árido grueso - Grava



**Imagen 1.-** Seleccionar la muestra de suelo y pesar



**Imagen 2.-** Ordenar los tamices de mayor a menor



**Imagen 3.-** Colocar el suelo sobre los tamices



**Imagen 4.-** Tamizar manualmente



**Imagen 5.-** Tomar pesos retenidos acumulados hasta el tamiz #4



**Imagen 6.-** Pesar el material retenido en la fuente

**Anexo 5.-** Ensayo - Densidad aparente suelta de los agregados



**Imagen 1.-** Colocar el material en una bandeja



**Imagen 2.-** Pesar el recipiente vacío



**Imagen 3.-** Añadir el material en el recipiente



**Imagen 4.-** Enrazar el exceso de material



**Imagen 5.-** Pesar el molde más suelo



**Imagen 6.-** Repetir el procedimiento para el agregado fino

**Anexo 6.-** Ensayo - Densidad aparente compactada



**Imagen 1.-** Colocar el material en una bandeja y pesar el recipiente metálico vacío



**Imagen 2.-** Añadir el material en 3 capas y compactar cada una de ellas con 25 golpes



**Imagen 3.-** Enrazar el exceso de material



**Imagen 4.-** Pesar el conjunto recipiente más agregado compactado

**Anexo 7.-** Ensayo - Densidad aparente compactada de la mezcla



**Imagen 1.-** Situar el agregado grueso en una bandeja



**Imagen 2.-** Pesar ciertas cantidades de árido fino



**Imagen 3.-** Agregar el material en el recipiente junto con el árido grueso



**Imagen 4.-** Agregar el material en el recipiente en 3 capas y compactar cada una de ellas con 25 golpes



**Imagen 5.-** Enrazar la muestra



**Imagen 6.-** Llevar a la balanza mecánica y pesar el conjunto

**Anexo 8.- Ensayo - Permeabilidad**



**Imagen 1.-** Preparación de muestra e instrumentos de ensayo



**Imagen 2.-** Medir el diámetro interior del permeámetro



**Imagen 3.-** Colocar una piedra porosa en la base del permeámetro



**Imagen 4.-** Añadir el suelo en 3 capas



**Imagen 5.-** Compactar debidamente cada una de las capas y colocar otra piedra porosa



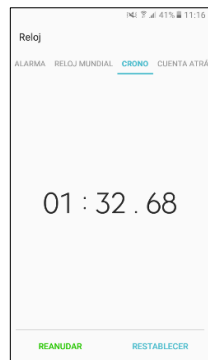
**Imagen 6.-** Medir la longitud de la muestra



**Imagen 7.-** Tapar el permeámetro y saturar la muestra



**Imagen 8.-** Medir la altura de carga hidráulica



**Imagen 3.-** Cronometrar el tiempo que tarda en salir el agua



**Imagen 4.-** Llenar la probeta de 25 ml

**Anexo 9.-Ensayo - Resistencia a la abrasión**



**Imagen 1.-** Seleccionar el método y cantidad de muestra requerida



**Imagen 2.-** Lavar el material y secar en el horno 24 horas antes del ensayo



**Imagen 3.-** Colocar el material y la carga abrasiva en la máquina de los ángeles



**Imagen 4.-** Cerrar la máquina y girar con un total de 500 vueltas



**Imagen 5.-** Vaciar el cilindro y retirar las esferas



**Imagen 6.-** Tamizar la muestra y pesar el material

**Anexo 10.-** Elaboración de probetas de hormigón



**Imagen 1.-** Pesar las cantidades requeridas de cada material



**Imagen 2.-** Añadir los materiales en la concretora y mezclar



**Imagen 3.-** Verter el hormigón en una bandeja previamente humedecida



**Imagen 4.-** Colocar la mezcla en los moldes



**Imagen 5.-** Curar las probetas de hormigón durante 28 días a 125 ° C



**Imagen 6.-** Sacar los cilindros de la cámara de curado



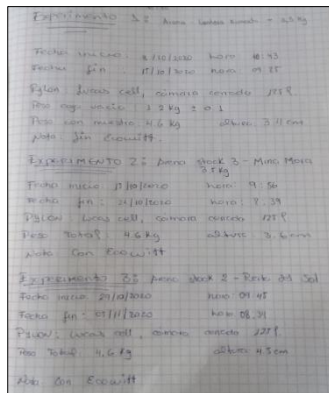
## Anexo 11.- Ensayo de radón



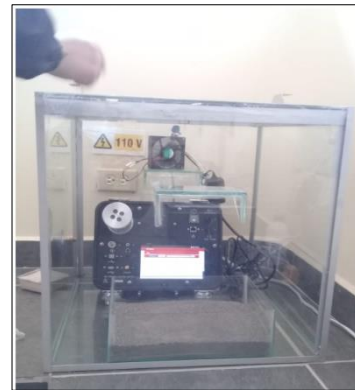
**Imagen 1.-** Identificar las muestras



**Imagen 2.-** Configurar el instrumento para la medición



**Imagen 3.-** Registrar los datos de cada experimento





**Imagen 4.-** Colocar el material en la cámara cerrada

## Anexo 12.- Contenido de humedad

- ✓ Cantera Kumochi

**Tabla 59:** Contenido de humedad – Kumochi – Ripio PCA 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |        |        |
| MUESTRA:   | RIPIO - PCA 1  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 6/1/2020   |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO GRUESO - RIPIO  |        |        |
| Recipiente Número  | 71   | 73     | 7      |
| Peso muestra hum + rec   | 135,20   | 135,80 | 149,90 |
| Peso muestra seca + rec  | 131,00   | 131,20 | 145,30 |
| Peso del recipiente  | 30,50  | 31,10  | 32,90  |
| Peso del agua (Ww)   | 4,20   | 4,60   | 4,60   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 100,50   | 100,10 | 112,40 |
| w(%)   | 4,18   | 4,60   | 4,09   |
| Promedio (%)   | 4,29   |        |        |



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 60:** Contenido de humedad – Kumochi – Ripio Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |        |        |
| MUESTRA:   | RIPIO - STOCK 1  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 6/1/2020   |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO GRUESO - RIPIO  |        |        |
| Recipiente Número  | 72   | 51     | 57     |
| Peso muestra hum + rec   | 143,40   | 136,20 | 188,70 |
| Peso muestra seca + rec  | 142,60   | 135,70 | 176,80 |
| Peso del recipiente  | 25,70  | 22,70  | 31,10  |
| Peso del agua (Ww)   | 0,80   | 0,50   | 11,90  |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 116,90   | 113,00 | 145,70 |
| w(%)   | 0,68   | 0,44   | 8,17   |
| Promedio (%)   | 3,10   |        |        |



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 61:** Contenido de humedad – Kumochi – Arena PCA 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |        |        |
| MUESTRA:   | ARENA - PCA 1  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 6/1/2020   |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO FINO - ARENA  |        |        |
| Recipiente Número  | 80   | 65     | 5      |
| Peso muestra hum + rec   | 136,40   | 128,60 | 133,20 |
| Peso muestra seca + rec  | 131,80   | 124,10 | 128,30 |
| Peso del recipiente  | 30,90  | 31,10  | 32,50  |
| Peso del agua (Ww)   | 4,60   | 4,50   | 4,90   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 100,90   | 93,00  | 95,80  |
| w(%)   | 4,56   | 4,84   | 5,11   |
| Promedio (%)   | 4,84   |        |        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 62:** Contenido de humedad – Kumochi – Arena Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |        |        |
| MUESTRA:   | ARENA - STOCK 1  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 6/1/2020   |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO FINO - ARENA  |        |        |
| Recipiente Número  | 63   | 76     | 55     |
| Peso muestra hum + rec   | 121,10   | 128,20 | 138,30 |
| Peso muestra seca + rec  | 117,30   | 123,90 | 133,50 |
| Peso del recipiente  | 30,80  | 31,30  | 31,10  |
| Peso del agua (Ww)   | 3,80   | 4,30   | 4,80   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 86,50  | 92,60  | 102,40 |
| w(%)   | 4,39   | 4,64   | 4,69   |
| Promedio (%)   | 4,57   |        |        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



✓ Cantera Puerta de Sol

**Tabla 63:** Contenido de humedad – Puerta de Sol – Ripio PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DEL SOL   |        |        |
| MUESTRA:   | RIPIO - PCA 2  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 18/2/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO GRUESO - RIPIO  |        |        |
| Recipiente Número  | 46   | 19     | 23     |
| Peso muestra hum + rec   | 135,60   | 141,70 | 129,00 |
| Peso muestra seca + rec  | 129,90   | 136,50 | 125,20 |
| Peso del recipiente  | 24,80  | 26,50  | 31,10  |
| Peso del agua (Ww)   | 5,70   | 5,20   | 3,80   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 105,10   | 110,00 | 94,10  |
| w(%)   | 5,42   | 4,73   | 4,04   |
| Promedio (%)   | 4,73   |        |        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 64:** Contenido de humedad – Puerta de Sol – Ripio Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DEL SOL   |        |        |
| MUESTRA:   | RIPIO - STOCK 2  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 18/2/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO GRUESO - RIPIO  |        |        |
| Recipiente Número  | 102  | 71     | 97     |
| Peso muestra hum + rec   | 162,20   | 117,90 | 178,30 |
| Peso muestra seca + rec  | 159,50   | 114,70 | 174,30 |
| Peso del recipiente  | 32,10  | 30,40  | 33,10  |
| Peso del agua (Ww)   | 2,70   | 3,20   | 4,00   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 127,40   | 84,30  | 141,20 |
| w(%)   | 2,12   | 3,80   | 2,83   |
| Promedio (%)   | 2,92   |        |        |



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 65:** Contenido de humedad – Puerta de Sol – Arena PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DEL SOL   |        |        |
| MUESTRA:   | ARENA - PCA 2  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 18/2/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO FINO - ARENA  |        |        |
| Recipiente Número  | 1  | 81     | 45     |
| Peso muestra hum + rec   | 151,00   | 148,20 | 111,30 |
| Peso muestra seca + rec  | 140,80   | 138,20 | 104,00 |
| Peso del recipiente  | 32,20  | 30,10  | 23,40  |
| Peso del agua (Ww)   | 10,20  | 10,00  | 7,30   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 108,60   | 108,10 | 80,60  |
| w(%)   | 9,39   | 9,25   | 9,06   |
| Promedio (%)   | 9,23   |        |        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 66:** Contenido de humedad – Puerta de Sol – Arena Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DEL SOL   |        |        |
| MUESTRA:   | ARENA - STOCK 2  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 18/2/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO FINO - ARENA  |        |        |
| Recipiente Número  | 24   | 46A    | 76     |
| Peso muestra hum + rec   | 127,30   | 160,90 | 101,70 |
| Peso muestra seca + rec  | 120,50   | 152,10 | 97,00  |
| Peso del recipiente  | 24,20  | 30,80  | 30,70  |
| Peso del agua (Ww)   | 6,80   | 8,80   | 4,70   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 96,30  | 121,30 | 66,30  |
| w(%)   | 7,06   | 7,25   | 7,09   |
| Promedio (%)   | 7,13   |        |        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



✓ Mina Mora

**Tabla 67:** Contenido de humedad – Mina Mora –Ripio PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |        |        |
| MUESTRA:   | RIPIO - PCA 3  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 12/3/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO GRUESO - RIPIO  |        |        |
| Recipiente Número  | 94   | 48     | 5      |
| Peso muestra hum + rec   | 191,60   | 168,50 | 198,50 |
| Peso muestra seca + rec  | 189,90   | 166,30 | 196,50 |
| Peso del recipiente  | 33,60  | 37,80  | 32,50  |
| Peso del agua (Ww)   | 1,70   | 2,20   | 2,00   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 156,30   | 128,50 | 164,00 |
| w(%)   | 1,09   | 1,71   | 1,22   |
| Promedio (%)   | 1,34   |        |        |



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 68:** Contenido de humedad – Mina Mora – Ripio Stock 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |        |        |
| MUESTRA:   | RIPIO - STOCK 3  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 12/3/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO GRUESO - RIPIO  |        |        |
| Recipiente Número  | 40   | 18     | 22     |
| Peso muestra hum + rec   | 166,20   | 157,50 | 196,00 |
| Peso muestra seca + rec  | 165,20   | 156,70 | 195,10 |
| Peso del recipiente  | 24,10  | 25,70  | 30,50  |
| Peso del agua (Ww)   | 1,00   | 0,80   | 0,90   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 141,10   | 131,00 | 164,60 |
| w(%)   | 0,71   | 0,61   | 0,55   |
| Promedio (%)   | 0,62   |        |        |



**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 69:** Contenido de humedad – Mina Mora – Arena PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |        |        |
| MUESTRA:   | ARENA - PCA 3  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 12/3/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO FINO - ARENA  |        |        |
| Recipiente Número  | 2  | 15     | 102    |
| Peso muestra hum + rec   | 130,00   | 104,20 | 131,40 |
| Peso muestra seca + rec  | 124,10   | 99,30  | 125,50 |
| Peso del recipiente  | 30,80  | 25,50  | 32,20  |
| Peso del agua (Ww)   | 5,90   | 4,90   | 5,90   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 93,30  | 73,80  | 93,30  |
| w(%)   | 6,32   | 6,64   | 6,32   |
| Promedio (%)   | 6,43   |        |        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 70:** Contenido de humedad – Mina Mora – Arena Stock 3




|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| ENSAYO : "CONTENIDO DE HUMEDAD "   |  |        |        |
| NORMA:   | ASTM 52216-71 / NTE INEN 862   |        |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |        |        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |        |        |
| MUESTRA:   | ARENA - STOCK 3  |        |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |        |        |
| FECHA:   | 12/3/2020  |        |        |
| TIPO DE SUELO  | AGREGADO FINO - ARENA  |        |        |
| Recipiente Número  | 43   | 100    | 1      |
| Peso muestra hum + rec   | 144,10   | 167,60 | 159,80 |
| Peso muestra seca + rec  | 140,50   | 162,80 | 155,80 |
| Peso del recipiente  | 32,30  | 30,30  | 32,20  |
| Peso del agua (Ww)   | 3,60   | 4,80   | 4,00   |
| Peso de la muestra seca (Ws)   | 108,20   | 132,50 | 123,60 |
| w(%)   | 3,33   | 3,62   | 3,24   |
| Promedio (%)   | 3,40   |        |        |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

## Anexo 13. – Permeabilidad

✓ Kumochi

**Tabla 71:** Permeabilidad – Kumochi – Ripio PCA 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                    |  |
|--|--|--------------------|--|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |  |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |  |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |                    |  |
| MUESTRA  | RIPIO - PCA 1  |                    |  |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |  |
| FECHA:   | 20/1/2020  |                    |  |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |  |
| V=   | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25   |
| L=   | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7,5  |
| D=   | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4  |
| A=   | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17  |
| t=   | Tiempo de prueba   | (seg)              | 52   |
| h=   | Carga hidráulica   | (cm)               | 70   |
| k=   | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,00160  |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br><b>1,60 E-3</b> |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 72:** Permeabilidad – Kumochi –Ripio Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                    |  |
|--|--|--------------------|--|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |  |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |  |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |                    |  |
| MUESTRA  | RIPIO- STOCK 1   |                    |  |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |  |
| FECHA:   | 20/1/2020  |                    |  |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |  |
| V=   | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25   |
| L=   | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7,4  |
| D=   | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4  |
| A=   | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17  |
| t=   | Tiempo de prueba   | (seg)              | 45   |
| h=   | Carga hidráulica   | (cm)               | 72   |
| k=   | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,00177  |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br><b>1,77 E-3</b> |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 73: Permeabilidad – Kumochi – Arena PCA 1**

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |               |
|--|--|----------|---------------|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |          |               |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |          |               |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |               |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |          |               |
| MUESTRA :  | ARENA - PCA 1  |          |               |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |               |
| FECHA:   | 14/1/2020  |          |               |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |          |               |
| <b>V=</b>  | Volumen medio  | (cm³)    | 25            |
| <b>L=</b>  | Longitud de la muestra   | (cm)     | 7,6           |
| <b>D=</b>  | Diámetro de la muestra   | (cm)     | 6,4           |
| <b>A=</b>  | Área transversal de la muestra   | (cm²)    | 32,17         |
| <b>t=</b>  | Tiempo de prueba   | (seg)    | 81            |
| <b>h=</b>  | Carga hidráulica   | (cm)     | 72            |
| <b>k=</b>  | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg) | 0,00101       |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |          | ↓<br>1,01 E-3 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla


**Tabla 74: Permeabilidad – Kumochi – Arena Stock 1**

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |          |               |
|--|--|----------|---------------|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |          |               |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |          |               |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |          |               |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |          |               |
| MUESTRA  | ARENA - STOCK 1  |          |               |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |          |               |
| FECHA:   | 14/1/2020  |          |               |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |          |               |
| <b>V=</b>  | Volumen medio  | (cm³)    | 25            |
| <b>L=</b>  | Longitud de la muestra   | (cm)     | 7,8           |
| <b>D=</b>  | Diámetro de la muestra   | (cm)     | 6,4           |
| <b>A=</b>  | Área transversal de la muestra   | (cm²)    | 32,17         |
| <b>t=</b>  | Tiempo de prueba   | (seg)    | 78            |
| <b>h=</b>  | Carga hidráulica   | (cm)     | 73            |
| <b>k=</b>  | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg) | 0,00106       |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |          | ↓<br>1,06 E-3 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

✓ Puerta de Sol

**Tabla 75:** Permeabilidad – Puerta de Sol – Ripio PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                    |  |
|--|--|--------------------|--|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |  |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |  |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                    |  |
| MUESTRA  | RIPIO - PCA 2  |                    |  |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |  |
| FECHA:   | 21/2/2020  |                    |  |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |  |
| <b>V=</b>  | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25   |
| <b>L=</b>  | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7,3  |
| <b>D=</b>  | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4  |
| <b>A=</b>  | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17  |
| <b>t=</b>  | Tiempo de prueba   | (seg)              | 12,2   |
| <b>h=</b>  | Carga hidráulica   | (cm)               | 40,5   |
| <b>k=</b>  | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,01148  |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br><b>1,15 E-2</b> |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 76:** Permeabilidad – Puerta de Sol – Ripio Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                    |  |
|--|--|--------------------|--|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |  |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |  |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                    |  |
| MUESTRA  | RIPIO - STOCK 2  |                    |  |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |  |
| FECHA:   | 21/2/2020  |                    |  |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |  |
| <b>V=</b>  | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25   |
| <b>L=</b>  | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7,6  |
| <b>D=</b>  | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4  |
| <b>A=</b>  | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17  |
| <b>t=</b>  | Tiempo de prueba   | (seg)              | 13,3   |
| <b>h=</b>  | Carga hidráulica   | (cm)               | 41,5   |
| <b>k=</b>  | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,01070  |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br><b>1,07 E-2</b> |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 77:** Permeabilidad – Puerta de Sol – Arena PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |  |                    |   |
|--|--|--------------------|---|
|  ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |   |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |   |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |   |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                    |   |
| MUESTRA  | ARENA - PCA 2  |                    |   |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |   |
| FECHA:   | 21/2/2020  |                    |   |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |   |
| <b>V=</b>  | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25  |
| <b>L=</b>  | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7,2   |
| <b>D=</b>  | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4   |
| <b>A=</b>  | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17   |
| <b>t=</b>  | Tiempo de prueba   | (seg)              | 63  |
| <b>h=</b>  | Carga hidráulica   | (cm)               | 43,5  |
| <b>k=</b>  | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,00204   |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br>2,04 E-3 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 78:** Permeabilidad – Puerta de Sol – Arena Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |  |                    |   |
|--|--|--------------------|---|
|  ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |   |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |   |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |   |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                    |   |
| MUESTRA  | ARENA - STOCK 2  |                    |   |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |   |
| FECHA:   | 21/2/2020  |                    |   |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |   |
| <b>V=</b>  | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25  |
| <b>L=</b>  | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7   |
| <b>D=</b>  | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4   |
| <b>A=</b>  | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17   |
| <b>t=</b>  | Tiempo de prueba   | (seg)              | 65  |
| <b>h=</b>  | Carga hidráulica   | (cm)               | 45  |
| <b>k=</b>  | Coficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,00186   |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br>1,86 E-3 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla




✓ Mina Mora

**Tabla 79:** Permeabilidad – Mina Mora – Ripio PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |                    |  |
|--|--|--------------------|--|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |  |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 / ASSHTO:T-125-66   |                    |  |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |  |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |                    |  |
| MUESTRA  | RIPIO - PCA 3  |                    |  |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |  |
| FECHA:   | 10/3/2020  |                    |  |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |  |
| V=   | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25   |
| L=   | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7,4  |
| D=   | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4  |
| A=   | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17  |
| t=   | Tiempo de prueba   | (seg)              | 72,3   |
| h=   | Carga hidráulica   | (cm)               | 68   |
| k=   | Coefficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,00117  |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br>1,17 E-3 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 80:** Permeabilidad – Mina Mora – Ripio Stock 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |                    |   |
|--|--|--------------------|---|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "   |  |                    |   |
| NORMA:   | ASTM-D-2434-68 / ASSHTO:T-125-66   |                    |   |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |   |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |                    |   |
| MUESTRA  | RIPIO - STOCK 3  |                    |   |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |   |
| FECHA:   | 10/3/2020  |                    |   |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>   |  |                    |   |
| V=   | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25  |
| L=   | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7,1   |
| D=   | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4   |
| A=   | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17   |
| t=   | Tiempo de prueba   | (seg)              | 69  |
| h=   | Carga hidráulica   | (cm)               | 71  |
| k=   | Coefficiente de permeabilidad  | (cm/seg)           | 0,00113   |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$  |  |                    | <br>1,13 E-3 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 81: Permeabilidad – Mina Mora – Arena PCA 3**

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |                    |   |
|---|--|--------------------|---|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "  |  |                    |   |
| NORMA:  | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |   |
| PROYECTO:   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |   |
| ORIGEN:   | MINA MORA  |                    |   |
| MUESTRA   | ARENA - PCA 3  |                    |   |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |   |
| FECHA:  | 10/3/2020  |                    |   |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>  |  |                    |   |
| <b>V=</b>   | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25  |
| <b>L=</b>   | Longitud de la muestra   | (cm)               | 7   |
| <b>D=</b>   | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4   |
| <b>A=</b>   | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17   |
| <b>t=</b>   | Tiempo de prueba   | (seg)              | 148   |
| <b>h=</b>   | Carga hidráulica   | (cm)               | 65  |
| <b>k=</b>   | Coeficiente de permeabilidad   | (cm/seg)           | 0,00057   |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$   |  |                    | <br>5,7 E-4 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 82: Permeabilidad – Mina Mora –Arena Stock 3**



|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  |  |                    |  |
|---|--|--------------------|--|
| ENSAYO : "PERMEABILIDAD CON PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE "  |  |                    |  |
| NORMA:  | ASTM-D-2434-68 /ASSHTO:T-125-66  |                    |  |
| PROYECTO:   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |  |
| ORIGEN:   | MINA MORA  |                    |  |
| MUESTRA   | ARENA - STOCK 3  |                    |  |
| ENSAYADO POR:   | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |  |
| FECHA:  | 10/3/2020  |                    |  |
| <b>MEDICIÓN DIRECTA PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS</b>  |  |                    |  |
| <b>V=</b>   | Volumen medio  | (cm <sup>3</sup> ) | 25   |
| <b>L=</b>   | Longitud de la muestra   | (cm)               | 6,8  |
| <b>D=</b>   | Diámetro de la muestra   | (cm)               | 6,4  |
| <b>A=</b>   | Área transversal de la muestra   | (cm <sup>2</sup> ) | 32,17  |
| <b>t=</b>   | Tiempo de prueba   | (seg)              | 168  |
| <b>h=</b>   | Carga hidráulica   | (cm)               | 70   |
| <b>k=</b>   | Coeficiente de permeabilidad   | (cm/seg)           | 0,00045  |
| $k = \frac{V * L}{A * h * t}$   |  |                    | <br>4,5 E-4 |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

## Anexo 14.- Densidad real de los agregados y Capacidad de absorción



✓ Cantera Kumochi

**Tabla 83:** Densidad real y Capacidad de absorción – Kumochi – Ripio PCA 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |       |       |
|--|--|---|-------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |       |       |
| NORMA:   | NTE INEN 857   |   |       |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |       |       |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |   |       |       |
| MUESTRA  | RIPIO - PCA 1  |   |       |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |       |       |
| FECHA:   | 28/1/2020  |   |       |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO</b>   |  |   |       |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR |       |
| M1   | Masa de la canastilla al aire  | gr  | 1265  |       |
| M2   | Masa de la canastilla en el agua   | gr  | 1098  |       |
| M3   | Masa de la canastilla+Muestra SSS en el aire   | gr  | 5582  |       |
| M4   | Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua   | gr  | 3495  |       |
| DA   | Densidad real del agua   | gr/cm <sup>3</sup>  | 1     |       |
| M5=M3-M1   | Masa de la muestra SSS en el aire  | gr  | 4317  |       |
| M6=M4-M2   | Masa de la muestra SSS en el agua  | gr  | 2397  |       |
| VR=(M5-M6)/DA  | Volumen real de la muestra   | cm <sup>3</sup>   | 1920  |       |
| DR=M5/VR   | Densidad real  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,25  |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>  |  |   |       |       |
|  | # recipiente   |   | 1     | 31    |
| M7   | Masa del recipiente  | gr  | 23,8  | 24,5  |
| M8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 144   | 140,3 |
| M9=M8-M7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 120,2 | 115,8 |
| M10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 142   | 136,2 |
| M11=M10-M7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 118,2 | 111,7 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 1,69  | 3,67  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 2,68  |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 84:** Densidad real y capacidad de absorción – Kumochi – Ripio Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |       |       |
|--|--|---|-------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |       |       |
| NORMA:   | NTE INEN 857   |   |       |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |       |       |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |   |       |       |
| MUESTRA  | RIPIO - STOCK 1  |   |       |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |       |       |
| FECHA:   | 28/1/2020  |   |       |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO</b>   |  |   |       |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR |       |
| M1   | Masa de la canastilla al aire  | gr  | 1268  |       |
| M2   | Masa de la canastilla en el agua   | gr  | 1104  |       |
| M3   | Masa de la canastilla+Muestra SSS en el aire   | gr  | 4631  |       |
| M4   | Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua   | gr  | 3037  |       |
| DA   | Densidad real del agua   | gr/cm <sup>3</sup>  | 1     |       |
| M5=M3-M1   | Masa de la muestra SSS en el aire  | gr  | 3363  |       |
| M6=M4-M2   | Masa de la muestra SSS en el agua  | gr  | 1933  |       |
| VR=(M5-M6)/DA  | Volumen real de la muestra   | cm <sup>3</sup>   | 1430  |       |
| DR=M5/VR   | Densidad real  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,35  |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>  |  |   |       |       |
|  | # recipiente   |   | 50    | 32    |
| M7   | Masa del recipiente  | gr  | 31,2  | 26,4  |
| M8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 141,8 | 125,6 |
| M9=M8-M7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 110,6 | 99,2  |
| M10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 139,1 | 121   |
| M11=M10-M7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 107,9 | 94,6  |
| CA=((M9-M11)/M11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 2,50  | 4,86  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 3,68  |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 85:** Densidad real y capacidad de absorción – Kumochi – Arena PCA 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |       |       |
|--|--|---|-------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |       |       |
| NORMA:   | NTE INEN 856   |   |       |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |       |       |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |   |       |       |
| MUESTRA  | ARENA - PCA 1  |   |       |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |       |       |
| FECHA:   | 23/1/2020  |   |       |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO</b>   |  |   |       |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR |       |
| m1   | Masa del picnómetro  | gr  | 169,8 |       |
| m2   | Masa del picnómetro + Muestra SSS  | gr  | 369,9 |       |
| m3   | Masa del picnómetro+Muestra SSS +Agua  | gr  | 790,2 |       |
| m4=m3-m2   | Masa agua añadida  | gr  | 420,3 |       |
| m5   | Masa picnómetro +500 cm <sup>3</sup> de agua   | gr  | 668,1 |       |
| m6=m5-m1   | Masa de 500 cm <sup>3</sup> de agua  | gr  | 498,3 |       |
| DA=m6/500cm <sup>3</sup>   | Densidad del agua  | gr/cm <sup>3</sup>  | 0,997 |       |
| m7=m6-m4   | Masa del agua desalojada por la muestra  | gr  | 78    |       |
| Msss=m2-m1   | Masa del agregado  | gr  | 200,1 |       |
| Vsss=m7/da   | Volumen del agua desalojada  | cm <sup>3</sup>   | 78,27 |       |
| DRA=Msss/Vsss  | Densidad real de la arena  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,56  |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>  |  |   |       |       |
|  | # recipiente   |   | 1     | 50    |
| m7   | Masa del recipiente  | gr  | 23,8  | 31,2  |
| m8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 135,4 | 133,4 |
| m9=m8-m7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 111,6 | 102,2 |
| m10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 134,4 | 132,5 |
| m11=m10-m7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 110,6 | 101,3 |
| CA=((m9-m11)/m11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 0,90  | 0,89  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 0,90  |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla





**Tabla 86:** Densidad real y capacidad de absorción – Kumochi – Arena Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |       |
|--|--|---|--------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |        |       |
| NORMA:   | NTE INEN 856   |   |        |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |       |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |   |        |       |
| MUESTRA  | ARENA - STOCK 1  |   |        |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |       |
| FECHA:   | 23/1/2020  |   |        |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO</b>   |  |   |        |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR  |       |
| m1   | Masa del picnómetro  | gr  | 169,8  |       |
| m2   | Masa del picnómetro + Muestra SSS  | gr  | 670,3  |       |
| m3   | Masa del picnómetro+Muestra SSS +Agua  | gr  | 983,1  |       |
| m4=m3-m2   | Masa agua añadida  | gr  | 312,8  |       |
| m5   | Masa picnómetro +500 cm <sup>3</sup> de agua   | gr  | 667,8  |       |
| m6=m5-m1   | Masa de 500 cm <sup>3</sup> de agua  | gr  | 498    |       |
| DA=m6/500cm <sup>3</sup>   | Densidad del agua  | gr/cm <sup>3</sup>  | 0,996  |       |
| m7=m6-m4   | Masa del agua desalojada por la muestra  | gr  | 185,2  |       |
| Msss=m2-m1   | Masa del agregado  | gr  | 500,5  |       |
| Vsss=m7/da   | Volumen del agua desalojada  | cm <sup>3</sup>   | 185,94 |       |
| DRA=Msss/Vsss  | Densidad real de la arena  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,69   |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>  |  |   |        |       |
|  | #recipiente  |   | 1      | 50    |
| m7   | Masa del recipiente  | gr  | 23,8   | 31,2  |
| m8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 132,9  | 149,5 |
| m9=m8-m7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 109,1  | 118,3 |
| m10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 131,7  | 148,6 |
| m11=m10-m7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 107,9  | 117,4 |
| CA=((m9-m11)/m11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 1,11   | 0,77  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 0,94   |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



✓ Cantera Puerta de Sol

**Tabla 87:** Densidad real y capacidad de absorción – Puerta del Sol – Ripio PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  |  |                    |       |       |
|--|--|--------------------|-------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |                    |       |       |
| NORMA:   | NTE INEN 857   |                    |       |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                    |       |       |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |                    |       |       |
| MUESTRA  | RIPIO - PCA 2  |                    |       |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |                    |       |       |
| FECHA:   | 21/2/2020  |                    |       |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO</b>   |  |                    |       |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES           | VALOR |       |
| M1   | Masa de la canastilla al aire  | gr                 | 1265  |       |
| M2   | Masa de la canastilla en el agua   | gr                 | 1095  |       |
| M3   | Masa de la canastilla+Muestra SSS en el aire   | gr                 | 5390  |       |
| M4   | Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua   | gr                 | 3440  |       |
| DA   | Densidad real del agua   | gr/cm <sup>3</sup> | 1     |       |
| M5=M3-M1   | Masa de la muestra SSS en el aire  | gr                 | 4125  |       |
| M6=M4-M2   | Masa de la muestra SSS en el agua  | gr                 | 2345  |       |
| VR=(M5-M6)/DA  | Volumen real de la muestra   | cm <sup>3</sup>    | 1780  |       |
| DR=M5/VR   | Densidad real  | gr/cm <sup>3</sup> | 2,32  |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>  |  |                    |       |       |
|  | # recipiente   |                    | 102   | 2     |
| M7   | Masa del recipiente  | gr                 | 32,2  | 30,7  |
| M8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr                 | 179,1 | 183,7 |
| M9=M8-M7   | Masa de la muestra SSS   | gr                 | 146,9 | 153   |
| M10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr                 | 173,2 | 178,8 |
| M11=M10-M7   | Masa de la muestra seca  | gr                 | 141   | 148,1 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100  | Capacidad de absorción   | %                  | 4,18  | 3,31  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %                  | 3,75  |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 88:** Densidad real y capacidad de absorción – Puerta del Sol – Ripio Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |       |       |
|--|--|---|-------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |       |       |
| NORMA:   | NTE INEN 857   |   |       |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |       |       |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |   |       |       |
| MUESTRA  | RIPIO - STOCK 2  |   |       |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |       |       |
| FECHA:   | 21/2/2020  |   |       |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO</b>   |  |   |       |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR |       |
| M1   | Masa de la canastilla al aire  | gr  | 1274  |       |
| M2   | Masa de la canastilla en el agua   | gr  | 1100  |       |
| M3   | Masa de la canastilla+Muestra SSS en el aire   | gr  | 5328  |       |
| M4   | Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua   | gr  | 3470  |       |
| DA   | Densidad real del agua   | gr/cm <sup>3</sup>  | 1     |       |
| M5=M3-M1   | Masa de la muestra SSS en el aire  | gr  | 4054  |       |
| M6=M4-M2   | Masa de la muestra SSS en el agua  | gr  | 2370  |       |
| VR=(M5-M6)/DA  | Volumen real de la muestra   | cm <sup>3</sup>   | 1684  |       |
| DR=M5/VR   | Densidad real  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,41  |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>  |  |   |       |       |
|  | # recipiente   |   | 1     | 94    |
| M7   | Masa del recipiente  | gr  | 32,4  | 33,6  |
| M8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 175,6 | 180,5 |
| M9=M8-M7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 143,2 | 146,9 |
| M10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 169,4 | 175,4 |
| M11=M10-M7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 137   | 141,8 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 4,53  | 3,60  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 4,06  |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 89:** Densidad real y capacidad de absorción – Puerta del Sol – Arena PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |       |
|--|--|---|--------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |        |       |
| NORMA:   | NTE INEN 856   |   |        |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |       |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |   |        |       |
| MUESTRA  | ARENA - PCA 2  |   |        |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |       |
| FECHA:   | 20/2/2020  |   |        |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO</b>   |  |   |        |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR  |       |
| m1   | Masa del picnómetro  | gr  | 144,3  |       |
| m2   | Masa del picnómetro + Muestra SSS  | gr  | 647,3  |       |
| m3   | Masa del picnómetro+Muestra SSS +Agua  | gr  | 944,1  |       |
| m4=m3-m2   | Masa agua añadida  | gr  | 296,8  |       |
| m5   | Masa picnómetro +500 cm <sup>3</sup> de agua   | gr  | 644,4  |       |
| m6=m5-m1   | Masa de 500 cm <sup>3</sup> de agua  | gr  | 500,1  |       |
| DA=m6/500cm <sup>3</sup>   | Densidad del agua  | gr/cm <sup>3</sup>  | 1,000  |       |
| m7=m6-m4   | Masa del agua desalojada por la muestra  | gr  | 203,3  |       |
| Msss=m2-m1   | Masa del agregado  | gr  | 503    |       |
| Vsss=m7/da   | Volumen del agua desalojada  | cm <sup>3</sup>   | 203,26 |       |
| DRA=Msss/Vsss  | Densidad real de la arena  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,47   |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>  |  |   |        |       |
|  | # recipiente   |   | 48     | 40    |
| m7   | Masa del recipiente  | gr  | 37,8   | 24    |
| m8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 165,4  | 145,7 |
| m9=m8-m7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 127,6  | 121,7 |
| m10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 160,7  | 141,5 |
| m11=m10-m7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 122,9  | 117,5 |
| CA=((m9-m11)/m11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 3,82   | 3,57  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 3,70   |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 90:** Densidad real y Capacidad de absorción – Puerta de Sol – Arena Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |       |
|--|--|---|--------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |        |       |
| NORMA:   | NTE INEN 856   |   |        |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |       |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |   |        |       |
| MUESTRA  | ARENA - STOCK 2  |   |        |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |       |
| FECHA:   | 20/2/2020  |   |        |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO</b>   |  |   |        |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR  |       |
| m1   | Masa del picnómetro  | gr  | 146,1  |       |
| m2   | Masa del picnómetro + Muestra SSS  | gr  | 641,6  |       |
| m3   | Masa del picnómetro+Muestra SSS +Agua  | gr  | 935,9  |       |
| m4=m3-m2   | Masa agua añadida  | gr  | 294,3  |       |
| m5   | Masa picnómetro +500 cm³ de agua   | gr  | 644,3  |       |
| m6=m5-m1   | Masa de 500 cm³ de agua  | gr  | 498,2  |       |
| DA=m6/500cm³   | Densidad del agua  | gr/cm³  | 0,996  |       |
| m7=m6-m4   | Masa del agua desalojada por la muestra  | gr  | 203,9  |       |
| Msss=m2-m1   | Masa del agregado  | gr  | 495,5  |       |
| Vsss=m7/da   | Volumen del agua desalojada  | cm³   | 204,64 |       |
| DRA=Msss/Vsss  | Densidad real de la arena  | gr/cm³  | 2,42   |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>  |  |   |        |       |
|  | # recipiente   |   | 89     | 49    |
| m7   | Masa del recipiente  | gr  | 32,4   | 30,8  |
| m8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 139,4  | 103,7 |
| m9=m8-m7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 107    | 72,9  |
| m10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 134,7  | 100,3 |
| m11=m10-m7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 102,3  | 69,5  |
| CA=((m9-m11)/m11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 4,59   | 4,89  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 4,74   |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



✓ Cantera Mina Mora

**Tabla 91:** Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Ripio PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |       |       |
|--|--|---|-------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |       |       |
| NORMA:   | NTE INEN 857   |   |       |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |       |       |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |   |       |       |
| MUESTRA  | RIPIO - PCA 3  |   |       |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |       |       |
| FECHA:   | 3/3/2020   |   |       |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO</b>   |  |   |       |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR |       |
| M1   | Masa de la canastilla al aire  | gr  | 1271  |       |
| M2   | Masa de la canastilla en el agua   | gr  | 1103  |       |
| M3   | Masa de la canastilla+Muestra SSS en el aire   | gr  | 5373  |       |
| M4   | Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua   | gr  | 3456  |       |
| DA   | Densidad real del agua   | gr/cm <sup>3</sup>  | 1     |       |
| M5=M3-M1   | Masa de la muestra SSS en el aire  | gr  | 4102  |       |
| M6=M4-M2   | Masa de la muestra SSS en el agua  | gr  | 2353  |       |
| VR=(M5-M6)/DA  | Volumen real de la muestra   | cm <sup>3</sup>   | 1749  |       |
| DR=M5/VR   | Densidad real  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,35  |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>  |  |   |       |       |
|  | # recipiente   |   | 16    | 99    |
| M7   | Masa del recipiente  | gr  | 30,6  | 33    |
| M8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 158,4 | 163,9 |
| M9=M8-M7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 127,8 | 130,9 |
| M10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 151,1 | 158,5 |
| M11=M10-M7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 120,5 | 125,5 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 6,06  | 4,30  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 5,18  |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 92:** Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Ripio Stock 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |       |       |
|--|--|---|-------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |       |       |
| NORMA:   | NTE INEN 857   |   |       |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |       |       |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |   |       |       |
| MUESTRA  | RIPIO - STOCK 3  |   |       |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |       |       |
| FECHA:   | 3/3/2020   |   |       |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO</b>   |  |   |       |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR |       |
| M1   | Masa de la canastilla al aire  | gr  | 1271  |       |
| M2   | Masa de la canastilla en el agua   | gr  | 1099  |       |
| M3   | Masa de la canastilla+Muestra SSS en el aire   | gr  | 5317  |       |
| M4   | Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua   | gr  | 3392  |       |
| DA   | Densidad real del agua   | gr/cm <sup>3</sup>  | 1     |       |
| M5=M3-M1   | Masa de la muestra SSS en el aire  | gr  | 4046  |       |
| M6=M4-M2   | Masa de la muestra SSS en el agua  | gr  | 2293  |       |
| VR=(M5-M6)/DA  | Volumen real de la muestra   | cm <sup>3</sup>   | 1753  |       |
| DR=M5/VR   | Densidad real  | gr/cm <sup>3</sup>  | 2,31  |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>  |  |   |       |       |
|  | # recipiente   |   | 91    | 100   |
| M7   | Masa del recipiente  | gr  | 32,4  | 30,2  |
| M8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 190,2 | 173,9 |
| M9=M8-M7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 157,8 | 143,7 |
| M10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 179,8 | 166,8 |
| M11=M10-M7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 147,4 | 136,6 |
| CA=((M9-M11)/M11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 7,06  | 5,20  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 6,13  |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla


**Tabla 93:** Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Arena PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |       |
|--|--|---|--------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |        |       |
| NORMA:   | NTE INEN 856   |   |        |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |       |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |   |        |       |
| MUESTRA  | ARENA -PCA 3   |   |        |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |       |
| FECHA:   | 10/3/2020  |   |        |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO</b>   |  |   |        |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR  |       |
| m1   | Masa del picnómetro  | gr  | 168,2  |       |
| m2   | Masa del picnómetro + Muestra SSS  | gr  | 664,4  |       |
| m3   | Masa del picnómetro+Muestra SSS +Agua  | gr  | 878    |       |
| m4=m3-m2   | Masa agua añadida  | gr  | 213,6  |       |
| m5   | Masa picnómetro +500 cm³ de agua   | gr  | 662,1  |       |
| m6=m5-m1   | Masa de 500 cm³ de agua  | gr  | 493,9  |       |
| DA=m6/500cm³   | Densidad del agua  | gr/cm³  | 0,988  |       |
| m7=m6-m4   | Masa del agua desalojada por la muestra  | gr  | 280,3  |       |
| Msss=m2-m1   | Masa del agregado  | gr  | 496,2  |       |
| Vsss=m7/da   | Volumen del agua desalojada  | cm³   | 283,76 |       |
| DRA=Msss/Vsss  | Densidad real de la arena  | gr/cm³  | 1,75   |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>  |  |   |        |       |
|  | # recipiente   |   | 94     | 102   |
| m7   | Masa del recipiente  | gr  | 33,6   | 32,5  |
| m8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 133,8  | 119,2 |
| m9=m8-m7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 100,2  | 86,7  |
| m10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 129,4  | 118,2 |
| m11=m10-m7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 95,8   | 85,7  |
| CA=((m9-m11)/m11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 4,59   | 1,17  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 2,88   |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 94:** Densidad real y Capacidad de absorción – Mina Mora – Arena Stock 3


|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |       |
|--|--|---|--------|-------|
| ENSAYO : "GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS "  |  |   |        |       |
| NORMA:   | NTE INEN 856   |   |        |       |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |       |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |   |        |       |
| MUESTRA  | ARENA -PCA 3   |   |        |       |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |       |
| FECHA:   | 10/3/2020  |   |        |       |
| <b>CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO</b>   |  |   |        |       |
| DATOS  | DESCRIPCIÓN  | UNIDADES  | VALOR  |       |
| m1   | Masa del picnómetro  | gr  | 163,2  |       |
| m2   | Masa del picnómetro + Muestra SSS  | gr  | 661,1  |       |
| m3   | Masa del picnómetro+Muestra SSS +Agua  | gr  | 880    |       |
| m4=m3-m2   | Masa agua añadida  | gr  | 218,9  |       |
| m5   | Masa picnómetro +500 cm³ de agua   | gr  | 660,1  |       |
| m6=m5-m1   | Masa de 500 cm³ de agua  | gr  | 496,9  |       |
| DA=m6/500cm³   | Densidad del agua  | gr/cm³  | 0,994  |       |
| m7=m6-m4   | Masa del agua desalojada por la muestra  | gr  | 278    |       |
| Msss=m2-m1   | Masa del agregado  | gr  | 497,9  |       |
| Vsss=m7/da   | Volumen del agua desalojada  | cm³   | 279,73 |       |
| DRA=Msss/Vsss  | Densidad real de la arena  | gr/cm³  | 1,78   |       |
| <b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>  |  |   |        |       |
|  | # recipiente   |   | 49     | 10    |
| m7   | Masa del recipiente  | gr  | 30,8   | 31,2  |
| m8   | Masa del recipiente+Muestra SSS  | gr  | 143,2  | 129,5 |
| m9=m8-m7   | Masa de la muestra SSS   | gr  | 112,4  | 98,3  |
| m10  | Masa del recipiente + muestra seca   | gr  | 138,3  | 128,1 |
| m11=m10-m7   | Masa de la muestra seca  | gr  | 107,5  | 96,9  |
| CA=((m9-m11)/m11)*100  | Capacidad de absorción   | %   | 4,56   | 1,44  |
| P2=(CA1 +CA2)/2  | Capacidad de absorción promedio  | %   | 3,00   |       |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Anexo 15.- Resistencia al desgaste**



✓ Kumochi

**Tabla 95:** Resistencia al desgaste – Kumochi – Ripio PCA 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |
|--|--|---|--------|
| ENSAYO : "RESISTENCIA A LA ABRASIÓN "  |  |   |        |
| NORMA:   | INEN 860   |   |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |   |        |
| MUESTRA :  | RIPIO - PCA 1  |   |        |
| MASA DE LA CARGA:  | 5000 gr  |   |        |
| Nº DE ESFERAS:   | 12   |   |        |
| TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:   | 1"   |   |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |
| FECHA:   | 14/1/2020  |   |        |
| DESCRIPCIÓN  | NOMENCLATURA   | VALOR   | UNIDAD |
| Masa inicial   | M1   | 5006  | gr     |
| Masa final (Retiene tamiz #12)   | M2   | 3155,7  | gr     |
| Masa desgastada  | M3=M1-M2   | 1850,3  | gr     |
| % Desgaste   | $D1=(M3/M1)*100$   | 36,96   | %      |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

**Tabla 96:** Resistencia al desgaste – Kumochi – Ripio Stock 1

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |
|--|--|---|--------|
| ENSAYO : "RESISTENCIA A LA ABRASIÓN "  |  |   |        |
| NORMA:   | INEN 860   |   |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |
| ORIGEN:  | CANTERA KUMOCHI  |   |        |
| MUESTRA :  | RIPIO - STOCK  |   |        |
| MASA DE LA CARGA:  | 5000 gr  |   |        |
| Nº DE ESFERAS:   | 12   |   |        |
| TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:   | 1"   |   |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |
| FECHA:   | 14/1/2020  |   |        |
| DESCRIPCIÓN  | NOMENCLATURA   | VALOR   | UNIDAD |
| Masa inicial   | M1   | 5007  | gr     |
| Masa final (Retiene tamiz #12)   | M2   | 3222,3  | gr     |
| Masa desgastada  | M3=M1-M2   | 1784,7  | gr     |
| % Desgaste   | $D1=(M3/M1)*100$   | 35,64   | %      |



**Fuente:** Lissette Veintimilla

✓ Puerta de Sol

**Tabla 97:** Resistencia al desgaste – Puerta de Sol – Ripio PCA 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |
|--|--|---|--------|
| ENSAYO : "RESISTENCIA A LA ABRASIÓN "  |  |   |        |
| NORMA:   | INEN 860   |   |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |   |        |
| MUESTRA :  | RIPIO - PCA 2  |   |        |
| MASA DE LA CARGA:  | 5000 gr  |   |        |
| Nº DE ESFERAS:   | 12   |   |        |
| TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:   | 1"   |   |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |
| FECHA:   | 14/1/2020  |   |        |
| DESCRIPCIÓN  |  | VALOR   | UNIDAD |
| Masa inicial   | M1   | 5007  | gr     |
| Masa final (Retiene tamiz #12)   | M2   | 3521,1  | gr     |
| Masa desgastada  | M3=M1-M2   | 1485,9  | gr     |
| % Desgaste   | $D1=(M3/M1)*100$   | 29,68   | %      |


**Tabla 98:** Resistencia al desgaste – Puerta de Sol – Ripio Stock 2

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |        |
|--|--|---|--------|
| ENSAYO : "RESISTENCIA A LA ABRASIÓN "  |  |   |        |
| NORMA:   | INEN 860   |   |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL  |   |        |
| MUESTRA :  | RIPIO - STOCK 2  |   |        |
| MASA DE LA CARGA:  | 5000 gr  |   |        |
| Nº DE ESFERAS:   | 12   |   |        |
| TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:   | 1"   |   |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |
| FECHA:   | 14/1/2020  |   |        |
| DESCRIPCIÓN  | NOMENCLATURA   | VALOR   | UNIDAD |
| Masa inicial   | M1   | 5001  | gr     |
| Masa final (Retiene tamiz #12)   | M2   | 3286,7  | gr     |
| Masa desgastada  | M3=M1-M2   | 1714,3  | gr     |
| % Desgaste   | $D1=(M3/M1)*100$   | 34,28   | %      |

**Fuente:** Lissette Veintimilla

✓ Mina Mora

**Tabla 99:** Resistencia al desgaste – Mina Mora – Ripio PCA 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |  |  |        |
|--|--|---|--------|
| ENSAYO : "RESISTENCIA A LA ABRASIÓN "  |  |   |        |
| NORMA:   | INEN 860   |   |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |   |        |
| MUESTRA :  | RIPIO - PCA 3  |   |        |
| MASA DE LA CARGA:  | 5000 gr  |   |        |
| Nº DE ESFERAS:   | 12   |   |        |
| TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:   | 1 1/2"   |   |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |
| FECHA:   | 14/1/2020  |   |        |
| DESCRIPCIÓN  | NOMENCLATURA   | VALOR   | UNIDAD |
| Masa inicial   | M1   | 5003,6  | gr     |
| Masa final (Retiene tamiz #12)   | M2   | 2981,4  | gr     |
| Masa desgastada  | M3=M1-M2   | 2022,2  | gr     |
| % Desgaste   | $D1=(M3/M1)*100$   | 40,41   | %      |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



**Tabla 100:** Resistencia al desgaste – Mina Mora – Ripio Stock 3

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |  |  |        |
|--|--|---|--------|
| ENSAYO : "RESISTENCIA A LA ABRASIÓN "  |  |   |        |
| NORMA:   | INEN 860   |   |        |
| PROYECTO:  | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |   |        |
| ORIGEN:  | MINA MORA  |   |        |
| MUESTRA :  | RIPIO - STOCK 3  |   |        |
| MASA DE LA CARGA:  | 5000 gr  |   |        |
| Nº DE ESFERAS:   | 12   |   |        |
| TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:   | 1 1/2"   |   |        |
| ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA   |   |        |
| FECHA:   | 14/1/2020  |   |        |
| DESCRIPCIÓN  | NOMENCLATURA   | VALOR   | UNIDAD |
| Masa inicial   | M1   | 5002,5  | gr     |
| Masa final (Retiene tamiz #12)   | M2   | 3155,11   | gr     |
| Masa desgastada  | M3=M1-M2   | 1847,39   | gr     |
| % Desgaste   | $D1=(M3/M1)*100$   | 36,93   | %      |

**Fuente:** Lissette Veintimilla



## Anexo 16.- Dosificación -agregados PCA

**Tabla 101:** Dosificación de hormigón con agregados – PCA 1 – Kumochi

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------|--------------------|--|---------|-------------------------|---|----------------------|------------------------------------|---------|-------|-----------------------------|------|--|--------------------|------|-------|--------------------|------|-------|--------------------|-----|-----|--------------------|-------|------|--------------------|------|-------|---|-----|----|---|-------|-----|--------|------|-------|-----|------|-------|-------|--------|------|---------|------|--------|------|------|-------|-------|--------|--------------|----------------|--|--|--|--|--|--|--|
| DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN - MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| PROYECTO:   | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| ORIGEN:   | CANTERA KUMOCHI  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| MUESTRA:  | PCA 1  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| ENSAYADO POR:   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| LISSETTE VEINTIMILLA  |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| FECHA:  | 1/2/2020   |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| F <sub>c</sub> :  | 240 Kg/cm <sup>2</sup>   |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DRC</td><td>2,9</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>DRA</td><td>2,56</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>DRR</td><td>2,25</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>DASA</td><td>1,509</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>DASR</td><td>1,229</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>DACA</td><td>1,592</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>DACR</td><td>1,269</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>MFA</td><td>2,6</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>DOM</td><td>1,74</td><td>gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>POA</td><td>36</td><td>%</td></tr> <tr><td>POR</td><td>64</td><td>%</td></tr> <tr><td>CAA</td><td>0,9</td><td>%</td></tr> <tr><td>CAR</td><td>2,68</td><td>%</td></tr> <tr><td>CHA</td><td>4,84</td><td>%</td></tr> <tr><td>CHR</td><td>4,29</td><td>%</td></tr> </tbody> </table>  |  | DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS |                                    |                       | DRC   | 2,9                         | gr/cm <sup>3</sup> | DRA  | 2,56    | gr/cm <sup>3</sup>      | DRR   | 2,25                 | gr/cm <sup>3</sup>                 | DASA    | 1,509 | gr/cm <sup>3</sup>          | DASR | 1,229  | gr/cm <sup>3</sup> | DACA | 1,592 | gr/cm <sup>3</sup> | DACR | 1,269 | gr/cm <sup>3</sup> | MFA | 2,6 | gr/cm <sup>3</sup> | DOM   | 1,74 | gr/cm <sup>3</sup> | POA  | 36    | % | POR | 64 | % | CAA   | 0,9 | %      | CAR  | 2,68  | %   | CHA  | 4,84  | %     | CHR    | 4,29 | %       |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DRC   | 2,9  | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DRA   | 2,56   | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DRR   | 2,25   | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DASA  | 1,509  | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DASR  | 1,229  | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DACA  | 1,592  | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DACR  | 1,269  | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| MFA   | 2,6  | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DOM   | 1,74   | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| POA   | 36   | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| POR   | 64   | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CAA   | 0,9  | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CAR   | 2,68   | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CHA   | 4,84   | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CHR   | 4,29   | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>DRM = \frac{DRA \cdot POA + DRR \cdot POR}{100}</math></td> </tr> <tr> <td>DRM</td> <td>2,3616</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>DRM</td> <td>2361,6</td> <td>Kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>   |  | DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA    |                                    |                       | $DRM = \frac{DRA \cdot POA + DRR \cdot POR}{100}$ |                             |                    | DRM  | 2,3616  | gr/cm <sup>3</sup>      | DRM   | 2361,6               | Kg/m <sup>3</sup>                  |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA  |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| $DRM = \frac{DRA \cdot POA + DRR \cdot POR}{100}$   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DRM   | 2,3616   | gr/cm <sup>3</sup>            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DRM   | 2361,6   | Kg/m <sup>3</sup>             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100</math></td> </tr> <tr> <td>POV</td> <td>26,32</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>  |  | PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS   |                                    |                       | $POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$          |                             |                    | POV  | 26,32   | %                       |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| $POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$  |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| POV   | 26,32  | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CANTIDAD DE PASTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>CP = POV + 2\% + 6\%(POV)</math></td> </tr> <tr> <td>CP</td> <td>29,90</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>CP</td> <td>299,00</td> <td>dm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>CP</td> <td>0,30</td> <td>cm<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>  |  | CANTIDAD DE PASTA             |                                    |                       | $CP = POV + 2\% + 6\%(POV)$                       |                             |                    | CP   | 29,90   | %                       | CP  | 299,00               | dm <sup>3</sup>                    | CP      | 0,30  | cm <sup>3</sup>             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CANTIDAD DE PASTA   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| $CP = POV + 2\% + 6\%(POV)$   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CP  | 29,90  | %                             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CP  | 299,00   | dm <sup>3</sup>               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CP  | 0,30   | cm <sup>3</sup>               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DATOS OBTENIDAS DE TABLAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>W/C</td><td>0,56</td><td></td></tr> <tr><td>K</td><td>1,08</td><td></td></tr> <tr><td>Asentamiento</td><td>3---6</td><td>cm</td></tr> <tr><td>? (POV)</td><td>6</td><td></td></tr> </tbody> </table>   |  | DATOS OBTENIDAS DE TABLAS     |                                    |                       | W/C   | 0,56                        |                    | K  | 1,08    |                         | Asentamiento                                  | 3---6                | cm                                 | ? (POV) | 6     |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| DATOS OBTENIDAS DE TABLAS   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| W/C   | 0,56   |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| K   | 1,08   |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| Asentamiento  | 3---6  | cm                            |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| ? (POV)   | 6  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CANTIDAD DE CEMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}</math></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0,33</td> <td>gr/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>330,45</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>  |  | CANTIDAD DE CEMENTO           |                                    |                       | $C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$      |                             |                    | C  | 0,33    | gr/m <sup>3</sup>       | C   | 330,45               | kg/m <sup>3</sup>                  |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CANTIDAD DE CEMENTO   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| $C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$  |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| C   | 0,33   | gr/m <sup>3</sup>             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| C   | 330,45   | kg/m <sup>3</sup>             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CANTIDAD DE AGUA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>W = \frac{CP}{C} \times C</math></td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>185,05</td> <td>kg o lt /m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>  |  | CANTIDAD DE AGUA              |                                    |                       | $W = \frac{CP}{C} \times C$                       |                             |                    | W  | 185,05  | kg o lt /m <sup>3</sup> |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CANTIDAD DE AGUA  |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| $W = \frac{CP}{C} \times C$   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| W   | 185,05   | kg o lt /m <sup>3</sup>       |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CANTIDAD DE ARENA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>A = (1000 - CP) \cdot DRA + \frac{POA}{100}</math></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>646,04</td> <td>Kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>   |  | CANTIDAD DE ARENA             |                                    |                       | $A = (1000 - CP) \cdot DRA + \frac{POA}{100}$     |                             |                    | A  | 646,04  | Kg/m <sup>3</sup>       |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CANTIDAD DE ARENA   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| $A = (1000 - CP) \cdot DRA + \frac{POA}{100}$   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| A   | 646,04   | Kg/m <sup>3</sup>             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CANTIDAD DE RIPIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>R = (1000 - CP) \cdot DRR + \frac{POR}{100}</math></td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>1009,43</td> <td>Kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>  |  | CANTIDAD DE RIPIO             |                                    |                       | $R = (1000 - CP) \cdot DRR + \frac{POR}{100}$     |                             |                    | R  | 1009,43 | Kg/m <sup>3</sup>       |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| CANTIDAD DE RIPIO   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| $R = (1000 - CP) \cdot DRR + \frac{POR}{100}$   |  |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| R   | 1009,43  | Kg/m <sup>3</sup>             |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4">DOSIFICACIÓN AL PESO</th> <th colspan="4">CORRECCIÓN DE HUMEDAD</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">MATERIALES</th> <th rowspan="2">CANTIDAD EN KG POR M<sup>3</sup> DE HORMIGÓN</th> <th rowspan="2">DOSIFICACIÓN AL PESO</th> <th rowspan="2">CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO</th> <th rowspan="2">CA %</th> <th rowspan="2">CH%</th> <th colspan="2">CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH</th> <th rowspan="2">CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO</th> </tr> <tr> <th>%</th> <th>Kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W</td> <td>185,05</td> <td>0,56</td> <td>28,00</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-6,31</td> <td>21,69</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>330,45</td> <td>1,00</td> <td>50,00</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>50,00</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>646,04</td> <td>1,95</td> <td>97,75</td> <td>0,9</td> <td>4,84</td> <td>-3,94</td> <td>-3,85</td> <td>101,60</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>1009,43</td> <td>3,05</td> <td>152,73</td> <td>2,68</td> <td>4,29</td> <td>-1,61</td> <td>-2,46</td> <td>155,19</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL</b></td> <td><b>2170,98</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |  | DOSIFICACIÓN AL PESO          |                                    |                       |   | CORRECCIÓN DE HUMEDAD       |                    |  |         | MATERIALES              | CANTIDAD EN KG POR M <sup>3</sup> DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO | CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO | CA %    | CH%   | CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH |      | CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO | %                  | Kg   | W     | 185,05             | 0,56 | 28,00 | -                  | -   | -   | -6,31              | 21,69 | C    | 330,45             | 1,00 | 50,00 | - | -   | -  | - | 50,00 | A   | 646,04 | 1,95 | 97,75 | 0,9 | 4,84 | -3,94 | -3,85 | 101,60 | R    | 1009,43 | 3,05 | 152,73 | 2,68 | 4,29 | -1,61 | -2,46 | 155,19 | <b>TOTAL</b> | <b>2170,98</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| DOSIFICACIÓN AL PESO  |  |                               |                                    | CORRECCIÓN DE HUMEDAD |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| MATERIALES  | CANTIDAD EN KG POR M <sup>3</sup> DE HORMIGÓN  | DOSIFICACIÓN AL PESO          | CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO | CA %                  | CH%   | CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH |                    | CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
|   |  |                               |                                    |                       |   | %                           | Kg                 |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| W   | 185,05   | 0,56                          | 28,00                              | -                     | -   | -                           | -6,31              | 21,69  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| C   | 330,45   | 1,00                          | 50,00                              | -                     | -   | -                           | -                  | 50,00  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| A   | 646,04   | 1,95                          | 97,75                              | 0,9                   | 4,84  | -3,94                       | -3,85              | 101,60                                       |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| R   | 1009,43  | 3,05                          | 152,73                             | 2,68                  | 4,29  | -1,61                       | -2,46              | 155,19                                       |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>TOTAL</b>  | <b>2170,98</b>   |                               |                                    |                       |   |                             |                    |  |         |                         |   |                      |                                    |         |       |                             |      |  |                    |      |       |                    |      |       |                    |     |     |                    |       |      |                    |      |       |   |     |    |   |       |     |        |      |       |     |      |       |       |        |      |         |      |        |      |      |       |       |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |

Fuente: Lissette Veintimilla



**Tabla 102:** Dosificación de hormigón con agregados – PCA 2 – Puerta de Sol

|  <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> |                          |   |                                |
|--|--------------------------|--|--------------------------------|
| DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN - MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA  |                          |  |                                |
| PROYECTO:  |                          | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                                |
| ORIGEN:  | CANTERA PUERTA DE SOL    | ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA           |
| MUESTRA:   | PCA 2                    | FECHA:   | 1/2/2020                       |
|  |                          | Fc :   | 240 Kg/cm <sup>2</sup>         |
| <b>DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS</b>   |                          | <b>DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA</b>  |                                |
| DRC  | 2,9 gr/cm <sup>3</sup>   | $DRM = \frac{DRA + POA + DRR + POR}{100}$  |                                |
| DRA  | 2,47 gr/cm <sup>3</sup>  | DRM  | 2,374 gr/cm <sup>3</sup>       |
| DRR  | 2,32 gr/cm <sup>3</sup>  | DRM  | 2374 Kg/m <sup>3</sup>         |
| DASA   | 1,342 gr/cm <sup>3</sup> | <b>PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS</b>   |                                |
| DASR   | 1,198 gr/cm <sup>3</sup> | $POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$   |                                |
| DACA   | 1,413 gr/cm <sup>3</sup> | POV  | 29,23 %                        |
| DACR   | 1,309 gr/cm <sup>3</sup> | <b>CANTIDAD DE PASTA</b>   |                                |
| MFA  | 2,4 gr/cm <sup>3</sup>   | $CP = POV + 2\% + 6\%(POV)$  |                                |
| DOM  | 1,68 gr/cm <sup>3</sup>  | CP   | 32,99 %                        |
| POA  | 36 %                     | CP   | 329,87 dm <sup>3</sup>         |
| POR  | 64 %                     | CP   | 0,33 cm <sup>3</sup>           |
| CAA  | 3,7 %                    | <b>CANTIDAD DE CEMENTO</b>   |                                |
| CAR  | 3,75 %                   | $C = \frac{CP}{C + DRC}$   |                                |
| CHA  | 9,23 %                   | C  | 0,36 gr/m <sup>3</sup>         |
| CHR  | 4,73 %                   | C  | 364,57 kg/m <sup>3</sup>       |
| <b>DATOS OBTENIDAS DE TABLAS</b>   |                          | <b>CANTIDAD DE AGUA</b>  |                                |
| W/C  | 0,56                     | $W = \frac{CP}{C} \times C$  |                                |
| K  | 1,08                     | W  | 204,16 kg o lt /m <sup>3</sup> |
| Asentamiento   | 3---6 cm                 | <b>CANTIDAD DE ARENA</b>   |                                |
| ? (POV)  | 6                        | $A = (1000 - CP) \cdot DRA \cdot \frac{POA}{100}$  |                                |
|  |                          | A  | 595,88 Kg/m <sup>3</sup>       |
|  |                          | <b>CANTIDAD DE RIPIO</b>   |                                |
|  |                          | $R = (1000 - CP) \cdot DRR \cdot \frac{POR}{100}$  |                                |
|  |                          | R  | 995,00 Kg/m <sup>3</sup>       |

| MATERIALES   | CANTIDAD EN KG POR M <sup>3</sup> DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO                | CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO | CORRECCIÓN DE HUMEDAD |      |                             |       |  |
|--------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------|-----------------------------|-------|--|
|              |   |                                     |                                    | CA %                  | CH%  | CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH |       | CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO |
|              |   |                                     |                                    |                       |      | %                           | Kg    |  |
| W            | 204,16  | 0,56                                | 28,00                              | -                     | -    | -                           | -5,86 | 22,14  |
| C            | 364,57  | 1,00                                | 50,00                              | -                     | -    | -                           | -     | 50,00  |
| A            | 595,88  | 1,63                                | 81,72                              | 3,7                   | 9,23 | -5,53                       | -4,52 | 86,24  |
| R            | 995,00  | 2,73                                | 136,46                             | 3,75                  | 4,73 | -0,98                       | -1,34 | 137,80                                       |
| <b>TOTAL</b> | <b>2159,61</b>                                | <b>DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO</b> |                                    |                       |      |                             |       |  |

Fuente: Lissette Veintimilla

**Tabla 103:** Dosificación de hormigón con agregados – PCA 3 – Mina Mora

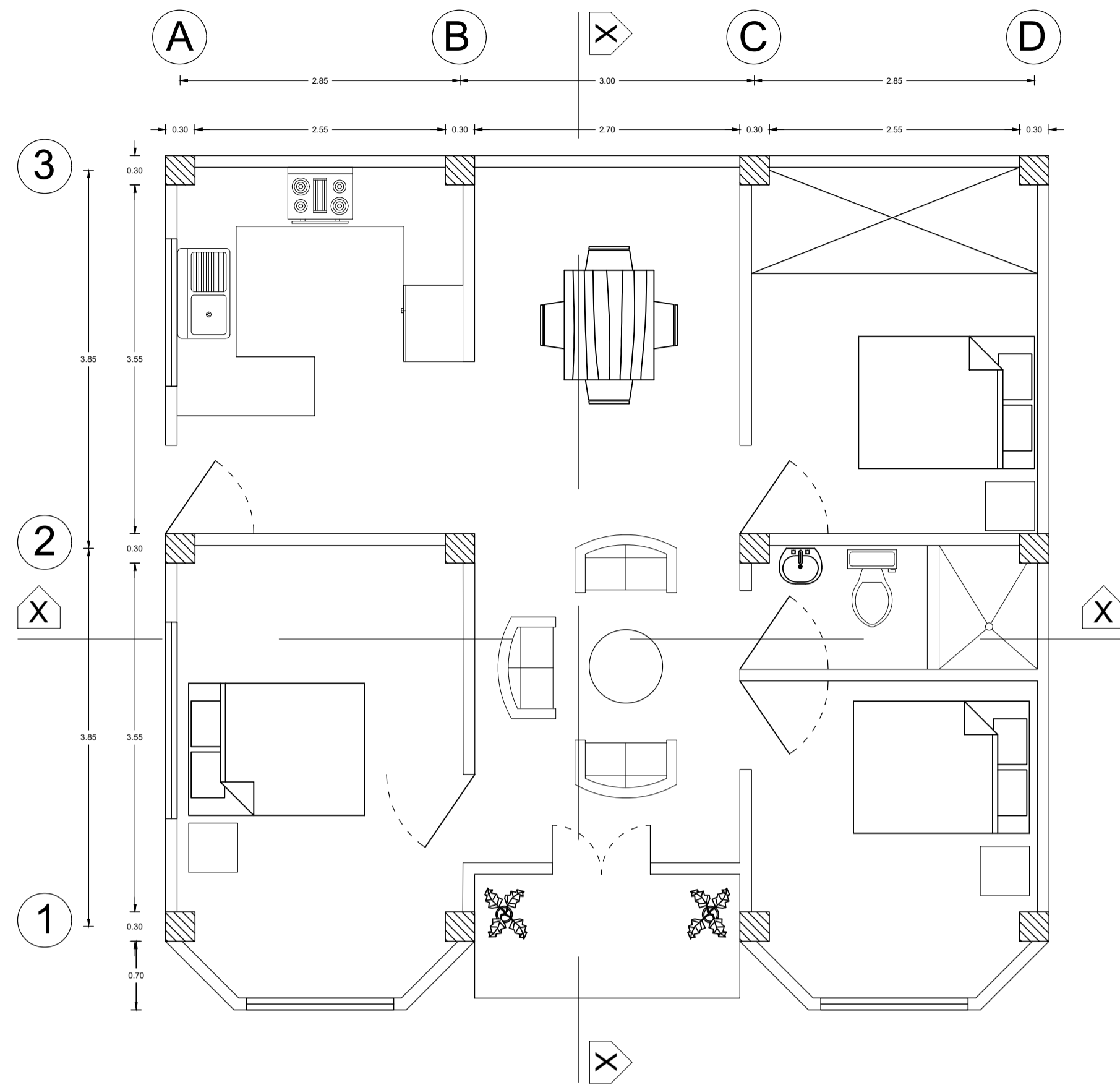
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA<br>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |                          |  FICAM  |                                |
|---|--------------------------|--|--------------------------------|
| DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN - MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA   |                          |  |                                |
| PROYECTO:   |                          | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMUCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN |                                |
| ORIGEN:   | MINA MORA                | ENSAYADO POR:  | LISSETTE VEINTIMILLA           |
| MUESTRA:  | PCA 3                    | FECHA:   | 10/3/2020                      |
|   |                          | Fc :   | 240 Kg/cm <sup>2</sup>         |
| <b>DATOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS</b>  |                          | <b>DENSIDAD REAL DE LA MEZCLA</b>  |                                |
| DRC   | 2,9 gr/cm <sup>3</sup>   | $DRM = \frac{DRA + POA + DRR + POR}{100}$  |                                |
| DRA   | 1,75 gr/cm <sup>3</sup>  | DRM  | 2,047 gr/cm <sup>3</sup>       |
| DRR   | 2,3 gr/cm <sup>3</sup>   | DRM  | 2047 Kg/m <sup>3</sup>         |
| DASA  | 1,347 gr/cm <sup>3</sup> | <b>PORCENTAJE ÓPTIMO DE VACÍOS</b>   |                                |
| DASR  | 1,302 gr/cm <sup>3</sup> | $POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$   |                                |
| DACA  | 1,436 gr/cm <sup>3</sup> | POV  | 16,95 %                        |
| DACR  | 1,384 gr/cm <sup>3</sup> | <b>CANTIDAD DE PASTA</b>   |                                |
| MFA   | 1,5 gr/cm <sup>3</sup>   | $CP = POV + 2\% + 6\%(POV)$  |                                |
| DOM   | 1,7 gr/cm <sup>3</sup>   | CP   | 19,97 %                        |
| POA   | 46 %                     | CP   | 199,69 dm <sup>3</sup>         |
| POR   | 54 %                     | CP   | 0,20 cm <sup>3</sup>           |
| CAA   | 2,88 %                   | <b>CANTIDAD DE CEMENTO</b>   |                                |
| CAR   | 5,18 %                   | $C = \frac{CP}{C + DRC}$   |                                |
| CHA   | 6,43 %                   | C  | 0,22 gr/m <sup>3</sup>         |
| CHR   | 1,34 %                   | C  | 220,69 kg/m <sup>3</sup>       |
| <b>DATOS OBTENIDAS DE TABLAS</b>  |                          | <b>CANTIDAD DE AGUA</b>  |                                |
| W/C   | 0,56                     | $W = \frac{CP}{C} \times C$  |                                |
| K   | 1,08                     | W  | 123,59 kg o lt /m <sup>3</sup> |
| Asentamiento  | 3---6 cm                 | <b>CANTIDAD DE ARENA</b>   |                                |
| ? (POV)   | 6                        | $A = (1000 - CP) \cdot DRA \cdot \frac{POA}{100}$  |                                |
|   |                          | A  | 644,25 Kg/m <sup>3</sup>       |
|   |                          | <b>CANTIDAD DE RIPIO</b>   |                                |
|   |                          | $R = (1000 - CP) \cdot DRR \cdot \frac{POR}{100}$  |                                |
|   |                          | R  | 993,99 Kg/m <sup>3</sup>       |

| DOSIFICACIÓN AL PESO |   |                              |                                    | CORRECCIÓN DE HUMEDAD |      |                             |       |  |
|----------------------|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------|-----------------------------|-------|--|
| MATERIALES           | CANTIDAD EN KG POR M <sup>3</sup> DE HORMIGÓN | DOSIFICACIÓN AL PESO         | CANTIDAD EN KG POR SACO DE CEMENTO | CA %                  | CH%  | CORRECCIÓN DE HUMEDAD CA-CH |       | CANTIDAD CORREGIDA EN KG POR SACO DE CEMENTO |
|                      |   |                              |                                    |                       |      | %                           | Kg    |  |
| W                    | 123,59  | 0,56                         | 28,00                              | -                     | -    | -                           | 3,47  | 31,47  |
| C                    | 220,69  | 1,00                         | 50,00                              | -                     | -    | -                           | -     | 50,00  |
| A                    | 644,25  | 2,92                         | 145,96                             | 2,88                  | 6,43 | -3,55                       | -5,18 | 151,14                                       |
| R                    | 993,99  | 4,50                         | 225,20                             | 5,18                  | 1,34 | 3,84                        | 8,65  | 216,55                                       |
| <b>TOTAL</b>         | 1982,52                                       | DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO |                                    |                       |      |                             |       |  |

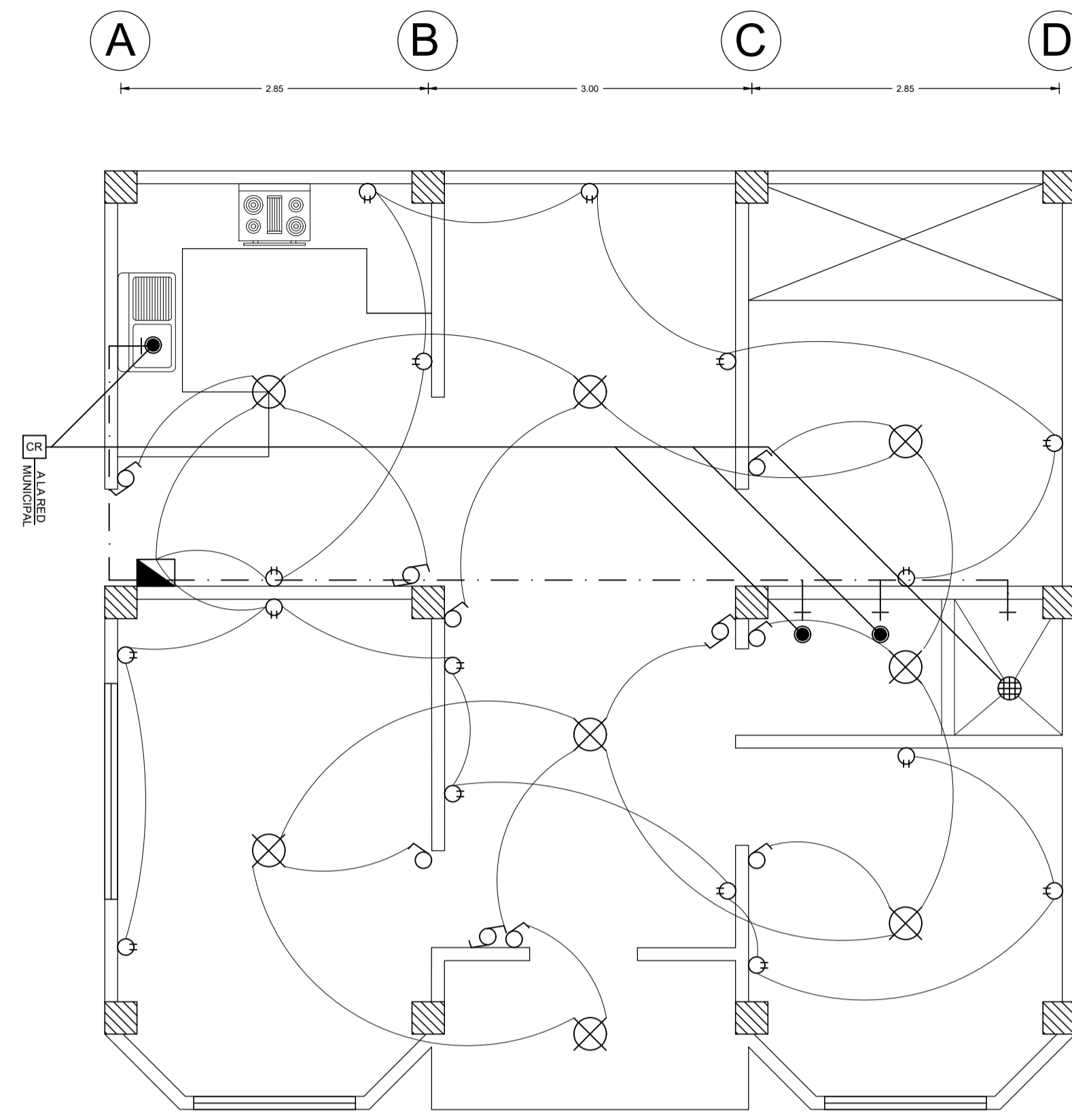
Fuente: Lissette Veintimilla

**Anexo 17.-** Planos Arquitectónicos y estructurales de la propuesta de vivienda analizada



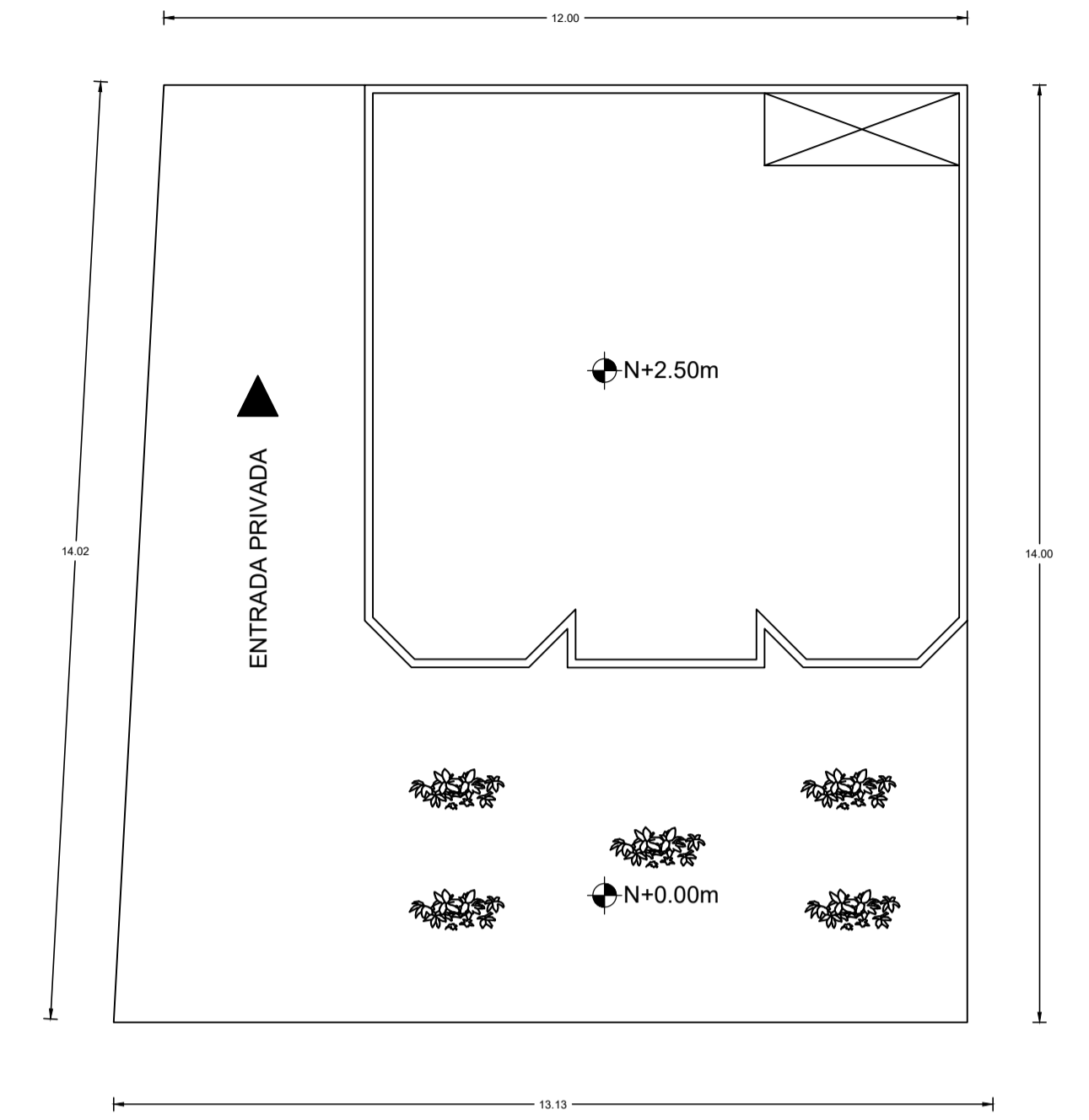
PLANTA N+0.25

ESCALA: 1:50



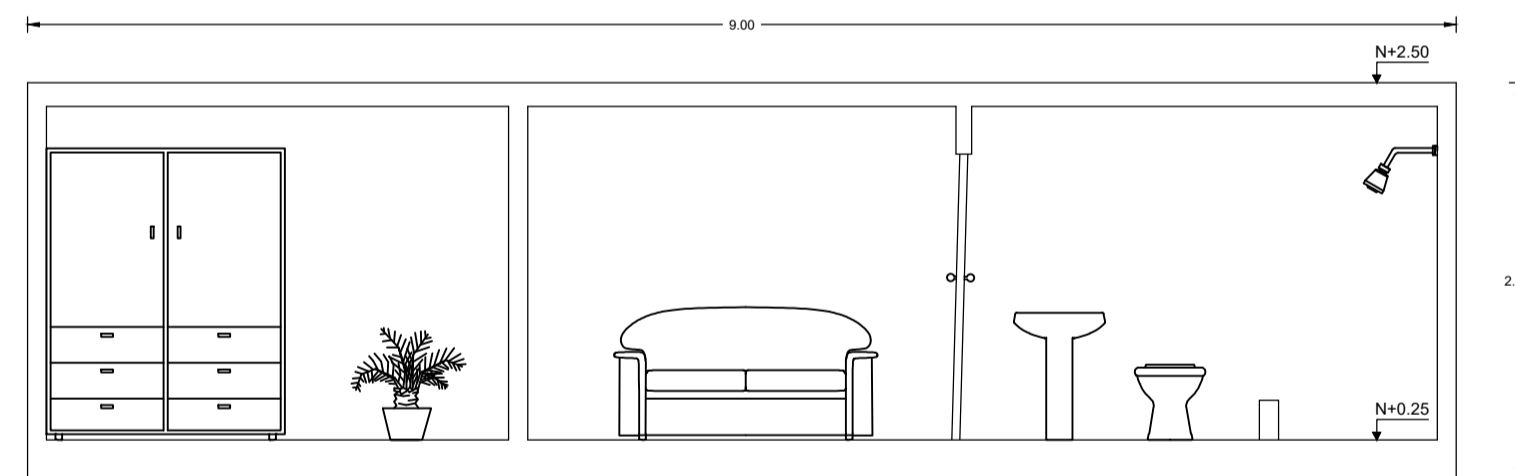
PLANTA INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS

ESCALA: 1:50



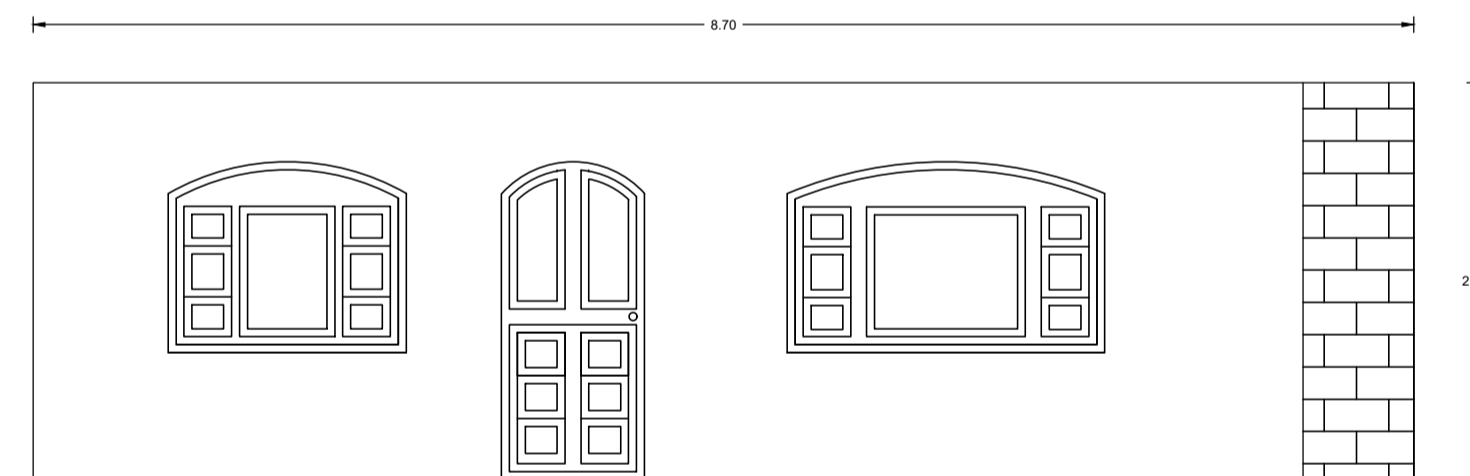
IMPLANTACIÓN

ESCALA: 1:100



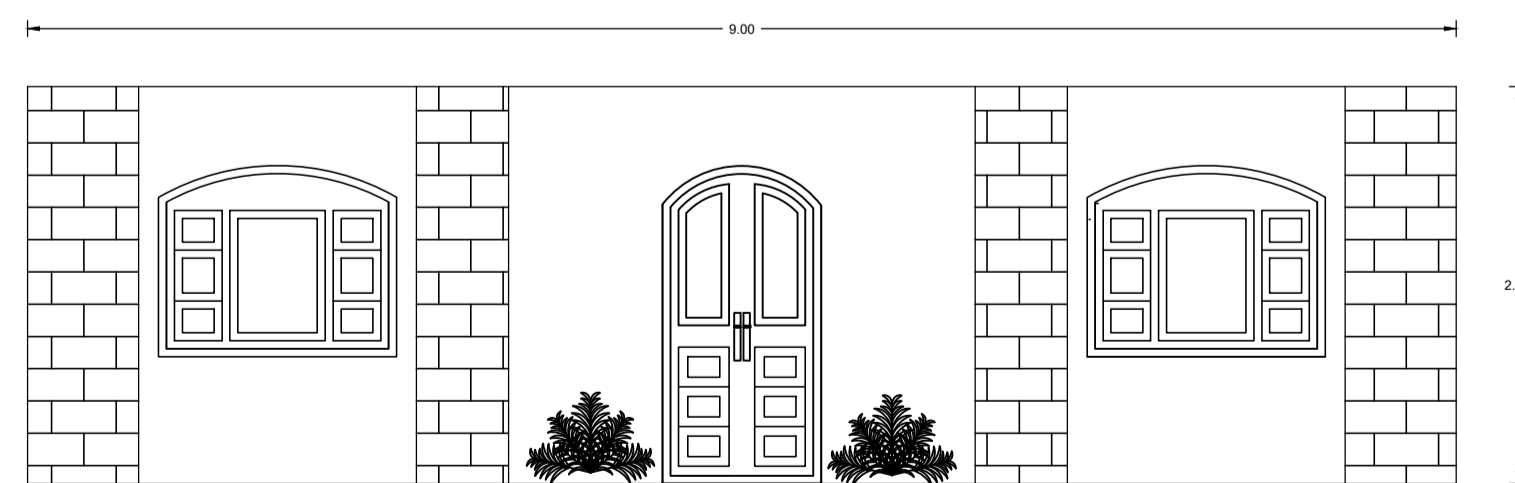
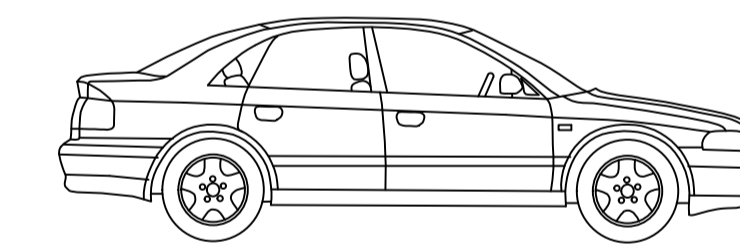
CORTE X-X

ESCALA: 1:50



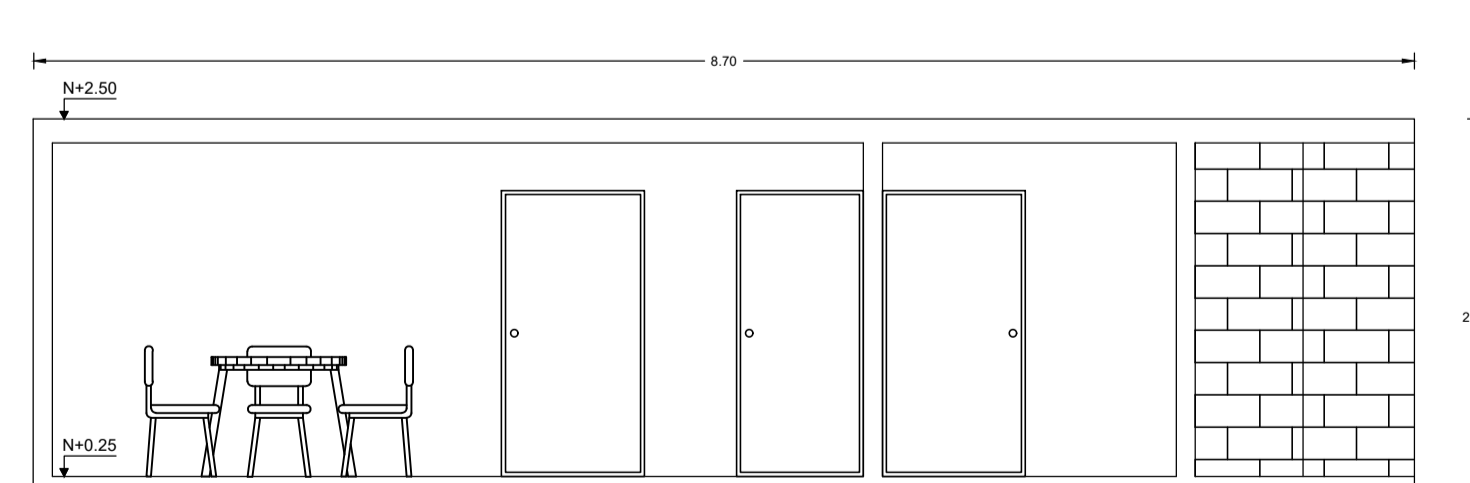
FACHADA LATERAL DERECHA

ESCALA: 1:50



PLANTA FRONTAL

ESCALA: 1:50



CORTE Y-Y

ESCALA: 1:50

SIMBOLOGÍA

- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- TOMACORRIENTE
- INTERRUPTOR SIMPLE
- INTERRUPTOR DOBLE
- CONMUTADOR
- CAJA DE REVISIÓN
- REJILLA DE DESAGÜE
- BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS Y SERVIDAS

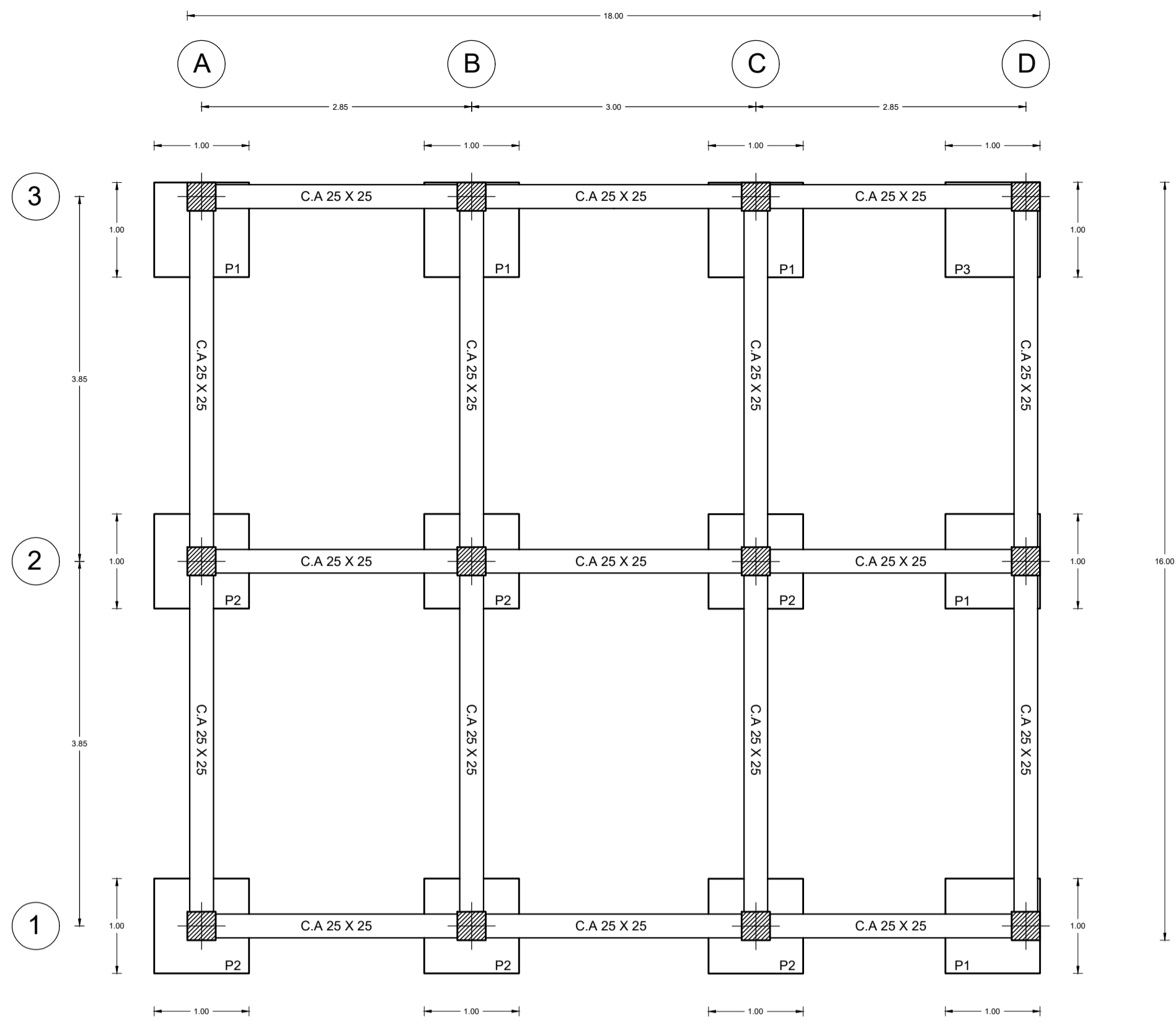
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: PLANO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO DE TESIS

|  |   |  |
|--|---|--|
| PROVINCIA:<br>TUNGURAHUA                       | CONTIENE:<br>PLANTA<br>CORTE X-X<br>CORTE Y-Y<br>FACHADAS<br>IMPLANTACIÓN | CALCULO:<br>VEINTIMILLA LISSETTE                           |
| UBICACIÓN:<br>CALLE MARIO GODOY Y CARLOS CANDO | LÁMINA:<br>A 1/1  | DIBUJO:<br>VEINTIMILLA LISSETTE                            |
| CANTÓN:<br>AMBATO                              | ESCALA:<br>INDICADAS  | REVISÓ:<br>BETZABETH SUQUILLO<br>INGENIERA TITULAR DE 1998 |
| FECHA:<br>OCTUBRE 2020                         |   |  |

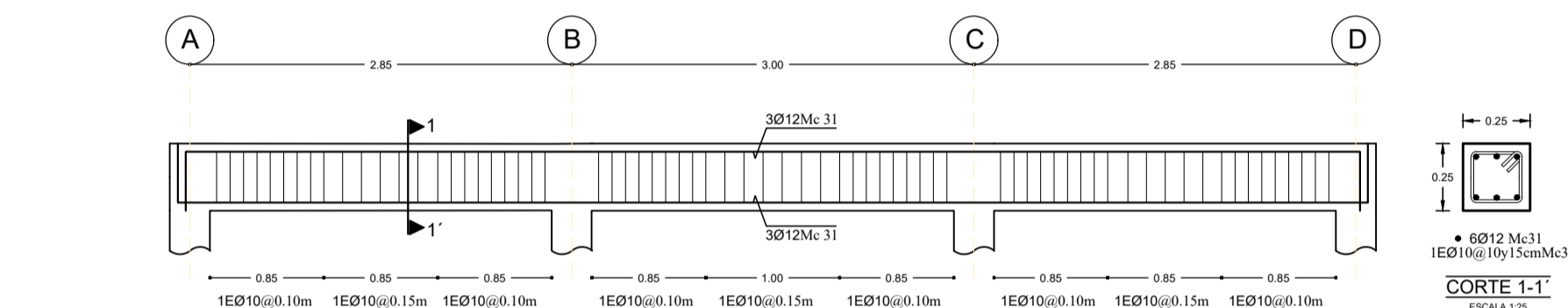
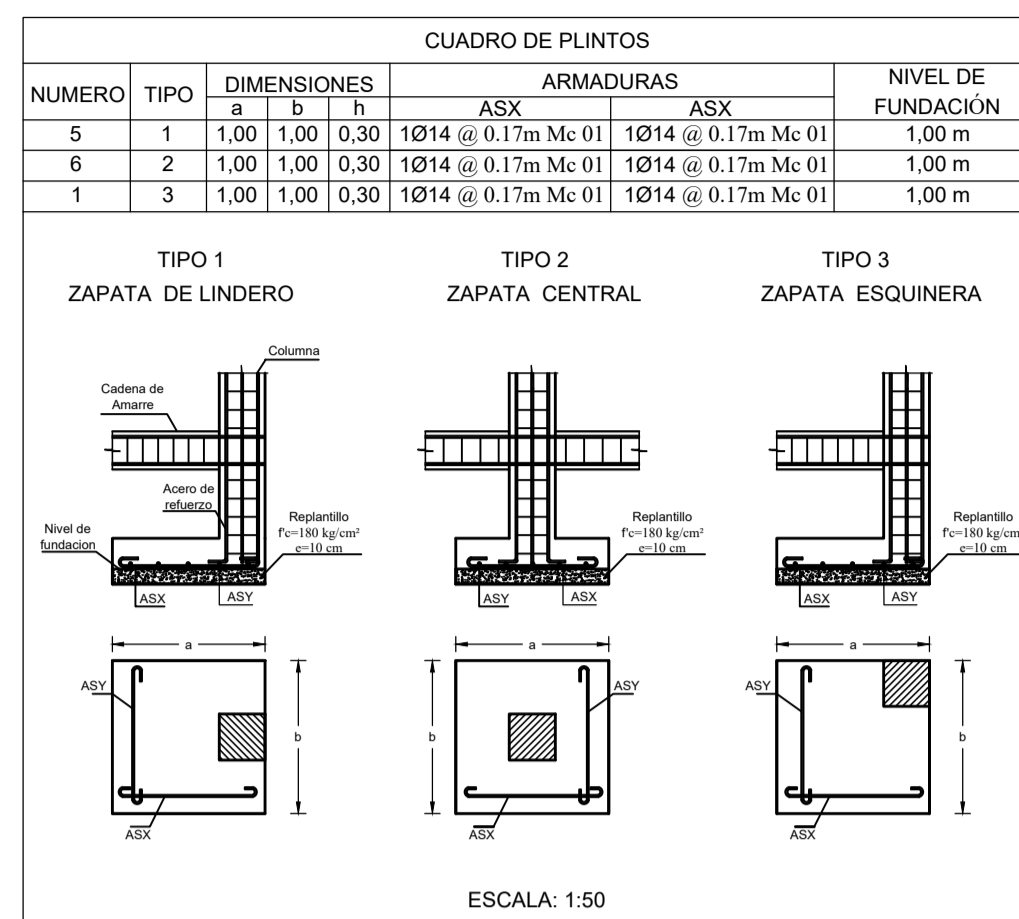






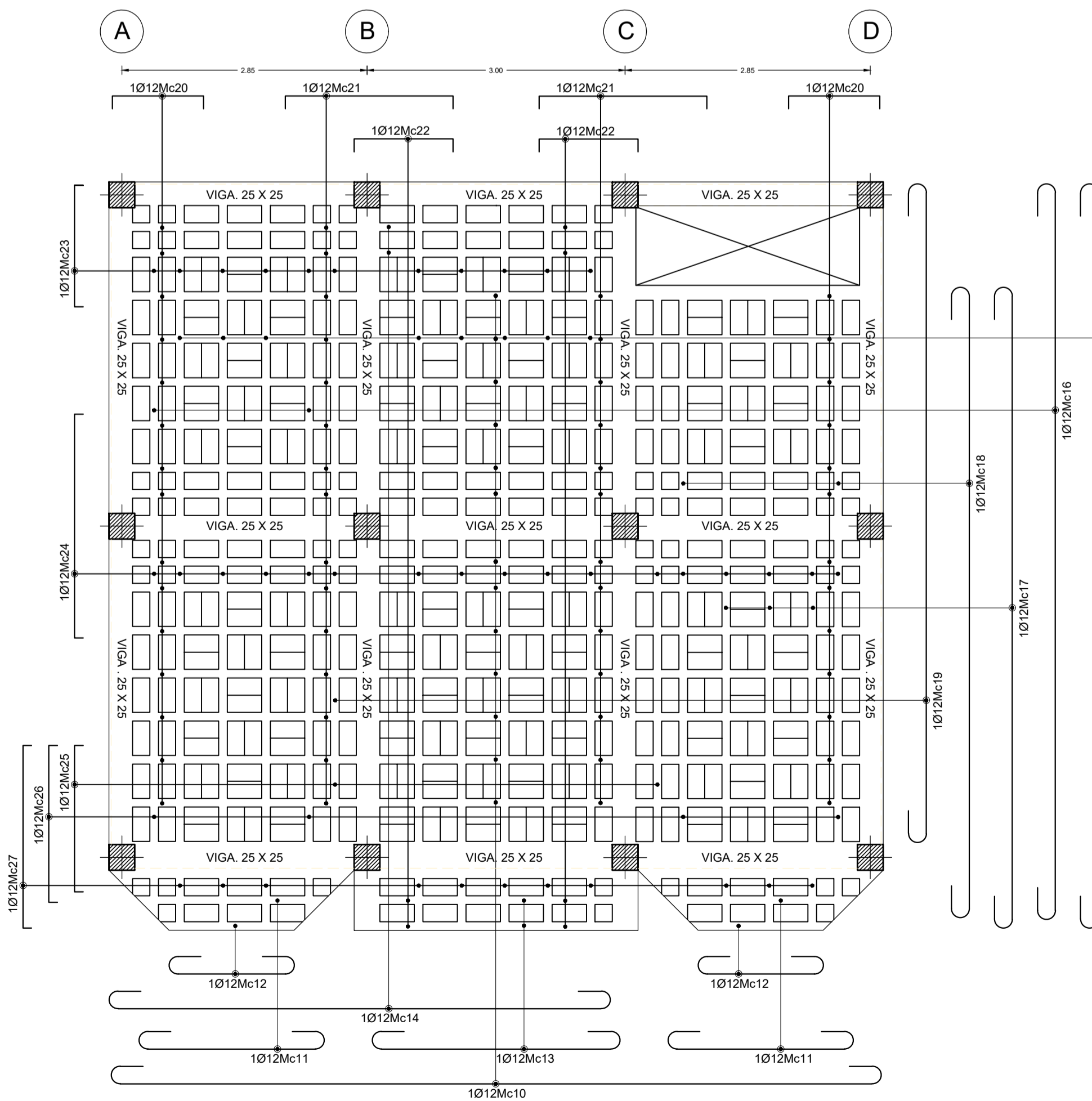
PLANTA DE CIMENTACIÓN

ESCALA: 1:50



VIGA EJE 3-2-1 N+2.50

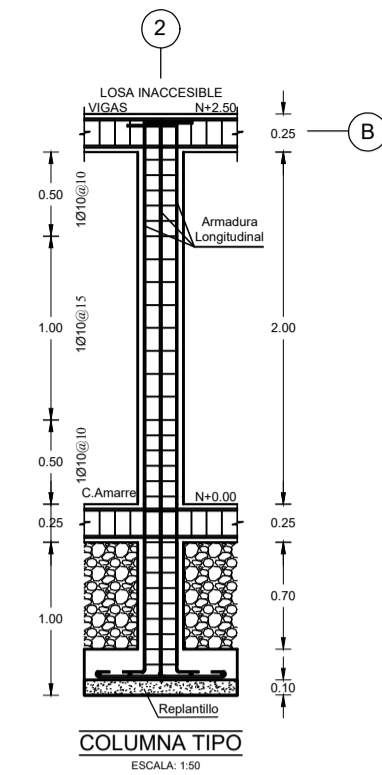
ESCALA: H1-50 V1-25



LOSA N+2.50

ESCALA: 1:50

| NIVEL    | SECCION   | NUMERO | ARMADURAS   |
|----------|-----------|--------|---|
| N+2.50 m | 0.3'0.3 m | 12     | ARM LONG.<br>Ø 8Ø12 Mc 05<br>ARM TRANS.<br>1Ø10@10y15Mc06+<br>1Ø10@10y15cmMc07              |
| N+0.00 m | 0.3'0.3 m | 12     | ARMADURAS<br>ARM LONG.<br>Ø 8Ø12 Mc 05<br>ARM TRANS.<br>1Ø10@10y15Mc06+<br>1Ø10@10y15cmMc07 |



COLUMNA TIPO

| Mc | Tipo | φ  | No. | DIMENSIONES |      |   |   |   |   |       | CORTI | VARILLAS |    | OBSERVACIONES |                                       |
|----|------|----|-----|-------------|------|---|---|---|---|-------|-------|----------|----|---------------|---------------------------------------|
|    |      |    |     | a           | b    | c | d | e | g | LONG. |       | No.      |    |               |                                       |
| 1  | I    | 14 | 60  | 0,85        |      |   |   |   |   | 0,08  | 1,00  | 12,00    | 5  |               |                                       |
| 2  | C    | 12 | 18  | 8,92        | 0,39 |   |   |   |   |       | 9,30  | 12,00    | 18 |               | Sobra 18 tramos de 2,70m              |
| 3  | C    | 12 | 24  | 7,92        | 0,39 |   |   |   |   |       | 8,30  | 12,00    | 24 |               | Sobra 24 tramos de 3,70m              |
| 4  | O    | 10 | 348 | 0,19        | 0,19 |   |   |   |   | 0,12  | 1,00  | 12,00    | 29 |               |                                       |
| 5  | I    | 12 | 96  | 3,37        | 0,43 |   |   |   |   |       | 3,80  | 12,00    | 32 |               | Sobra 32 tramos de 0,6m               |
| 6  | O    | 10 | 360 | 0,22        | 0,22 |   |   |   |   | 0,06  | 1,00  | 12,00    | 30 |               |                                       |
| 7  | O    | 10 | 360 | 0,22        | 0,22 |   |   |   |   | 0,06  | 1,00  | 12,00    | 30 |               |                                       |
| 10 | I    | 12 | 13  | 8,95        |      |   |   |   |   | 0,125 | 9,20  | 12,00    | 13 |               | Sobra 13 tramos de 2,80m              |
| 11 | I    | 12 | 2   | 2,10        |      |   |   |   |   | 0,15  | 2,40  |          |    |               | Utilizar 2 tramos Mc2                 |
| 12 | I    | 12 | 2   | 1,90        |      |   |   |   |   | 0,10  | 2,10  |          |    |               | Utilizar 2 tramos Mc2                 |
| 13 | I    | 12 | 2   | 3,24        |      |   |   |   |   | 0,13  | 3,50  |          |    |               | Utilizar 2 tramos Mc3                 |
| 14 | I    | 12 | 2   | 6,06        |      |   |   |   |   | 0,12  | 6,30  | 9,00     | 2  |               | Sobra 2 tramos de 2,70m               |
| 15 | I    | 12 | 13  | 8,64        |      |   |   |   |   | 0,13  | 8,90  | 12,00    | 13 |               | Sobra 13 tramos de 3,30 m             |
| 16 | I    | 12 | 2   | 8,44        |      |   |   |   |   | 0,13  | 8,70  | 12,00    | 2  |               | Sobra 2 tramos de 3,30 m              |
| 17 | I    | 12 | 3   | 7,44        |      |   |   |   |   | 0,13  | 7,70  | 12,00    | 3  |               | Sobra 3 tramos de 3,30 m              |
| 18 | I    | 12 | 2   | 7,24        |      |   |   |   |   | 0,13  | 7,50  | 9,00     | 2  |               | Sobra 2 tramos de 1,5 m               |
| 19 | I    | 12 | 1   | 8,12        |      |   |   |   |   | 0,14  | 8,40  | 9,00     | 1  |               | Sobra 1 tramos de 0,6m                |
| 20 | C    | 12 | 28  | 1,30        | 0,30 |   |   |   |   |       | 1,50  | 12,00    | 3  |               | Utilizar sobrante Mc38 y 1 tramo Mc15 |
| 21 | C    | 12 | 27  | 2,00        | 0,30 |   |   |   |   |       | 2,20  |          |    |               | Utilizar sobrante Mc2 y sobrante Mc10 |
| 22 | C    | 12 | 4   | 1,30        | 0,30 |   |   |   |   |       | 1,50  |          |    |               | Utilizar 2 tramos Mc15                |
| 23 | C    | 12 | 23  | 1,80        | 0,30 |   |   |   |   |       | 2,00  | 12,00    | 3  |               | Utilizar sobrante Mc14 y Mc17         |
| 24 | C    | 12 | 17  | 2,80        | 0,30 |   |   |   |   |       | 3,00  |          |    |               | Utilizar 17 tramos Mc3                |
| 25 | C    | 12 | 2   | 1,80        | 0,30 |   |   |   |   |       | 2,00  |          |    |               | Utilizar sobrante Mc16                |
| 26 | C    | 12 | 4   | 1,82        | 0,09 |   |   |   |   |       | 2,00  | 9,00     | 1  |               | Sobra 1 tramo de 1m                   |
| 27 | C    | 12 | 11  | 2,20        | 0,30 |   |   |   |   |       | 2,40  | 12,00    | 2  |               | Utilizar 1 tramo Mc3                  |

| LONG./DIAM | 8 | 10    | 12    | 14   | 16  | 18  | 20  | 22  | 25  | 28  | 32  |
|------------|---|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 9,00       | 0 | 0     | 30    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 12,00      | 0 | 128   | 131   | 5    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Kg         | 0 | 606,1 | 726,8 | 23,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

|          |        |                     |
|----------|--------|---------------------|
| Total Kg | 1356,6 | ACERO fy=4200kg/cm² |
|----------|--------|---------------------|

| PLINTOS  | 3,60 | DIÁMETRO | LONGITUD | ELEMENTOS       | cm  |
|----------|------|----------|----------|-----------------|-----|
| COLUMNAS | 3,46 | mm       | mm       | COLUMNAS        | 4,0 |
| CADENAS  | 3,24 | 10       | 3/8      | VIGAS           | 3,0 |
| LOSAS    | 6,40 | 12       | 1/2      | LOSAS           | 2,5 |
| VIGAS    | 3,66 | 16       | 5/8      | CIMENTACIONES   | 7,5 |
|          |      | 18       | 3/4      | ALIVIANAMIENTOS |     |
|          |      | 20       | 3/4      |                 |     |
|          |      | 22       | 7/8      |                 |     |
|          |      | 25       | 1        |                 |     |
|          |      | 32       | 1 1/4    |                 |     |

|                                     |       |              |     |
|-------------------------------------|-------|--------------|-----|
| H.A. TOTAL EN M³ DE Fc = 240 Kg/cm² | 20,36 | 10 x 20 x 40 | 443 |
| H.C. TOTAL EN M³ DE Fc = 180 Kg/cm² | 8,40  | 15 x 20 x 40 | -   |
|                                     |       | 20 x 20 x 40 | -   |

|           |   |
|-----------|---|
| PROYECTO: | PLANO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO DE TESIS |
|-----------|---|

|            |            |           |  |          |                      |
|------------|------------|-----------|--|----------|----------------------|
| PROVINCIA: | TUNGURAHUA | CONTIENE: | PLANTA DE CIMENTACIÓN<br>CUADRO DE COLUMNAS<br>VIGAS ESTRUCTURALES<br>LOSA | CALCULO: | VEINTIMILLA LISSETTE |
|------------|------------|-----------|--|----------|----------------------|

|            |                                  |         |      |         |                      |
|------------|----------------------------------|---------|------|---------|----------------------|
| UBICACIÓN: | CALLE MARIO GODOY Y CARLOS CANDO | TAMANA: | E1/1 | DISEÑO: | VEINTIMILLA LISSETTE |
|------------|----------------------------------|---------|------|---------|----------------------|

|         |        |         |           |         |  |
|---------|--------|---------|-----------|---------|--|
| CANTÓN: | AMBATO | ESCALA: | INDICADAS | REVISÓ: | BETZABETH SUQUILLO<br>INGENIERA TITULAR DE TESIS |
|---------|--------|---------|-----------|---------|--|

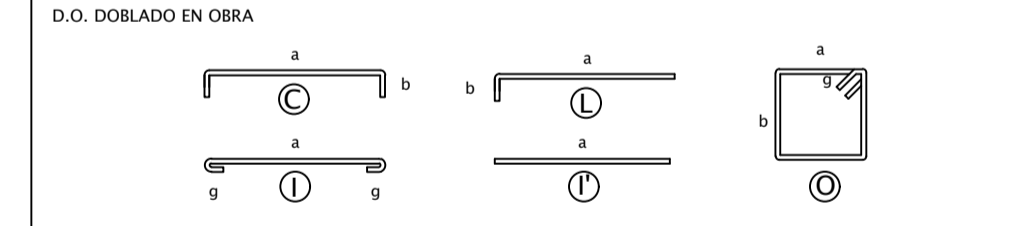
|        |              |
|--------|--------------|
| FECHA: | OCTUBRE 2020 |
|--------|--------------|

|  |
|--|
| ESTRUCTURA SISMO RESISTENTE, NEC 2015 / ACI 318 11 |
|--|

|               |
|---------------|
| OBSERVACIONES |
|---------------|

- El hormigón deberá tener un esfuerzo unitario último a la compresión a los 28 días de edad Fc=240 kg/cm².
- El acero deberá tener un esfuerzo unitario a la fluencia fy=4200 Kg/cm², además el acero para estribos se usará fy=4200 Kg/cm². Las propiedades del acero deberán satisfacer lo dispuesto en ACI 318-11 21.1.5.2
- Los ganchos estándar y diámetros de doblado, deberán cumplir con lo dispuesto en ACI 318-11 7.1, 7.2, 7.3
- Los niveles mínimos de cimentación serán los indicados
- La capacidad portante del suelo considerada para el proyecto es de 15 T/m², a la profundidad de cimentación indicada, particular que deberá ser obligación del constructor, verificar que se cumple en sitio
- Cualquier cambio o modificación estructural será consultado con el calculista

|                  |
|------------------|
| TIPOS DE DOBLADO |
|------------------|



| RESUMEN DE HORMIGÓN EN LÁMINA | TRASLAPES MÍNIMOS | RECUBRIMIENTOS |          |                 |     |
|-------------------------------|-------------------|----------------|----------|-----------------|-----|
| PLINTOS                       | 3,60              | DIÁMETRO       | LONGITUD | ELEMENTOS       | cm  |
| COLUMNAS                      | 3,46              | mm             | mm       | COLUMNAS        | 4,0 |
| CADENAS                       | 3,24              | 10             | 3/8      | VIGAS           | 3,0 |
| LOSAS                         | 6,40              | 12             | 1/2      | LOSAS           | 2,5 |
| VIGAS                         | 3,66              | 16             | 5/8      | CIMENTACIONES   | 7,5 |
|                               |                   | 18             | 3/4      | ALIVIANAMIENTOS |     |
|                               |                   | 20             | 3/4      |                 |     |
|                               |                   | 22             | 7/8      |                 |     |
|                               |                   | 25             | 1        |                 |     |
|                               |                   | 32             | 1 1/4    |                 |     |

|                                     |       |              |     |
|-------------------------------------|-------|--------------|-----|
| H.A. TOTAL EN M³ DE Fc = 240 Kg/cm² | 20,36 | 10 x 20 x 40 | 443 |
| H.C. TOTAL EN M³ DE Fc = 180 Kg/cm² | 8,40  | 15 x 20 x 40 | -   |
|                                     |       | 20 x 20 x 40 | -   |

|  |
|--|
| ESTRUCTURA SISMO RESISTENTE, NEC 2015 / ACI 318 11 |
|--|

|               |
|---------------|
| OBSERVACIONES |
|---------------|

- El hormigón deberá tener un esfuerzo unitario último a la compresión a los 28 días de edad Fc=240 kg/cm².
- El acero deberá tener un esfuerzo unitario a la fluencia fy=4200 Kg/cm², además el acero para estribos se usará fy=4200 Kg/cm². Las propiedades del acero deberán satisfacer lo dispuesto en ACI 318-11 21.1.5.2
- Los ganchos estándar y diámetros de doblado, deberán cumplir con lo dispuesto en ACI 318-11 7.1, 7.2, 7.3
- Los niveles mínimos de cimentación serán los indicados
- La capacidad portante del suelo considerada para el proyecto es de 15 T/m², a la profundidad de cimentación indicada, particular que deberá ser obligación del constructor, verificar que se cumple en sitio
- Cualquier cambio o modificación estructural será consultado con el calculista

|           |   |
|-----------|---|
| PROYECTO: | PLANO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO DE TESIS |
|-----------|---|

|            |            |           |  |          |                      |
|------------|------------|-----------|--|----------|----------------------|
| PROVINCIA: | TUNGURAHUA | CONTIENE: | PLANTA DE CIMENTACIÓN<br>CUADRO DE COLUMNAS<br>VIGAS ESTRUCTURALES<br>LOSA | CALCULO: | VEINTIMILLA LISSETTE |
|------------|------------|-----------|--|----------|----------------------|

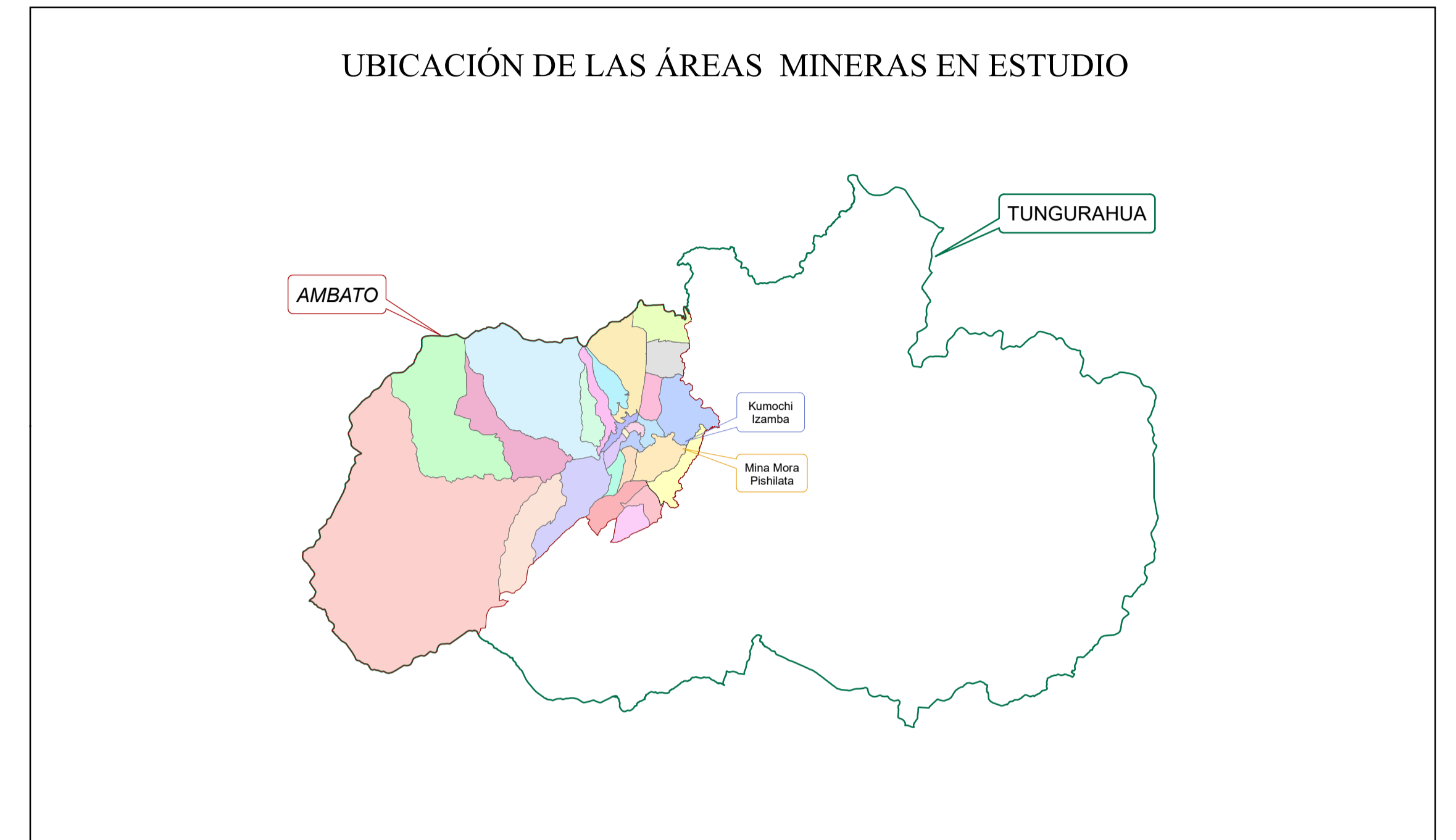
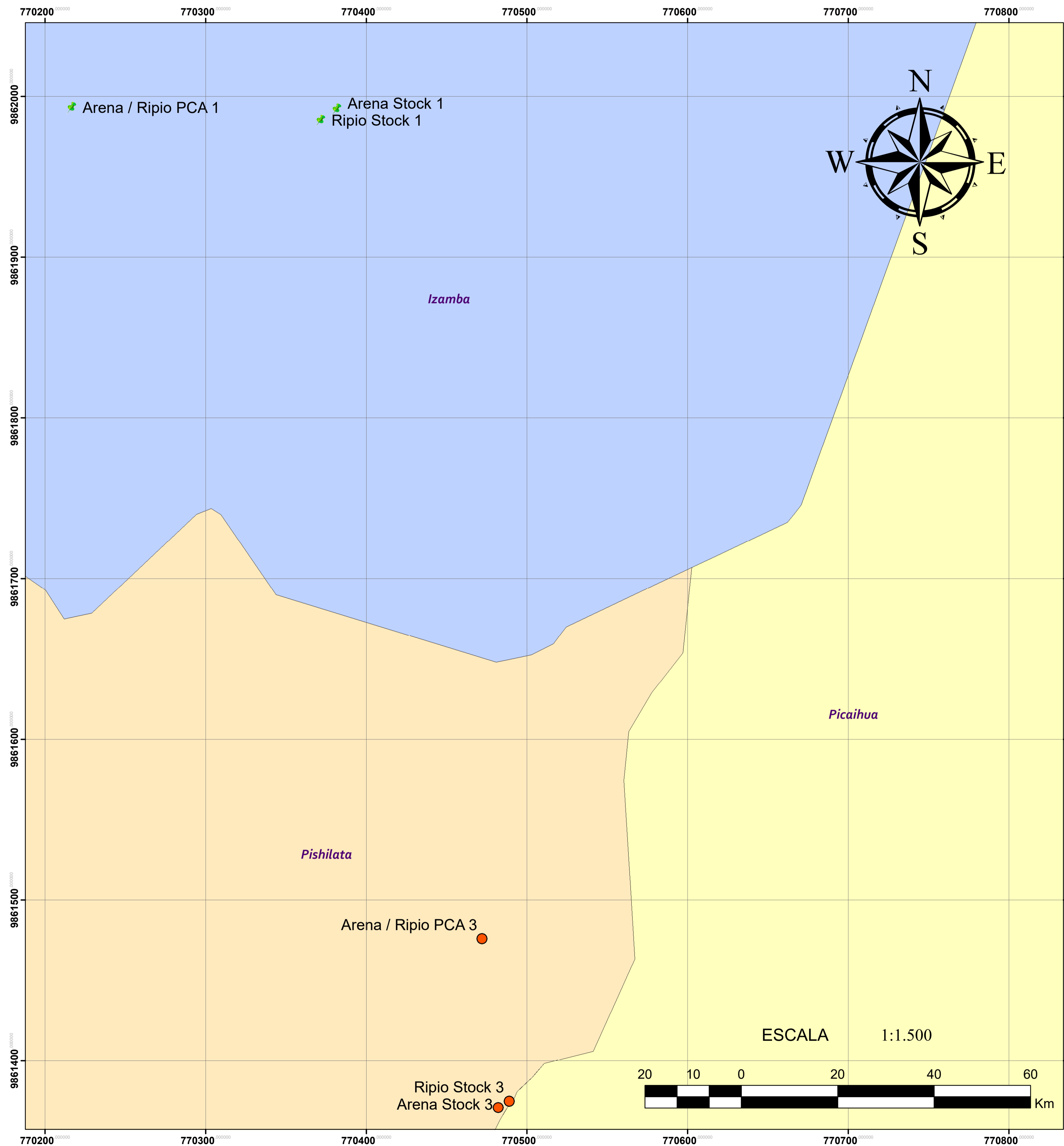
|            |                                  |         |      |         |                      |
|------------|----------------------------------|---------|------|---------|----------------------|
| UBICACIÓN: | CALLE MARIO GODOY Y CARLOS CANDO | TAMANA: | E1/1 | DISEÑO: | VEINTIMILLA LISSETTE |
|------------|----------------------------------|---------|------|---------|----------------------|

|         |        |         |           |         |  |
|---------|--------|---------|-----------|---------|--|
| CANTÓN: | AMBATO | ESCALA: | INDICADAS | REVISÓ: | BETZABETH SUQUILLO<br>INGENIERA TITULAR DE TESIS |
|---------|--------|---------|-----------|---------|--|


|        |              |
|--------|--------------|
| FECHA: | OCTUBRE 2020 |
|--------|--------------|

**Anexo 18.-** Mapa de exposición al gas radón Rn-222


# MAPA DE EXPOSICIÓN AL RADÓN PRESENTE EN LOS AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI Y MINA MORA



| N° | CANTERA   | AGREGADO | LUGAR DE OBTENCIÓN | COORDENADAS |         | CONCENTRACIÓN INTERNA DE RADÓN<br>Bq/m <sup>3</sup> | EXHALACIÓN DE RADÓN<br>Bq / (m <sup>2</sup> *h) | DOSIS EFECTIVA ANUAL<br>mSv/año |
|----|-----------|----------|--------------------|-------------|---------|---|---|---------------------------------|
|    |           |          |                    | X<br>m      | Y<br>m  |   |   |                                 |
| 1  | KUMOCHI   | ARENA    | STOCK 1            | 770381      | 9861992 | 0,0302  | 0,0377  | 0,001                           |
|    |           | RIPIO    | STOCK 1            | 770371      | 9861985 | 0,4231  | 0,5289  | 0,0133                          |
| 3  | MINA MORA | ARENA    | STOCK 3            | 770482      | 9861371 | 0,0539  | 0,0674  | 0,0017                          |
|    |           | RIPIO    | STOCK 3            | 770489      | 9861375 | 0,1267  | 0,1583  | 0,004                           |



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

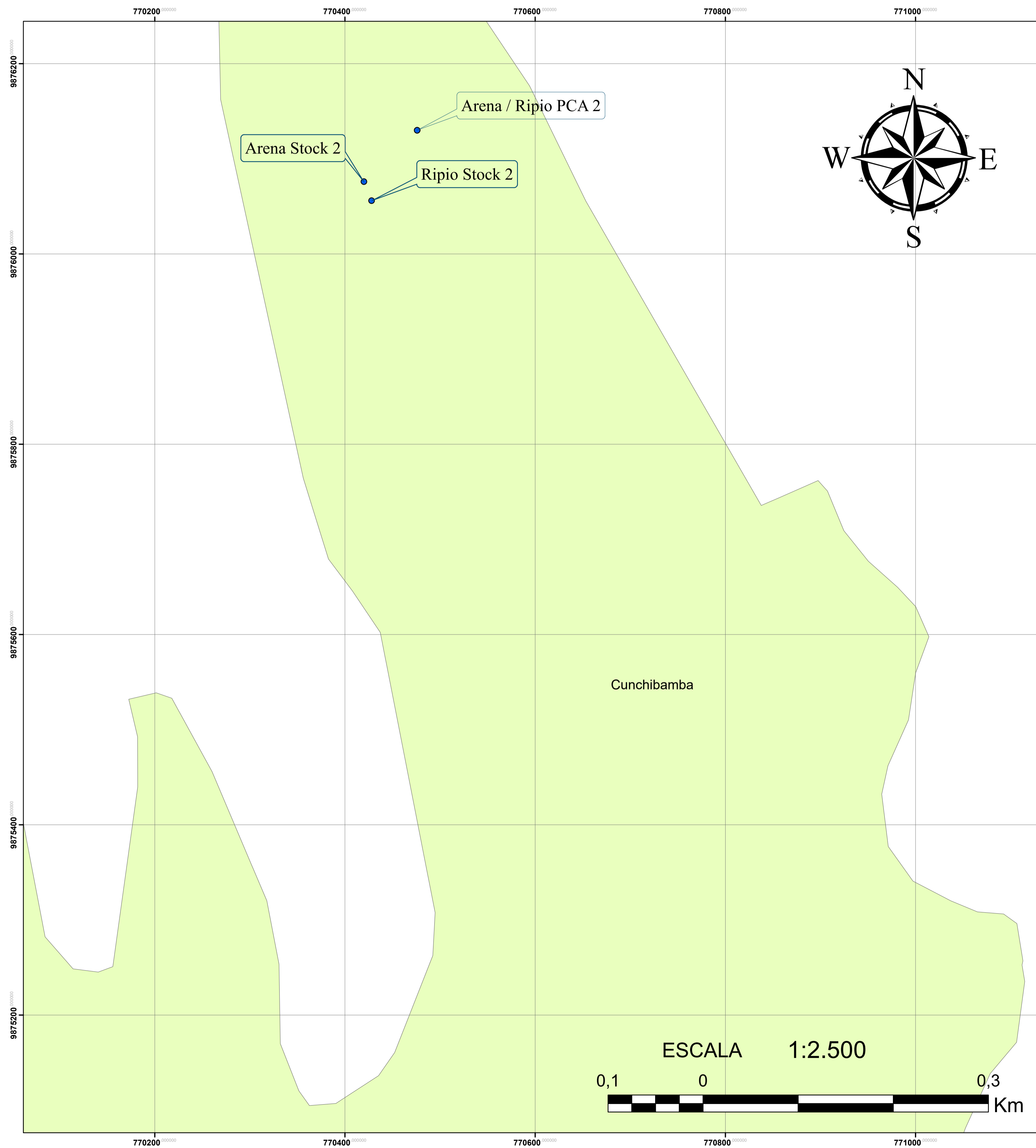


---


**PROYECTO:**  
 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN

| PROVINCIA  | CANTÓN | ESCALA    | REALIZADO POR        |
|------------|--------|-----------|----------------------|
| TUNGURAHUA | AMBATO | INDICADAS | LISSETTE VEINTIMILLA |
| DATUM      | ZONA   | FECHA     | LÁMINA               |
| WGS84      | 17 SUR | 15/4/2021 | 1/2                  |


# MAPA DE EXPOSICIÓN AL RADÓN PRESENTE EN LOS AGREGADOS PÉTREOS DE LA CANTERA PUERTA DEL SOL



| N° | CANTERA        | AGREGADO | LUGAR DE OBTENCIÓN | COORDENADAS |         | CONCENTRACIÓN INTERNA DE RADÓN<br>Bq / m <sup>3</sup> | EXHALACIÓN DE RADÓN<br>Bq / (m <sup>2</sup> * h) | DOSIS EFECTIVA ANUAL<br>mSv/año |
|----|----------------|----------|--------------------|-------------|---------|---|--|---------------------------------|
|    |                |          |                    | X           | Y       |   |  |                                 |
|    |                |          |                    | m           | m       |   |  |                                 |
| 2  | PUERTA DEL SOL | ARENA    | STOCK 2            | 770420      | 9876076 | 1,6284  | 2,0355   | 0,0514                          |
|    |                | RIPIO    | STOCK 2            | 770428      | 9876056 | 3,9926  | 4,9907   | 0,1259                          |



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**PROYECTO:**  
 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y EXHALACIÓN DE RADÓN-222 EN AGREGADOS PÉTREOS DE LAS CANTERAS KUMOCHI, MORA Y PUERTA DEL SOL, UBICADAS EN EL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN

| PROVINCIA  | CANTÓN | ESCALA    | REALIZADO POR        |
|------------|--------|-----------|----------------------|
| TUNGURAHUA | AMBATO | INDICADAS | LISSETTE VEINTIMILLA |
| DATUM      | ZONA   | FECHA     | LÁMINA               |
| WGS84      | 17 SUR | 15/4/2021 | 2/2                  |

