

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO EN FUNCIÓN A LA RELACIÓN AGUA - CEMENTO Y
AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

PRESENTADA POR:

MICHAEL ALEX SALAS TORRES

ASESOR:

ING. JAIME AMORÓS DELGADO

Cajamarca, Perú

-2021-

DEDICATORIA

A mis padres José Salas Abanto y Corina Torres Urbina, quienes día a día me impulsan a salir adelante y me brindan su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la fortaleza y perseverancia para realizar este trabajo de investigación.

A mi familia por su motivación y apoyo a lo largo de mi vida universitaria y en la presente investigación.

Al Ing. Jaime Amorós Delgado por haberme brindado su tiempo y apoyo a lo largo de la presente investigación.

A mis amigos, compañeros y personas que contribuyeron de una u otra manera para realizar este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| INDICE DE TABLAS..... | vii |
| INDICE DE FIGURAS | xiii |
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 5 |
| 1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION | 5 |
| 1.4. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION | 6 |
| 1.5. HIPOTESIS | 6 |
| 1.6. OBJETIVOS | 6 |
| 1.6.1. OBJETIVO GENERAL..... | 6 |
| 1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 6 |
| 1.7. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS | 7 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN | 8 |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES..... | 8 |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES..... | 9 |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES | 10 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS..... | 11 |
| 2.2.1. CONCRETO..... | 11 |
| 2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO | 15 |
| 2.2.3. RELACION AGUA – CEMENTO | 27 |
| 2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA | 28 |
| 2.2.5. EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTROL DE LOS ESPECÍMENES..... | 38 |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 40 |
| CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS | 42 |
| 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA | 42 |
| 3.2. CANTERAS..... | 42 |
| 3.2.1. CANTERA MARGARITA | 43 |
| 3.2.2. CANTERA AGUILAR..... | 44 |
| 3.2.3. CANTERA BAZÁN..... | 45 |

| | | |
|---------------------------|---|-----------|
| 3.2.4. | CANTERA BANDA | 46 |
| 3.3. | TIEMPO DE REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 46 |
| 3.4. | METODOLOGIA | 46 |
| 3.4.1. | TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.4.2. | POBLACIÓN DE ESTUDIO..... | 47 |
| 3.4.3. | MUESTRA | 47 |
| 3.4.4. | UNIDAD DE ANÁLISIS..... | 48 |
| 3.4.5. | MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 49 |
| 3.5. | PROCEDIMIENTO..... | 50 |
| 3.5.1. | ELECCIÓN DE LA MUESTRA DE AGREGADOS EN LA CANTERA..... | 50 |
| 3.5.2. | ELECCIÓN DE LA MUESTRA PARA ENSAYOS..... | 50 |
| 3.5.3. | DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS..... | 51 |
| 3.5.4. | DISEÑO DE MEZCLA | 54 |
| 3.5.5. | ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO 56 | |
| 3.5.6. | ENSAYO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO A COMPRESIÓN | 56 |
| 3.6. | TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 58 |
| 3.6.1. | TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 58 |
| 3.6.2. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 58 |
| CAPITULO IV. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 71 |
| 4.1. | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS..... | 71 |
| 4.2. | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA | 72 |
| 4.3. | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO | 72 |
| 4.4. | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO | 73 |
| 4.5. | DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS CONTRASTADOS CON LA HIPÓTESIS..... | 74 |
| CAPITULO IV. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 75 |
| 5.1. | CONCLUSIONES..... | 75 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES | 76 |
| BIBLIOGRAFIA | | 77 |

ANEXOS

| | |
|---|------------|
| ANEXO N°1 | |
| PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA | |
| “MARGARITA” | 80 |
| | |
| ANEXO N°2 | |
| PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA | |
| “AGUILAR” | 92 |
| | |
| ANEXO N°3 | |
| PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA | |
| “BANDA” | 104 |
| | |
| ANEXO N°4 | |
| PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA | |
| “BAZÁN” | 116 |
| | |
| ANEXO N°5 | |
| DISEÑO DE MEZCLA..... | 128 |
| | |
| ANEXO N°6 | |
| RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ASENTAMIENTO | 172 |
| | |
| ANEXO N°7 | |
| RESULTADOS DE LA ROTURA DE ESPECIMENES DE CONCRETO | 173 |
| | |
| ANEXO N°8 | |
| PANEL FOTOGRAFICO..... | 187 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA N° 1: Clases de mezclas según su asentamiento | 14 |
| TABLA N° 2: Límites granulométricos del agregado fino según la NTP 400.037 y la ASTM C33. | 17 |
| TABLA N° 3: Límites granulométricos del agregado fino según la BS 882..... | 18 |
| TABLA N° 4: Granulometría del agregado grueso según la NTP 400.037 y la ASTM C33..... | 19 |
| TABLA N° 5: Coeficiente K según el tipo de agregado..... | 31 |
| TABLA N° 6: Coeficiente B según el tipo el modo de compactación..... | 33 |
| TABLA N° 7: Coeficiente A según el tipo de agregado..... | 33 |
| TABLA N° 8: Índices ponderales para tamices estándar de la ASTM..... | 35 |
| TABLA N° 9: Grado de control de calidad con el coeficiente de variación (v). | 39 |
| TABLA N° 10: Especímenes fabricados por cada cantera y ensayos de asentamiento a realizados..... | 47 |
| TABLA N° 11: Matriz de consistencia..... | 49 |
| TABLA N° 12: Propiedades de los agregados de la cantera "Margarita" | 58 |
| TABLA N° 13: Propiedades de los agregados de la cantera "Aguilar" | 59 |
| TABLA N° 14: Propiedades de los agregados de la cantera "Banda" | 59 |
| TABLA N° 15: Propiedades de los agregados de la cantera "Bazán" | 60 |
| TABLA N° 16: Dosificaciones corregidas por humedad para las diferentes relaciones agua – cemento y agregados de las canteras. | 64 |
| TABLA N° 17: CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°1). | 80 |
| TABLA N° 18: CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°2). | 81 |
| TABLA N° 19: CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°3). | 82 |
| TABLA N° 20: CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°1). | 83 |
| TABLA N° 21: CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°2) | 84 |
| TABLA N° 22: CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°3) | 85 |
| TABLA N° 23: Peso específico del agua | 86 |
| TABLA N° 24: Factor "F" del recipiente del agregado grueso. | 87 |
| TABLA N° 25: CANTERA MARGARITA: Peso unitario suelto del agregado grueso. | 87 |
| TABLA N° 26: CANTERA MARGARITA: Peso unitario compactado del agregado grueso. | 87 |
| TABLA N° 27: Factor "F" de recipiente del agregado fino. | 88 |
| TABLA N° 28: CANTERA MARGARITA: Peso unitario suelto del agregado fino. | 88 |
| TABLA N° 29: CANTERA MARGARITA: Peso unitario compactado del agregado fino. | 88 |
| TABLA N° 30: CANTERA MARGARITA: Peso específico y absorción del agregado grueso. | 89 |

| | |
|--|-----|
| TABLA Nº 31: CANTERA MARGARITA: Peso específico y absorción del agregado fino. | 89 |
| TABLA Nº 32: CANTERA MARGARITA: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado grueso. | 90 |
| TABLA Nº 33: CANTERA MARGARITA: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado fino. | 90 |
| TABLA Nº 34: CANTERA MARGARITA: Resistencia a la abrasión del agregado grueso. | 90 |
| TABLA Nº 35: CANTERA MARGARITA: Contenido de Humedad del agregado grueso. | 91 |
| TABLA Nº 36: CANTERA MARGARITA: Contenido de Humedad del agregado fino. | 91 |
| TABLA Nº 37: CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº1) | 92 |
| TABLA Nº 38: CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº2). | 93 |
| TABLA Nº 39: CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº3). | 94 |
| TABLA Nº 40: CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº1). | 95 |
| TABLA Nº 41: CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº2). | 96 |
| TABLA Nº 42: CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº3). | 97 |
| TABLA Nº 43: Peso específico del agua. | 98 |
| TABLA Nº 44: Factor "F" del recipiente del agregado grueso. | 99 |
| TABLA Nº 45: CANTERA AGUILAR: Peso unitario suelto del agregado grueso. | 99 |
| TABLA Nº 46: CANTERA AGUILAR: Peso unitario compactado del agregado grueso. | 99 |
| TABLA Nº 47: Factor "F" de recipiente del agregado fino. | 100 |
| TABLA Nº 48: CANTERA AGUILAR: Peso unitario suelto del agregado fino. | 100 |
| TABLA Nº 49: CANTERA AGUILAR: Peso unitario compactado del agregado fino. | 100 |
| TABLA Nº 50: CANTERA AGUILAR: Peso específico y absorción del agregado grueso. | 101 |
| TABLA Nº 51: CANTERA AGUILAR: Peso específico y absorción del agregado fino. | 101 |
| TABLA Nº 52: CANTERA AGUILAR: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado grueso. | 102 |
| TABLA Nº 53: CANTERA AGUILAR: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado fino. | 102 |
| TABLA Nº 54: CANTERA AGUILAR: Resistencia a la abrasión del agregado grueso. | 102 |
| TABLA Nº 55: CANTERA AGUILAR: Contenido de Humedad del agregado grueso. | 103 |

| | |
|---|-----|
| TABLA Nº 56: CANTERA AGUILAR: Contenido de Humedad del agregado fino. | 103 |
| TABLA Nº 57: CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº1) | 104 |
| TABLA Nº 58: CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº2). | 105 |
| TABLA Nº 59: CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº3). | 106 |
| TABLA Nº 60: CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº1). | 107 |
| TABLA Nº 61: CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº2). | 108 |
| TABLA Nº 62: CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº3). | 109 |
| TABLA Nº 63: Peso específico del agua | 110 |
| TABLA Nº 64: Factor "F" del recipiente del agregado grueso. | 111 |
| TABLA Nº 65: CANTERA BANDA: Peso unitario suelto del agregado grueso. | 111 |
| TABLA Nº 66: CANTERA BANDA: Peso unitario compactado del agregado grueso. | 111 |
| TABLA Nº 67: Factor "F" de recipiente del agregado fino. | 112 |
| TABLA Nº 68: CANTERA BANDA: Peso unitario suelto del agregado fino... .. | 112 |
| TABLA Nº 69: CANTERA BANDA: Peso unitario compactado del agregado fino. | 112 |
| TABLA Nº 70: CANTERA BANDA: Peso específico y absorción del agregado grueso. | 113 |
| TABLA Nº 71: CANTERA BANDA: Peso específico y absorción del agregado fino. | 113 |
| TABLA Nº 72: CANTERA BANDA: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado grueso..... | 114 |
| TABLA Nº 73: CANTERA BANDA: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado fino..... | 114 |
| TABLA Nº 74: CANTERA BANDA: Resistencia a la abrasión del agregado grueso. | 114 |
| TABLA Nº 75: CANTERA BANDA: Contenido de Humedad del agregado grueso. | 115 |
| TABLA Nº 76: CANTERA BANDA: Contenido de Humedad del agregado fino. | 115 |
| TABLA Nº 77: CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº1). | 116 |
| TABLA Nº 78: CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº2). | 117 |
| TABLA Nº 79: CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº3). | 118 |
| TABLA Nº 80: CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº1). | 119 |
| TABLA Nº 81: CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº2) | 120 |

| | |
|---|-----|
| TABLA Nº 82: CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº3)..... | 121 |
| TABLA Nº 83: Peso específico del agua | 122 |
| TABLA Nº 84: Factor "F" del recipiente del agregado grueso. | 123 |
| TABLA Nº 85: CANTERA BAZÁN: Peso unitario suelto del agregado grueso. | 123 |
| TABLA Nº 86: CANTERA BAZÁN: Peso unitario compactado del agregado grueso. | 123 |
| TABLA Nº 87: Factor "F" de recipiente del agregado fino. | 124 |
| TABLA Nº 88: CANTERA BAZÁN: Peso unitario suelto del agregado fino. ... | 124 |
| TABLA Nº 89: CANTERA BAZÁN: Peso unitario compactado del agregado fino. | 124 |
| TABLA Nº 90: CANTERA BAZÁN: Peso específico y absorción del agregado grueso. | 125 |
| TABLA Nº 91: CANTERA BAZÁN: Peso específico y absorción del agregado fino. | 125 |
| TABLA Nº 92: CANTERA BAZÁN: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado grueso..... | 126 |
| TABLA Nº 93: CANTERA BAZÁN: Materiales más finos que pasan por el tamiz Nº200 del agregado fino..... | 126 |
| TABLA Nº 94: CANTERA BAZÁN: Contenido de Humedad del agregado grueso. | 127 |
| TABLA Nº 95: CANTERA BAZÁN: Contenido de Humedad del agregado fino. | 127 |
| TABLA Nº 96: Índice ponderal del agregado grueso de la cantera margarita. | 131 |
| TABLA Nº 97: Índice ponderal del agregado fino de la cantera margarita. ... | 132 |
| TABLA Nº 98: Índice ponderal del agregado grueso de la cantera Aguilar. ... | 142 |
| TABLA Nº 99: Índice ponderal del agregado fino de la cantera margarita. ... | 143 |
| TABLA Nº 100: Índice ponderal del agregado grueso de la cantera Banda. . | 153 |
| TABLA Nº 101: Índice ponderal del agregado fino de la cantera Banda. | 154 |
| TABLA Nº 102: Índice ponderal del agregado grueso de la cantera Bazán. . | 164 |
| TABLA Nº 103: Índice ponderal del agregado fino de la cantera Bazán | 165 |
| TABLA Nº 104: Asentamiento del concreto con diferentes relaciones agua - cemento y materiales de Cajamarca. | 172 |
| TABLA Nº 105: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 7 días..... | 173 |
| TABLA Nº 106: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 14 días..... | 173 |
| TABLA Nº 107: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 32 días..... | 174 |
| TABLA Nº 108: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 7 días..... | 174 |
| TABLA Nº 109: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 14 días..... | 174 |
| TABLA Nº 110: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 32 días..... | 175 |

| | |
|---|-----|
| TABLA N° 111: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 7 días..... | 175 |
| TABLA N° 112: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 14 días..... | 175 |
| TABLA N° 113: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 32 días..... | 176 |
| TABLA N° 114: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 7 días..... | 176 |
| TABLA N° 115: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 14 días..... | 177 |
| TABLA N° 116: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 28 días..... | 177 |
| TABLA N° 117: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 7 días..... | 177 |
| TABLA N° 118: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 14 días..... | 178 |
| TABLA N° 119: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 28 días..... | 178 |
| TABLA N° 120: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 7 días..... | 178 |
| TABLA N° 121: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 14 días..... | 179 |
| TABLA N° 122: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 28 días..... | 179 |
| TABLA N° 123: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 7 días..... | 180 |
| TABLA N° 124: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 14 días..... | 180 |
| TABLA N° 125: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 28 días..... | 181 |
| TABLA N° 126: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 7 días..... | 181 |
| TABLA N° 127: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 14 días..... | 181 |
| TABLA N° 128: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 28 días..... | 182 |
| TABLA N° 129: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 7 días..... | 182 |
| TABLA N° 130: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 14 días..... | 182 |
| TABLA N° 131: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 28 días..... | 183 |
| TABLA N° 132: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 7 días..... | 183 |
| TABLA N° 133: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 14 días..... | 184 |
| TABLA N° 134: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 28 días..... | 184 |

| | |
|---|-----|
| TABLA N° 135: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 7 días..... | 184 |
| TABLA N° 136: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 14 días..... | 185 |
| TABLA N° 137: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 28 días..... | 185 |
| TABLA N° 138: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 7 días..... | 185 |
| TABLA N° 139: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 14 días..... | 186 |
| TABLA N° 140: Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 28 días..... | 186 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA N° 1: Material de construcción de los 100 edificios más altos del mundo en las últimas décadas. | 3 |
| FIGURA N° 2: Perú: Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores:1993,2007 y 2017 | 4 |
| FIGURA N° 3: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto..... | 11 |
| FIGURA N° 4: Relación entre la dosificación de materiales y las características del concreto..... | 12 |
| FIGURA N° 5: Comparación entre resistencia de siete días y relación agua/cemento para concreto hecho con cemento portland..... | 27 |
| FIGURA N° 6: Sección de una viga en la parte más cargada..... | 30 |
| FIGURA N° 7: Curva granulométrica ideal según Faury | 32 |
| FIGURA N° 8: Ubicación geográfica del lugar de la investigación. | 42 |
| FIGURA N° 9: Ubicación geográfica de la cantera "Margarita" - Chilete..... | 43 |
| FIGURA N° 10: Ubicación geográfica de la cantera "Aguilar" - Baños del Inca | 44 |
| FIGURA N° 11: Ubicación geográfica de la cantera "Bazán" | 45 |
| FIGURA N° 12: Ubicación geográfica de la cantera "Banda"..... | 46 |
| FIGURA N° 13: : Dosificación de las diferentes canteras para una relación A/C de 0.60. | 61 |
| FIGURA N° 14: Dosificación de las diferentes canteras para una relación A/C de 0.55 | 62 |
| FIGURA N° 15: Dosificación de las diferentes canteras para una relación A/C de 0.50. | 63 |
| FIGURA N° 16: Comparación de la trabajabilidad del concreto (pulg) según su relación agua - cemento y materiales de las diferentes cañeras..... | 65 |
| FIGURA N° 17: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Margarita con diferentes relaciones A/C a diferentes edades. | 66 |
| FIGURA N° 18: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Aguilar con diferentes relaciones A/C a diferentes edades. | 67 |
| FIGURA N° 19: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Banda con diferentes relaciones A/C a diferentes edades. | 68 |
| FIGURA N° 20: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Bazán con diferentes relaciones A/C a diferentes edades. | 69 |
| FIGURA N° 21: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para diferentes relaciones A/C y agregados de las canteras de Cajamarca. | 70 |
| FIGURA N° 22 : CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°1). | 81 |
| FIGURA N° 23: CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°2). | 82 |
| FIGURA N° 24: CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°3). | 83 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA Nº 25: CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº1) | 84 |
| FIGURA Nº 26: CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº2) | 85 |
| FIGURA Nº 27: CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº3) | 86 |
| FIGURA Nº 28: CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº1) | 93 |
| FIGURA Nº 29: CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº2). | 94 |
| FIGURA Nº 30: CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº3). | 95 |
| FIGURA Nº 31: CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº1). | 96 |
| FIGURA Nº 32: CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº2). | 97 |
| FIGURA Nº 33: CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº3) | 98 |
| FIGURA Nº 34: CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº1). | 105 |
| FIGURA Nº 35: CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº2). | 106 |
| FIGURA Nº 36: CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº3). | 107 |
| FIGURA Nº 37: CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº1). | 108 |
| FIGURA Nº 38: CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº2). | 109 |
| FIGURA Nº 39: CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº3). | 110 |
| FIGURA Nº 40: CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº1). | 117 |
| FIGURA Nº 41: CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº2). | 118 |
| FIGURA Nº 42: CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº3). | 119 |
| FIGURA Nº 43: CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº1). | 120 |
| FIGURA Nº 44: CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº2). | 121 |
| FIGURA Nº 45: CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº3). | 122 |
| FIGURA Nº 46: Curva granulométrica ideal para la cantera Margarita por el método de Faury. | 129 |
| FIGURA Nº 47: Curva de distribución granulométrica para la cantera margarita para una relación A/C =0.60..... | 133 |
| FIGURA Nº 48: Curva de distribución granulométrica para la cantera margarita para una relación A/C =0.55..... | 134 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA Nº 49: Curva de distribución granulométrica para la cantera margarita para una relación A/C =0.50..... | 135 |
| FIGURA Nº 50: Curva granulométrica ideal para la cantera Aguilar por el método de Faury. | 140 |
| FIGURA Nº 51: Curva de distribución granulométrica para la cantera Aguilar para una relación A/C =0.60..... | 144 |
| FIGURA Nº 52: Curva de distribución granulométrica para la cantera Aguilar para una relación A/C =0.55..... | 145 |
| FIGURA Nº 53: Curva de distribución granulométrica para la cantera Aguilar para una relación A/C =0.50..... | 146 |
| FIGURA Nº 54: Curva granulométrica ideal para la cantera Banda por el método de Faury. | 151 |
| FIGURA Nº 55: Curva de distribución granulométrica para la cantera Banda para una relación A/C =0.60..... | 155 |
| FIGURA Nº 56: Curva de distribución granulométrica para la cantera Banda para una relación A/C =0.55..... | 156 |
| FIGURA Nº 57: Curva de distribución granulométrica para la cantera Banda para una relación A/C =0.50..... | 157 |
| FIGURA Nº 58: Curva granulométrica ideal para la cantera Bazán por el método de Faury. | 162 |
| FIGURA Nº 59: Curva de distribución granulométrica para la cantera Bazán para una relación A/C =0.60..... | 166 |
| FIGURA Nº 60: Curva de distribución granulométrica para la cantera Bazán para una relación A/C =0.55..... | 167 |
| FIGURA Nº 61: Curva de distribución granulométrica para la cantera Bazán para una relación A/C =0.50..... | 168 |
| FIGURA Nº 62: Cantera Margarita – Chilete..... | 187 |
| FIGURA Nº 63: Cantera Aguilar - Baños del Inca..... | 187 |
| FIGURA Nº 64: Cantera Banda – Llacanora..... | 188 |
| FIGURA Nº 65: Cantera Bazán – Cajamarca. | 188 |
| FIGURA Nº 66: Análisis granulométrico de los agregados | 189 |
| FIGURA Nº 67: Peso específico de los agregados..... | 189 |
| FIGURA Nº 68: Peso unitario de los agregados. | 190 |
| FIGURA Nº 69: Desgaste a la abrasión del agregado grueso. | 190 |
| FIGURA Nº 70: Elaboración de especímenes de concreto..... | 191 |
| FIGURA Nº 71: Curado de especímenes de concreto..... | 192 |
| FIGURA Nº 72: Ensayo de asentamiento del concreto..... | 192 |
| FIGURA Nº 73: Ensayo de resistencia a compresión del concreto..... | 193 |

RESUMEN

El concreto es de los materiales de construcción más empleados en todo el mundo, por esto es muy importante conocer los factores que determinan la calidad de este; dentro de estos la relación agua/cemento y las características de los agregados son de vital importancia; así tenemos que, si usamos la misma relación agua/cemento, pero con agregados de diferente procedencia se obtiene concretos de resistencias a compresión distintas. En Cajamarca se tiene canteras cuyos agregados tienen diferentes características; razón por la cual es importantes evaluarlas y caracterizarlas; para ello en la presente investigación se planteó estudiar la resistencia a compresión del concreto en función a la relación agua/cemento utilizando agregados de las canteras de río: Aguilar (Rio Chonta), Margarita (Rio Jequetepeque), Banda (Rio Cajamarquino) y Bazán (Rio Mashcón). En la investigación se ha utilizado tres relaciones agua/cemento 0.60, 0.55 y 0.50; así como se analizaron las propiedades mecánicas de los agregados de las canteras seleccionadas, procediéndose luego a efectuar el diseño de mezcla mediante el método de Faury. Se elaboraron 180 probetas de concreto, 15 por cada relación agua – cemento, con un total de 45 por cada cantera, las cuales fueron ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días. De los ensayos de laboratorio y los resultados obtenidos se concluyó que, para la misma relación agua/cemento el concreto elaborado con agregados de la cantera Margarita tienen mayor resistencia a compresión, frente al concreto elaborado con agregados de las canteras Aguilar, Banda y Bazán, obteniéndose para la cantera Margarita resistencias de 372 kg/cm², 412 kg/cm² y 451 kg/cm² a los 28 días, para relaciones agua – cemento de 0.60, 0.55 y 0.50 respectivamente, superando en un 26.30%, 14.68% y 11.75% a las resistencias obtenidas por los agregados de la cantera Aguilar, y en un 19.48%, 14.10% y 9.86 % a las resistencias obtenidas por los agregados de la cantera la Banda y en un 87.93 %, 77.10 % y 52.71 % a las resistencias obtenidas por los agregados de la cantera Bazán.

Palabras Claves: Concreto, Agregados, Relación agua – cemento, Resistencia a compresión.

ABSTRACT

Concrete is one of the construction materials which are most utilized around the world; therefore, it is so important to know factors which affect the concrete's quality. Those factors are water/cement ratio, and features of aggregates that are of vital importance. This is because, if we manipulate the same water/cement ratio, but with aggregates from different points of supply, we will obtain concretes with different compressive strengths. Cajamarca has quarries whose aggregates have different features, for this reason, it is important that these features must be evaluated and characterized. Therefore, this research's objective is to study the compressive strength of concrete in function water/cement ratio utilizing aggregates from river quarries such as Aguilar (Chonta river), Margarita (Jequetepeque river), La Banda (Cajamarquino River), and Bazan (Mashcon river). In this research, three water/cement ratios 0.60, 0.55, and 0.50 were applied; as well as mechanical properties of aggregates from utilized quarries were analyzed, and finally Faury method for concrete mix design was employed. 180 concrete specimens were made, 15 for each water-cement ratio, and with a total of 45 for each quarry, which were tested at the ages of 7, 14 and 28 days. From the laboratory tests and the results obtained, this research concluded that, for the same water/cement ratio, concrete specimens with aggregates from the Margarita quarry have a higher compressive strength than concrete specimens with aggregates from the Aguilar, Banda, and Bazán quarry. Margarita quarry obtained compressive strengths of 372 kg/cm², 412 kg/cm² and 451 kg/cm² at 28 days, for water/cement ratios of 0.60, 0.55 and 0.50 respectively, exceeding by 26.30%, 14.68%, and 11.75% to the compressive strengths obtained by the aggregates of the Aguilar quarry. Likewise, exceeding by 19.48%, 14.10%, and 9.86% to the compressive strengths obtained by the aggregates of the La Banda quarry. Eventually, exceeding by 87.93%, 77.10% and 52.71% to the compressive strengths obtained by the aggregates of Bazan quarry.

Key words: Concrete, Aggregates, Water - cement ratio, Compressive strength.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hombre a través de los años ha ido empleando diversos materiales de construcción para satisfacer las diferentes necesidades que se le han ido presentando como, vivienda, transporte, infraestructura, etc., pasando por la piedra, madera, acero, concreto, entre otros; sin embargo, de todos estos el concreto en los últimos años se ha convertido en el material de construcción más utilizado en el mundo, como prueba de ello tenemos que, el CTBUH (2019) menciona que en las últimas décadas el concreto se ha ido posicionando como el material de construcción más importante, desplazando al acero, como se puede apreciar en la figura N° 1, donde además podemos ver que en el 87% de los edificios más grandes del mundo se ha empleado el concreto como material de construcción, donde en el 30% el concreto fue el principal componente y en el 57% restante se empleó de manera compuesta.

FIGURA N° 1

Material de construcción de los 100 edificios más altos del mundo en las últimas décadas



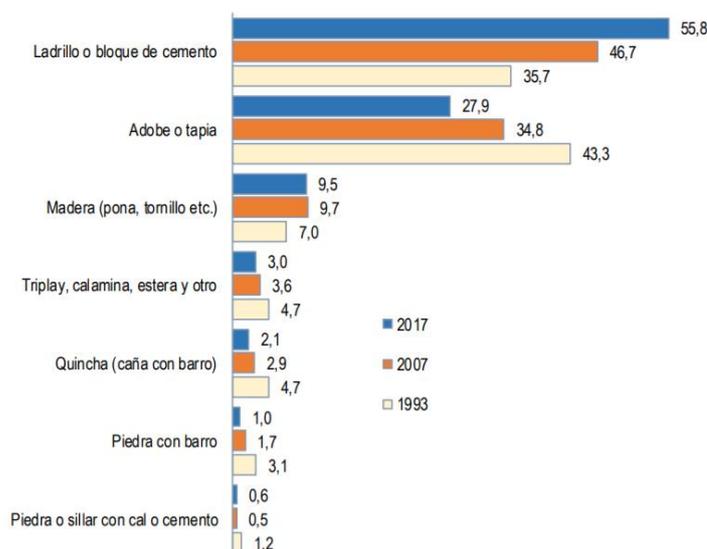
Fuente: CTBUH (2019).

Por su parte la ASOCEM (2017) estima que el consumo mundial de cemento para el año 2018 superó las 4000 Millones de Toneladas, donde China lidera la demanda de cemento con 2,280 Mt en el 2018, alcanzando el 58% de la participación mundial, y siendo el cemento el principal componente para la elaboración de concreto, se podría decir que China es el país que más emplea el concreto para sus construcciones, seguido por La India y U.SA.. Perú ocupa el puesto 35 a nivel mundial, en lo que a consumo de cemento se refiere, por ende, también en el empleo del concreto como material de construcción.

En nuestro país, el INEI (2018) presenta las siguientes estadísticas, en el 2007, en el 46.7% de viviendas en el Perú se empleaba el concreto, 10 años después, en el 2017 este porcentaje aumento hasta el 55.8%, obteniendo un crecimiento con una tasa promedio anual del 3.7 %, esto nos indica que el uso del concreto como material de construcción ha aumentado considerablemente por encima de cualquier otro material, como se puede apreciar en la figura N°2:

FIGURA N° 2

Perú: Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores:1993,2007 y 2017



Fuente: INEI (2018)

En Cajamarca también el INEI (2018) nos indica que en el 2007 se tenía 46967 viviendas donde se había empleado el concreto como material de construcción, lo que representa un 14.4 % del total de viviendas, 10 años después en el 2017, el número de viviendas aumentó a 83632 lo que representa el 22.2% de las viviendas totales, esto quiere decir que el número de viviendas donde se emplea el concreto, en Cajamarca casi se duplico en tan solo 10 años.

Esto nos sirve como referencia para entender que el concreto es ampliamente utilizado para la construcción en el Mundo, en el Perú y en Cajamarca y seguirá siéndolo a lo largo de los años, por ello, es muy importante realizar investigaciones para elaborar un concreto de mejor calidad, que se ajuste a las características y necesidades de cada lugar.

También es necesario enfatizar que para obtener un concreto de buena calidad, hay varias características que debemos cuidar como: la trabajabilidad, la resistencia, la durabilidad, etc.; sin embargo, de todas estas propiedades, es importante resaltar la resistencia a la compresión, ya que en obra es la propiedad que generalmente empleamos para aceptar o rechazar que el concreto posee una calidad adecuada.

Algunos autores como Pasquel (1998); Abanto (2009) ; Rivva (2000) indican que si bien la resistencia depende principalmente de la relación agua – cemento, en ocasiones para una determinada relación agua-cemento se pueden obtener resistencia a la compresión diferentes esto debido a los cambios de la granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez de las partículas del agregado y por ende no se puede ni debe aceptar que el único factor determinante en la resistencia del concreto es la relación agua-cemento, ya que el agregado desempeña un papel fundamental en el comportamiento y propiedades del concreto por lo que es obligatorio conocerlo para obtener un concreto con la calidad y características deseadas. Una prueba de lo indicado es que las tablas dadas por el comité 211 del ACI, que utilizamos para el diseño de concreto generalmente en la práctica no se cumplen, ya que estas fueron elaboradas con agregados de características y propiedades diferentes a los que nosotros tenemos en Cajamarca y por ello es necesario realizar una investigación para reajustar estas tablas a los agregados que poseemos en nuestra zona.

Entonces, considerando que en Cajamarca tenemos diferentes proveedores de agregados como son las canteras: del Gavilán, de Rio Chonta, de Chilete, del Rio Cajamarquino, del Rio Mashcón, entre otras; donde cada una de estas provee materiales con características y propiedades diferentes; por ende, las resistencias obtenidas para cada relación agua-cemento también variara según el material de cada cantera, entonces surge la pregunta ¿Cuál es la relación agua - cemento que debo emplear para obtener cierta resistencia empleando agregados de determinada cantera ?. Buscando responder a esta pregunta se elabora la siguiente tesis, que tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto en función a la relación agua-cemento y agregados de las canteras de Cajamarca.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se puede resumir mediante la siguiente interrogante:

¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto en función a la relación agua - cemento y agregados de las canteras de Cajamarca?

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La resistencia a la compresión es de las propiedades más importantes del concreto y esta depende principalmente de la relación agua – cemento; pero, no podemos pasar por alto que las propiedades y características de los agregados también influyen en esta, sin embargo en Cajamarca a pesar de existir diferentes canteras de las cuales estos se obtienen, no se ha encontrado investigaciones que determinen qué relación agua – cemento es la más adecuada para obtener un concreto con la resistencia requerida, por ello es necesario llevar a cabo esta investigación para determinar cuáles son las relaciones agua-cemento más apropiadas para obtener determinadas resistencias con los agregados de las principales canteras de Cajamarca y de esta manera poder ayudar a que se fabrique un concreto de mayor calidad que nos brinde estructuras más seguras y resistentes.

1.4. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

Las delimitaciones de la presente investigación son las siguientes:

- a. Solo se consideró, el uso de Cemento Pacasmayo Tipo I, ya que es de uso general, y no se cuenta con restricciones o requisitos de propiedades especiales.
- b. También se está considerando las canteras: “Aguilar” (Rio Chonta), “Margarita” (Rio Jequetepeque), “Banda” (Rio Cajamarquino) y “Bazán” (Rio Mashcón).
- c. Se consideró las relaciones agua - cemento de: 0.60, 0.55 y 0.50, donde se esperó tener concretos entre los rangos de 210 kg/cm² a 350 kg/cm², que son las resistencias que más se requieren en obra.

1.5. HIPOTESIS

“La resistencia a la compresión del concreto para una misma relación agua-cemento, será mayor empleando agregados de la cantera Margarita”

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto en función a la relación agua - cemento y agregados de las canteras de Cajamarca.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la resistencia a compresión para cada relación agua – cemento, empleando agregados de las canteras: “Aguilar” (Rio Chonta), “Margarita” (Chilete), “Banda” (Rio Cajamarquino) y “Bazán” (Rio Mashcón).
- Elaborar gráficos de correspondencia entre la resistencia y la relación agua – cemento para los agregados de cada cantera.
- Comparación de las resistencias a compresión obtenidas con los agregados de las diferentes canteras.

1.7. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

A continuación, se describe cada uno del capítulo de la investigación:

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN: En este capítulo se expone: el planeamiento del problema, formulación del problema, hipótesis, justificación de la investigación, alcances y limitaciones de la investigación y los objetivos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO: En este capítulo se desarrolla el material bibliográfico como: investigaciones sobre el tema, conceptos y bases teóricas, además de normas que sirven para la investigación.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS: En este capítulo se indica la ubicación geográfica y el tiempo en el cual se realizó la investigación; así como los materiales que se empleó para la investigación, además, se describe la metodología aplicada para la obtención de los resultados. Finalmente se presenta los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS: En este capítulo se realiza el análisis y discusión de los resultados obtenidos del capítulo anterior, además se explica y discute detalladamente de acuerdo a la hipótesis y objetivos que han sido planteados.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: En este capítulo se finaliza la investigación, presentando las conclusiones de acuerdo a los resultados encontrados y así como también se da las recomendaciones pertinentes a la presente investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En Colombia, Abril & Ramos (2017) en su tesis “Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso”, investigaron cuál es la incidencia que tiene el origen del agregado grueso en la resistencia del concreto cuando completa su tiempo de fraguado (a los 28 días). Para ello emplearon dos canteras cercanas a Bogotá que produjeran agregados para la construcción y tuvieran distinto origen. Para la investigación se empleó una misma dosificación de cemento (351 kg), agregado grueso (1270 kg), agregado fino (980 kg) y agua (198 l) y se fabricó 40 especímenes de concreto, 20 con cada uno de los agregados, de los cuales se escogió 15 de cada grupo y se ensayaron 5 a los 7 días, 5 a los 14 y 5 a los 28 días. Dando como resultado que los especímenes fabricados con agregados con el primer grupo de agregados llegaron a una resistencia a la compresión de 220 kg / cm² a los 28 días, y los especímenes fabricados con el segundo grupo de agregados llegaron a una resistencia a la compresión de 186 kg / cm² a los 28 días. Concluyendo que la resistencia del concreto es afectada cuando se usan agregados gruesos de distinto origen.

Por otra parte, Thulane & Ndlangamandla (2016) en su investigación “El efecto del tamaño del agregado en la resistencia a compresión del concreto”, indican que el agregado es un elemento importante en la mezcla de concreto e influye en la resistencia a la compresión resultante, entonces se realizó una investigación buscando determinar el efecto del tamaño del agregado grueso sobre la resistencia a la compresión del concreto. La investigación tuvo tres tratamientos, que fueron los tamaños de agregado 9,5 mm (3/8”), 13,2 mm (1/2”) y 19,0 mm (3/4”). Se usó una mezcla constante de 1: 2: 4 con una relación agua / cemento de 0.5 durante toda la investigación. Las pruebas que se realizaron incluyeron las pruebas de trabajabilidad y resistencia a la compresión. Se formularon lotes de concreto fresco a partir de cada uno de los tamaños de agregado grueso. Se elaboraron tres especímenes de concreto de cada por cada dosificación y se determinó la resistencia a la compresión después de 7 días de curado. Los resultados reflejaron que la trabajabilidad aumentó al aumentar el tamaño del agregado. El concreto hecho de los tamaños de agregado de 9.5 mm, 13.2 mm y 19.0 mm tenía una trabajabilidad (asentamientos) de 10 mm, 13.5 mm y 20 mm, respectivamente. La resistencia a la compresión media para los 9,5 mm, 13,2 mm y 19 mm fue de 15,34 N / mm²(156 kg/cm²), 18,61 N / mm² (189 kg/cm²) y 19,48 N / mm² (198 kg/cm²), respectivamente. Se concluyó que la resistencia a la compresión media del hormigón aumentó al aumentar el tamaño de los agregados.

Así mismo, Mohammed (2012) en su proyecto de investigación “Efecto del tipo de agregado sobre la resistencia a la compresión del concreto”, indica que para la fabricación de concreto se puede emplear distintos tipos de agregados y esto ocasiona diferentes propiedades en el concreto, incluyendo la resistencia a la compresión. Por ello para su trabajo de investigación empleo 3 tipos de agregados grueso (agregado de cuarcita, agregado de granito y grava de río) y un mismo agregado fino y cemento. Con estos materiales adopto una dosificación de 1:2:4 calculados por el método de volumen absoluto, realizando 75 especímenes de concreto por cada combinación de agregado grueso y estos se ensayaron a los 3, 7, 14, 21 y 28 días. Dando como resultado que el concreto que empleo agregado de cuarcita obtuvo mejores resistencias a la compresión, seguidos por el agregado de grava de río y finalmente el agregado de granito. Concluyendo que el tipo de agregado que se emplea para la fabricación del concreto tiene efecto sobre la resistencia a la compresión de este.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Arrascue (2011) en su tesis: “Determinación de las propiedades físicas de los agregados de tres canteras y su influencia en la resistencia del concreto normal con cemento portland tipo I (Sol)”, propone que, aunque la relación agua/cemento es importante para determinar la resistencia del concreto, factores tales como la compactación, condiciones de curado, tamaño del agregado y sus características minerales, pueden tener también un efecto importante en la resistencia. Para evaluar esto, utiliza agregados de tres canteras de la ciudad de Lima, determinando las propiedades de cada una de ellas y realizando su diseño de mezcla con una relación agua – cemento constante de 0.56 para los tres casos, elaborando 48 especímenes de concreto, 16 con cada cantera, que serán ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días. Obteniendo que la primera cantera dio una resistencia a la compresión de 261 kg/cm² a los 28 días, la segunda cantera dio una resistencia a la compresión de 322 kg/cm² a los 28 días y finalmente la tercera cantera dio una resistencia a la compresión de 269 kg/cm² a los 28 días. Concluyendo que definitivamente las propiedades y características de los agregados, tienen un papel importante en la resistencia del concreto.

Puchuri (2010) en su tesis: “Actualización de la correlación entre la relación agua-cemento y la resistencia a la compresión del concreto usando cemento andino”, plantea el problema de que en el Perú utilizamos las tablas proporcionadas por el Comité 211 del ACI, sin embargo estas en la práctica no cumplen con la resistencia previamente establecida y es necesario realizar un ajuste, por ende realizo el estudio de la relación – agua cemento, con agregados de la Ciudad de Lima y Cemento Andino Tipo I, para relaciones agua – cemento de 0.4 a 0.7, donde concluyo que las relaciones aguas – cemento para determinadas resistencias a la compresión propuestas por el comité 211 del ACI, eran diferentes a las que el obtuvo empleando los materiales de la zona.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Entre las investigaciones realizadas en Cajamarca, tomando como fuente a la Universidad Nacional de Cajamarca, no se ha encontrado investigaciones que se centren directamente en el tema de investigación, solo existen investigaciones donde se ha empleado los agregados propuestos en esta investigación, en donde podemos ver que la relación agua - cemento dado por el comité 211 del ACI, no nos da la resistencia prevista debiéndose realizar los ajustes correspondientes, como en:

Chávez (2014) en su tesis: “Resistencia a la compresión de un concreto con adición de limaduras de hierro fundido”, empleó el cemento Pacasmayo Tipo I y Agregados del Rio Cajamarquino.

Incio (2015) en su tesis: "Influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto, usando Cemento Portland Tipo 1 y Agregados de Río; en la ciudad de Cajamarca”, en sus especímenes patrón empleo el cemento Pacasmayo Tipo I y Agregados del Rio Chonta.

Tejada (2016) en su tesis: “Efectividad del curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado”, empleo el cemento Pacasmayo Tipo I y Agregados del Rio Mashcón.

Zorrilla (2018) en su tesis: “Estudio de la influencia del curado acelerado del concreto para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”, empleo el cemento Pacasmayo Tipo I y Agregados de la cantera de Chilete.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONCRETO.

2.2.1.1 Definición

Entre las definiciones formales encontradas en normas nacionales como internacional, tenemos:

El ACI (2014) define al concreto como una, mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo.

Por su parte la NTP 339.047 (2006) indica que el concreto es una mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos.

Mientras que el RNE E0.60 (2006) señala qué es una mezcla constituida por cemento, agregados, agua y eventualmente aditivos, en proporciones adecuadas para obtener las propiedades prefijadas.

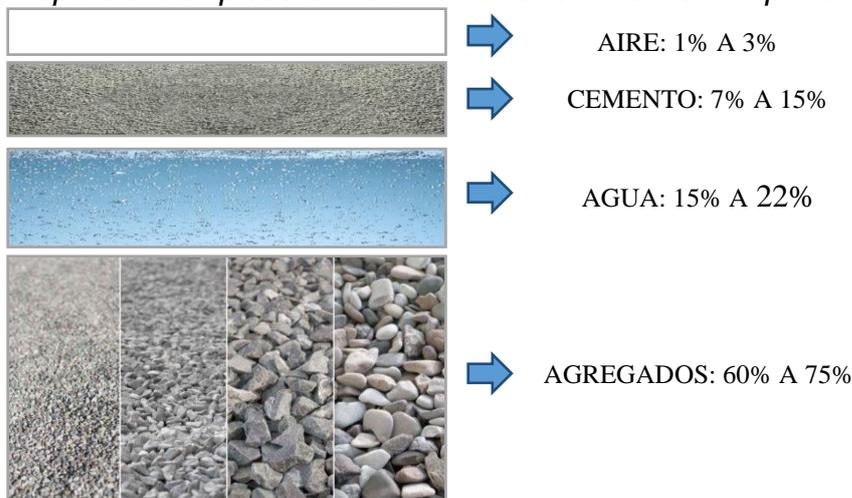
2.2.1.2 Componentes

Pasquel (1998) indica que la Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si analizamos la Figura N°3 en que se presentan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto, concluiremos en que el cemento es el ingrediente activo que interviene en menor proporción, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento.

FIGURA N° 3

Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto



Fuente: Tópicos de Tecnología del concreto en el Perú. (Pasquel, 1998)

2.2.1.3 Características de un buen concreto

Portugal (2007) considera que un buen concreto debe cumplir con las siguientes características para asegurar una buena calidad.

1. Facilidad de colocación
2. Compactación sin segregación.
3. Propiedades mecánicas a largo plazo.
4. Resistencia iniciales.
5. Permeabilidad.
6. Densidad.
7. Estabilidad volumétrica.
8. Gran periodo de vida de servicio en un medioambiente severo.

Las características mencionadas anteriormente, deben darse a partir de una buena dosificación de materiales, ya que existe una estrecha relación entre la dosificación de los materiales y las características del concreto, las cuales Portugal (2007), las resume en la figura N° 4.

FIGURA N° 4

Relación entre la dosificación de materiales y las características del concreto



Fuente: Tecnología del concreto de alto desempeño. (Portugal, 2007).

2.2.1.4 Propiedades

Sánchez (1997) indica que la propiedad que generalmente se controla es la resistencia a la compresión, debido a que es muy fácil de evaluar y en la mayoría de los casos es suficiente para garantizar un buen comportamiento estructural. Sin embargo, no podemos obviar que existen otras propiedades que debe ser controladas para optimizar procesos constructivos y mejorar su vida útil.

Estas propiedades se presentan en estado fresco o endurecido, presentando determinadas características las cuales nos indicaran el desempeño que tendrá el concreto.

2.2.1.4.1. Propiedades del concreto fresco

A. Trabajabilidad

Pasquel (1998) define a la trabajabilidad por la mayor o menor dificultad que el concreto tiene para el mezclado, transporte, colocación y compactación, además indica que su evaluación es relativa, ya que depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, es por ello que un concreto puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta como tal si dichas condiciones cambian.

Por su parte Sánchez (1997) indica que la trabajabilidad es capacidad que tiene el concreto para ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca segregación alguna. Y que esta trabajabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y la consistencia o movilidad.

A.1 Factores que afectan la trabajabilidad

Sánchez (1997) señala que la trabajabilidad está influenciada principalmente por el contenido de agua de mezclado, contenido de aire, propiedades de los agregados, relación pasta / agregado y condiciones climáticas.

- **Contenido de agua de mezclado:** El agua de mezclado representa aproximadamente el 15% del volumen total del concreto del cual únicamente el 5% es para hidratarlo y el 10 % restante es el agua evaporable. Esta última es el principal factor que afecta la manejabilidad, ya que en la medida que se incrementa su contenido aumenta la fluidez y permite una mayor lubricación de los agregados. (Sánchez, 1997)
- **Contenido de aire:** El contenido de aire naturalmente atrapado e incorporado intencionalmente, produce disminución en los requerimientos de agua del concreto para una misma manejabilidad, al igual que un aumento en las condiciones de cohesión. (Sánchez, 1997)
- **Propiedades de los agregados:** Las propiedades físicas de los agregados afectan las características en estado fresco: el tamaño máximo, forma y textura d las partículas, densidad, absorción, contenido de finos y materia orgánica. (Sánchez, 1997)

La gradación y forma de las partículas de los agregados influyen en buena proporción para obtener concreto fresco trabajable. La cantidad de agua necesaria para unas condiciones específicas de trabajabilidad, depende del tamaño máximo del agregado grueso y de la forma, textura y distribución granulométrica de las partículas del agregado fino. (Sánchez, 1997)

- **Relación pasta / agregado:** La cantidad de pasta está relacionada con el área superficial de los agregados, ya que su función en estado fresco es actuar como lubricante y producir concretos trabajables. En términos generales a mayor relación pasta / agregado se incrementa la cohesividad del concreto, sin embargo, no debe ser tan alta porque se puede presentar segregación. (Sánchez, 1997)
- **Condiciones Climáticas:** El viento, el sol temperatura y humedad ambiental, afectan la manejabilidad del concreto debido a que pueden producir: pérdidas de agua por evaporación, cambios en la temperatura interna del concreto por intercambio de calor, cambios volumétricos y modificación en los tiempos de fraguado. (Sánchez, 1997)

A.2 Ensayos para determinar la trabajabilidad

La trabajabilidad usualmente es juzgada por examen visual y manipulación del concreto con herramientas, sin embargo, se han desarrollado algunos ensayos con los cuales se puede determinar la trabajabilidad el concreto entre estos tenemos: El ensayo de asentamiento, Ensayo de remoldeo, Ensayo con la bola de Kelly y El factor de compactación. (Sánchez, 1997)

✓ ENSAYO DE ASENTAMIENTO

El ensayo de asentamiento esta normalizado por la NTP 339.035 (1999) - CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland o la ASTM C143 (2020) - Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico.

A.3 Clases de mezclas según su asentamiento

Abanto (2009) nos presenta la siguiente tabla que nos muestra la relación entre la consistencia, el asentamiento y la trabajabilidad.

TABLA Nº 1

Clases de mezclas según su asentamiento

| CONSISTENCIA | SLUMP | TRABAJABILIDAD | METODO DE COMPACTACION |
|-----------------|---------|-----------------|---------------------------|
| Seca | 0" a 2" | Poco trabajable | Vibración normal |
| Plástica | 3" a 4" | Trabajable | Vibración ligera chuseado |
| Fluida | > 5" | Muy trabajable | Chuseado |

Fuente: Tecnología del concreto. (Abanto, 2009).

2.2.1.4.2. Propiedades del concreto endurecido

A. Resistencia

Rivva (2013) define a la resistencia del concreto como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Ya que el concreto generalmente está destinado a soportar esfuerzos de compresión, es así que la resistencia a dichos esfuerzos es la que se usa como indicador de su calidad.

Por otro lado, Pasquel (1998) señala que la resistencia viene a ser la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, teniendo el concreto un mejor comportamiento de compresión en comparación a la tracción, esto debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento, además se añade que esta depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. Además, existen otros factores que determinan las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, a esto debemos sumarle otros elementos como el tipo de cemento y la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

✓ ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

El ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto está normalizado por la NTP 339.034 (2008) – “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas” y ASTM C39 (2017) – “Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto”.

2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.2.1 CEMENTO

2.2.2.1.1. Definición

Rivva (2000) define como cemento a los materiales pulverizados que, al adicionarles una cantidad proporcionada de agua, forman una pasta conglomerante que se puede endurecer tanto en el aire como en el agua, formando compuestos estables. Las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos no están incluidas en esta definición.

2.2.2.1.2. Cemento Portland

La NTP 339.047 (2006) define al cemento portland como un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

2.2.2.1.3. Tipos de Cemento Portland

Rivva (2000) indica que todos los cementos empleados en el Perú son cementos portland los mismos que se fabrican de acuerdo a la Norma ASTM C150; o aunque también existen cementos combinados, los cuales cumplen con la Norma ASTM C595.

De acuerdo a lo establecido en ASTM C150 (2007), hay cinco tipos de cementos portland normal que pueden ser clasificados como estándar y cuya fabricación está determinada por requisitos específicos.

En el Perú la norma que establece los requerimientos para los cementos Portland es la NTP 334.009 (2005) – “CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos”.

2.2.2.2 AGREGADOS

2.2.2.2.1. Definición

La NTP 339.047 (2006) indica que el agregado es el conjunto de partículas pétreas estas pueden ser de origen natural o artificial, además de que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.037.

2.2.2.2.2. Agregado Grueso

La norma NTP 339.047 (2006) define como agregado grueso al material retenido por el tamiz normalizado N° 4 (4.75 mm), el cual cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037, así mismo este puede provenir de la desagregación natural de la roca.

Mientras que Rivva (2000) indica que el agregado grueso puede contener grava natural o triturada, piedra partida, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o también una combinación de ellos. Este preferentemente debe estar conformado por partículas angulares o semiangulares, duras, resistentes, compactas, limpias, de textura rugosa y libres de material escamoso o partículas blandas.

2.2.2.2.3. Agregado Fino

La NTP 339.047 (2006) define al agregado fino como el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial de rocas, que pasa el tamiz normalizado de 3/8 pulg (9.5 mm) y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037.

Por su parte Rivva (2000) indica que este agregado está constituido de arena natural o manufacturada, así como también de una combinación de ambas. Además, las partículas que lo componen deben estar limpias libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto, así como preferentemente deben ser perfil angular; duras; compactas y resistentes.

2.2.2.2.4. Propiedades de los agregados

2.2.2.2.4.1 GRANULOMETRÍA

La NTP 339.047 (2006) indica que la granulometría representa la distribución de los tamaños que posee el agregado y que la NTP 400.012 establece el procedimiento para su determinación mediante el método del tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados.

Mientras que Rivva (2000) indica que la granulometría es de suma importancia en el volumen de la mezcla ya que una granulometría adecuada para los agregados fino y grueso permite obtener en las mezclas una adecuada densidad, trabajabilidad con las características deseadas tanto del concreto fresco como endurecido.

Determinación de la granulometría

La NTP 400.012 (2001) – “AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”, y la ASTM C136 (2019) – “Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos”; establecen el procedimiento para el análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Los agregados analizados bajo la NTP 400.012 (2001) deberán cumplir con las especificaciones que establece la NTP 400.037 (2014) – “AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto” o la ASTM C33 (2018) – “Especificaciones normalizadas para agregados para concreto, que se muestran en la tabla N°2”:

TABLA N° 2

Limites granulométricos del agregado fino establecidos en la NTP 400.037 y la ASTM C33

| Tamiz | % que pasa |
|-------------------|------------|
| 9.5 mm (3/8 pulg) | 100 |
| 4.75 mm (No. 4) | 95 a 100 |
| 2.36 mm (No. 8) | 80 a 100 |
| 1.18 mm (No. 16) | 50 a 85 |
| 600 µm (No. 30) | 25 a 60 |
| 300 µm (No. 50) | 50 a 30 |
| 150 µm (No. 100) | 0 a 10 |

Fuente: (NTP 400.037, 2014) / (ASTM C33, 2018)

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes.

Por otra parte, la norma BS 882 (1992) – “Agregados de fuentes naturales para concreto”, clasifica al agregado fino en: Grueso (C), Mediano (M) y Fino (F), dando los límites para cada uno de estos, los cuales se muestran en la tabla N°3:

TABLA N° 3

Límites granulométricos del agregado fino según la BS 882

| Abertura del tamiz | Porcentaje que pasa por el tamiz | | | |
|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|
| | Límites Generales | Límites adicionales para clasificar | | |
| | | C | M | F |
| 10.00 mm | 100 | - | - | - |
| 5.00 mm | 89 a 100 | - | - | - |
| 2.36 mm | 60 a 100 | 60 a 100 | 65 a 100 | 80 a 100 |
| 1.18 mm | 30 a 100 | 30 a 90 | 45 a 100 | 70 a 100 |
| 600 µm | 15 a 100 | 15 a 54 | 25 a 80 | 55 a 100 |
| 300 µm | 5 a 70 | 5 a 40 | 5 a 48 | 5 a 70 |
| 150 µm | 0 a 15 | - | - | - |

Fuente: (BS 882, 1992)

Los requerimientos para el agregado grueso se dan en la siguiente tabla:

TABLA N° 4

Granulometría del agregado grueso según la NTP 400.037 y la ASTM C33

| Número de Tamaño | Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) | Cantidades más finas que pasan por un tamiz (abertura cuadrada) en porcentaje en masa | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|---|----------------|---------------|----------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | | 100 mm (4 in) | 90 mm (3½ in.) | 75 mm (3 in.) | 63 mm (2½ in.) | 50 mm (2 in.) | 37.5 mm (1½ in.) | 25.0 mm (1 in.) | 19.0 mm (¾ in.) | 12.5 mm (½ in.) | 9.5 mm (3/8 in.) | 4.75 mm (N°4) | 2.36 mm (N° 8) | 1.18 mm (N°16) | 300 um (N°50) |
| 1 | 90 a 37.5 mm (3½ a 1½ in.) | 100 | 90 a 100 | .... | 25 a 60 | .... | 0 a 15 | .... | 0 a 5 | .... | .... | .... | .... | .... |  |
| 2 | 63 a 37.5 mm (2½ a 1½ in.) | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | .... | 0 a 5 | .... | .... | .... | .... | .... |  |
| 3 | 50 a 25.0 mm (2 a 1 in) | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | .... | 0 a 5 | .... | .... | .... | .... |  |
| 357 | 50 a 4.75 mm (2 in. A N°4) | .... | .... | .... | 100 | 95 a 100 | .... | 35 a 70 | .... | .... | .... | 0 a 5 | .... | .... |  |
| 4 | 37.5 a 19.0mm (1½ to ¾ in.) | .... | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | .... | 0 a 5 | .... | .... | .... |  |
| 467 | 37.5 a 4.75 mm (1½ A N° 4) | .... | .... | .... | .... | 100 | 95 a 100 | .... | 35 a 70 | .... | 10 a 30 | .... | .... | .... |  |
| 5 | 25.0 a 9.5 mm (1 a ½ in.) | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | .... | .... | .... |  |
| 56 | 25.0 a 4.75 mm (1 a ¾ in.) | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | .... | .... |  |
| 57 | 25.0 a 4.75 mm (1 in. A N°4) | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 95 a 100 | .... | 25 a 60 | .... | 0 a 10 | 0 a 5 | .... |  |
| 6 | 19.0 a 9.5 mm (¾ in a 3/8 in.) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | .... | .... |  |
| 67 | 19.0 a 4.75 mm (¾ in a N°4) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | .... | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | .... |  |
| 7 | 12.5 a 4.75 mm (½ in. A N°4) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | .... |  |
| 8 | 9.5 a 2.36 mm (3/8 in a N°8) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | |
| 89 | 9.5 a 1.18 mm (3/8 in a N°16) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | |
| g ^A | 4.75 a 1.18 mm (N°4 a N° 16) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | |

^AEl Agregado de número de tamaño 9 está definido en la norma terminología NTG/ASTM C 125 como un agregado fino. Esta incluido como un agregado grueso cuando está combinado con un material de número de tamaño 8 para crear un número de tamaño 89, que es un agregado grueso según está definido por la norma Terminología NTG/ASTM C 125.

Fuente: (NTP 400.037, 2014) / (ASTM C33, 2018)

2.2.2.2.4.2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

La NTP 339.047 (2006) indica que el tamaño máximo nominal es el correspondiente al menor tamiz de la serie que produce el primer retenido.

2.2.2.2.4.3 MÓDULO DE FINURA

La NTP 339.047 (2006) indica que el módulo de finura es el factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificado y dividido por 100.

Por su parte Rivva (2000) indica que el módulo de fineza usualmente se determina para el agregado fino, pero el conocimiento del módulo de fineza del agregado grueso puede ser necesario para la aplicación de algunos métodos de diseño de mezclas.

Así mismo Rivva (2000) agrega que puede obtenerse el mismo módulo de finura con diferentes granulometrías por lo que éste no debe emplearse para definir la granulometría de un agregado.

Mientras que Pasquel (1998) señala que la base experimental que apoya el concepto de Módulo de fineza es que granulometrías que tengan igual M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia.

Determinación del módulo de finura

La NTP 400.012 (2001), indica que el módulo de fineza se calcula a partir de los resultados del análisis granulométrico, sumando los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100; y dividiendo finalmente dicha suma entre 100.

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100} \quad (1)$$

2.2.2.2.4.4 PESO UNITARIO

La NTP 400.017 (2011) define al peso unitario como el peso por unidad de volumen, aunque generalmente se usa el término densidad de masa.

La densidad de masa es la masa de una unidad de volumen de la masa del agregado, en la que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresado en kg/m³.

Además, Rivva (2000) señala que el peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica;

- Su granulometría;
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad;
- Su grado de compactación de masa.

Determinación del peso unitario

Las Normas NTP 400.017 (2011) y ASTM C29 (2017) establecen la metodología para su determinación, la cual se expresada en la siguientes formulas:

PESO ESPECÍFICO DEL AGUA

$$P = \frac{M2 - M1}{V} \quad (2)$$

En donde:

P = peso específico del agua, kg/m³

M2 = masa de la fiola llenado de agua hasta la marca de calibración, kg

M1 = masa de la fiola vacía, kg

V = Volumen de la fiola, m³

FACTOR DEL RECIPIENTE

$$F = \frac{P}{W - M} \quad (3)$$

En donde:

P = peso específico del agua, kg/m³

W = masa del recipiente lleno de agua, kg

M = masa del recipiente vacío, kg

F = Factor para el recipiente, 1/m³

PESO UNITARIO

$$PU = \frac{G - M}{F} \quad (4)$$

En donde:

G = masa del recipiente lleno con el agregado, kg

PU = peso específico del agregado, kg/m³.

2.2.2.2.4.5 PESO ESPECIFICO

La NTP 400.021 (2002) define al peso específico como la relación de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material y la masa del mismo volumen de agua, a una temperatura estable. Los valores son adimensionales.

Se considera tres formas de expresión de la gravedad específica:

- A. Peso Específico de masa:** definido como la relación de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura estable. (NTP 400.021, 2002)
- B. Peso Específico de masa saturado superficialmente seco:** definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables. (NTP 400.021, 2002)
- C. Peso Específico Aparente:** definido como la relación, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura estable. (NTP 400.021, 2002)

Los pesos específicos bajos generalmente indican un material poroso, absorbente y débil. Los altos generalmente indican buena calidad, pero en ambos casos, siempre no es seguro salvo que se confirme por otros medios. (Rivva, 2000)

Determinación del peso específico

Las normas NTP 400.021 (2002) y ASTM C127 (2018) establecen la metodología para determinar el peso específico para el agregado grueso, siendo expresadas por las siguientes fórmulas:

PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO FINO

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \quad (5)$$

PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO DEL AGREGADO FINO

$$P_{esss} = \frac{500}{(V - V_a)} \quad (6)$$

PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO FINO

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \quad (7)$$

En donde:

W_o = peso en el aire de la muestra seca en el horno, gramos

V = volumen de la fiola en cm^3

V_a = masa (g) o volumen (cm^3) del agua añadida a la fiola.

Las normas NTP 400.022 (2013) y ASTM C128 (2015) establecen el procedimiento para determinar el peso específico para el agregado fino, siendo expresadas por las siguientes fórmulas:

PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO GRUESO

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100 \quad (8)$$

PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO DEL AGREGADO GRUESO

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} \times 100 \quad (9)$$

PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO GRUESO

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100 \quad (10)$$

En donde:

A = peso de la muestra seca en el aire, gramos

B = peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

C = peso en el agua de la muestra saturada.

2.2.2.2.4.6 ABSORCIÓN

La NTP 400.021 (2002) define a la absorción como la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

Este fenómeno se produce por capilaridad, y no se llegan a llenar totalmente los poros del agregado ya que siempre queda aire atrapado. Además, esta propiedad es importante ya que se refleja en el concreto reduciendo el agua de

mezcla, teniendo influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es importante considerar realizar las correcciones necesarias. (Pasquel, 1998).

Determinación del peso específico

Las normas NTP 400.021 (2002) y ASTM C127 (2018) establecen el procedimiento para determinar el peso específico para el agregado grueso y para su determinación, siendo expresada por la siguiente fórmula:

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

$$Ab (\%) = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (11)$$

En donde:

W_0 = peso en el aire de la muestra seca en el horno, gramos

Las normas NTP 400.022 (2013) y ASTM C128 (2015) establecen el procedimiento para determinar el peso específico para el agregado fino, siendo expresada por la siguiente fórmula:

ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

$$Ab (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (12)$$

En donde:

A = peso de la muestra seca en el aire, gramos

B = peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

2.2.2.2.4.7 CONTENIDO DE HUMEDAD

Pasquel (1998) señala que el contenido de humedad es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

El contenido de humedad es una característica importante en los agregados ya que esta puede incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones necesarias durante el proporcionamiento de mezclas, a fin de que se pueda obtener las características deseadas. (Pasquel, 1998).

Determinación del contenido de humedad

Las normas NTP 339.185 (2013) y ASTM C566 (2019) establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$P(\%) = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad (13)$$

En donde:

P (%) = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W = masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = masa de la muestra seca en gramos.

2.2.2.2.4.8 ABRASIÓN O DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO

Rivva (2000) define a la abrasión como la resistencia de un agregado a la erosión, abrasión o al desgaste. Siendo mejores agregados para el concreto los que están constituidos por cuarzo y/o la cuarcita, así como las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

Para determinar la dureza de un agregado se hace a través a un proceso de desgaste por abrasión. El ensayo más empleado para realizar este procedimiento es el conocido como el Método de Los Ángeles, realizado de acuerdo con lo especificado en la Normas NTP 400.019 o la ASTM C 131. Este método combina procesos de desgaste por abrasión y frotamiento. (Rivva, 2000)

Determinación del desgaste a la abrasión

Las normas NTP 400.019 (2002) y ASTM C131 (2020) establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$De (\%) = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \quad (14)$$

En donde:

De (%) = Porcentaje de desgaste.

W_o = peso original de muestra, en gramos.

W_f = peso final de la muestra, en gramos.

2.2.2.2.4.9 MATERIALES MÁS FINOS POR LAVADO DE AGREGADOS

Rivva (2000) indica que la arcilla y el limo son los considerados materiales finos los cuales se presentan recubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena. Para el primer caso estos materiales finos afectan la adherencia del agregado y la pasta; en el segundo caso, incrementan los requerimientos de agua de mezcla. En tal sentido un porcentaje conveniente de elementos finos

llega a beneficiar la trabajabilidad del concreto, por el contrario, un porcentaje excesivo de materiales finos afecta la resistencia del concreto.

Mientras que, Pasquel (1998) señala que el porcentaje de finos es impórtate en la adherencia entre el agregado y la pasta, la cual afecta la resistencia. Así mismo indica que, las mezclas con una cantidad considerable de finos requieren una mayor cantidad de agua, por lo que es preferible limitarlos entre el 3% al 5%, aunque en ciertas ocasiones valores de hasta del 7% no necesariamente causarán un daño considerable que no pueda compensarse mejorando el diseño de mezcla, para lo cual puede reducirse la relación Agua/Cemento y/o mejorado la granulometría de los agregados.

Determinación del porcentaje de finos

Las normas NTP 400.018 (2002) y ASTM C117 (2017), establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente formula:

$$A = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \quad (15)$$

En donde:

A = porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N°200) por vía húmeda

P1 = peso seco de la muestra original, gramos

P2 = peso seco de la muestra ensayada, gramos

2.2.2.3 AGUA DE MEZCLA

El agua de mezcla es el agua presente en la mezcla de concreto, la cual reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- a. La formación de gel
- b. Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:
 - ✓ En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma; y
 - ✓ En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozca que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que no todas las aguas que son adecuadas para beber serán adecuadas para el mezclado y que, igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inadecuadas para la fabricación de concreto. En general, el agua de mezclado debe estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares.

El agua que será empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Normas NTP 339.088 o ASTM C1602 y de preferencia, ser potable.
(Rivva, 2000)

2.2.3. RELACIÓN AGUA – CEMENTO

2.2.3.1 Definición

El ACI (2014) define a la relación agua – cemento, como la relación entre la masa de agua, excluyendo la absorbida por el agregado, y la masa de materiales cementantes en una mezcla, que es expresada como un decimal.

Mientras que, la Norma NTP 339.047 (2006) señala que es la relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto.

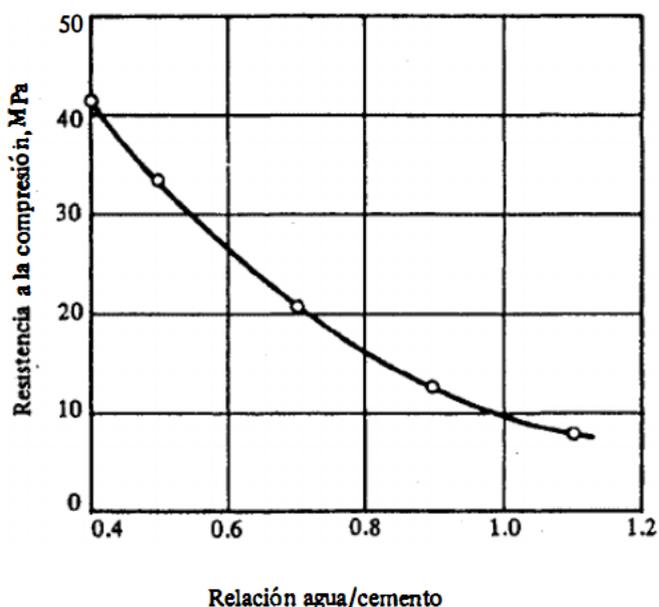
Por otro lado, Abanto (2009) indica que es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. La relación agua - cemento, afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.

2.2.3.2 Relación entre la relación a/c y la resistencia

En la Figura Nº 5, se muestra la gráfica de la resistencia contra la relación agua – cemento, se aproxima a una hipérbola. Esto se aplica al concreto hecho con cualquier tipo dado de agregado y a cualquier edad dada.

FIGURA Nº 5

Comparación entre resistencia de siete días y relación agua/cemento para concreto hecho con cemento portland



Fuente: *Tecnología del concreto.* (Neville, 2013).

Sánchez (2001) indica que debido a que los diferentes agregados y cementos producen generalmente resistencias distintas con la misma relación agua – cemento, es necesario desarrollar la correspondencia entre la resistencia y la relación agua – cemento de los materiales que se usaran en un proyecto. Para obtener una gráfica como la mostrada en la figura N°6, con materiales específicos.

2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA

Pasquel (1998) señala que el diseño de mezclas de concreto, viene a ser la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre los materiales que la componen y la interacción entre ellos, para lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

Además, también Pasquel (1998) indica que es usual suponer que esta técnica consiste en la aplicación sistemática de ciertas tablas y proporciones ya establecidas que satisfacen prácticamente todas las situaciones normales en las obras, lo cual está muy alejado de la realidad, ya que es en esta etapa del proceso constructivo cuando resulta primordial la labor creativa del responsable de dicho trabajo y en consecuencia el criterio personal.

Por su parte Abanto (2009) indica que será útil la siguiente información para un buen diseño de mezcla:

- ✓ Análisis Granulométrico del Agregado fino y grueso.
- ✓ Peso unitario del agregado grueso.
- ✓ Peso específico de masa, porcentajes de absorción y humedad: de los agregados a utilizarse.
- ✓ Tipo y marca del cemento Portland escogido.
- ✓ Peso específico del cemento Portland
- ✓ Requerimientos de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles.
- ✓ Relaciones entre la resistencia y la relación agua cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregados.

2.2.4.1 MÉTODO DE FAURY:

Giraldo (1987) indica que este método se basa en el estudio de la composición del concreto realizado por Caquot. En él, Faury propone una nueva ley granulométrica de tipo continuo que depende de la raíz quinta del tamaño del agregado ($\sqrt[5]{d}$). Su campo de aplicación es de concretos ya sea en masa o armados, así como también en estructuras prefabricadas.

Por su parte Zabaleta (1988) señala que este método se fundamenta en principios granulométricos para determinar las cantidades de los materiales que permiten otorgar a un determinado concreto las características previstas. Además, este método introduce parámetros que permiten definir con mayor precisión las condiciones previstas para el concreto que se dosifica, y la posibilidad de tantos áridos como se desee. Su mayor inconveniente proviene de la mayor complejidad

de las operaciones de cálculo, aspecto que actualmente resulta fácil de superar mediante el empleo de computadoras para su ejecución.

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO:

PASO 1: DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Autores como Pasquel (1998); Abanto (2009); Rivva (2000) indican que antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, las características que debe tener el concreto que queremos obtener, entre las más importantes tenemos:

- Resistencia Requerida
- Consistencia (Asentamiento)

PASO 2: DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Pasquel (1998); Abanto (2009); Rivva (2000), también indican que es necesario conocer algunas propiedades de los materiales que van a intervenir en el diseño de mezcla, entre las más importantes están:

- Del Cemento:
 - ✓ Tipo
 - ✓ Peso específico
- Del Agregado Fino:
 - ✓ Peso específico de masa
 - ✓ Absorción
 - ✓ Contenido de Humedad
 - ✓ Módulo de fineza
- Del Agregado Grueso:
 - ✓ Perfil angular
 - ✓ Tamaño máximo nominal
 - ✓ Peso seco compactado
 - ✓ Peso específico de masa
 - ✓ Absorción
 - ✓ Contenido de Humedad
 - ✓ Módulo de fineza
- Del Agua
 - ✓ Procedencia.
 - ✓ Otras Propiedades.

PASO 3: DETERMINAR EL TAMAÑO MÁXIMO

Giraldo (1987) indica que según Faury el tamaño máximo representa la menor abertura del tamiz por el cual pasa todo el agregado, se calcula de la siguiente manera:

$$D = d_1 + (d_1 + d_2) * \frac{x}{y} \quad (16)$$

Donde:

D: Tamaño máximo del agregado.

d₁: La abertura del primer tamiz de mayor a menor en donde se retiene agregado.

d₂: Tamiz inmediatamente inferior a d₁.

X: Peso del agregado retenido en d₁.

Y: Peso del agregado retenido en d₂ y que pasa d₁.

PASO 4: DETERMINAR EL EFECTO DE PARED.

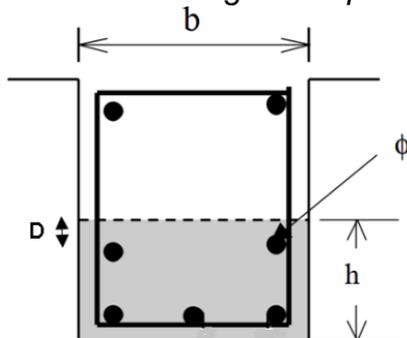
Para la determinación del tamaño máximo, el método de Faury se basa en el criterio denominado efecto de pared, desarrollado por el investigador francés Caquot, el cual cuantifica el efecto que una superficie dura ejerce sobre la porosidad de un material granular en la zona adyacente a ella. (Videla, s.f.).

La aplicación de este criterio al efecto de pared derivado de la presencia de moldes y aceros presentes en todo el elemento de concreto es usado por Faury para determinar el tamaño máximo del árido más grueso contenido en el concreto. Para este objeto se define el Radio medio del encofrado (R), como se indica a continuación. (Videla, s.f.).

$$R = \frac{\text{Volumen del elemento}}{\text{Superficie (Molde + Armadura)}} \quad (17)$$

FIGURA N° 6

Sección de una viga en la parte más cargada



Fuente: Dosificación de Hormigones (Videla, s.f.).

$$R = \frac{b * h * \text{largo} - \text{Vol. de los aceros}}{b + 2h + \text{Superficie de los aceros}} \quad (18)$$

Giraldo (1987) indica que conocido el Radio medio del encofrado “R” y el tamaño máximo del agregado “D”, se puede hallar la relación “D/R” conocida como el efecto de pared. Por lo general Faury recomienda elegir gravas con un D/R se

encuentren entre $0.8 < D/R < 1.0$. Esto significa que en el concreto armado de deberían usar gravas entre $\frac{3}{4}$ " y 1". Además, señala que cuando el hormigón se coloca en estructuras masivas se puede asumir un "R/D" = 0.

PASO 5: DETERMINAR LA FLUIDEZ.

Videla (s.f.), señala que la fluidez queda establecida en el método de Faury a través de la fijación del contenido de huecos, que, al ser llenados por el agua de mezcla, determinara estas características del concreto.

La expresión para determinar el porcentaje unitario de huecos es el siguiente:

$$V_H = \frac{K}{\sqrt[5]{D}} + \frac{K'}{\frac{R}{D} - 0.75} \quad (19)$$

Donde:

D = Tamaño máximo del agregado en mm.

K = Coeficiente que depende de la consistencia de la mezcla, de la potencia de compactación y de la naturaleza de los agregados, estos valores se muestran en la tabla N° 5.

K' = Coeficiente que depende de la potencia de compactación, siendo igual a 0.003 para compactación normal y 0.002 para alta compactación.

TABLA N° 5

Coeficiente K según el tipo de agregado

| Asentamiento | Condiciones de colocación del hormigón en obra | Valores de K según el tipo de agregado | | |
|--------------|--|--|---------------|------------------------|
| | | Aluvial o Redondeados | Mixtos | Triturados o angulares |
| >120 | Consistencia muy fluida, sin compactación | ≥ 0.370 | ≥ 0.405 | ≥ 0.450 |
| 50 – 120 | Consistencia blanda, compactación media | 0.350 – 0.370 | 0.375 – 0.405 | 0.430 – 0.460 |
| 20 – 50 | Consistencia seca alta compactación | 0.330 – 0.350 | 0.350 – 0.385 | 0.400 – 0.430 |
| 0 – 20 | Consistencia de tierra húmeda, compactación muy potente | 0.250 – 0.330 | 0.330 – 0.350 | 0.350 – 0.370 |
| - | Consistencia extra – seca, compactación excepcionalmente potente | ≤ 0.250 | ≤ 0.330 | ≤ 0.350 |

Nota: Para agregados de forma y granulometría aceptable, se recomienda usar el valor mínimo del rango.

Fuente: *Dosificación de mezclas de Hormigón (Giraldo, 1987)*.

TABLA N° 6*Coefficiente B según el tipo el modo de compactación*

| Compactación del hormigón | Valor de B |
|---------------------------|------------|
| Vibración normal | 1.5 |
| Vibración potente | 1.0 |

*Fuente: Dosificación de mezclas de Hormigón (Giraldo, 1987).***TABLA N° 7***Coefficiente A según el tipo de agregado*

| Condiciones en la colocación del hormigón en obra | Asentamiento (mm) | Valores de A según el tipo de agregado | | |
|--|-------------------|--|---------|----------------------|
| | | Aluvial o redondeado | Mixtos | Triturados o angular |
| Consistencia muy fluida, se colocará sin compactar | >150 | ≥32 | ≥34 | ≥38 |
| Consistencia fluida, se colocará con baja compactación | 100 – 150 | 30 – 30 | 32 – 34 | 36 – 38 |
| Consistencia blanda, compactación media | 50 – 100 | 28 – 30 | 30 – 32 | 34 – 36 |
| Consistencia muy seca, alta compactación | 20 – 50 | 26 – 28 | 28 – 30 | 32 – 34 |
| Consistencia muy seca, compactación potente. | 5 – 20 | 24 – 26 | 26 – 28 | 30 – 32 |
| Consistencia de tierra húmeda, compactación muy potente | 0 | 22 – 24 | 24 – 26 | 28 – 30 |
| Compactación excepcionalmente potente | | ≥22 | ≥24 | ≥28 |

*Fuente: Dosificación de mezclas de Hormigón (Giraldo, 1987).***PASO 7: DETERMINAR LA RELACIÓN A/C.**

Giraldo (1987) indica que para determinar la relación A/C se procede de igual manera al método del ACI, sin embargo, para esta investigación se está considerando las relaciones A/C de 0.60, 0.55 y 0.50.

PASO 8: DETERMINAR LA CANTIDAD DE LOS MATERIALES.

- **CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA:**

Giraldo (1987) señala que multiplicando el volumen de huecos por 1000 tendremos el peso de agua por metro cubico de concreto. Si el hormigón es con aire incluido al volumen de huecos se le restara el volumen de aire incluido para obtener la cantidad de agua.

$$\text{Peso del agua} = A = 1000 * (V_H - V_a) \quad (21)$$

Si el volumen de V_a es 0, entonces:

$$A = 1000 * V_H \quad (22)$$

• **CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO:**

Como ya conocemos la relación “A/C” y la cantidad de agua entonces el contenido de cemento será:

$$\text{Cemento} = \frac{A}{A/C} \quad (23)$$

(Giraldo, 1987) indica que, para conocer el porcentaje en volumen absoluto de cemento con respecto al volumen absoluto de los sólidos en el hormigón, utilizaremos la siguiente expresión:

$$c = \frac{C}{\rho_c} * \frac{1}{1 - V_H} \quad (24)$$

Donde:

c: % en volumen absoluto de cemento respecto al volumen total de materiales sólidos en el hormigón.

C: Peso de cemento por m³ de concreto

Pc: Peso específico del cemento

V_H: Volumen de huecos.

• **CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS:**

Videla (s.f.) indica que para la determinación de la cantidad de los agregados debe efectuarse estableciendo proporciones para cada uno de ellos, de manera tal que la curva granulométrica total obtenida mezclándolos en dichas proporciones logre el mejor ajuste posible a la curva ideal obtenida. Para esto Faury ha propuesto un sistema denominado de los Índices Ponderales, el cual permite obtener este ajuste óptimo tomando en cuenta la diferente importancia granulométrica de las partículas componentes en función a su tamaño.

Giraldo (2006), muestra que los valores de I_p pueden obtenerse con las siguientes ecuaciones:

$$X = \frac{\text{Ln}(L_s) + \text{Ln}(L_i) + 4.605}{2.773} \quad (25)$$

Luego “x” se reemplaza en las siguientes expresiones según el valor de “x”:

$$I_p = -0.0165 * x^2 - 0.0637 * x + 0.828 ; \quad \text{si } x \leq 1.4 \quad (26)$$

$$I_p = 0.1753 * x^3 - 1.1618 * x^2 + 2.1948 * x - 0.5727 ; \quad \text{si } 1.4 < x \leq 2.16 \quad (27)$$

$$I_p = -0.0019 * x^3 + 0.0479 * x^2 - 0.421 * x - 1.1636 ; \quad \text{si } 1.4 < x \leq 2.16 \quad (28)$$

Además, Videla (s.f.) agrega que su aplicación debe tener en consideración que un árido está compuesto de partículas de diferente tamaño en proporciones que se determinan mediante su análisis granulométrico efectuado empleando una serie normalizada de mallas. Por este motivo, se asigna a las partículas comprendidas entre dos mallas sucesivas el valor promedio definido por el gráfico antes mencionado.

En la tabla siguiente se indican dichos Índices Ponderales para los tamaños de partículas correspondientes a una granulometría efectuada por la serie normal ASTM que, como se ha dicho anteriormente, es la más utilizada en nuestro país.

TABLA Nº 8

Índices ponderales para tamices estándar de la ASTM

| | TAMIZ | Ip |
|-------------|--------------|-----------|
| 3" | 75 (mm) | 0.038 |
| 2" | 50 (mm) | 0.054 |
| 1 ½" | 40 (mm) | 0.087 |
| 1" | 25 (mm) | 0.119 |
| ¾" | 20 (mm) | 0.152 |
| ½" | 12.5 (mm) | 0.189 |
| 3/8" | 10 (mm) | 0.246 |
| #4 | 5 (mm) | 0.34 |
| #8 | 2.5 (mm) | 0.496 |
| #16 | 1.25 (mm) | 0.664 |
| #30 | 0.63 (mm) | 0.73 |
| #50 | 0.315 (mm) | 0.774 |
| #100 | 0.16 (mm) | 0.995 |

Fuente: Dosificación de Hormigones (Videla, s.f.).

En la tabla Nº 8 el Índice Ponderal ha sido calculado para las partículas de tamaño comprendido entre dos mallas sucesivas de la serie y anotado frente a la malla de tamaño superior.

Los valores señalados permiten definir el Índice Ponderal del Árido, calculado como la suma de los productos de los porcentajes granulométricos comprendidos entre dos mallas sucesivas por el Índice Ponderal correspondiente a las aberturas de los tamices relacionados con cada porcentaje granulométrico. (Videla, s.f.)

A su vez, es posible calcular el Índice Ponderal del Árido Combinado, determinado mediante la suma de los productos de los Índices Ponderales de los Áridos por determinados porcentajes de mezcla de dichos áridos para obtener una curva granulométrica combinada total. (Videla, s.f.)

Este mismo procedimiento es posible aplicarlo a la Curva Ideal, considerando los porcentajes granulométricos que ella define. Sobre las bases enunciadas, el Método establece que los porcentajes óptimos de combinación de los áridos se obtienen cuando el Índice Ponderal del Árido Combinado es igual al de la Curva Ideal. (Videla, s.f.)

Giraldo (2006), indica que, si para el hormigón se ha previsto el empleo de dos áridos, uno grueso y otro fino, los porcentajes óptimos de combinación se obtienen resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$c + f + g = 1 \quad (29)$$

$$c * I + f * I_f + g * I_g = I_i \quad (30)$$

Donde:

c, f y g: Porcentajes de volumen absoluto de cemento, árido fino y árido grueso respectivamente. Estos porcentajes deben expresarse en proporción del volumen absoluto total de sólidos, puesto que así está definida la Curva Ideal.
Ic, If, Ig: Índices Ponderales del cemento, árido fino y árido grueso. El correspondiente. Al cemento debe considerarse igual a 1.
Ii: Índice Ponderal de la Curva Ideal total

También Giraldo (2006), muestra que Los Índices ponderales de los agregados pueden calcularse por la ecuación:

$$I_{pi} = \sum_{j=0.075}^{TM} \frac{P_{j-1}}{100} * I_{p j-1} \quad (31)$$

Así mismo Giraldo (2006), señala que el índice ponderal de la curva ideal total estará dada por la ecuación:

$$I_i = \frac{Y}{100} * I_{R1} + \left(1 - \frac{Y}{100}\right) * I_{R2} \quad (32)$$

Además, Giraldo (2006), muestra que los valores del I_{R1} también pueden obtenerse con la siguiente ecuación:

$$I_{R1} = -0.0002 * (LN(d))^5 + 0.0015 * (LN(d))^4 - 0.0018 * (LN(d))^3 - 0.0151 * (LN(d))^2 - 0.0637 * LN(d) + 0.861 \quad (33)$$

Finalmente, Videla (s.f.) indica que una vez determinados los porcentajes óptimos de combinación de los agregados y, a partir de ellos, las cantidades por metro cubico correspondiente a cada uno de ellos, las cantidades por metro cubico correspondientes a cada uno de los agregados se calcula de acuerdo a la siguiente expresión general:

$$A_i = 1000 * (1 - h) * a_i * p_i \quad (34)$$

Donde:

A_i: Cantidad del agregado i en kg/m³

a_i: porcentaje del agregado i.

p_i: densidad real del agregado i.

PASO 9: VALORES DE DISEÑO

En este paso se presenta las cantidades de materiales calculadas a partir de los pasos anterior, a ser empleados como valores de diseño:

- ✓ Cemento
- ✓ Agua de diseño
- ✓ Agregado Fino Seco
- ✓ Agregado Grueso Seco

PASO 10: CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Rivva (2000) indica el procedimiento para la corrección por humedad de los agregados para lo cual se procede de la siguiente manera:

Primero calculamos el peso húmedo de los agregados:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = \text{Peso Seco del A. F} * (1 + P\% \text{ del A. F}) \quad (35)$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = \text{Peso Seco del A. F} * (1 + P\% \text{ del A. G}) \quad (36)$$

Luego calculamos la humedad superficial de los agregados:

$$\text{Humedad Superficial del A. F} = P \% \text{ del A. F} - A_b \% \text{ del A. F} \quad (37)$$

$$\text{Humedad Superficial del A. G} = P \% \text{ del A. G} - A_b \% \text{ del A. G} \quad (38)$$

Después calculamos los aportes de humedad de los agregados:

$$\text{Aporte de Humedad A. F} = \text{Peso Seco del A. F} * \text{Humedad Superficial A. F} \quad (39)$$

$$\text{Aporte de Humedad A. G} = \text{Peso Seco del A. G} * \text{Humedad Superficial A. G} \quad (40)$$

Entonces:

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = \text{Aporte de Humedad del (A. F + A. G)} \quad (41)$$

Luego calculamos el agua efectiva:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de Humedad del Agregado} \quad (42)$$

Finalmente, los pesos de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto ya corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las muestras de prueba serán:

- ✓ Cemento
- ✓ Agua Efectiva
- ✓ Agregado Fino Húmedo
- ✓ Agregado Grueso Húmedo

PASO 11: PROPORCIÓN EN PESO

Para calcular la proporción en peso dividimos el peso de cada uno de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto, entre el peso del cemento. (Rivva, 2000).

2.2.5. EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTROL DE LOS ESPECÍMENES

Abanto (2009) indica que todos los datos que se obtienen de ensayos están sujetos a variaciones, para gran número de datos existen ciertas medidas que indican la uniformidad del producto que se está ensayando y el cuidado con el que se ha hecho los ensayos.

La medida más común de la tendencia central de un conjunto de datos es el promedio, y las más comunes de grado de uniformidad son la desviación estándar y el coeficiente de variación.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)

Abanto (2009) indica que la desviación estándar se utiliza para evaluar la dispersión de datos respecto al promedio y la forma de cálculo depende del

número de muestras que se tenga en cuenta para la ejecución del control de calidad de la producción; es así que:

- Para un numero de muestras menores a 30:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (43)$$

- Para un numero de muestras mayores a 30:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} \quad (44)$$

Donde:

X: Resistencia a la compresión de la muestra

\bar{X} : Resistencia a la compresión promedio

n: Numero de muestras

La desviación estándar tiene las mismas unidades que los valores originales.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN (v):

Abanto (2009) indica que el coeficiente de variación es el resultado de dividir la desviación estándar entre la resistencia promedio.

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (45)$$

El coeficiente de variación es adimensional y se expresa generalmente en porcentaje. Y los valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación (v), se muestra en la tabla N° 9.

TABLA N° 9

Grado de control de calidad con el coeficiente de variación (v)

| GRADO DE CONTROL | COEFICIENTE DE VARIACION (v) |
|------------------------|------------------------------|
| Ensayos de laboratorio | 5% |
| Excelente en obra | 10% a 12% |
| Bueno | 15% |
| Regular | 18% |
| Inferior | 20% |
| Malo | 25% |

Fuente: Tecnología del concreto. (Abanto, 2009).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Agua de mezclado: Es definida como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto. (Portugal, 2007).

Agregado Fino: Es el agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la degradación natural o artificial, que pasa por el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la N.T.P 400.037. (NTP 339.047, 2006)

Agregado Grueso: Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N°4) que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. (NTP 339.047, 2006)

Aire atrapado: Burbujas de aire que están presentes en la pasta como resultado de las operaciones propias del proceso de fabricación del concreto. En los concretos siempre hay un porcentaje de aire atrapado el cual depende del aporte de los materiales, las condiciones de operación y la granulometría y tamaño máximo del agregado. (Rivva, 2013).

Cemento Portland: Es un Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y una adición durante la molienda. (NTP 339.047, 2006)

Concreto: Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto simple, comúnmente se usan como medio aglomerante el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (NTP 339.047, 2006)

Dosificación: Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. (NTP 339.047, 2006)

Ensayo de compresión diametral: Ensayo de tracción por hendimiento, que consiste en romper un cilindro de hormigón (concreto), del tipo normalizado para ensayo de compresión, entre los cabezales de una prensa según generatrices opuestas. (NTP 339.047, 2006)

Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su determinación mediante el tamizado, obteniendo la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. (NTP 339.047, 2006)

Módulo de finura: Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. (NTP 339.047, 2006)

Relación agua – cemento: Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto. (NTP 339.047, 2006)

Resistencia: Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. (Pasquel Carbajal, 1998).

Tamaño máximo: Es el correspondiente al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso. (NTP 339.047, 2006)

Tamaño máximo nominal: Es el correspondiente al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (NTP 339.047, 2006)

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

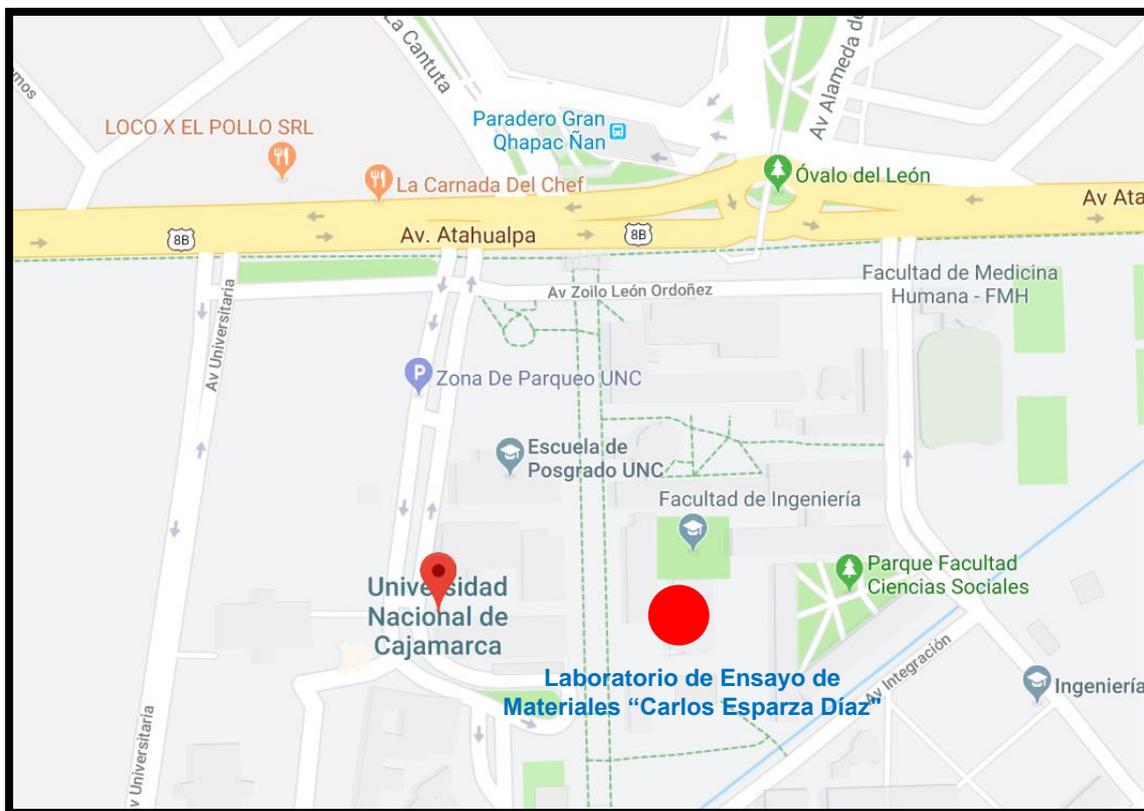
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

| | |
|---------------------|-------------|
| País | : Perú |
| Departamento | : Cajamarca |
| Provincia | : Cajamarca |
| Distrito | : Cajamarca |

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” en el edificio 1 C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la Av. Atahualpa N°1050.

FIGURA N° 8

Ubicación geográfica del lugar de la investigación



Fuente: Google Maps

3.2. CANTERAS

Para la presente investigación se empleó agregados de 4 canteras: “Aguilar” (Río Chonta), “Margarita” (Chilete), “Banda” (Río Cajamarquino) y “Bazán” (Río Mashcón), estas fueron escogidas por las siguientes razones:

- Las canteras elegidas ofrecen agregados de río, los cuales son de mejor calidad que los agregados de cerro y por ende son los más idóneos para la fabricación del concreto.

- Tomando como base las principales investigaciones que existen en la Universidad Nacional de Cajamarca, se está haciendo uso de aquellas canteras de las cuales se tenga antecedentes que no cumplen con las tablas del comité del ACI 211, por ende, es necesario realizar una investigación para hacer un reajuste de estas.

3.2.1. CANTERA MARGARITA

Los agregados de esta cantera se encuentran de forma dispersa a lo largo del río Jequetepeque, luego son extraídos desde los márgenes del río mediante el uso de maquinaria pesada, para ser transportados a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados.

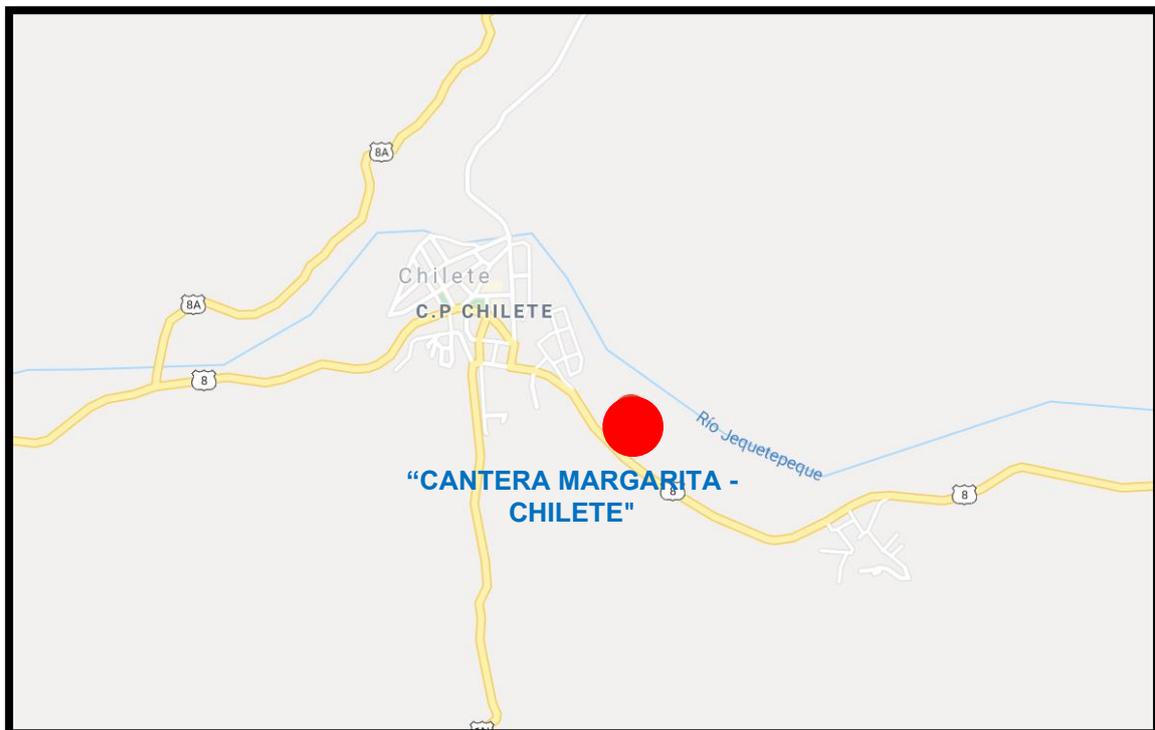
UBICACIÓN

Esta cantera está ubicada en el Km. 90 de la Carretera Cajamarca – Ciudad de Dios (Chilete), en las siguientes coordenadas:

- ✓ **Coordenada Norte: 9200754.43 S**
- ✓ **Coordenada Este : 739093.6 E**
- ✓ **Zona: 17S**

FIGURA Nº 9

Ubicación geográfica de la cantera "Margarita" – Chilete



Fuente: Google Maps

3.2.2. CANTERA AGUILAR

Los agregados de esta cantera, son extraídos del Río Chonta. Los materiales son extraídos con maquinaria pesada de los márgenes del río utilizando cargadores frontales y se transportan hacia la cantera a través de volquetes, luego son lavados, triturados y tamizados para su venta. El material es triturado y separado a través de la maquinaria, aquí se hace una clasificación en TMN de 1/2" y 3/4" para su posterior despacho.

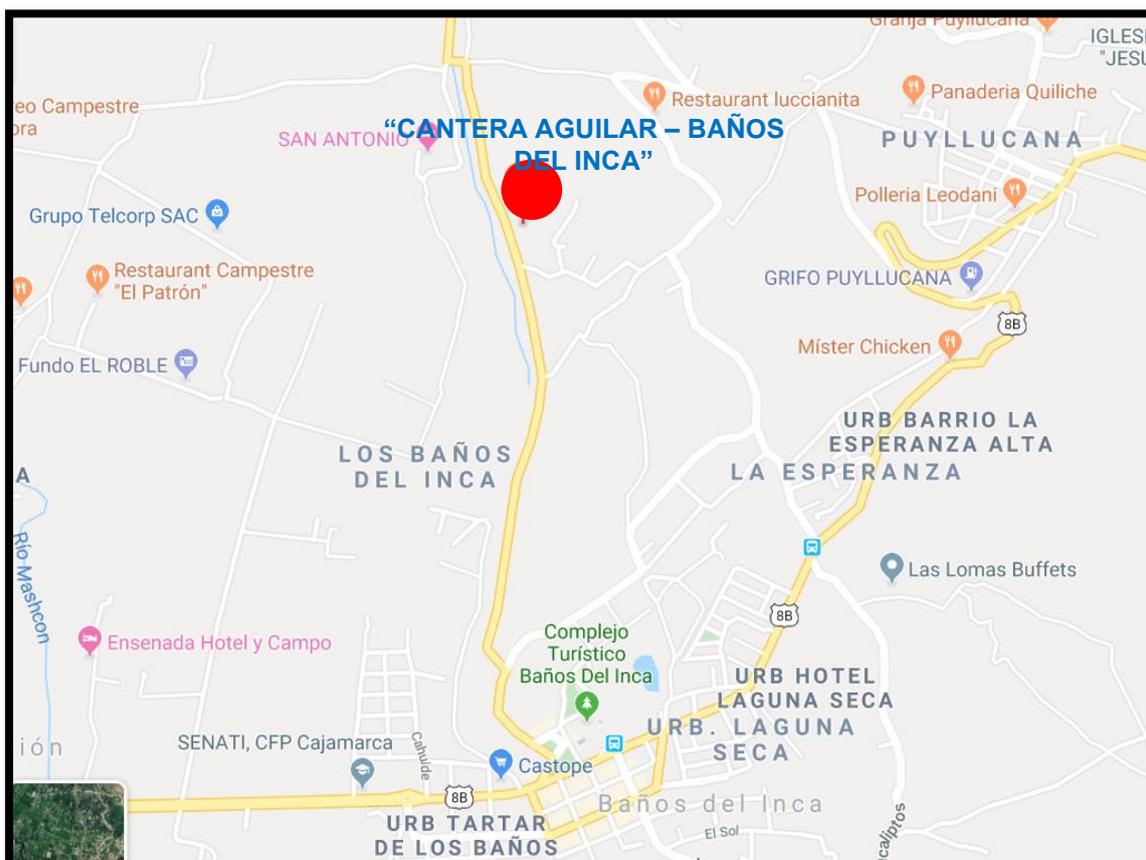
UBICACIÓN

Esta cantera está ubicada a orillas del río Chonta en el distrito de Baños del Inca, en las siguientes coordenadas:

- ✓ **Coordenada Norte: 9208914.9 S**
- ✓ **Coordenada Este : 779893.07 E**
- ✓ **Zona: 17 S**

FIGURA Nº 10

Ubicación geográfica de la cantera "Aguilar" - Baños del Inca



Fuente: Google Maps

3.2.3. CANTERA BAZÁN

Los agregados de esta cantera son extraídos del río Mashcón para producción de agregados mediante chancado, los depósitos de esta cantera son formados por el acarreamiento del río y son depositados en las riberas de los ríos, formando terrazas fluviales. El material extraído es grava bien gradada con arena, gris húmedo, homogéneo, baja plasticidad, cantos redondeados a sub angulosos.

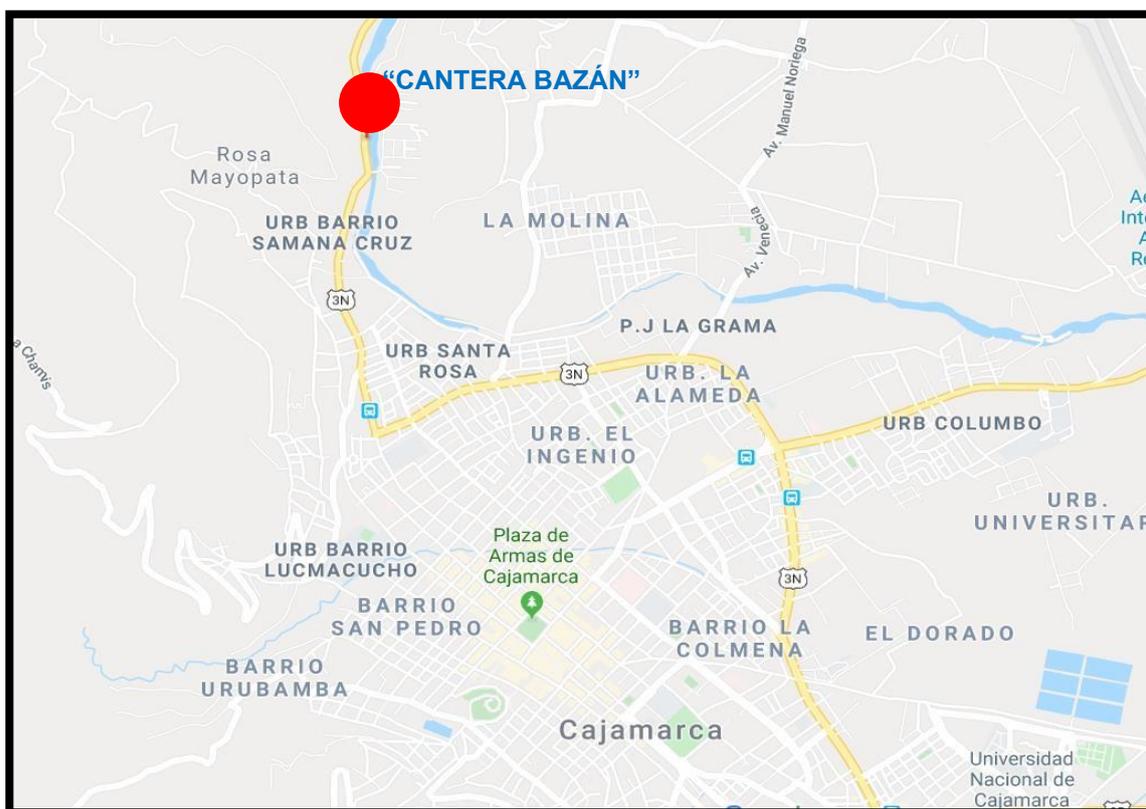
UBICACIÓN

Esta cantera está ubicada en el Km 03+000 de la carretera Cajamarca – San Pablo, en las siguientes coordenadas:

- ✓ **Coordenada Norte: 9210593.30 S**
- ✓ **Coordenada Este : 773425.19 E**
- ✓ **Zona: 17S**

FIGURA N° 11

Ubicación geográfica de la cantera "Bazán"



Fuente: Google Maps

3.2.4. CANTERA BANDA

Los agregados de esta cantera se encuentran de forma dispersa a lo largo del río Cajamarquino, luego son extraídos desde los márgenes del río mediante el uso de maquinaria pesada, para ser transportados a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados.

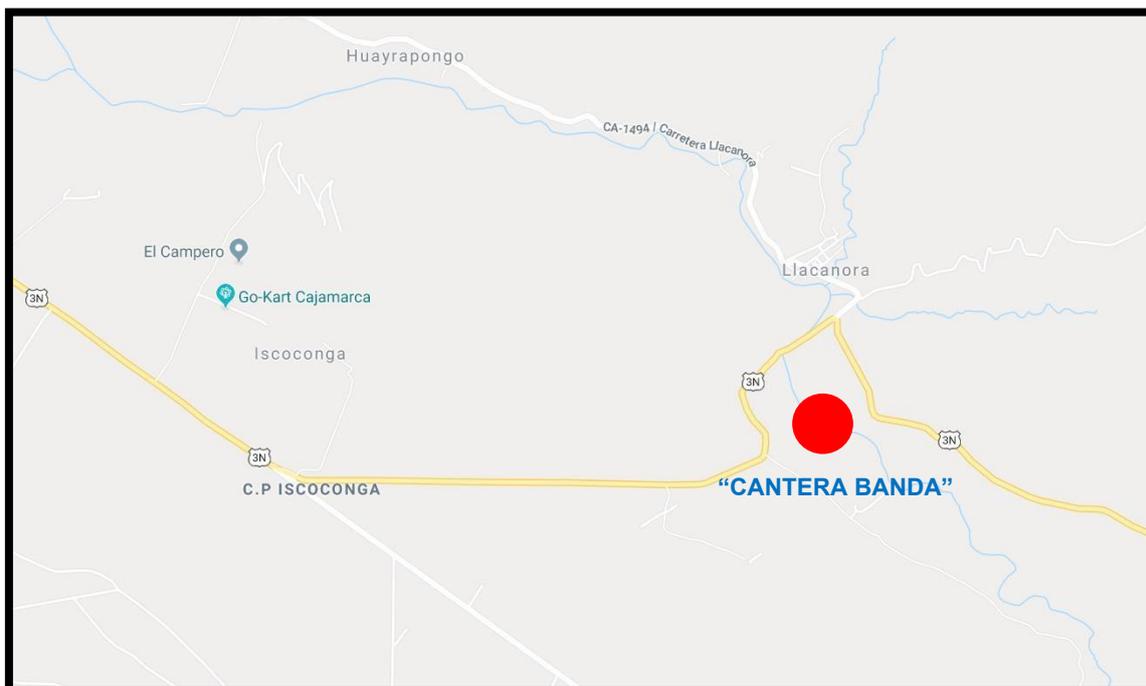
UBICACIÓN

Esta cantera está ubicada en el distrito de LLacanora, en las siguientes coordenadas:

- ✓ **Coordenada Norte: 9203065.34 S**
- ✓ **Coordenada Este : 784256.72 E**
- ✓ **Zona: 17S**

FIGURA N° 12

Ubicación geográfica de la cantera "Banda"



Fuente: Google Maps

3.3. TIEMPO DE REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó desde el mes de agosto del 2019 hasta el mes de enero del 2020.

3.4. METODOLOGIA

La investigación consistió en encontrar la resistencia a la compresión, para cada relación agua – cemento, para cada una de las canteras seleccionadas.

3.4.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| TIPO | Aplicada |
| NIVEL | Correlacional |
| DISEÑO | Experimental y Comparativo |
| MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN | Cuantitativa |

3.4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

- La población de estudio fue el Concreto con una relación agua - cemento de 0.60, 0.55 y 0.50.

3.4.3. MUESTRA

- La muestra de estudio estuvo conformada por 180 especímenes de concreto.
- De estos 180 especímenes, 45 fueron elaborados con agregados de la “Cantera Margarita”, considerando esta como la muestra patrón, elaborando 15 especímenes por cada relación agua - cemento, de estos 15 especímenes fueron ensayados a compresión de la siguiente manera: 5 a la edad de 7 días, 5 a los 14 días y los últimos 5 a los 28 días
- Los 135 especímenes restantes fueron fabricados con agregados de las canteras Aguilar, Banda y Bazán, 45 especímenes por cada cantera de estudio, 15 por cada relación agua - cemento, de estos 15 especímenes fueron ensayados a compresión de la siguiente manera: 5 a la edad de 7 días, 5 a los 14 días y los últimos 5 a los 28 días.
- La distribución de los especímenes de concreto se muestra en la tabla N° 10.

TABLA N° 10

Especímenes fabricados por cada cantera y ensayos de asentamiento a realizados

| CANTERA | RELACIÓN A/C | EDADES | | | SUB TOTAL | TOTAL | ENSAYO DE ASENTAMIENTO |
|-----------|--------------|--------|---------|---------|-----------|-------|------------------------|
| | | 7 DIAS | 14 DIAS | 28 DIAS | | | |
| MARGARITA | 0.6 | 5 | 5 | 5 | 15 | 45 | 3 |
| | 0.55 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |
| | 0.5 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |
| AGUILAR | 0.6 | 5 | 5 | 5 | 15 | 45 | 3 |
| | 0.55 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |
| | 0.5 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |
| BANDA | 0.6 | 5 | 5 | 5 | 15 | 45 | 3 |
| | 0.55 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |
| | 0.5 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |
| BAZÁN | 0.6 | 5 | 5 | 5 | 15 | 45 | 3 |
| | 0.55 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |
| | 0.5 | 5 | 5 | 5 | 15 | | 3 |

| | | |
|--------------|-----|----|
| TOTAL | 180 | 36 |
|--------------|-----|----|

- El criterio adoptado para determinar la muestra de estudio fue optar por considerar un muestreo no probabilístico por conveniencia ya que elaborar un mayor número de especímenes al realizado demandaría un mayor tiempo y costo de elaboración del presente estudio.

3.4.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

- Espécimen de concreto.

3.4.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TABLA Nº 11

Matriz de consistencia

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN FUNCIÓN A LA RELACIÓN AGUA - CEMENTO Y AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE CAJAMARCA”

| FORMULACION DE PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIÓN | INDICADOR | FUENTE DE RECOLECCIÓN DE DATOS | METODOLOGÍA | POBLACIÓN Y MUESTRA |
|--|--|--|---|-----------------------------|-----------|---|---|--|
| “Cuál es la resistencia a la compresión del concreto en función a la relación agua - cemento y agregados de las canteras de Cajamarca” | GENERAL Determinar la resistencia a la compresión del concreto en función a la relación a/c y agregados de las canteras de Cajamarca. | “La resistencia a la compresión del concreto para una misma relación agua-cemento, será mayor empleando agregados de la cantera Margarita” | DEPENDIENTE V1: Resistencia a la compresión | Resistencia a la compresión | Kg/cm | - Maquina Universal de ensayo a compresión axial de especímenes de concreto. - Procesamiento de datos. | Tipo: Aplicada. Nivel: Comparativo Diseño: Experimental y Analítica Método de la investigación: Cuantitativa | Población de estudio: Concreto Muestra: 180 especímenes de concreto Unidad de Análisis: Espécimen de concreto |
| | ESPECIFICOS -Determinar la resistencia a compresión para cada relación a/c, empleando agregados de las canteras: “Aguilar” (Rio Chonta), “Margarita” (Chilete), “Banda” (Rio Cajamarquino) y “Bazán” (Rio Mashcón). -Elaborar gráficos de correspondencia entre la resistencia y la relación a/c para los agregados de cada cantera. -Comparación de las resistencias a compresión obtenidas con los agregados de las diferentes canteras. | | INDEPENDIENTES V2: Relación Agua – Cemento | Relación A/C | R: A/C | - Procesamiento de datos. | | |
| | | | V3: Agregados de las canteras: “Aguilar” (Rio Chonta), “Margarita” (Chilete), “Banda” (Rio Cajamarquino) y “Bazán” (Rio Mashcón). | Cantidad de agregado (kg) | Kg | - Procesamiento de datos. | | |

3.5. PROCEDIMIENTO

3.5.1. ELECCIÓN DE LA MUESTRA DE AGREGADOS EN LA CANTERA

Este primer paso, consistió en obtener una muestra la más representativa posible de cada cantera, con el fin de obtener muestras que reflejen la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

✓ EQUIPO

La NTP 400.010 (2016) indica el equipo necesario para la elección de la muestra de agregados en la cantera, siendo los siguientes:

- Recipiente
- Balanza

✓ METODOLOGÍA

La elección de la muestra en cada una de las canteras se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.010 (2016) – “AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras”, y ASTM C702 (2018) – “Práctica normativa para reducir las muestras de agregados a tamaño de prueba”.

3.5.2. ELECCIÓN DE LA MUESTRA PARA ENSAYOS

El objetivo de esta fase fue determinar una proporción de agregados extraída de la muestra inicial que sea representativa a fin de realizar los ensayos correspondientes para determinar sus propiedades.

✓ EQUIPO

La NTP 400.043 (2015) indica que el equipo necesario para la elección de la muestra de ensayo es el siguiente:

- Cucharón metálico
- Pala
- Bandejas
- Sacos

✓ METODOLOGÍA

La elección de la muestra para cada uno de los ensayos se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.043 (2015) – “AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo”.

3.5.3. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

En este paso, se determinó las propiedades de los agregados gruesos y agregados finos de cada cantera, necesarias para realizar el diseño de mezcla, entre las propiedades analizadas tenemos:

3.5.3.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El análisis granulométrico se realizó para el agregado grueso y para el fino, de estos ensayos se obtuvieron: curvas granulométricas, módulo de finura, tamaño máximo y tamaño máximo nominal.

✓ EQUIPO

La NTP 400.012 (2015) indica que el equipo necesario para realizar el análisis granulométrico es el siguiente:

- Horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Balanza con una aproximación de 0,1 g y una exactitud a 0,1 g o 0,1% de la masa de la muestra.
- Tamices: Se utilizará los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 para agregados finos. Y los tamices 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4 para agregado grueso.
- Cazoleta

✓ METODOLOGÍA

El análisis granulométrico de cada una de las muestras ensayadas se realizó de acuerdo a las normas NTP 400.012 (2015) – “AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”, y ASTM C136 (2019) – “Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso”.

3.5.3.2 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Estos ensayos se realizaron con el fin de obtener el peso específico y la absorción del agregado grueso.

✓ EQUIPO

La NTP 400.021 (2002) indica que el equipo necesario para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso es el siguiente:

- Balanza con sensibilidad de 0,5 gr y capacidad no menor de 5 kg.
- Cesta con malla de alambre, con abertura no mayor a 3 mm.
- Depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.
- Estufa o Horno

✓ **METODOLOGÍA**

El peso específico y absorción del agregado grueso se determinó de acuerdo a la norma NTP 400.021 (2002) – “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso”, y ASTM C127 (2015) – “Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados gruesos”.

3.5.3.3 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Estos ensayos se realizaron con el fin de obtener el peso específico y la absorción del agregado fino.

✓ **EQUIPO**

La NTP 400.022 (2013) indica que el equipo necesario para determinar el peso específico y absorción del agregado fino es el siguiente:

- Balanza, con sensibilidad de 0,1 gr y capacidad no menor de 1 kg.
- Fiola, cuya capacidad será de 500 cm³
- Molde cónico, metálico, diámetro menor 4cm, diámetro mayor 9 cm y altura de 7.5 cm.
- Varilla de metal, con un extremo redondeado.
- Estufa

✓ **METODOLOGÍA**

El peso específico y absorción del agregado fino se determinó de acuerdo a la norma NTP 400.022 (2013) – “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”, y ASTM C128 (2004) – “Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos”.

3.5.3.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad se determinó para el agregado grueso y para el agregado el fino.

✓ **EQUIPO**

La NTP 339.185 (2013) indica que el equipo necesario para determinar el contenido de humedad de los agregados es el siguiente:

- Balanza con sensibilidad de 0,1 gr.
- Estufa

- Recipiente para la muestra

✓ **METODOLOGÍA**

El contenido de humedad para el agregado fino y agregado grueso se determinó de acuerdo a la norma NTP 339.185 (2013) – “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”, y ASTM C566 (2019) – “Método Estándar de ensayo para medir el contenido total de humedad en agregados mediante secado”.

3.5.3.5 PESO UNITARIO

El peso unitario se realizó para el agregado grueso y para el agregado fino.

✓ **EQUIPO**

La NTP 400.017 (2011) indica que el equipo necesario para determinar el peso unitario de los agregados es el siguiente:

- Balanza con exactitud dentro el 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0,05 kg.
- Varilla de apisonado
- Recipiente
- Cucharón
- Fiola con capacidad de 500 cm³

✓ **METODOLOGÍA**

El peso unitario tanto del agregado grueso como del agregado fino se determinó de acuerdo a la norma NTP 400.017 (2011) – “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad “Peso Unitario” y los vacíos en los agregados”, y ASTM C29 (2017) – “Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de vacíos en el agregado”.

3.5.3.6 MATERIAL MÁS FINO POR LAVADO DE AGREGADOS

Este ensayo se realizó a fin de determinar el porcentaje de finos que existen en el agregado grueso y el agregado fino.

✓ **EQUIPO**

La NTP 400.018 (2002) indica el que equipo necesario para determinar los materiales finos por lavado para agregados es el siguiente:

- Tamices N°16 y N°200
- Recipientes
- Balanza sensible a 0,1% del peso medido
- Estufa
- Agua

✓ **METODOLOGÍA**

El porcentaje de finos del agregado grueso y agregado fino se determinó de acuerdo a las normas NTP 400.018 (2002) – “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (N°200) por lavado en agregados” y ASTM C117 (2017) – “Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una malla N°200 (75µm), mediante lavado”.

3.5.3.7 ABRASIÓN O DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO

Este ensayo se realizó con el objetivo de determinar el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado grueso.

✓ **EQUIPO**

La NTP 400.019 (2002) indica que el equipo necesario para determinar el desgaste a la abrasión del agregado grueso es el siguiente:

- Máquina de Los Ángeles
- Tamices conforme con la NTP 350.001
- Balanza con exactitud al 0,1%
- Estufa
- Carga, esferas de acero.

✓ **METODOLOGÍA:**

El desgaste a la abrasión del agregado grueso se determinó de acuerdo a las normas NTP 400.019 (2002) – “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles” y ASTM C 31 (2020) – “Método de prueba estándar para resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño, por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles”.

3.5.4. DISEÑO DE MEZCLA

Una vez determinadas las propiedades de los agregados se procedió a realizar la mezcla patrón con los agregados de la cantera Margarita para lo cual se realizó el diseño de mezcla utilizando el método de Faury a fin

de ajustar la granulometría de los agregados a una curva ideal de manera que cuando se realice el diseño de mezcla con los agregados de las otras canteras se tenga una gradación similar en todas las mezclas.

✓ **METODOLOGÍA:**

La metodología empleada para la elaboración del diseño de mezcla se desarrolló de acuerdo al procedimiento presentado en el punto 2.2.4.1 del marco teórico.

Para lo cual se realizó el diseño de mezcla para la muestra patrón “Cantera Margarita”, posteriormente se realizó el diseño de mezcla para las canteras con las que se realizó la comparación “Cantera Aguilar”, “Cantera Banda” y “Cantera Bazán”, para lo cual se mantuvo las mismas relaciones agua – cemento, variando la cantidad de agregados esto debido a que como se ha venido indicando los agregados tienen gran influencia en la mezcla de concreto dependiendo de su granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez de sus partículas, es así que se está ajustando la granulometría de los agregados de cada una de las canteras con el cemento a una curva ideal, a fin de que la mezcla de agregado grueso, agregado fino y cemento sean similares, esto implica que las cantidades de agregado grueso y fino van a diferir en cada uno de los diseños de mezcla ya que los agregados de cada cantera poseen una granulometría diferente.

Si se mantendría constante la cantidad de agregados en todas las canteras no se estaría teniendo la granulometría ideal para cada diseño de mezcla y como se ha venido indicando la granulometría del agregado tiene influencia en la resistencia del concreto, por lo que no se estaría evaluando las canteras con un diseño ideal.

Además, para todos los diseños de mezcla se está conservando la relación agua - cemento manteniendo constante las cantidades de cemento y agua dependiendo del TMN de la cantera, así mismo es importante resaltar que en cuestión de costos los agregados tienen una menor incidencia con respecto al cemento.

Es así que se tendría las siguientes variables.

DEPENDIENTE

- ✓ V1: Resistencia a la compresión, (kg/cm²)

INDEPENDIENTES

- ✓ V2: Relación Agua – Cemento.
- ✓ V3: Agregados de las canteras (Aguilar, Margarita, Banda y Bazán), (kg).

3.5.5. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

En este paso se procedió a fabricar los 180 especímenes de concreto de acuerdo a las dosificaciones en el punto anterior.

✓ EQUIPO

La NTP 339.183 (2013) indica que el equipo necesario para la elaboración y curado de especímenes de concreto es el siguiente:

- Moldes cilíndricos: cuyas medidas son 0.15 cm de diámetro y 0.30 cm de altura, se realizaron 180 especímenes para ensayos a compresión. Además, cumple con los requisitos de la norma ASTM C470.
- Varilla de compactación: de acero, de sección circular recta y con el extremo del compactado redondeado a una punta semiesférica del mismo diámetro que la varilla.
- Martillo de goma
- Herramientas: Lampas, Baldes, Cucharas, Guantes, Otros.
- Cono de Abrams: Para medir el asentamiento.
- Balanza
- Mezcladora

✓ METODOLOGÍA

Se realizó de acuerdo a las normas NTP 339.183 (2013) – “CONCRETO. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio”, y ASTM C192 (2019) – “Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayo en Laboratorio”.

3.5.6. ENSAYO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO A COMPRESIÓN

En este paso se determinó la resistencia a compresión de cada una de los 180 especímenes de concretos fabricados.

✓ EQUIPO:

La NTP 339.034 (2008) indica que el equipo necesario para la elaboración y curado de especímenes de concreto es el siguiente:

- Máquina Universal de ensayo a compresión.
- Platos retenedores con discos de neopreno.
- Especímenes

✓ **METODOLOGÍA:**

Se realizó de acuerdo a las normas NTP 339.034 (2008) – “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas”, y ASTM C39 (2020) – “Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto”.

3.6. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.6.1. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El tratamiento y análisis de los datos obtenidos en los ensayos a compresión de cada espécimen de concreto, se realizó a través de métodos estadísticos, tablas, gráficos y softwares computacionales, en los cuales se hizo un análisis comparativo de cada uno de los grupos de especímenes de concreto en la presente investigación; de acuerdo a los objetivos y a la comprobación de la hipótesis.

3.6.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.6.2.1 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

3.6.2.1.1 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA “MARGARITA”:

La tabla N° 12 muestra las propiedades de los agregados fino y grueso de la Cantera Margarita. Los resultados de cada ensayo se presentan en el Anexo N°1.

TABLA N° 12

Propiedades de los agregados de la cantera “Margarita”

| DESCRIPCIÓN | UNID. | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|--|-------------------|-----------------|---------------|
| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | - | 3/4" | - |
| MÓDULO DE FINURA | - | 6.90 | 3.02 |
| PESO UNITARIO SECO SUELTO | kg/m ³ | 1446.03 | 1677.52 |
| PESO UNITARIO SECO COMPACTADO | kg/m ³ | 1591.78 | 1826.03 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA | kg/m ³ | 2.62 | 2.63 |
| PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO | kg/m ³ | 2.66 | 2.67 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE | kg/m ³ | 2.71 | 2.73 |
| ABSORCIÓN | % | 1.26 | 1.30 |
| PORCENTAJE QUE PASAN EL TAMIZ N°200 | % | 0.48 | 3.07 |
| DESGASTE A LA ABRASION | % | 23.30 | - |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 0.46 | 2.11 |

3.6.2.1.2 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA "AGUILAR":

La tabla N° 13 muestra las propiedades de los agregados fino y grueso de la Cantera Aguilar. Los resultados de cada ensayo se presentan en el Anexo N°2.

TABLA N° 13

Propiedades de los agregados de la cantera "Aguilar"

| DESCRIPCIÓN | UNID. | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|--|-------------------|-----------------|---------------|
| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | - | 3/4" | - |
| MÓDULO DE FINURA | - | 7.20 | 3.32 |
| PESO UNITARIO SECO SUELTO | kg/m ³ | 1444.55 | 1659.96 |
| PESO UNITARIO SECO COMPACTADO | kg/m ³ | 1571.04 | 1795.93 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA | kg/m ³ | 2.56 | 2.63 |
| PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO | kg/m ³ | 2.60 | 2.61 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE | kg/m ³ | 2.66 | 2.65 |
| ABSORCIÓN | % | 1.39 | 1.50 |
| PORCENTAJE QUE PASAN EL TAMIZ N°200 | % | 0.84 | 4.33 |
| DESGASTE A LA ABRASION | % | 25.11 | - |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 0.52 | 2.46 |

3.6.2.1.3 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA "BANDA":

La tabla N° 14 muestra las propiedades de los agregados fino y grueso de la Cantera Banda. Los resultados de cada ensayo se presentan en el Anexo N°3.

TABLA N° 14

Propiedades de los agregados de la cantera "Banda"

| DESCRIPCIÓN | UNID. | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|--|-------------------|-----------------|---------------|
| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | - | 3/4" | - |
| MÓDULO DE FINURA | - | 6.91 | 2.93 |
| PESO UNITARIO SECO SUELTO | kg/m ³ | 1381.09 | 1670.92 |
| PESO UNITARIO SECO COMPACTADO | kg/m ³ | 1571.42 | 1812.04 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA | kg/m ³ | 2.58 | 2.61 |
| PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO | kg/m ³ | 2.61 | 2.65 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE | kg/m ³ | 2.67 | 2.71 |
| ABSORCIÓN | % | 1.37 | 1.39 |
| PORCENTAJE QUE PASAN EL TAMIZ N°200 | % | 0.62 | 3.00 |
| DESGASTE A LA ABRASION | % | 35.26 | - |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 0.47 | 2.04 |

3.6.2.1.4 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA "BAZAN":

La tabla N° 15 muestra las propiedades de los agregados fino y grueso de la Cantera Aguilar. Los resultados de cada ensayo se presentan en el Anexo N°4.

TABLA N° 15

Propiedades de los agregados de la cantera "Bazán"

| DESCRIPCIÓN | UNID. | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|--|-------------------|-----------------|---------------|
| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | - | 1" | - |
| MÓDULO DE FINURA | - | 7.63 | 3.02 |
| PESO UNITARIO SECO SUELTO | kg/m ³ | 1404.06 | 1601.76 |
| PESO UNITARIO SECO COMPACTADO | kg/m ³ | 1563.40 | 1765.71 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA | kg/m ³ | 2.63 | 2.60 |
| PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO | kg/m ³ | 2.66 | 2.64 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE | kg/m ³ | 2.72 | 2.71 |
| ABSORCIÓN | % | 1.35 | 1.58 |
| PORCENTAJE QUE PASAN EL TAMIZ N°200 | % | 0.99 | 3.73 |
| DESGASTE A LA ABRASION | % | - | - |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 0.49 | 3.59 |

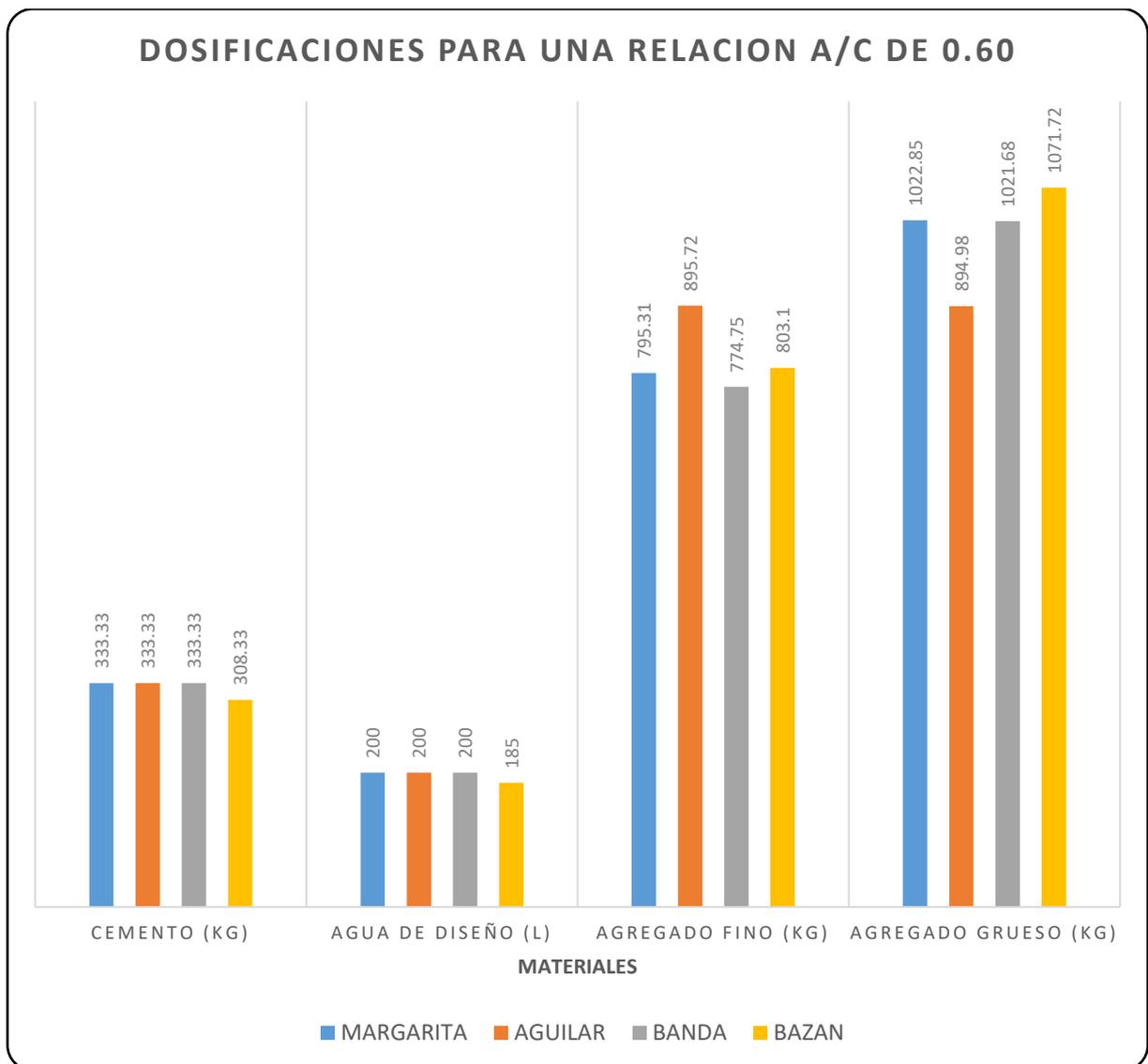
3.6.2.2 DISEÑO DE MEZCLA:

3.6.2.2.1 DOSIFICACIÓN PARA UNA RELACIÓN AGUA – CEMENTO DE 0.60:

La figura N° 13 presenta los valores de diseño para una relación agua – cemento de 0.60 con los agregados de cada una de las canteras, el diseño de mezcla se presenta en el Anexo N°5.

FIGURA N° 13

Dosificación de las diferentes canteras para una relación A/C de 0.60

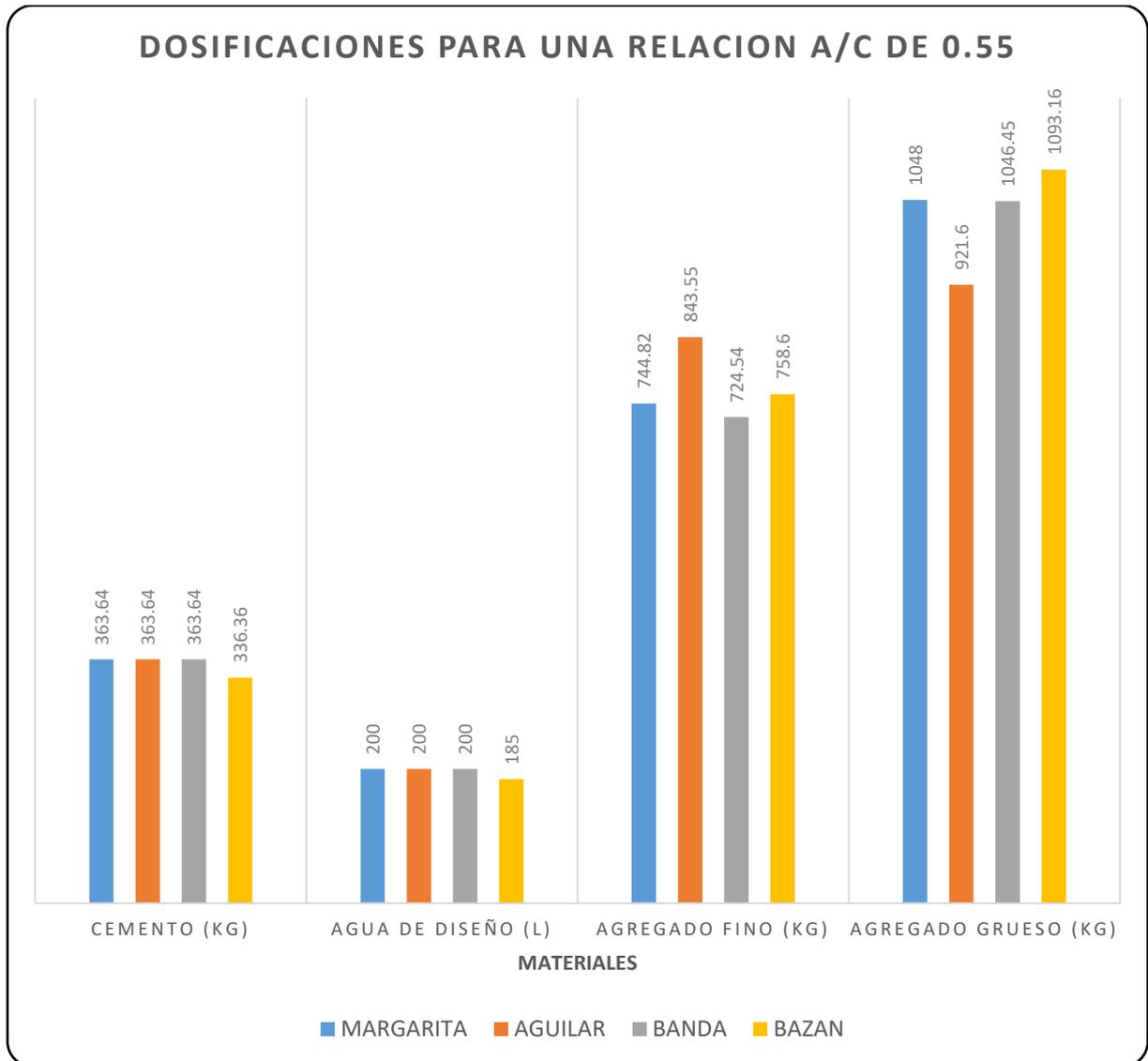


3.6.2.2.2 DOSIFICACIÓN PARA UNA RELACIÓN AGUA – CEMENTO DE 0.55:

La figura N° 14 presenta los valores de diseño para una relación agua – cemento de 0.55 con los agregados de cada una de las canteras, el diseño de mezcla se presenta en el Anexo N°5.

FIGURA N° 14

Dosificación de las diferentes canteras para una relación A/C de 0.55

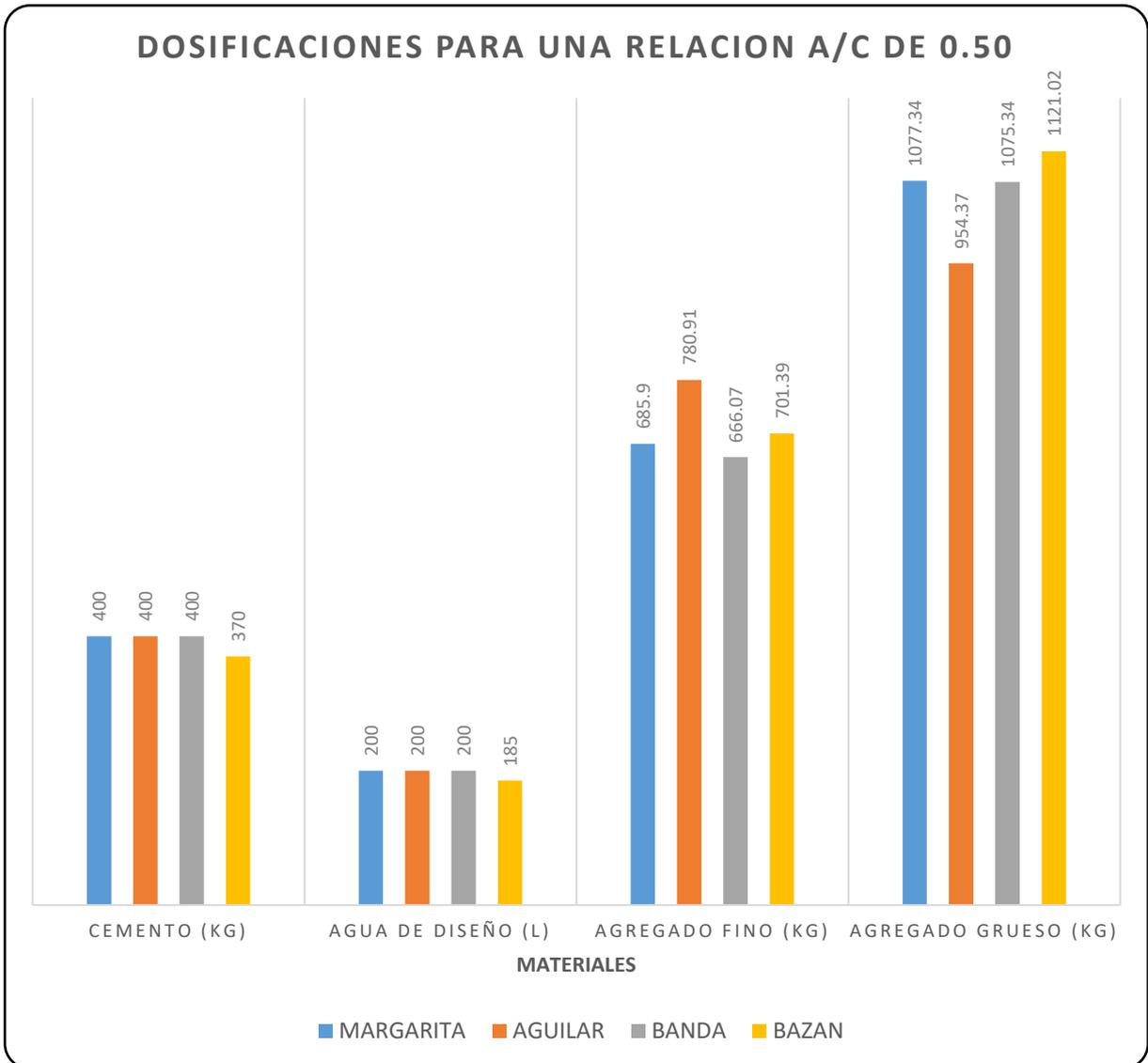


3.6.2.1.3 DOSIFICACIÓN PARA UNA RELACIÓN AGUA – CEMENTO DE 0.50:

La figura N° 15 presenta los valores de diseño para una relación agua – cemento de 0.50 con los agregados de cada una de las canteras, el diseño de mezcla se presenta en el Anexo N°5.

FIGURA N° 15

Dosificación de las diferentes canteras para una relación A/C de 0.50



3.6.2.1.4 DOSIFICACIONES CORREGIDAS POR HUMEDAD:

La tabla N° 16 presenta la dosificación de materiales, para cada uno de las canteras y las diferentes relaciones agua – cemento, los diseños de mezcla se presentan en el Anexo N°5.

TABLA N° 16

Dosificaciones corregidas por humedad para las diferentes relaciones agua – cemento y agregados de las canteras

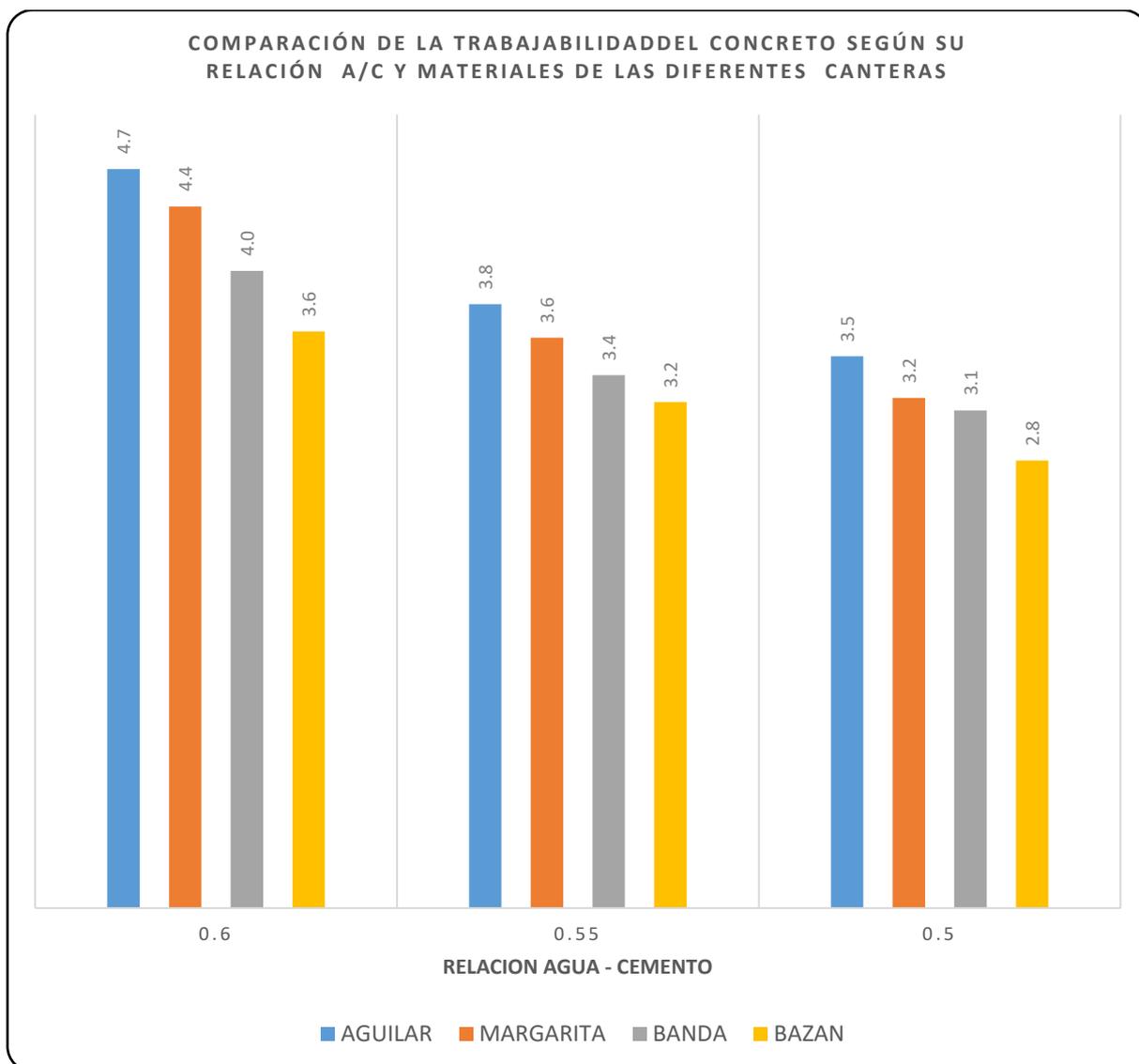
| RELACIÓN A/C | MATERIAL | CANTERA | | | |
|-----------------|-----------------------------------|-----------|---------|---------|---------|
| | | MARGARITA | AGUILAR | BANDA | BAZÁN |
| 0.60 | CEMENTO (kg) | 333.33 | 333.33 | 333.33 | 308.33 |
| | AGREGADO FINO HÚMEDO (KG) | 812.09 | 917.75 | 790.45 | 831.93 |
| | AGREGADO GRUESO HÚMEDO (KG) | 1027.55 | 899.63 | 1026.48 | 1076.97 |
| | AGUA EFECTIVA (L) | 201.74 | 199.19 | 204.16 | 178.08 |
| 0.55 | CEMENTO (KG) | 363.64 | 363.64 | 363.64 | 336.36 |
| | AGREGADO FINO HÚMEDO (KG) | 760.54 | 864.3 | 739.32 | 785.83 |
| | AGREGADO GRUESO HÚMEDO (KG) | 1052.82 | 926.39 | 1051.37 | 1098.52 |
| | AGUA EFECTIVA (L) | 202.35 | 199.92 | 204.71 | 179.15 |
| 0.50 | CEMENTO (KG) | 400 | 400 | 400 | 370 |
| | AGREGADO FINO HÚMEDO (KG) | 700.37 | 800.12 | 679.66 | 726.57 |
| | AGREGADO GRUESO HÚMEDO (KG) | 1082.3 | 959.33 | 1080.39 | 1126.51 |
| | AGUA EFECTIVA (L) | 203.07 | 200.8 | 205.35 | 180.54 |

3.6.2.2 RESULTADOS DE TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO:

La figura N° 16 presenta la trabajabilidad del concreto con diferentes relaciones agua – cemento y materiales de las canteras de Cajamarca, los resultados de los ensayos de asentamiento realizados se presentan en el Anexo N°6.

FIGURA N° 16

Comparación de la trabajabilidad del concreto (pulg) según su relación agua - cemento y materiales de las diferentes cañeras



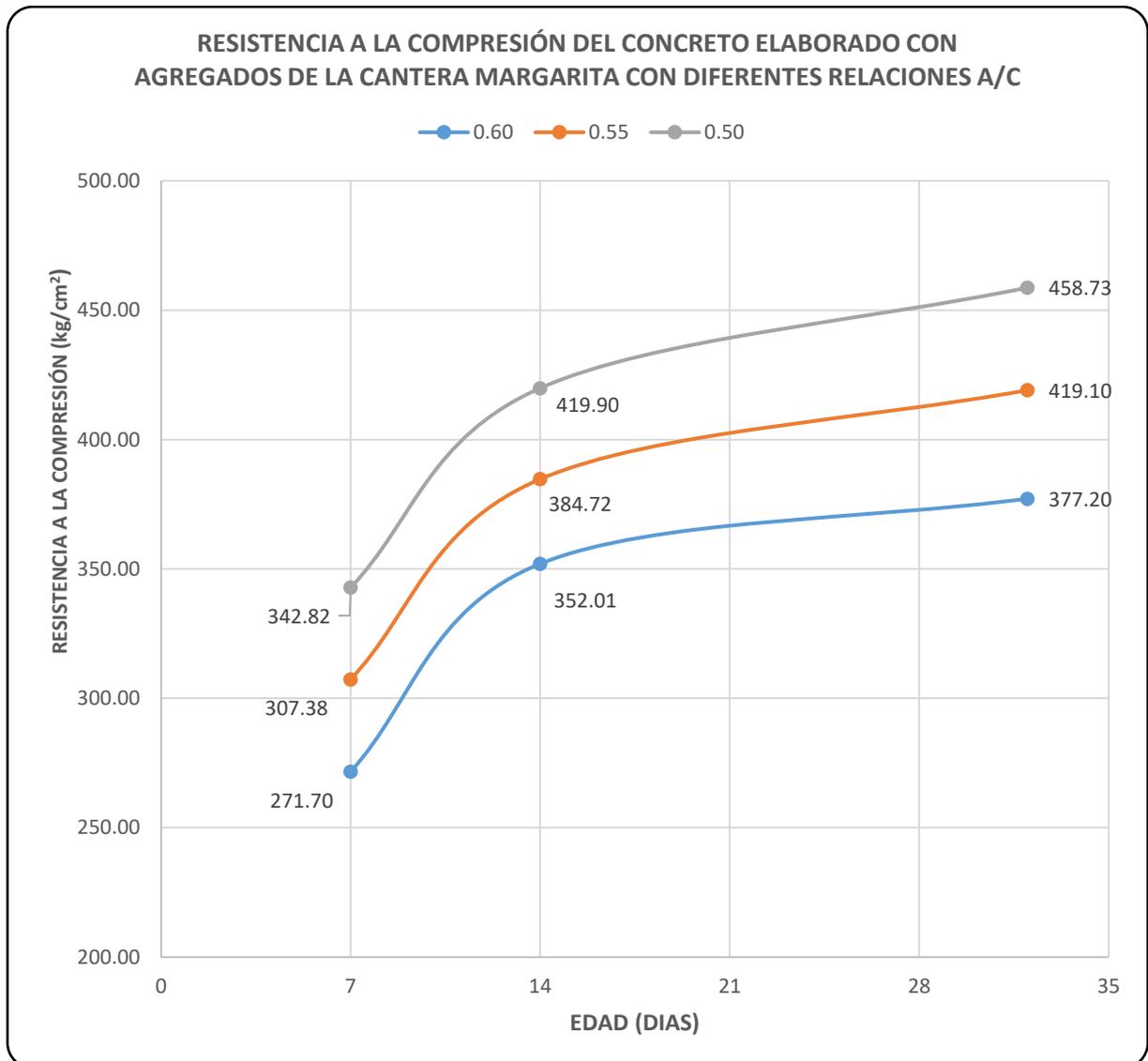
3.6.2.3 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

3.6.2.3.1 CANTERA MARGARITA:

La figura N° 17 presenta los resultados de la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Margarita, para diferentes relaciones agua cemento, los resultados de la rotura de especímenes realizados se presentan en el Anexo N°7.

FIGURA N° 17

Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Margarita con diferentes relaciones A/C a diferentes edades

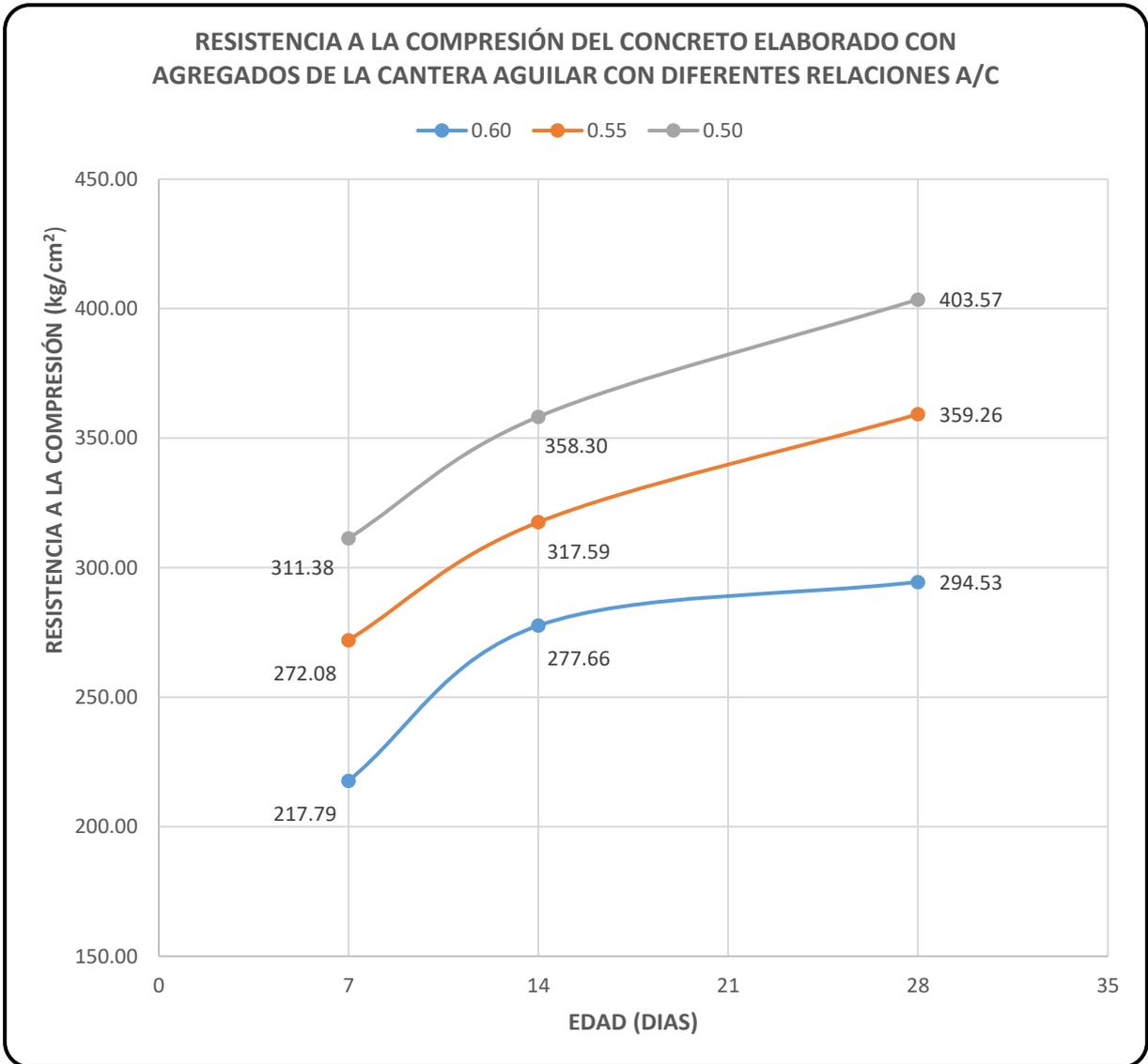


3.6.2.3.2 CANTERA AGUILAR:

La figura N° 18 presenta los resultados de la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Aguilar, para diferentes relaciones agua cemento, los resultados de la rotura de especímenes realizados se presentan en el Anexo N°7.

FIGURA N° 18

Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Aguilar con diferentes relaciones A/C a diferentes edades

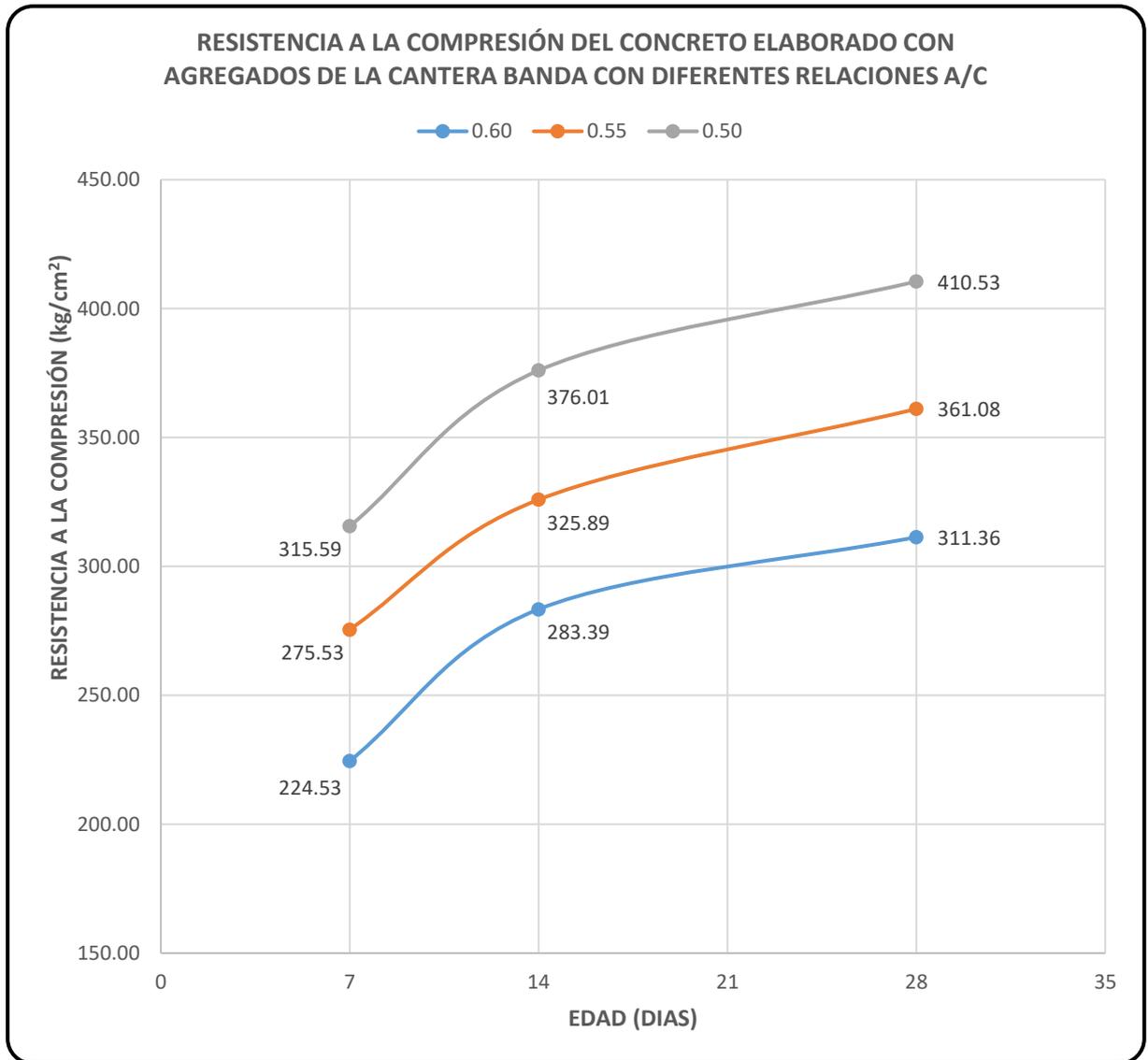


3.6.2.3.3 CANTERA BANDA:

La figura N° 19 presenta los resultados de la resistencia a compresión el concreto elaborado con agregados de la cantera Banda, para diferentes relaciones agua cemento, los resultados de la rotura de especímenes realizados se presentan en el Anexo N°7.

FIGURA N° 19

Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Banda con diferentes relaciones A/C a diferentes edades

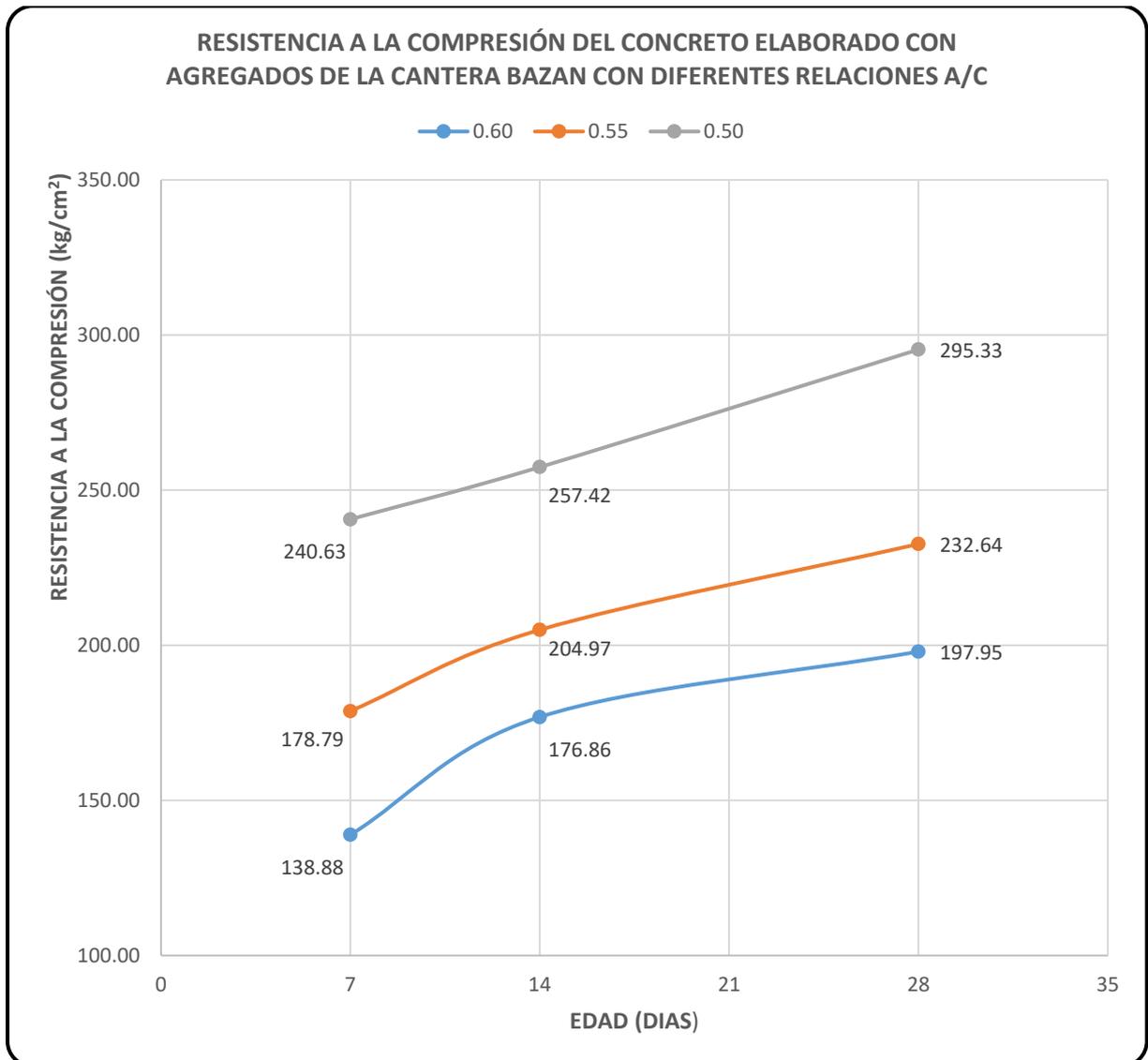


3.6.2.3.4 CANTERA BAZAN:

La figura N° 20 presenta los resultados de la resistencia a compresión el concreto elaborado con agregados de la cantera Bazán, para diferentes relaciones agua cemento, los resultados de la rotura de especímenes realizados se presentan en el Anexo N°7.

FIGURA N° 20

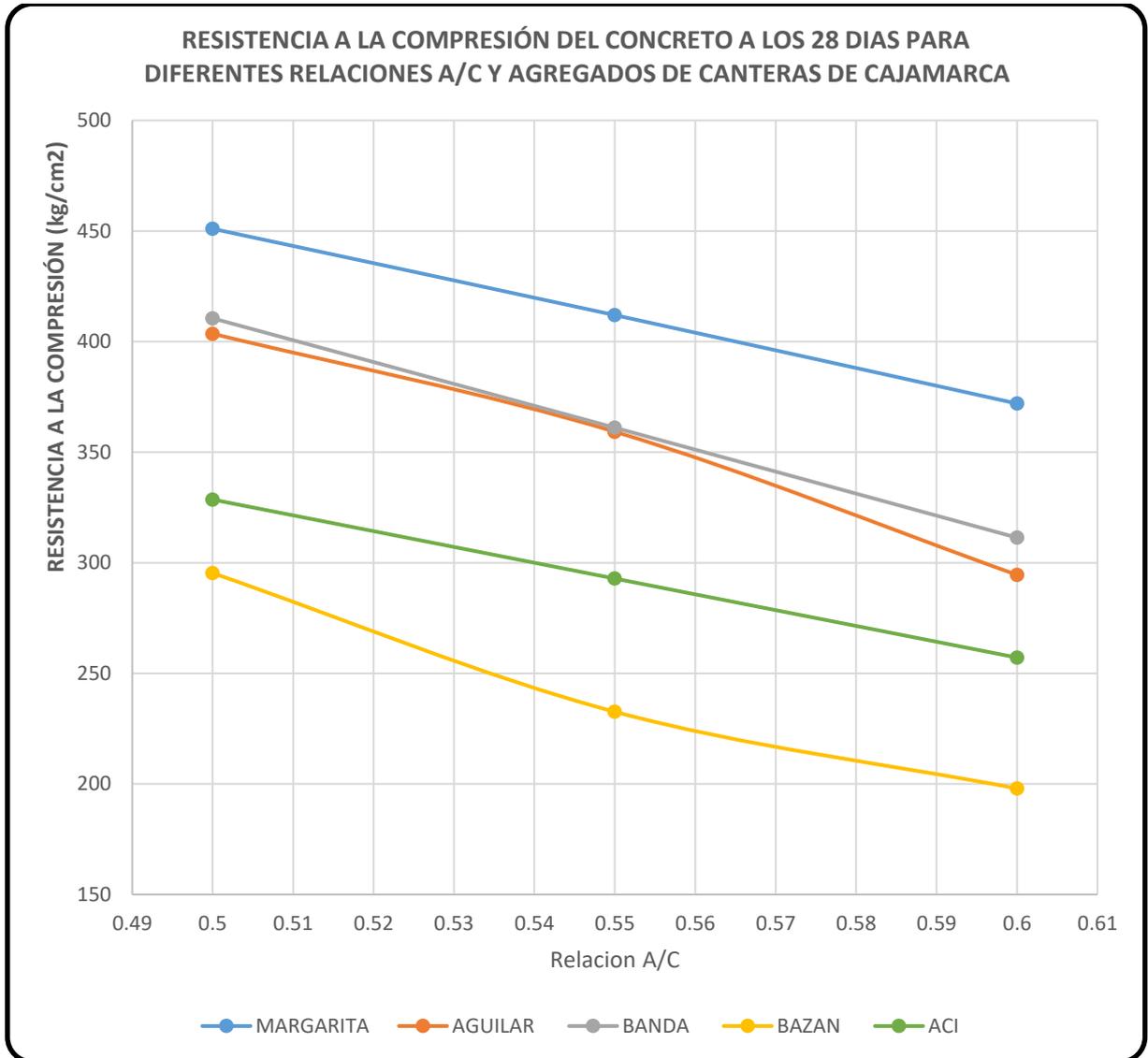
Resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Bazán con diferentes relaciones A/C a diferentes edades



3.6.2.3.1 COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE CANTERAS:

FIGURA Nº 21

Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para diferentes relaciones A/C y agregados de las canteras de Cajamarca



CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Las tablas N° 12, 13, 14 y 15 presentan las propiedades de las canteras Margarita, Aguilar, Banda y Bazán respectivamente.

En la cantera Margarita, el agregado grueso tiene un TMN de $\frac{3}{4}$ " y cumple con el huso granulométrico 67, sin embargo, el agregado fino no cumple con el huso granulométrico debido a que este material posee un porcentaje retenido en el tamiz N°4 de más del 10 %, sin embargo, el módulo de finura de 3.02, si cumple con los límites establecidos (2.3 a 3.1); por otra parte, los porcentajes que pasan el tamiz N°200 son de 0.48% para el agregado grueso y 3.07 % para el agregado fino, que si están por debajo de los valores máximos de 5 % para el agregado fino y 1 % para el agregado grueso, y finalmente el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado grueso fue de 23.3 % que es menor al valor máximo de 50%.

En la cantera Aguilar, el agregado grueso tiene un TMN de $\frac{3}{4}$ " y cumple con el huso granulométrico 56, sin embargo, el agregado fino no cumple con el huso granulométrico debido a que este material posee un porcentaje retenido en el tamiz N°4 de más del 15 %, y también, el módulo de finura de 3.32, queda fuera de los límites establecidos (2.3 a 3.1); por otra parte, los porcentajes que pasan el tamiz N°200 son de 0.84% para el agregado grueso y 4.33 % para el agregado fino, que si están por debajo de los valores máximos de 5 % para el agregado fino y 1 % para el agregado grueso, y finalmente el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado grueso fue de 25.11 % que es menor al valor máximo de 50%.

En la cantera Banda, el agregado grueso tiene un TMN de $\frac{3}{4}$ " y cumple con el huso granulométrico 57, sin embargo, el agregado fino no cumple con el huso granulométrico debido a que este material posee un porcentaje retenido en el tamiz N°4 de más del 10 %, sin embargo, el módulo de finura de 2.93, si cumple con los límites establecidos (2.3 a 3.1); por otra parte, los porcentajes que pasan el tamiz N°200 son de 0.62% para el agregado fino y 3.00 % para el agregado grueso, que si están por debajo de los valores máximos de 5 % para el agregado fino y 1 % para el agregado grueso, y finalmente el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado grueso fue de 35.26 % que es menor al valor máximo de 50%.

En la cantera Bazán, el agregado grueso tiene un TMN de 1" y cumple con el huso granulométrico 6, sin embargo, el agregado fino no cumple con el huso granulométrico debido a que este material posee un porcentaje retenido en el tamiz N°4 de más del 10 %, sin embargo, el módulo de finura de 3.73, queda fuera de los límites establecidos (2.3 a 3.1); por otra parte, los porcentajes que pasan el tamiz N°200 son de 0.99% para el agregado fino y 3.07 % para el

agregado grueso, que si están por debajo de los valores máximos de 5 % para el agregado fino y 1 % para el agregado grueso.

En todas las canteras el agregado fino, no cumple el huso granulométrico, puesto que todos poseen un porcentaje retenido mayor a 10 % en el tamiz N°4, esto se podría solucionar tamizando los agregados por dicho tamiz sin embargo esto no sería muy práctico de realizar en obra, ya que se tendría que implementar una tamizadora lo que resultaría muy tedioso y caro, por lo que se consideró utilizar los agregados tal y como las canteras los comercializan.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

Las figuras N° 13, 14 y 15 presentan los resultados, de diseño de mezcla, en donde las cantidades de cemento y de agua, son las mismas para las canteras Margarita, Aguilar y Banda, pero la cantidad de agregados difieren en cada una de ellas esto ocurre principalmente porque cada material posee una distribución granulométrica diferente, y puesto que el Método de Faury se basa en la granulometría de los agregados para hacer la dosificación, ajustando la combinación de estos a una curva ideal, entonces si tenemos granulometría diferentes también tendremos una dosificación diferente.

Para la cantera Bazán, la cantidad de agua y cemento empleada en el diseño de mezcla, es menor en un 7.5 % a la empleada en las demás canteras, esto es por el TMN puesto que en las canteras que se emplea la misma cantidad de agua y cemento poseen un TMN de $\frac{3}{4}$ " y en esta un TMN de 1".

4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO

La figura N°16 presentan los resultados del asentamiento del concreto, donde podemos observar que a medida que disminuyo la relación agua – cemento, también fue disminuyendo la trabajabilidad, esto sucedió en todas las canteras.

En dicha figura también podemos observar que el concreto elaborado con materiales de la cantera Aguilar nos dio una mayor trabajabilidad que las demás canteras con asentamientos de 4.7", 3.8" y 3.5" para las relaciones a/c de 0.6, 0.55 y 0.50 respectivamente, seguida por la cantera Margarita con asentamientos de 4.4", 3.6" y 3.2" para las relaciones a/c de 0.6, 0.55 y 0.50 respectivamente, luego está la cantera Banda con asentamientos de 4.0", 3.4" y 3.1" para las relaciones a/c de 0.6, 0.55 y 0.50 respectivamente y finalmente en la cantera donde se obtuvo la menor trabajabilidad es en la Bazán con asentamientos de 3.6", 3.2" y 2.8" para las relaciones a/c de 0.6, 0.55 y 0.50 respectivamente.

4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Las figuras N° 17, 18, 19 y 20 presentan los resultados de la resistencia del concreto elaborado con los agregados de las canteras Margarita, Aguilar, Banda y Bazán respectivamente.

De la figura N° 17 se puede apreciar que el concreto elaborado con materiales de la cantera Margarita, tuvo una resistencia promedio a la compresión de 271.70 kg/cm² a los 7 días, 352.01 kg/cm² a los 14 días y 372 kg/cm² a los 28 días, para una relación a/c de 0.60; mientras que para una relación a/c de 0.55 se obtuvieron resistencias de 307.38 kg/cm² a los 7 días, 384.72 kg/cm² a los 14 días y 412 kg/cm² a los 28 días y finalmente para la relación a/c de 0.5 se obtuvieron resistencias de 342.82 kg/cm² a los 7 días, 419.90 kg/cm² a los 14 días y 451 kg/cm² a los 28 días.

De la figura N°18 se puede apreciar que el concreto elaborado con materiales de la cantera Aguilar, tuvo una resistencia promedio a la compresión de 217.79 kg/cm² a los 7 días, 277.66 kg/cm² a los 14 días y 294.53 kg/cm² a los 28 días, para una relación a/c de 0.60; mientras que para una relación a/c de 0.55 se obtuvieron resistencias de 272.08 kg/cm² a los 7 días, 317.59 kg/cm² a los 14 días y 359.26 kg/cm² a los 28 días y finalmente para la relación a/c de 0.5 se obtuvieron resistencias de 311.38 kg/cm² a los 7 días, 358.30 kg/cm² a los 14 días y 403.57 kg/cm² a los 28 días.

De la figura N°19 se puede apreciar que el concreto elaborado con materiales de la cantera Banda, se obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 224.53 kg/cm² a los 7 días, 283.39 kg/cm² a los 14 días y 311.36 kg/cm² a los 28 días, para una relación a/c de 0.60; mientras que para una relación a/c de 0.55 se obtuvieron resistencias de 275.53 kg/cm² a los 7 días, 325.89 kg/cm² a los 14 días y 361.08 kg/cm² a los 28 días y finalmente para la relación a/c de 0.5 se obtuvieron resistencias de 315.59 kg/cm² a los 7 días, 376.01 kg/cm² a los 14 días y 410.53 kg/cm² a los 28 días.

De la figura N°20 se puede apreciar que el concreto elaborado con materiales de la cantera Bazán, se obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 138.88 kg/cm² a los 7 días, 176.86 kg/cm² a los 14 días y 197.95 kg/cm² a los 28 días, para una relación a/c de 0.60; mientras que para una relación a/c de 0.55 se obtuvieron resistencias de 178.79 kg/cm² a los 7 días, 204.97 kg/cm² a los 14 días y 232.64 kg/cm² a los 28 días y finalmente para la relación a/c de 0.5 se obtuvieron resistencias de 240.63 kg/cm² a los 7 días, 257.42 kg/cm² a los 14 días y 295.33 kg/cm² a los 28 días.

En todos los grupos de especímenes de concreto el coeficiente de variación fue menor a 5% esto se presenta en el Anexo N° 7, esto indica uniformidad en los resultados por lo que podemos decir que los ensayos de resistencia a compresión han sido correctos.

4.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS CONTRASTADOS CON LA HIPÓTESIS

La figura N° 21, nos muestra la comparación de los resultados obtenidos donde podemos ver que se cumple la hipótesis planteada inicialmente ya que el concreto elaborado con agregados de la cantera Margarita proporcionó resistencias mayores al elaborado con agregados de otras canteras (Aguilar, Banda y Bazán), para una misma relación agua - cemento pues se obtuvo resistencias de 372 kg/cm², 412 kg/cm² y 451 kg/cm² a los 28 días, para relaciones agua – cemento de 0.60, 0.55 y 0.50 respectivamente, superando en un 26.30%, 14.68% y 11.75% a las resistencias obtenidas por los agregados de la cantera Aguilar; en un 19.48%, 14.10% y 9.86 % a las resistencias obtenidas por los agregados de la cantera la Banda y en un 87.93 %, 77.10 % y 52.71 % a las resistencias obtenidas por los agregados de la cantera Bazán.

En la figura indicada también podemos ver que el concreto elaborado con agregados de las canteras Margarita, Aguilar y Banda, proporciona resistencias mayores a las dadas por el comité 211 del A.C.I que son las relaciones agua – cemento que generalmente se emplean para la estimación inicial de la relación agua – cemento.

Finalmente, podemos observar que el concreto elaborado con agregados de la cantera Bazán, proporcionó las resistencias más bajas de todas, incluso a las dadas por el comité 211 del A.C.I, esto se debe a que el agregado grueso de esta cantera empleado para esta investigación tuvo un TMN mayor a las de las otras canteras por lo que se empleó menos agua y menos cemento, posiblemente empleando agregados de esta misma cantera con un TMN igual al de las otras, se hubieran obtenido resistencias mayores puesto que se hubiera tenido que emplear una mayor cantidad de agua y cemento.

Por lo indicado en los párrafos anteriores podemos decir que los agregados proporcionados por las canteras de Cajamarca específicamente los proporcionados por las canteras Margarita, Aguilar y Banda son de buena calidad, esto debido a que las resistencias arrojadas en los ensayos de resistencia a la comprensión para una misma relación agua- cemento muestran que el concreto elaborado con agregados de estas canteras proporciona resistencias mayores a las que generalmente empleamos para la estimación inicial de la relación agua – cemento, caso similar se hubiera obtenido en la cantera Bazán de haber empleado agregados con un TMN de 3/4".

Finalmente podemos inducir que en Cajamarca con los agregados que actualmente proporcionan las canteras estudiadas se puede obtener concreto a un menor costo para lo cual se debe tener un adecuado control de calidad al momento de su fabricación, colocación y curado en obra.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Finalmente podemos concluir lo siguiente:

- Se ha cumplido la hipótesis planteada ya que el concreto elaborado con agregados de la cantera Margarita tiene una mayor resistencia a compresión, que el concreto elaborado con agregados de las canteras Aguilar, Banda y Bazán, para las mismas relaciones agua – cemento.
- El concreto elaborado con agregados de la cantera Margarita tuvo resistencias de 372 kg/cm², 412 kg/cm² y 451 kg/cm² a los 28 días, para relaciones agua – cemento de 0.60, 0.55 y 0.50, respectivamente.
- El concreto elaborado con agregados de la cantera Aguilar tuvo resistencias de 294.53 kg/cm², 359.26 kg/cm² y 403.57 kg/cm² a los 28 días, para relaciones agua – cemento de 0.60, 0.55 y 0.50 respectivamente.
- El concreto elaborado con agregados de la cantera Banda tuvo resistencias de 311.36 kg/cm², 361.08 kg/cm² y 410.53 kg/cm² a los 28 días, para relaciones agua – cemento de 0.60, 0.55 y 0.50 respectivamente.
- El concreto elaborado con agregados de la cantera Bazán tuvo resistencias de 197.95 kg/cm², 232.64 kg/cm² y 295.33 kg/cm² a los 28 días, para relaciones agua – cemento de 0.60, 0.55 y 0.50 respectivamente.
- El concreto elaborado con agregados de la cantera Aguilar tiene una mayor trabajabilidad respecto al concreto elaborado con agregaos de las canteras Margarita, Banda y Bazán, para una misma relación agua – cemento.
- Las propiedades de los agregados tienen influencia en la resistencia a la compresión, así como en la trabajabilidad del concreto.
- Los agregados proporcionados por las canteras estudiadas son de buena calidad, esto debido a que las resistencias arrojadas en los ensayos de resistencia a la compresión para una misma relación agua - cemento muestran que el concreto elaborado con agregados de estas canteras proporcionan resistencias mayores a las que generalmente utilizamos para estimar la relación agua – cemento para las obras.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para trabajos futuros, se recomienda realizar investigaciones con una mayor cantidad de relaciones agua – cemento, ya que esto nos dará un rango más amplio de como varía la resistencia a compresión en función a la relación agua – cemento en una cantera específica.
- También se recomienda incluir al TMN como un factor determinante al momento de seleccionar la relación agua- cemento, para ello deben realizarse investigaciones que busquen encontrar la variación de la resistencia en función a la relación agua – cemento y al TMN del agregado.
- Se recomienda utilizar agregados de la cantera Margarita para la elaboración de concreto ya que esto podría reducir el costo de producción de concreto del concreto por m³, sin embargo, se debe evaluar otros factores como el transporte de los agregados, trabajabilidad, entre otros.
- Se recomienda emplear agregados con un TMN de ¾" ya que estos proporcionan concreto con mayores resistencias a la compresión que agregados con un TMN mayor, para una misma relación A/C, es por esta razón que en la presente investigación el concreto elaborado con los agregados de la cantera Bazán tuvo una menor resistencia.
- Se recomienda que para emplear la presente investigación en obra se debe asegurar un buen control de calidad en campo ya que pequeñas variaciones en la relación A/C pueden hacer variar la resistencia a la compresión significativamente, así mismo se debe seguir el procedimiento establecido en la norma (NTP 339.033, 2009) – "Hormigón (Concreto) –Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de conceto en campo, a fin de realizar un muestreo y curado adecuado".

BIBLIOGRAFIA

- Abanto, F. (2009). Tecnología del concreto. (2º ed.). Lima, Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Abdullahi, M. (2012). Effect of aggregate type on Compressive strength of concrete. International Journal of Civil and Structural Engineering. Nigeria.
- Abril, M & Ramos, A. (2017). Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso. Tesis Ing. Bogotá, Colombia. Universidad Católica de Colombia.
- ACI. (2001). Guía para la durabilidad del Hormigón -ACI 201.2R.(Novena. ed.). U.S.A. American Concrete Institute.
- ACI. (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural - ACI 318S-14. (9º ed.). U.S.A. American Concrete Institute.
- ASOCEM. (2018). Panorama Mundial de la Industria del Cemento. (en línea): Recuperado el 12 junio del 2019 de: <http://www.asocem.org.pe/archivo/files/Vision%20General%20de%20la%20Industria%20del%20Cemento%20y%20sus%20Principales%20Actores.pdf>
- Arrascue, N. (2011). Determinación de las propiedades físicas de los agregados de tres canteras y su influencia en la resistencia del concreto normal con cemento portland tipo I (Sol). Tesis Ing. Lima, Perú. Universidad Ricardo Palma.
- Bencardio, C. (2012). Estadística y muestreo. (13º ed.). Bogotá, Colombia: ECOE EDICIONES.
- BS 882. (1992). Aggregates from natural sources for concrete.Londres.BSI.
- Ceballos, M. (2016). El concreto, material fundamental para la infraestructura-México (en línea): Revista Construcción y tecnología en concreto, Agosto, 2016: p.24: Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/agosto2016/experto.pdf>.
- CTBUH. (2019). Tall Building Completions Maintain Momentum in 2018. U.S.A. (en línea): Consultado 18 ago. 2019 en: http://www.skyscrapercenter.com/research/CTBUH_ResearchReport_2018YearInReview.pdf.
- Giraldo, O. (1987). Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón. Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

- Giraldo, O. (2006). Dosificación de mezclas de hormigón. Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- INEI. (2018). Perú: Perfil Sociodemográfico, Informe Nacional. Nva. ed. Lima, Perú.
- Neville, A. (2013). Tecnología del concreto. (1º ed.). México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C.
- NTP 339.035. (1999). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.047. (2006). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.047. (2006). CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.010. (2016). AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. Lima. INDECOPI.
- NTP 400.037. (2014). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima. INDECOPI.
- NTP 400.043. (2015). AGREGADOS. Practica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo. Lima. INDECOPI.
- NTP 400.012. (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima. INDECOPI.
- NTP 400.021. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima. INDECOPI.
- NTP 400.022. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima. INDECOPI.
- NTP 339. 185. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregaos por secado. Lima. INDECOPI.
- NTP 400. 017. (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad "Peso Unitario" y los vacíos en los agregados. Lima. INDECOPI.
- NTP 400.018. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (Nº200) por lavado en agregados. Lima. INDECOPI.

- NTP 400.019. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles. Lima. INDECOPI.
- NTP 339.183. (2013). CONCRETO. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Lima. INDECOPI.
- NTP 339.034. (2008). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima. INDECOPI.
- Pasquel, E. (1998). Tópicos de Tecnología del concreto en el Perú. (2º ed.). Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Nacional.
- Portugal, P. (2007). Tecnología del concreto de alto desempeño. Paris: Imprimerie Lafayette.
- Rivva, E. (2013). Diseño de mezclas. (2º ed.). Lima, Perú: IMPRENTA WILLIAMS E.I.R.L.
- Rivva, E. (2000). Naturaleza y Materiales del Concreto. (1º ed.). Lima, Perú: ACI Perú.
- R.N.E. (2006). Concreto Armado E. 060.
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. (5º ed.). Bogotá, Colombia: BHANDAR EDITORES LTDA.
- Sánchez, D. (1997). Tecnología del concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas. (2 ed.). Bogotá, Colombia: ASOCRETO.
- Thulane, Bruce & Sabelo Ndlangamandla. (2016). The Effect of Aggregate Size on the Compressive Strength of Concrete. Journal of Agricultural Science and Engineering. American Institute of Science.
- Videla, C. (s.f.). Dosificación de Hormigones. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Zabaleta, H. (1988). Compendio de tecnología del hormigón. Santiago, Chile. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.

ANEXO N°1
PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA
"MARGARITA"

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

1.1 AGREGADO GRUESO

- ENSAYO N° 1

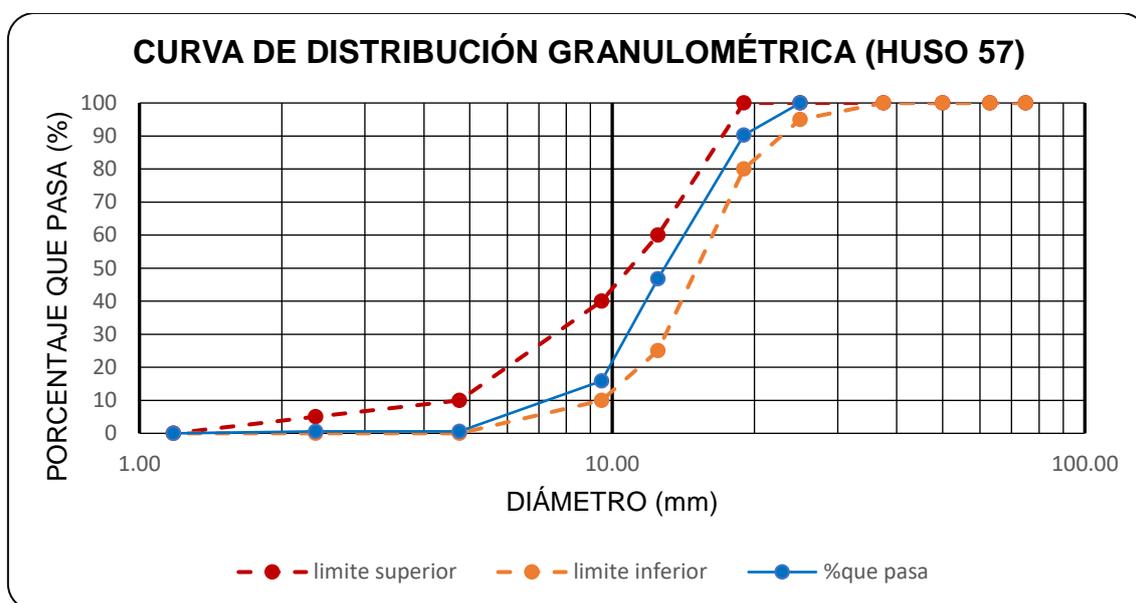
TABLA N° 17

CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°1).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| TAMIZ | | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | ABERTURA | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | (mm) | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 683 | 9.76 | 9.76 | 90.24 |
| 1/2" | 12.50 | 3039 | 43.41 | 53.17 | 46.83 |
| 3/8" | 9.50 | 2169 | 30.99 | 84.16 | 15.84 |
| N°4 | 4.75 | 1067 | 15.24 | 99.40 | 0.60 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.40 | 0.60 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.40 | 0.60 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.40 | 0.60 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.40 | 0.60 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.40 | 0.60 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.40 | 0.60 |
| CAZOLETA | -- | 42 | 0.60 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 6.903 |

FIGURA Nº 22

CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº1).



- ENSAYO Nº 2

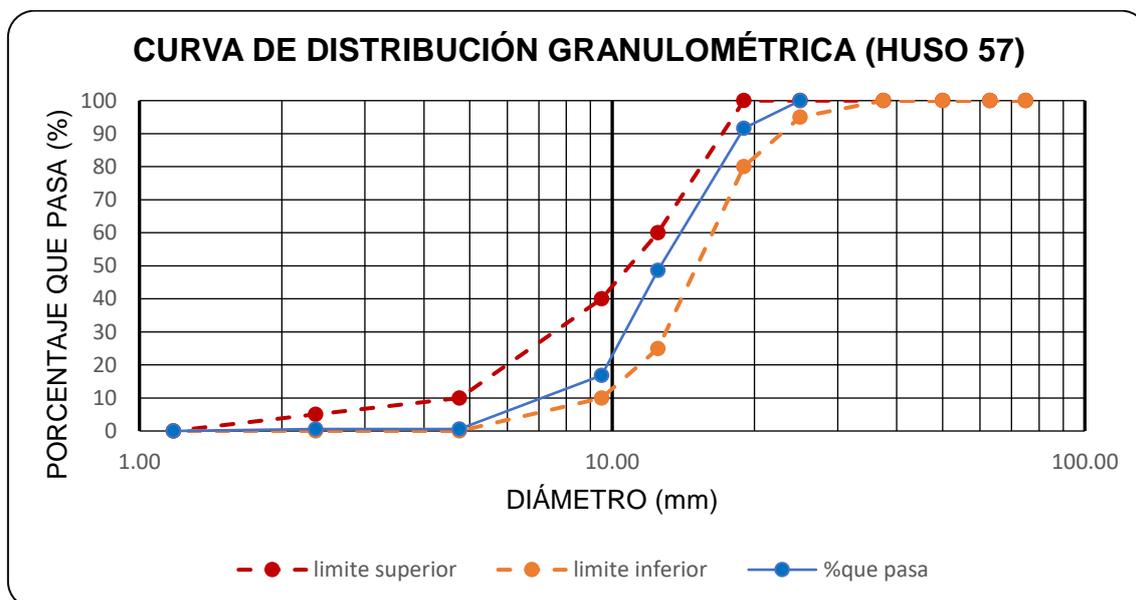
TABLA Nº 18

CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo Nº2).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|----------|-------------|-------------------------|-----------|--------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 586 | 8.37 | 8.37 | 91.63 |
| 1/2" | 12.50 | 3009 | 42.99 | 51.36 | 48.64 |
| 3/8" | 9.50 | 2224 | 31.77 | 83.13 | 16.87 |
| Nº4 | 4.75 | 1140 | 16.29 | 99.41 | 0.59 |
| Nº8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| Nº16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| Nº30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| Nº50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| Nº100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| Nº200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| CAZOLETA | -- | 41 | 0.59 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 6.880 |

FIGURA N° 23

CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°2).



- ENSAYO N° 3

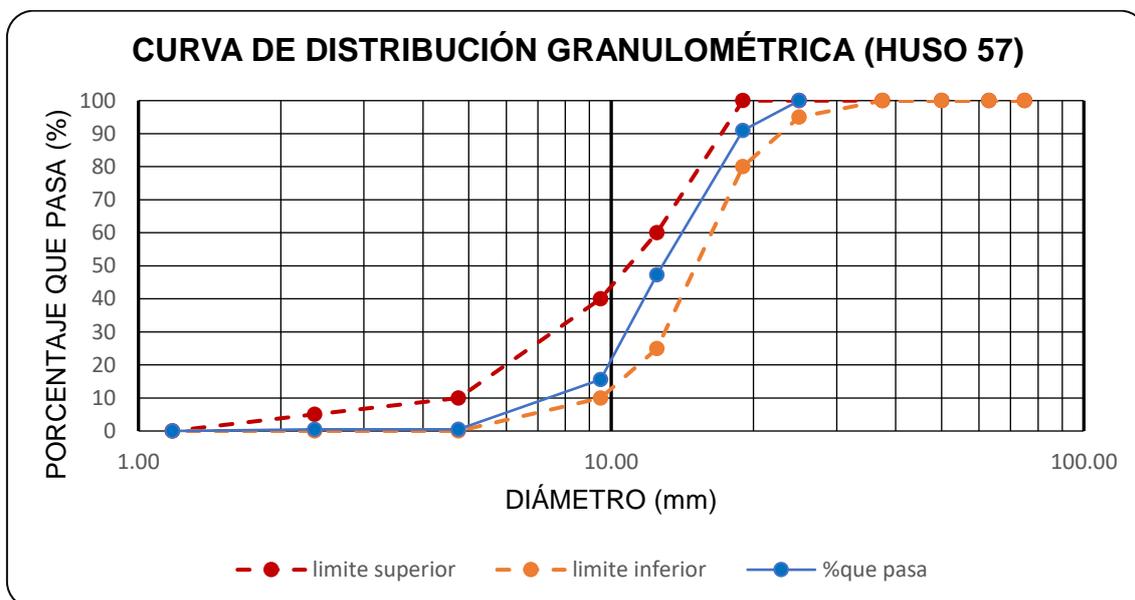
TABLA N° 19

CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°3).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|----------|-------------|-------------------------|-----------|--------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 636 | 9.09 | 9.09 | 90.91 |
| 1/2" | 12.50 | 3055 | 43.64 | 52.73 | 47.27 |
| 3/8" | 9.50 | 2219 | 31.70 | 84.43 | 15.57 |
| N°4 | 4.75 | 1052 | 15.03 | 99.46 | 0.54 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.46 | 0.54 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.46 | 0.54 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.46 | 0.54 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.46 | 0.54 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.46 | 0.54 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.46 | 0.54 |
| CAZOLETA | -- | 38 | 0.54 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 6.903 |

FIGURA N° 24

CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°3).



1.2 AGREGADO FINO

- ENSAYO N° 1

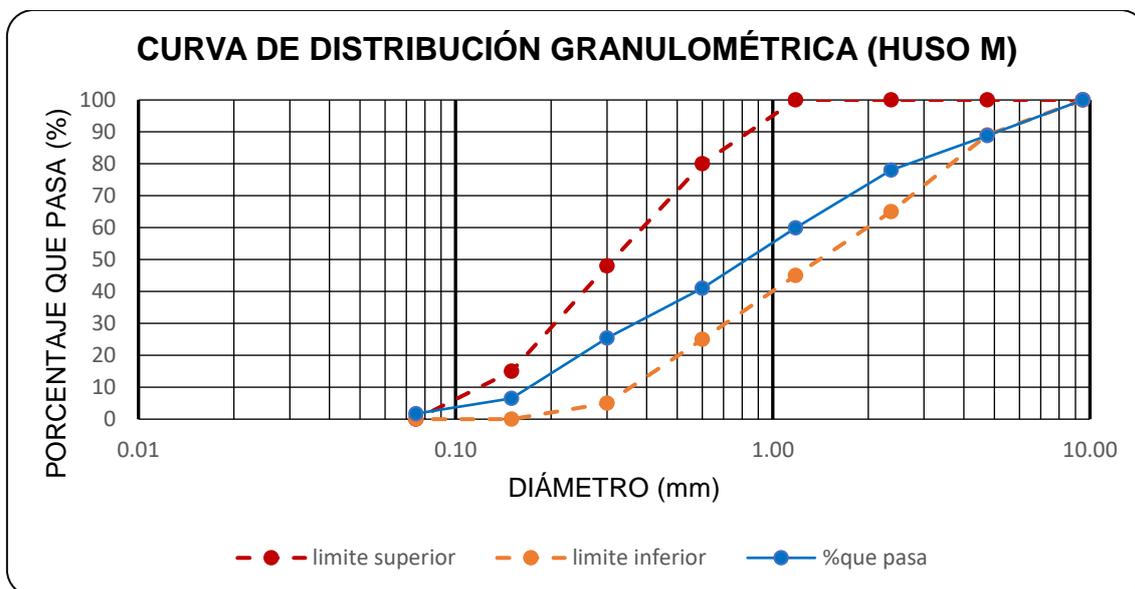
TABLA N° 20

CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°1).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|--------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| TAMIZ | | PESO RETENID O (g) | RETENID O PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULAD O (%) | PORCENTAJ E QUE PASA (%) |
| PULGADA S | ABERTUR A (mm) | | | | |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 168 | 11.20 | 11.20 | 88.80 |
| N°8 | 2.36 | 161 | 10.73 | 21.93 | 78.07 |
| N°16 | 1.18 | 272 | 18.13 | 40.07 | 59.93 |
| N°30 | 0.60 | 283 | 18.87 | 58.93 | 41.07 |
| N°50 | 0.30 | 234 | 15.60 | 74.53 | 25.47 |
| N°100 | 0.15 | 285 | 19.00 | 93.53 | 6.47 |
| N°200 | 0.075 | 71 | 4.73 | 98.27 | 1.73 |
| CAZOLETA | -- | 26 | 1.73 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | | 3.002 |

FIGURA Nº 25

CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº1).



- ENSAYO Nº 2

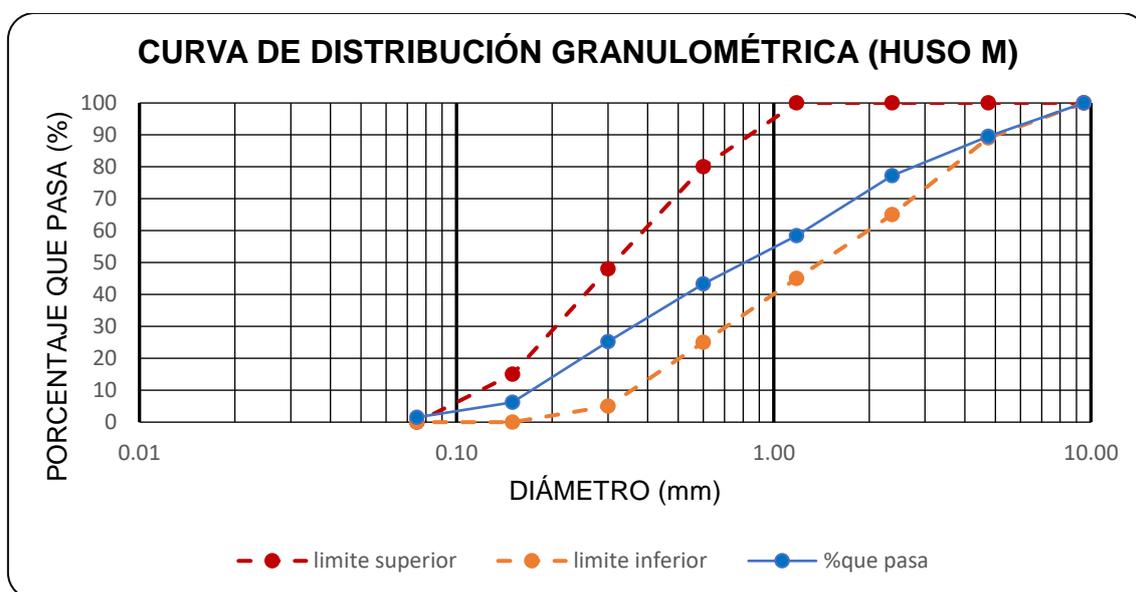
TABLA Nº 21

CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº2).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|---------------|--------------|-------------------------|---------------|--------------|
| TAMIZ | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE | |
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | RETENIDO (g) | PARCIAL (%) | ACUMULADO (%) | QUE PASA (%) |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº4 | 4.75 | 157 | 10.47 | 10.47 | 89.53 |
| Nº8 | 2.36 | 185 | 12.33 | 22.80 | 77.20 |
| Nº16 | 1.18 | 281 | 18.73 | 41.53 | 58.47 |
| Nº30 | 0.60 | 227 | 15.13 | 56.67 | 43.33 |
| Nº50 | 0.30 | 271 | 18.07 | 74.73 | 25.27 |
| Nº100 | 0.15 | 286 | 19.07 | 93.80 | 6.20 |
| Nº200 | 0.075 | 70 | 4.67 | 98.47 | 1.53 |
| CAZOLETA | -- | 23 | 1.53 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | | 3.000 |

FIGURA Nº 26

CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº2).



- ENSAYO Nº 3

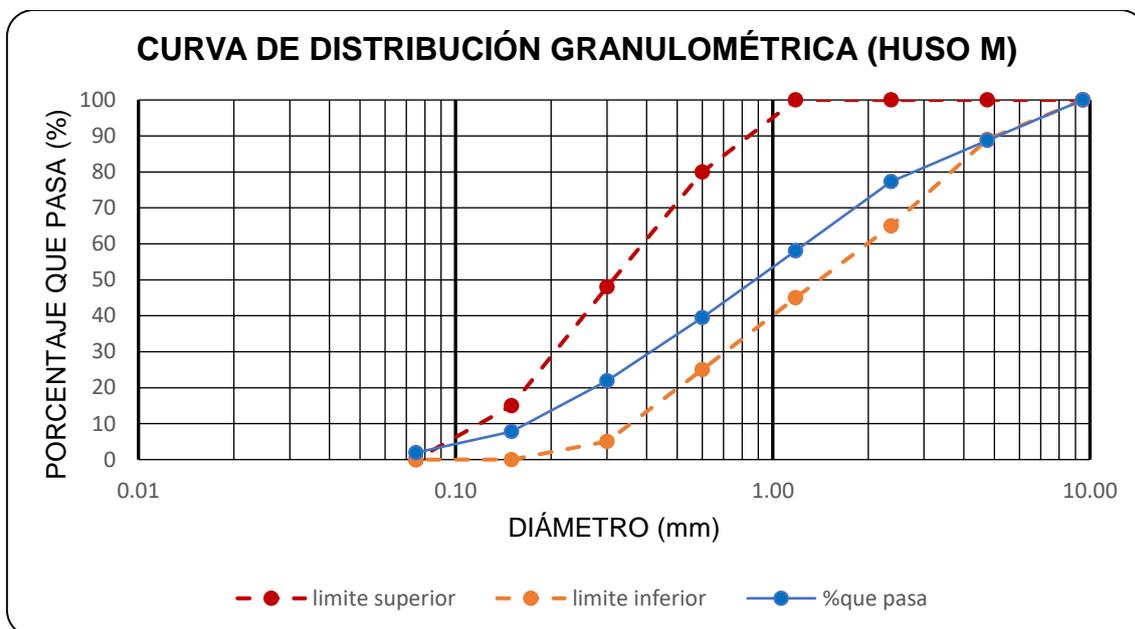
TABLA Nº 22

CANTERA MARGARITA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº3).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|---------------|--------------|-------------------------|---------------|--------------|
| TAMIZ | | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | RETENIDO (g) | PARCIAL (%) | ACUMULADO (%) | QUE PASA (%) |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº4 | 4.75 | 169 | 11.27 | 11.27 | 88.73 |
| Nº8 | 2.36 | 171 | 11.40 | 22.67 | 77.33 |
| Nº16 | 1.18 | 290 | 19.33 | 42.00 | 58.00 |
| Nº30 | 0.60 | 278 | 18.53 | 60.53 | 39.47 |
| Nº50 | 0.30 | 263 | 17.53 | 78.07 | 21.93 |
| Nº100 | 0.15 | 212 | 14.13 | 92.20 | 7.80 |
| Nº200 | 0.075 | 88 | 5.87 | 98.07 | 1.93 |
| CAZOLETA | -- | 29 | 1.93 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | 3.067 | |

FIGURA N° 27

CANTERA MARGARITA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°3).



2. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

2.1 PESO ESPECÍFICO DEL AGUA

TABLA N° 23

Peso específico del agua.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|----------------|-------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la fiola | g | 167 | 167 | 167 |
| Peso de la fiola + agua (hasta 500 cm3) | g | 665 | 665 | 666 |
| Volumen de la Fiola | cm ³ | 500 | 500 | 500 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | g/cm ³ | 0.996 | 0.996 | 0.998 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | Kg/m ³ | 996 | 996 | 998 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 996.667 | | |

2.2 AGREGADO GRUESO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA N° 24

Factor "F" del recipiente del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + agua | g | 13849 | 13855 | 13851 |
| Peso del agua | g | 9655 | 9661 | 9657 |
| Peso del agua | kg | 9.655 | 9.661 | 9.657 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| <i>Factor "F"</i> | 1/m ³ | 103.228 | 103.164 | 103.207 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | 103.200 | | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA N° 25

CANTERA MARGARITA: Peso unitario suelto del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 18231 | 18176 | 18211 |
| Peso de la muestra suelta | g | 14037 | 13982 | 14017 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | g/cm ³ | 1.449 | 1.443 | 1.447 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | Kg/m ³ | 1448.61 | 1442.94 | 1446.55 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1446.03 | | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA N° 26

CANTERA MARGARITA: Peso unitario compactado del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 19618 | 19606 | 19631 |
| Peso de la muestra suelta | g | 15424 | 15412 | 15437 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | g/cm ³ | 1.592 | 1.591 | 1.593 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | Kg/m ³ | 1591.75 | 1590.51 | 1593.09 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1591.78 | | |

2.3 AGREGADO FINO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA N° 27

Factor "F" de recipiente del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + agua | g | 6846 | 6844 | 6847 |
| Peso del agua | g | 2969 | 2967 | 2970 |
| Peso del agua | kg | 2.969 | 2.967 | 2.97 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.691 | 335.917 | 335.578 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | 335.729 | | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA N° 28

CANTERA MARGARITA: Peso unitario suelto del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 8863 | 8882 | 8876 |
| Peso de la muestra suelta | g | 4986 | 5005 | 4999 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| Peso Unitario Suelto | g/cm ³ | 1.674 | 1.680 | 1.678 |
| Peso Unitario Suelto | Kg/m ³ | 1673.94 | 1680.32 | 1678.31 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1677.52 | | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA N° 29

CANTERA MARGARITA: Peso unitario compactado del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 9314 | 9319 | 9315 |
| Peso de la muestra suelta | g | 5437 | 5442 | 5438 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| Peso Unitario Compactado | g/cm ³ | 1.825 | 1.827 | 1.826 |
| Peso Unitario Compactado | Kg/m ³ | 1825.36 | 1827.04 | 1825.69 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1826.03 | | |

3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

3.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 30

CANTERA MARGARITA: Peso específico y absorción del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|---|--------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 3000 | 3000 | 3000 | |
| Peso de la muestra SSS + canastilla sumergida | g | 3557 | 3563 | 3549 | |
| Peso de la canastilla sumergida | g | 1685 | 1689 | 1681 | |
| Peso de la muestra SSS sumergida | g | 1872 | 1874 | 1868 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 2962 | 2964 | 2962 | |
| <i>Peso Específico de Masa</i> | kg/cm ³ | 2.626 | 2.632 | 2.617 | 2.625 |
| <i>Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca</i> | kg/cm ³ | 2.66 | 2.66 | 2.65 | 2.66 |
| <i>Peso Específico Aparente</i> | kg/cm ³ | 2.72 | 2.72 | 2.71 | 2.71 |
| <i>Absorción</i> | % | 1.28 | 1.21 | 1.28 | 1.26 |

3.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 31

CANTERA MARGARITA: Peso específico y absorción del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|--|-------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la Fiola | g | 168.1 | 168.1 | 168.1 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 500 | 500 | 500 | |
| Peso de la fiola + muestra + agua (hasta los 500 cm ³) | g | 980.7 | 980.9 | 980.4 | |
| Peso del agua añadida a la Fiola | g | 312.6 | 312.8 | 312.3 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 493.4 | 493.6 | 493.8 | |
| <i>Peso Específico de Masa</i> | kg/m ³ | 2.633 | 2.637 | 2.631 | 2.633 |
| <i>Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca</i> | kg/m ³ | 2.668 | 2.671 | 2.664 | 2.668 |
| <i>Peso Específico Aparente</i> | kg/m ³ | 2.729 | 2.730 | 2.721 | 2.727 |
| <i>Absorción</i> | % | 1.338 | 1.297 | 1.256 | 1.297 |

4. MATERIALES MAS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ N°200

4.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 32

CANTERA MARGARITA: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra lavada | g | 2987 | 2984 | 2986 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 13 | 16 | 14 |
| % de material que pasa el Tamiz N° 200 | % | 0.43 | 0.53 | 0.47 |
| PROMEDIO | % | | 0.478 | |

4.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 33

CANTERA MARGARITA: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra lavada | g | 486 | 484 | 484 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 14 | 16 | 16 |
| % de material que pasa el Tamiz N° 200 | % | 2.80 | 3.20 | 3.20 |
| PROMEDIO | % | | 3.067 | |

5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO

TABLA N° 34

CANTERA MARGARITA: Resistencia a la abrasión del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso inicial de la muestra | g | 5000 | 5000 | 5000 |
| Peso retenido en la malla N° 12 lavado y secado | g | 3837 | 3816 | 3852 |
| <i>Pérdida o desgaste del material</i> | % | 23.26 | 23.68 | 22.96 |
| PROMEDIO | % | | 23.3 | |

6. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

6.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 35

CANTERA MARGARITA: Contenido de Humedad del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 193 | 189 | 187 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 3193 | 3189 | 3187 |
| Peso de la muestra humedad | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 3179 | 3175 | 3174 |
| Peso de la muestra seca | g | 2986 | 2986 | 2987 |
| Peso del agua | g | 14 | 14 | 13 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 0.469 | 0.469 | 0.435 |
| PROMEDIO | % | | 0.46 | |

6.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 36

CANTERA MARGARITA: Contenido de Humedad del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 82 | 85 | 79 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 582 | 585 | 579 |
| Peso de la muestra humedad | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 572 | 575 | 568 |
| Peso de la muestra seca | g | 490 | 490 | 489 |
| Peso del agua | g | 10 | 10 | 11 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 2.041 | 2.041 | 2.249 |
| PROMEDIO | % | | 2.11 | |

ANEXO N°2
PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA
"AGUILAR"

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

1.1 AGREGADO GRUESO

- ENSAYO N° 1

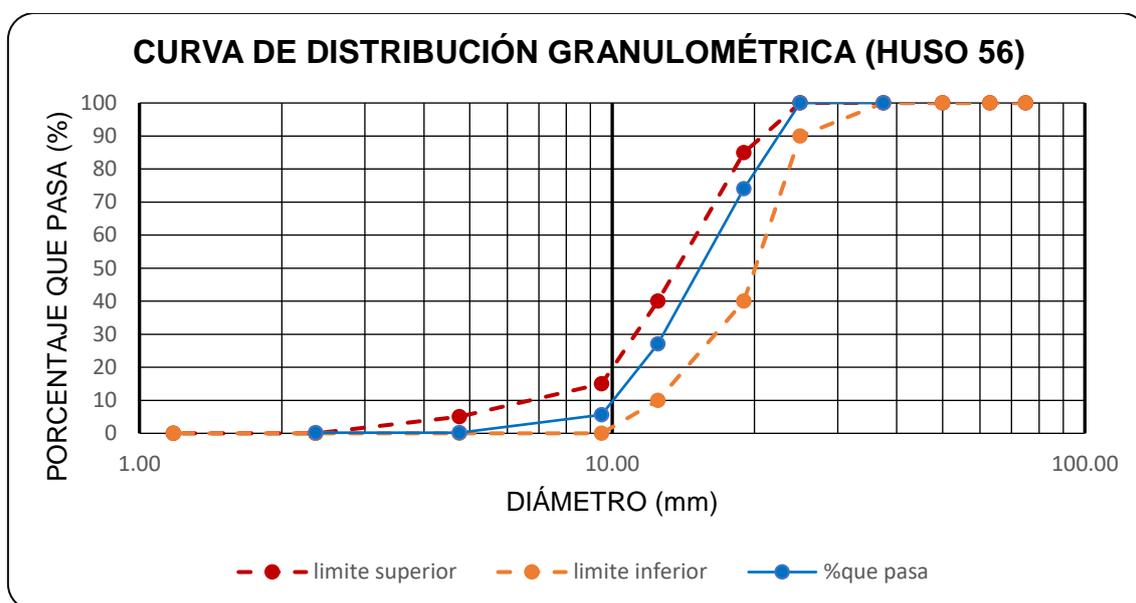
TABLA N° 37

CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°1).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------------|-----------------|
| TAMIZ | | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | RETENIDO (g) | PARCIAL (%) | ACUMULADO (%) | QUE PASA (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 1817 | 25.96 | 25.96 | 74.04 |
| 1/2" | 12.50 | 3285 | 46.93 | 72.89 | 27.11 |
| 3/8" | 9.50 | 1503 | 21.47 | 94.36 | 5.64 |
| N°4 | 4.75 | 381 | 5.44 | 99.80 | 0.20 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.80 | 0.20 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.80 | 0.20 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.80 | 0.20 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.80 | 0.20 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.80 | 0.20 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.80 | 0.20 |
| CAZOLETA | -- | 14 | 0.20 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 7.191 |

FIGURA N° 28

CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°1).



- ENSAYO N° 2

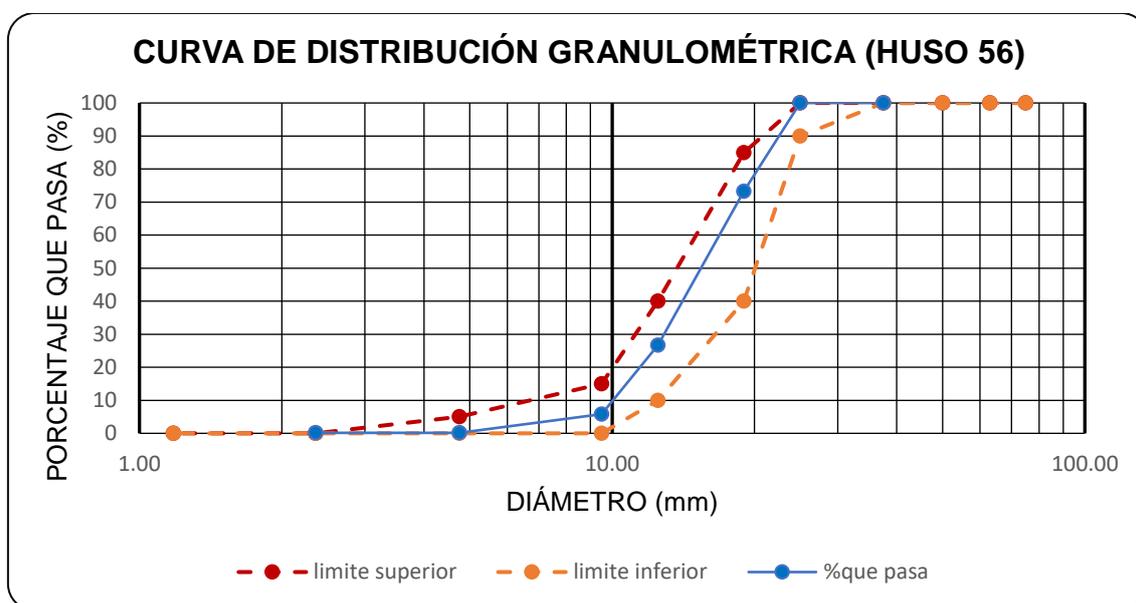
TABLA N° 38

CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°2).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|----------|----------|-------------------------|-----------|--------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 1874 | 26.77 | 26.77 | 73.23 |
| 1/2" | 12.50 | 3259 | 46.56 | 73.33 | 26.67 |
| 3/8" | 9.50 | 1457 | 20.81 | 94.14 | 5.86 |
| N°4 | 4.75 | 399 | 5.70 | 99.84 | 0.16 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.84 | 0.16 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.84 | 0.16 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.84 | 0.16 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.84 | 0.16 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.84 | 0.16 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.84 | 0.16 |
| CAZOLETA | -- | 11 | 0.16 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 7.200 |

FIGURA N° 29

CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°2).



- ENSAYO N° 3

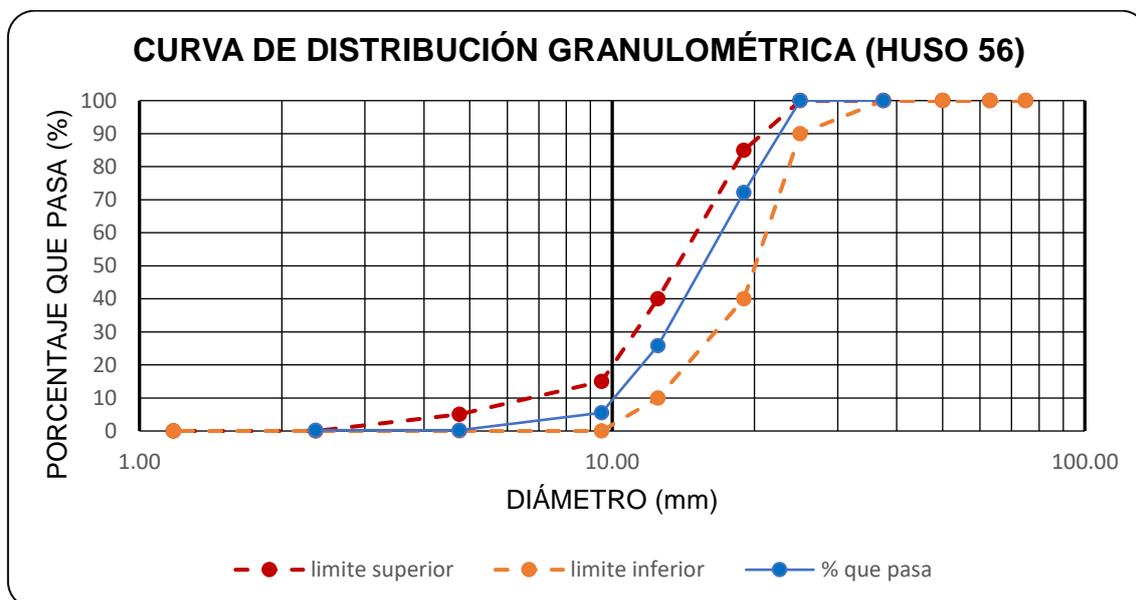
TABLA N° 39

CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°3).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|----------|-------------|-------------------------|-----------|--------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 1943 | 27.76 | 27.76 | 72.24 |
| 1/2" | 12.50 | 3248 | 46.40 | 74.16 | 25.84 |
| 3/8" | 9.50 | 1424 | 20.34 | 94.50 | 5.50 |
| N°4 | 4.75 | 368 | 5.26 | 99.76 | 0.24 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.76 | 0.24 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.76 | 0.24 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.76 | 0.24 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.76 | 0.24 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.76 | 0.24 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.76 | 0.24 |
| CAZOLETA | -- | 17 | 0.24 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 7.208 |

FIGURA N° 30

CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°3).



1.2 AGREGADO FINO

- ENSAYO N° 1

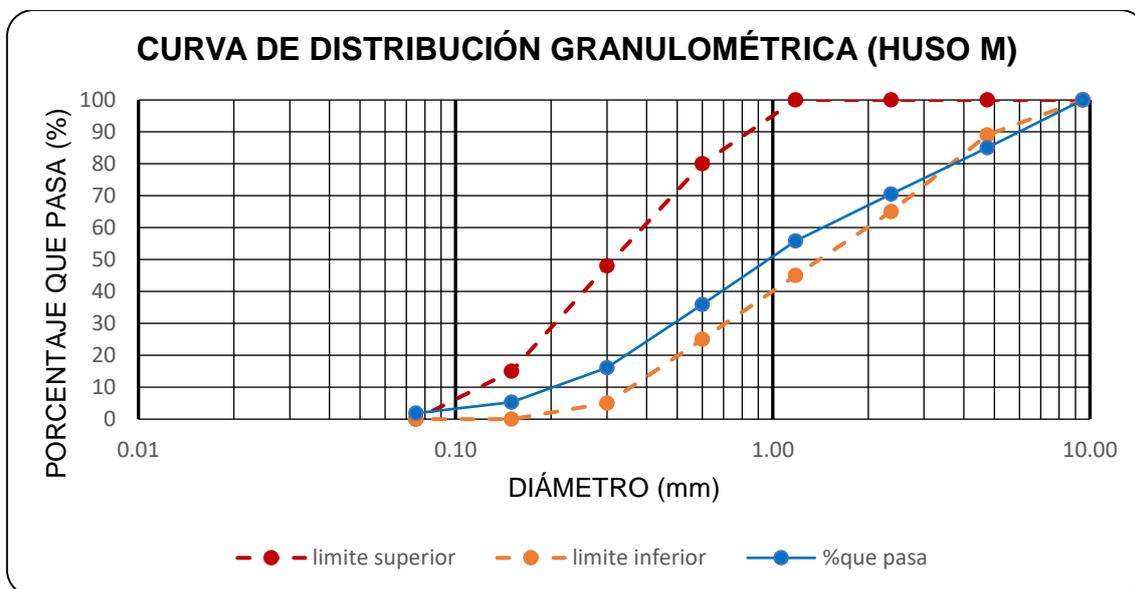
TABLA N° 40

CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°1).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| PULGADAS | TAMIZ | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) |
| | ABERTURA (mm) | | | | |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 224 | 14.93 | 14.93 | 85.07 |
| N°8 | 2.36 | 218 | 14.53 | 29.47 | 70.53 |
| N°16 | 1.18 | 221 | 14.73 | 44.20 | 55.80 |
| N°30 | 0.60 | 298 | 19.87 | 64.07 | 35.93 |
| N°50 | 0.30 | 297 | 19.80 | 83.87 | 16.13 |
| N°100 | 0.15 | 162 | 10.80 | 94.67 | 5.33 |
| N°200 | 0.075 | 52 | 3.47 | 98.13 | 1.87 |
| CAZOLETA | -- | 28 | 1.87 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | 3.312 | |

FIGURA N° 31

CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°1).



- ENSAYO N° 2

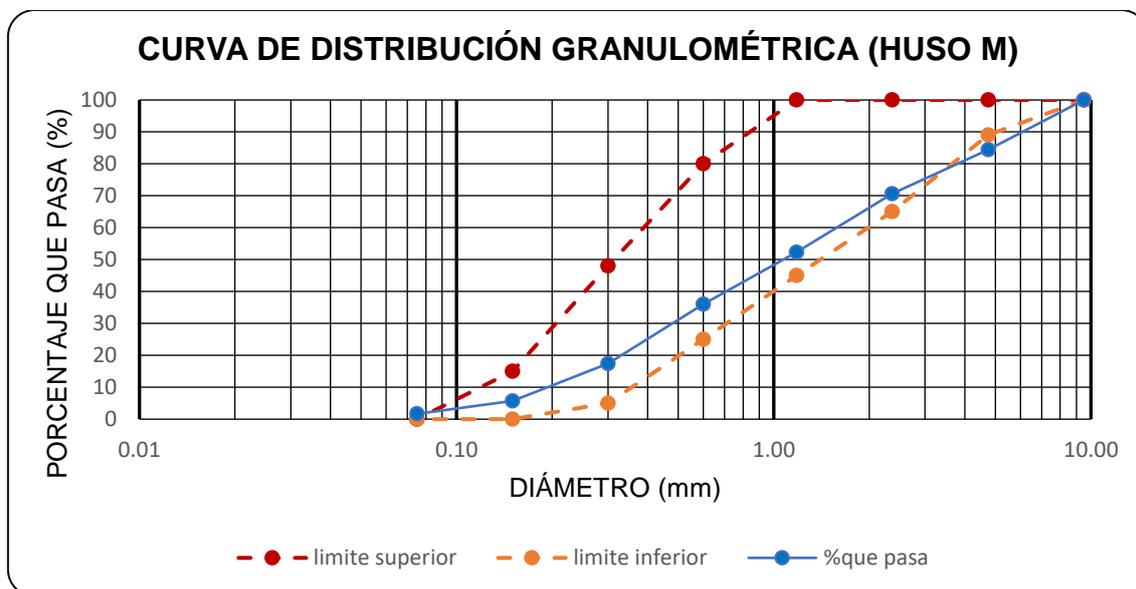
TABLA N° 41

CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°2).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| TAMIZ | | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) |
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | | | |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 233 | 15.53 | 15.53 | 84.47 |
| N°8 | 2.36 | 208 | 13.87 | 29.40 | 70.60 |
| N°16 | 1.18 | 274 | 18.27 | 47.67 | 52.33 |
| N°30 | 0.60 | 245 | 16.33 | 64.00 | 36.00 |
| N°50 | 0.30 | 279 | 18.60 | 82.60 | 17.40 |
| N°100 | 0.15 | 176 | 11.73 | 94.33 | 5.67 |
| N°200 | 0.075 | 60 | 4.00 | 98.33 | 1.67 |
| CAZOLETA | -- | 25 | 1.67 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | | 3.335 |

FIGURA N° 32

CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°2).



- ENSAYO N° 3

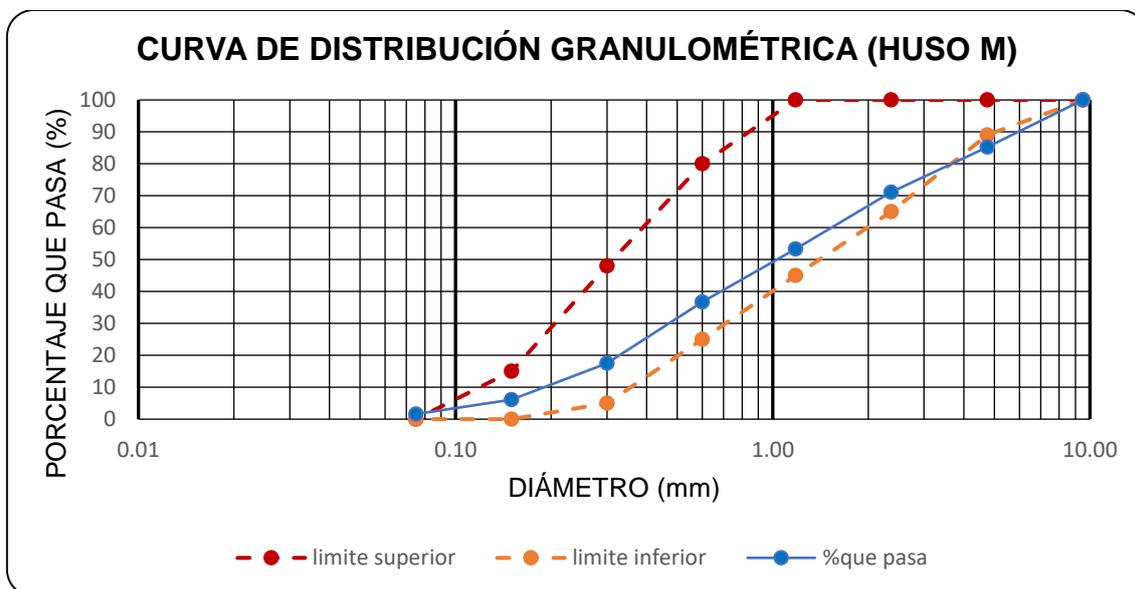
TABLA N° 42

CANTERA AGUILAR: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°3).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|----------|----------|-------------------------|------------|--------------|
| TAMIZ | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE | |
| PULGADAS | ABERTURA | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | (mm) | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 222 | 14.80 | 14.80 | 85.20 |
| N°8 | 2.36 | 211 | 14.07 | 28.87 | 71.13 |
| N°16 | 1.18 | 267 | 17.80 | 46.67 | 53.33 |
| N°30 | 0.60 | 249 | 16.60 | 63.27 | 36.73 |
| N°50 | 0.30 | 289 | 19.27 | 82.53 | 17.47 |
| N°100 | 0.15 | 171 | 11.40 | 93.93 | 6.07 |
| N°200 | 0.075 | 67 | 4.47 | 98.40 | 1.60 |
| CAZOLETA | -- | 24 | 1.60 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | | 3.301 |

FIGURA N° 33

CANTERA AGUILAR: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°3).



2. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

2.1 PESO ESPECÍFICO DEL AGUA

TABLA N° 43

Peso específico del agua.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|-------------------|----------------|-------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la fiola | g | 167 | 167 | 167 |
| Peso de la fiola + agua (hasta 500 cm3) | g | 665 | 665 | 666 |
| Volumen de la Fiola | cm ³ | 500 | 500 | 500 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | g/cm ³ | 0.996 | 0.996 | 0.998 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | Kg/m ³ | 996 | 996 | 998 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 996.667 | | |

2.2 AGREGADO GRUESO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA N° 44

Factor "F" del recipiente del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + agua | g | 13849 | 13855 | 13851 |
| Peso del agua | g | 9655 | 9661 | 9657 |
| Peso del agua | kg | 9.655 | 9.661 | 9.657 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| <i>Factor "F"</i> | 1/m ³ | 103.228 | 103.164 | 103.207 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | | 103.200 | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA N° 45

CANTERA AGUILAR: Peso unitario suelto del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 18202 | 18177 | 18196 |
| Peso de la muestra suelta | g | 14008 | 13983 | 14002 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | g/cm ³ | 1.446 | 1.443 | 1.445 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | Kg/m ³ | 1445.62 | 1443.04 | 1445.00 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1444.55 | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA N° 46

CANTERA AGUILAR: Peso unitario compactado del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 19427 | 19404 | 19421 |
| Peso de la muestra suelta | g | 15233 | 15210 | 15227 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | g/cm ³ | 1.572 | 1.570 | 1.571 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | Kg/m ³ | 1572.04 | 1569.66 | 1571.42 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1571.04 | |

2.3 AGREGADO FINO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA N° 47

Factor "F" de recipiente del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + agua | g | 6846 | 6844 | 6847 |
| Peso del agua | g | 2969 | 2967 | 2970 |
| Peso del agua | kg | 2.969 | 2.967 | 2.97 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| <i>Factor "F"</i> | 1/m ³ | 335.691 | 335.917 | 335.578 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | | 335.729 | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA N° 48

CANTERA AGUILAR: Peso unitario suelto del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 8817 | 8825 | 8822 |
| Peso de la muestra suelta | g | 4940 | 4948 | 4945 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | g/cm ³ | 1.659 | 1.661 | 1.660 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | Kg/m ³ | 1658.50 | 1661.19 | 1660.18 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1659.96 | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA N° 49

CANTERA AGUILAR: Peso unitario compactado del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 9217 | 9234 | 9228 |
| Peso de la muestra suelta | g | 5340 | 5357 | 5351 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | g/cm ³ | 1.793 | 1.798 | 1.796 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | Kg/m ³ | 1792.79 | 1798.50 | 1796.48 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1795.93 | |

3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

3.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 50

CANTERA AGUILAR: Peso específico y absorción del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|---|--------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 3000 | 3000 | 3000 | |
| Peso de la muestra SSS + canastilla sumergida | g | 3533 | 3528 | 3529 | |
| Peso de la canastilla sumergida | g | 1685 | 1689 | 1681 | |
| Peso de la muestra SSS sumergida | g | 1848 | 1839 | 1848 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 2961 | 2959 | 2957 | |
| Peso Específico de Masa | kg/cm ³ | 2.570 | 2.549 | 2.567 | 2.562 |
| Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca | kg/cm ³ | 2.60 | 2.58 | 2.60 | 2.60 |
| Peso Específico Aparente | kg/cm ³ | 2.66 | 2.64 | 2.67 | 2.66 |
| Absorción | % | 1.32 | 1.39 | 1.45 | 1.39 |

3.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 51

CANTERA AGUILAR: Peso específico y absorción del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|--|-------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la Fiola | g | 168.1 | 168.1 | 168.1 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 500 | 500 | 500 | |
| Peso de la fiola + muestra + agua (hasta los 500 cm ³) | g | 979.7 | 979.9 | 979.4 | |
| Peso del agua añadida a la fiola | g | 311.6 | 311.8 | 311.3 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 492.8 | 492.5 | 492.6 | |
| Peso Específico de Masa | kg/m ³ | 2.616 | 2.617 | 2.610 | 2.614 |
| Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca | kg/m ³ | 2.654 | 2.657 | 2.650 | 2.653 |
| Peso Específico Aparente | kg/m ³ | 2.720 | 2.726 | 2.717 | 2.721 |
| Absorción | % | 1.461 | 1.523 | 1.502 | 1.495 |

4. MATERIALES MAS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ N°200

4.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 52

CANTERA AGUILAR: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADE S | ENSAYO | | |
|---|--------------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra lavada | g | 2975 | 2974 | 2975 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 25 | 26 | 25 |
| % de material que pasa el Tamiz N° 200 | % | 0.83 | 0.87 | 0.83 |
| PROMEDIO | % | | 0.844 | |

4.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 53

CANTERA AGUILAR: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADE S | ENSAYO | | |
|---|--------------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra lavada | g | 478 | 479 | 478 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 22 | 21 | 22 |
| % de material que pasa el Tamiz N° 200 | % | 4.40 | 4.20 | 4.40 |
| PROMEDIO | % | | 4.333 | |

5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO

TABLA N° 54

CANTERA AGUILAR: Resistencia a la abrasión del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADE S | ENSAYO | | |
|---|--------------|--------|---------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso inicial de la muestra | g | 5000 | 5000 | 5000 |
| Peso retenido en la malla N° 12 lavado y secado | g | 3770 | 3734 | 3729 |
| <i>pérdida o desgaste del material</i> | % | 24.6 | 25.32 | 25.42 |
| PROMEDIO | % | | 25.113 | |

6. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

6.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 55

CANTERA AGUILAR: Contenido de Humedad del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 193 | 189 | 187 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 3193 | 3189 | 3187 |
| Peso de la muestra humedad | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 3177 | 3174 | 3171 |
| Peso de la muestra seca | g | 2984 | 2985 | 2984 |
| Peso del agua | g | 16 | 15 | 16 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 0.536 | 0.503 | 0.536 |
| PROMEDIO | % | | 0.52 | |

6.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 56

CANTERA AGUILAR: Contenido de Humedad del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 82 | 85 | 79 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 582 | 585 | 579 |
| Peso de la muestra humedad | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 570 | 573 | 567 |
| Peso de la muestra seca | g | 488 | 488 | 488 |
| Peso del agua | g | 12 | 12 | 12 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 2.459 | 2.459 | 2.459 |
| PROMEDIO | % | | 2.46 | |

ANEXO N°3
PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA
"BANDA"

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

1.1 AGREGADO GRUESO

- ENSAYO N° 1

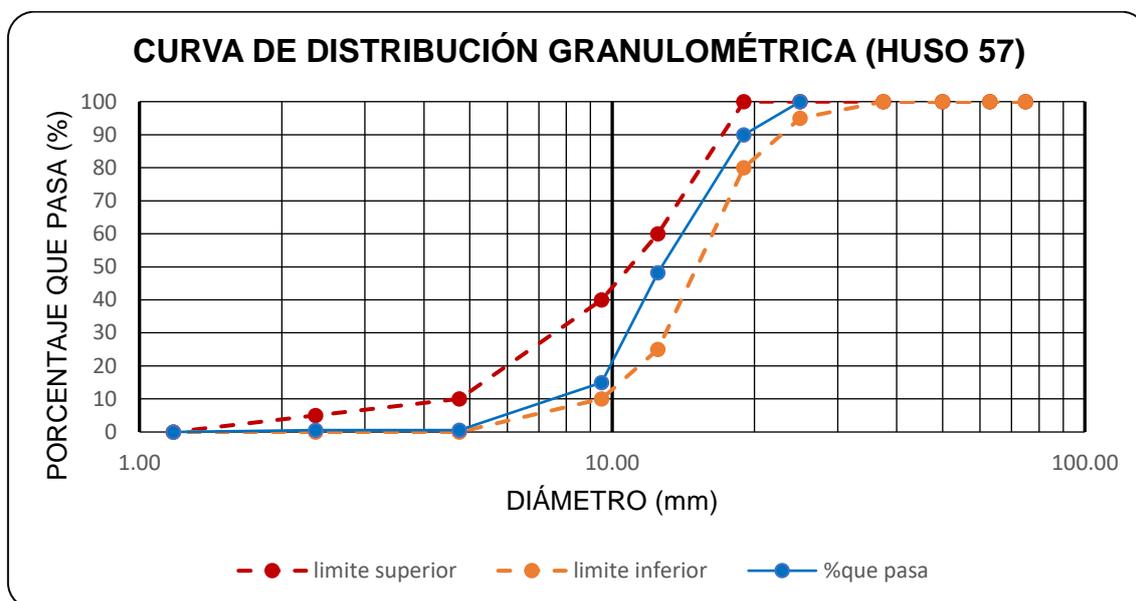
TABLA N° 57

CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°1).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 703 | 10.04 | 10.04 | 89.96 |
| 1/2" | 12.50 | 2922 | 41.74 | 51.79 | 48.21 |
| 3/8" | 9.50 | 2326 | 33.23 | 85.01 | 14.99 |
| N°4 | 4.75 | 1006 | 14.37 | 99.39 | 0.61 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.39 | 0.61 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.39 | 0.61 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.39 | 0.61 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.39 | 0.61 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.39 | 0.61 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.39 | 0.61 |
| CAZOLETA | -- | 43 | 0.61 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 6.914 |

FIGURA N° 34

CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°1).



- ENSAYO N° 2

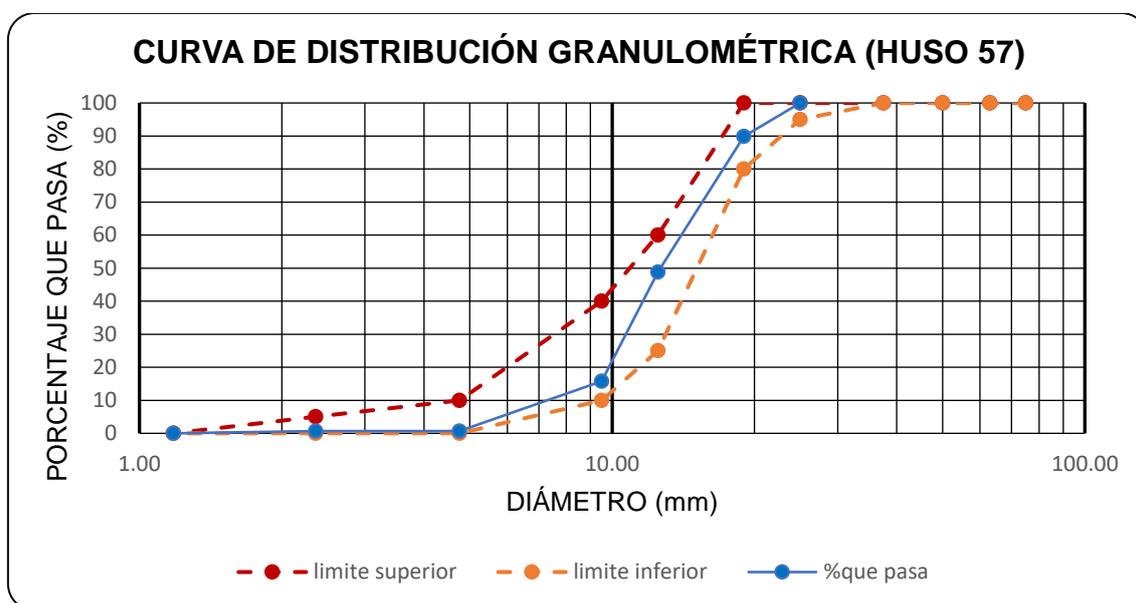
TABLA N° 58

CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°2).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| PULGADAS | TAMIZ ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 708 | 10.11 | 10.11 | 89.89 |
| 1/2" | 12.50 | 2876 | 41.09 | 51.20 | 48.80 |
| 3/8" | 9.50 | 2313 | 33.04 | 84.24 | 15.76 |
| N°4 | 4.75 | 1055 | 15.07 | 99.31 | 0.69 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.31 | 0.69 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.31 | 0.69 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.31 | 0.69 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.31 | 0.69 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.31 | 0.69 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.31 | 0.69 |
| CAZOLETA | -- | 48 | 0.69 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 6.902 |

FIGURA N° 35

CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°2).



- ENSAYO N° 3

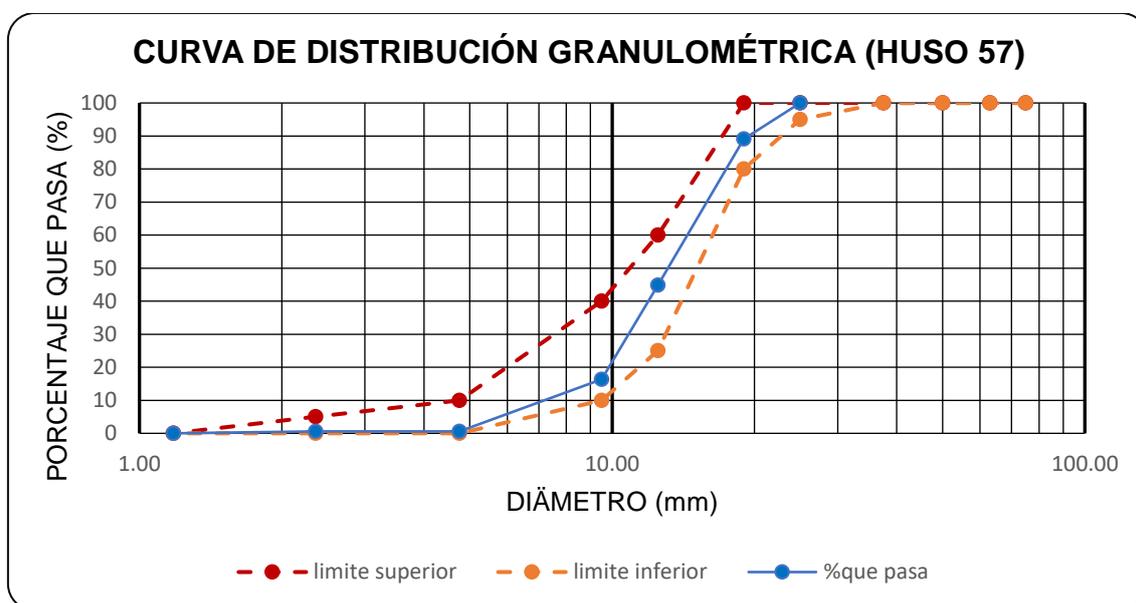
TABLA N° 59

CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°3).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 3/4" |
|-------------------|----------|-------------|-------------------------|-----------|--------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 760 | 10.86 | 10.86 | 89.14 |
| 1/2" | 12.50 | 3102 | 44.31 | 55.17 | 44.83 |
| 3/8" | 9.50 | 1996 | 28.51 | 83.69 | 16.31 |
| N°4 | 4.75 | 1101 | 15.73 | 99.41 | 0.59 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.41 | 0.59 |
| CAZOLETA | -- | 41 | 0.59 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 6.910 |

FIGURA Nº 36

CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo Nº3).



1.2 AGREGADO FINO

- ENSAYO Nº 1

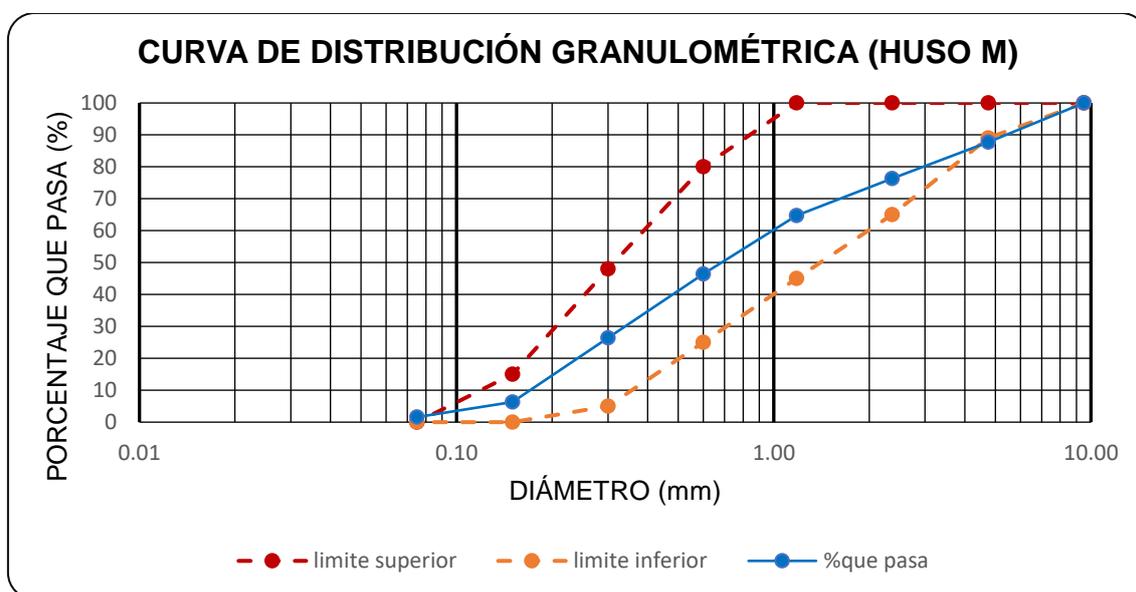
TABLA Nº 60

CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº1).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| PULGADAS | TAMIZ | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) |
| | ABERTURA (mm) | | | | |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº4 | 4.75 | 184 | 12.27 | 12.27 | 87.73 |
| Nº8 | 2.36 | 171 | 11.40 | 23.67 | 76.33 |
| Nº16 | 1.18 | 174 | 11.60 | 35.27 | 64.73 |
| Nº30 | 0.60 | 275 | 18.33 | 53.60 | 46.40 |
| Nº50 | 0.30 | 299 | 19.93 | 73.53 | 26.47 |
| Nº100 | 0.15 | 302 | 20.13 | 93.67 | 6.33 |
| Nº200 | 0.075 | 71 | 4.73 | 98.40 | 1.60 |
| CAZOLETA | -- | 24 | 1.60 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | 2.920 | |

FIGURA N° 37

CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°1).



- ENSAYO N° 2

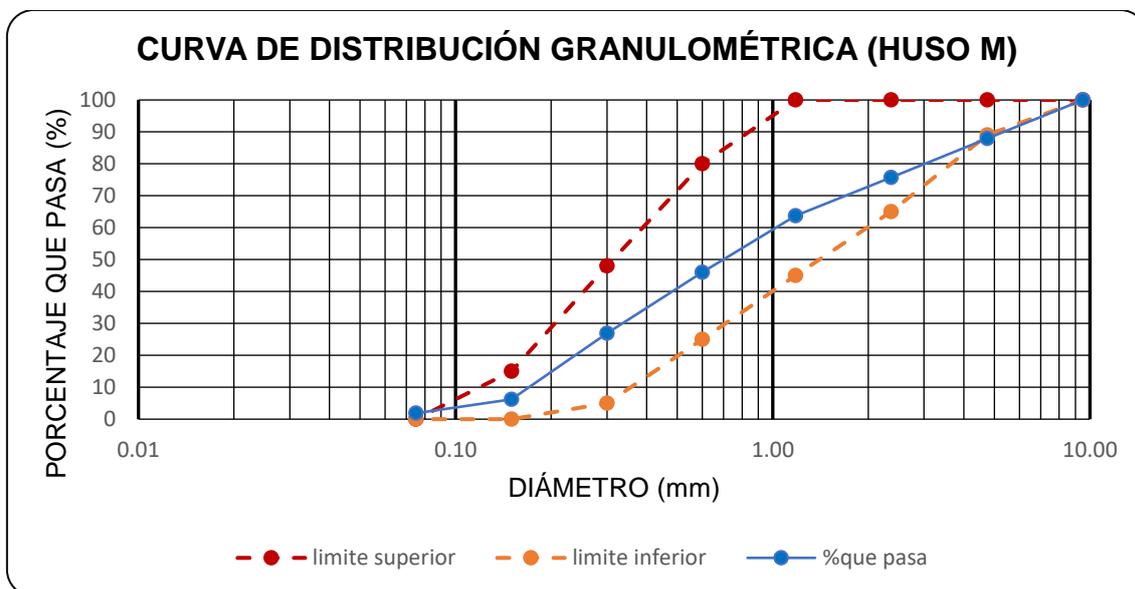
TABLA N° 61

CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°2).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| PULGADAS | TAMIZ | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) |
| | ABERTURA (mm) | | | | |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 181 | 12.07 | 12.07 | 87.93 |
| N°8 | 2.36 | 183 | 12.20 | 24.27 | 75.73 |
| N°16 | 1.18 | 180 | 12.00 | 36.27 | 63.73 |
| N°30 | 0.60 | 265 | 17.67 | 53.93 | 46.07 |
| N°50 | 0.30 | 287 | 19.13 | 73.07 | 26.93 |
| N°100 | 0.15 | 311 | 20.73 | 93.80 | 6.20 |
| N°200 | 0.075 | 65 | 4.33 | 98.13 | 1.87 |
| CAZOLETA | -- | 28 | 1.87 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | 2.934 | |

FIGURA Nº 38

CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo Nº2).



- ENSAYO Nº 3

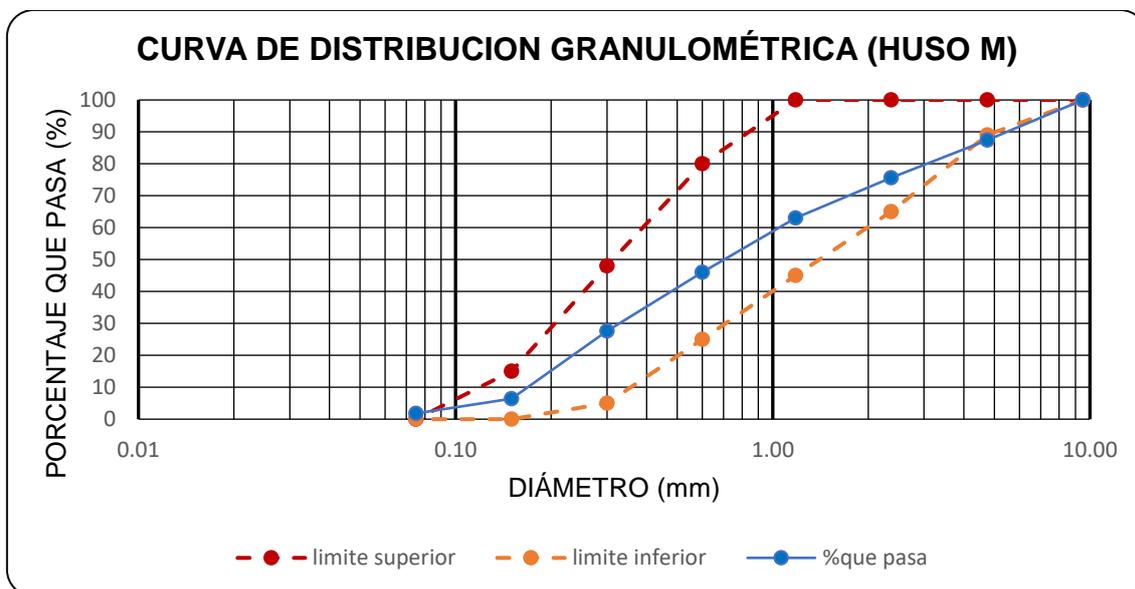
TABLA Nº 62

CANTERA BANDA: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo Nº3).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|----------|----------|------------------|------------|--------------|
| TAMIZ | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE | |
| PULGADAS | ABERTURA | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | (mm) | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº4 | 4.75 | 189 | 12.60 | 12.60 | 87.40 |
| Nº8 | 2.36 | 177 | 11.80 | 24.40 | 75.60 |
| Nº16 | 1.18 | 189 | 12.60 | 37.00 | 63.00 |
| Nº30 | 0.60 | 254 | 16.93 | 53.93 | 46.07 |
| Nº50 | 0.30 | 277 | 18.47 | 72.40 | 27.60 |
| Nº100 | 0.15 | 318 | 21.20 | 93.60 | 6.40 |
| Nº200 | 0.075 | 69 | 4.60 | 98.20 | 1.80 |
| CAZOLETA | -- | 27 | 1.80 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MODULO DE FINEZA | | 2.939 |

FIGURA N° 39

CANTERA BANDA: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°3).



2. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

2.1 PESO ESPECÍFICO DEL AGUA

TABLA N° 63

Peso específico del agua.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|----------------|-------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la fiola | g | 167 | 167 | 167 |
| Peso de la fiola + agua (hasta 500 cm ³) | g | 665 | 665 | 666 |
| Volumen de la Fiola | cm ³ | 500 | 500 | 500 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | g/cm ³ | 0.996 | 0.996 | 0.998 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | Kg/m ³ | 996 | 996 | 998 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 996.667 | | |

2.2 AGREGADO GRUESO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA N° 64

Factor "F" del recipiente del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | G | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + agua | G | 13849 | 13855 | 13851 |
| Peso del agua | G | 9655 | 9661 | 9657 |
| Peso del agua | Kg | 9.655 | 9.661 | 9.657 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| <i>Factor "F"</i> | 1/m ³ | 103.228 | 103.164 | 103.207 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | 103.200 | | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA N° 65

CANTERA BANDA: Peso unitario suelto del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 17579 | 17562 | 17589 |
| Peso de la muestra suelta | g | 13385 | 13368 | 13395 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | g/cm ³ | 1.381 | 1.380 | 1.382 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | Kg/m ³ | 1381.33 | 1379.57 | 1382.36 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1381.09 | | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA N° 66

CANTERA BANDA: Peso unitario compactado del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 19393 | 19438 | 19432 |
| Peso de la muestra suelta | g | 15199 | 15244 | 15238 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | g/cm ³ | 1.569 | 1.573 | 1.573 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | Kg/m ³ | 1568.53 | 1573.17 | 1572.55 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1571.42 | | |

2.3 AGREGADO FINO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA N° 67

Factor "F" de recipiente del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + agua | g | 6846 | 6844 | 6847 |
| Peso del agua | g | 2969 | 2967 | 2970 |
| Peso del agua | kg | 2.969 | 2.967 | 2.97 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| <i>Factor "F"</i> | 1/m ³ | 335.691 | 335.917 | 335.578 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | | 335.729 | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA N° 68

CANTERA BANDA: Peso unitario suelto del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 8861 | 8849 | 8852 |
| Peso de la muestra suelta | g | 4984 | 4972 | 4975 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | g/cm ³ | 1.673 | 1.669 | 1.670 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | Kg/m ³ | 1673.27 | 1669.24 | 1670.25 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1670.92 | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA N° 69

CANTERA BANDA: Peso unitario compactado del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 9269 | 9287 | 9267 |
| Peso de la muestra suelta | g | 5392 | 5410 | 5390 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | g/cm ³ | 1.810 | 1.816 | 1.810 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | Kg/m ³ | 1810.25 | 1816.29 | 1809.58 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1812.04 | |

3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

3.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 70

CANTERA BANDA: Peso específico y absorción del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|---|--------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 3000 | 3000 | 3000 | |
| Peso de la muestra SSS + canastilla sumergida | g | 3537 | 3532 | 3539 | |
| Peso de la canastilla sumergida | g | 1685 | 1689 | 1681 | |
| Peso de la muestra SSS sumergida | g | 1852 | 1843 | 1858 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 2959 | 2960 | 2959 | |
| Peso Específico de Masa | kg/cm ³ | 2.578 | 2.558 | 2.591 | 2.576 |
| Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca | kg/cm ³ | 2.61 | 2.59 | 2.63 | 2.61 |
| Peso Específico Aparente | kg/cm ³ | 2.67 | 2.65 | 2.69 | 2.67 |
| Absorción | % | 1.39 | 1.35 | 1.39 | 1.37 |

3.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 71

CANTERA BANDA: Peso específico y absorción del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|--|-------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la Fiola | g | 168.1 | 168.1 | 168.1 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 500 | 500 | 500 | |
| Peso de la fiola + muestra + agua (hasta los 500 cm ³) | g | 979.6 | 979.1 | 978.7 | |
| Peso del agua añadida a la fiola | g | 311.5 | 311 | 310.6 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 493.1 | 493.4 | 493 | |
| Peso Específico de Masa | kg/m ³ | 2.616 | 2.611 | 2.603 | 2.610 |
| Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca | kg/m ³ | 2.653 | 2.646 | 2.640 | 2.646 |
| Peso Específico Aparente | kg/m ³ | 2.715 | 2.705 | 2.703 | 2.708 |
| Absorción | % | 1.399 | 1.338 | 1.420 | 1.386 |

4. MATERIALES MAS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ N°200

4.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 72

CANTERA BANDA: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra lavada | g | 2980 | 2981 | 2983 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 20 | 19 | 17 |
| % de material que pasa el Tamiz N° 200 | % | 0.67 | 0.63 | 0.57 |
| PROMEDIO | % | | 0.622 | |

4.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 73

CANTERA BANDA: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra lavada | g | 485 | 484 | 486 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 15 | 16 | 14 |
| % de material que pasa el Tamiz N° 200 | % | 3.00 | 3.20 | 2.80 |
| PROMEDIO | % | | 3.000 | |

5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO

TABLA N° 74

CANTERA BANDA: Resistencia a la abrasión del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|--------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso inicial de la muestra | g | 5000 | 5000 | 5000 |
| Peso retenido en la malla N° 12 lavado y secado | g | 3204 | 3253 | 3254 |
| <i>pérdida o desgaste del material</i> | % | 35.92 | 34.94 | 34.92 |
| PROMEDIO | % | | 35.26 | |

6. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

6.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 75

CANTERA BANDA: Contenido de Humedad del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 193 | 187 | 189 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 3193 | 3187 | 3189 |
| Peso de la muestra humedad | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 3179 | 3173 | 3175 |
| Peso de la muestra seca | g | 2986 | 2986 | 2986 |
| Peso del agua | g | 14 | 14 | 14 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 0.469 | 0.469 | 0.469 |
| PROMEDIO | % | | 0.47 | |

6.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 76

CANTERA BANDA: Contenido de Humedad del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 82 | 85 | 79 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 582 | 585 | 579 |
| Peso de la muestra humedad | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 572 | 575 | 569 |
| Peso de la muestra seca | g | 490 | 490 | 490 |
| Peso del agua | g | 10 | 10 | 10 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 2.041 | 2.041 | 2.041 |
| PROMEDIO | % | | 2.04 | |

ANEXO N°4
PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA
“BAZÁN”

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

1.1 AGREGADO GRUESO

- ENSAYO N° 1

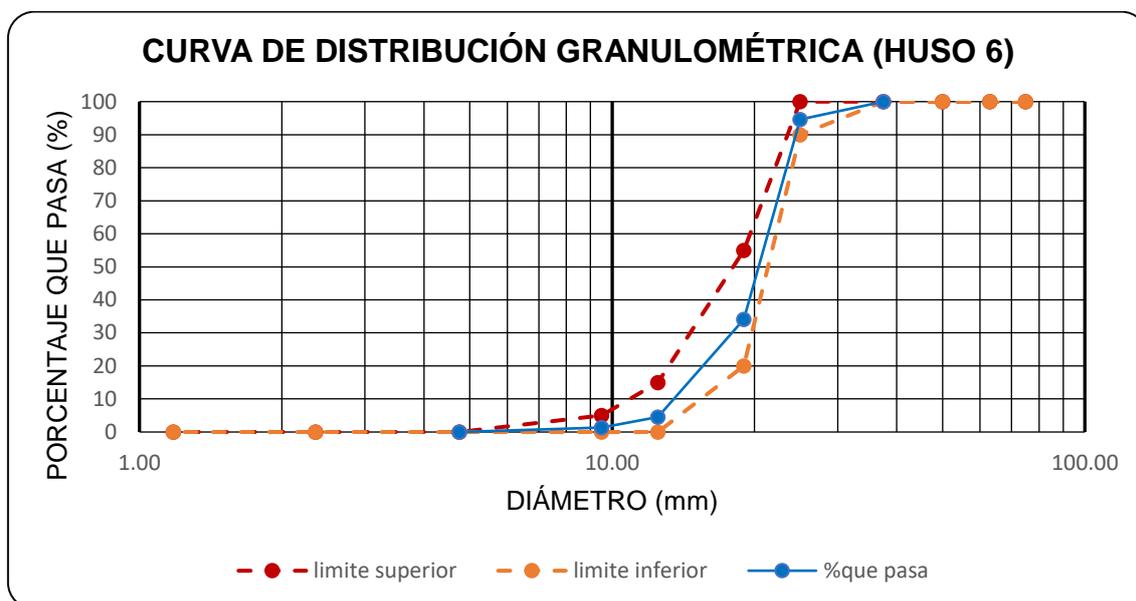
TABLA N° 77

CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°1).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 1" |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| TAMIZ | | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | ABERTURA | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | (mm) | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 381 | 5.44 | 5.44 | 94.56 |
| 3/4" | 19.00 | 4231 | 60.44 | 65.89 | 34.11 |
| 1/2" | 12.50 | 2073 | 29.61 | 95.50 | 4.50 |
| 3/8" | 9.50 | 221 | 3.16 | 98.66 | 1.34 |
| N°4 | 4.75 | 76 | 1.09 | 99.74 | 0.26 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.74 | 0.26 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.74 | 0.26 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.74 | 0.26 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.74 | 0.26 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.74 | 0.26 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.74 | 0.26 |
| CAZOLETA | -- | 18 | 0.26 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 7.630 |

FIGURA N° 40

CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°1).



- ENSAYO N° 2

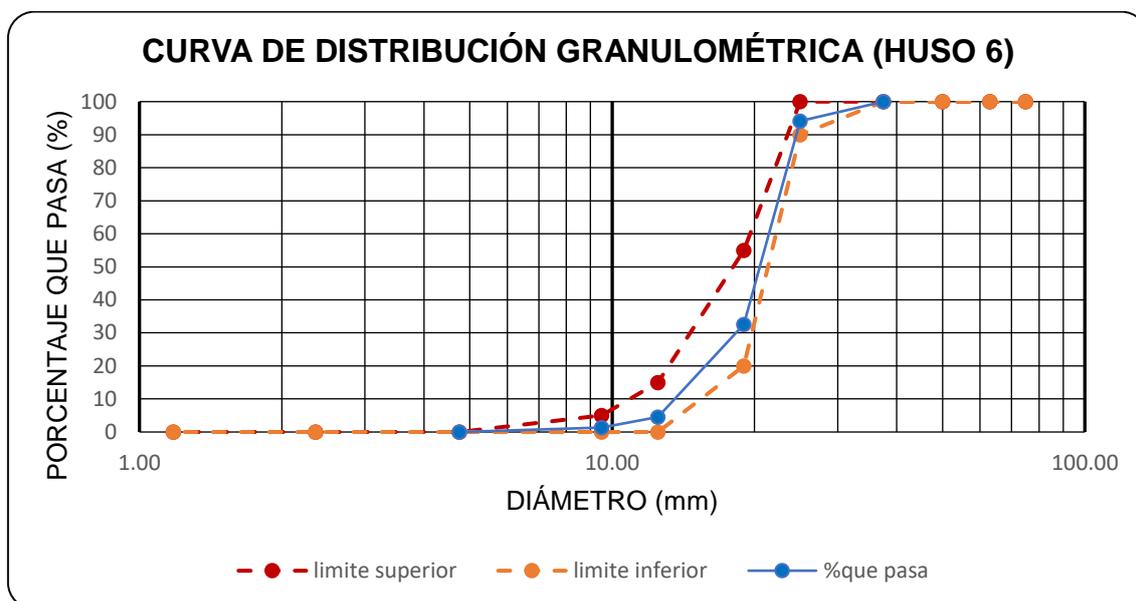
TABLA N° 78

CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°2).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 1" |
|-------------------|----------|----------|-------------------------|-----------|--------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 414 | 5.91 | 5.91 | 94.09 |
| 3/4" | 19.00 | 4308 | 61.54 | 67.46 | 32.54 |
| 1/2" | 12.50 | 1962 | 28.03 | 95.49 | 4.51 |
| 3/8" | 9.50 | 221 | 3.16 | 98.64 | 1.36 |
| N°4 | 4.75 | 76 | 1.09 | 99.73 | 0.27 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.73 | 0.27 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.73 | 0.27 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.73 | 0.27 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.73 | 0.27 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.73 | 0.27 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.73 | 0.27 |
| CAZOLETA | -- | 19 | 0.27 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 7.645 |

FIGURA N° 41

CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°2).



- ENSAYO N° 3

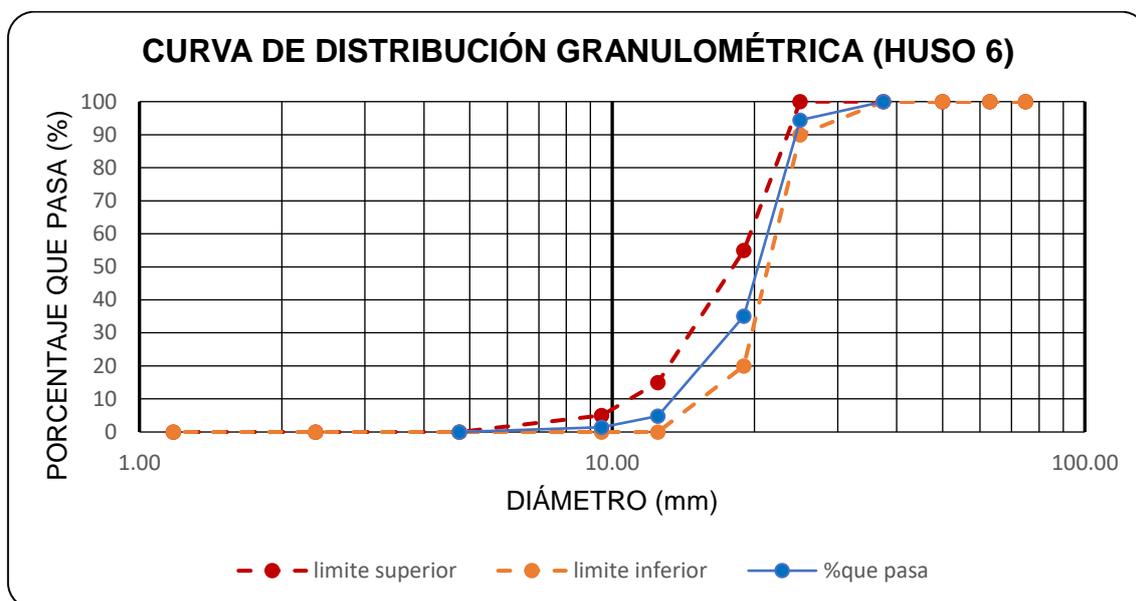
TABLA N° 79

CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N°3).

| PESO TOTAL | | 7000 | TMN | | 1" |
|-------------------|----------|-------------|-------------------------|-----------|--------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE |
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3" | 75.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 389 | 5.56 | 5.56 | 94.44 |
| 3/4" | 19.00 | 4154 | 59.34 | 64.90 | 35.10 |
| 1/2" | 12.50 | 2118 | 30.26 | 95.16 | 4.84 |
| 3/8" | 9.50 | 241 | 3.44 | 98.60 | 1.40 |
| N°4 | 4.75 | 83 | 1.19 | 99.79 | 0.21 |
| N°8 | 2.36 | 0 | 0.00 | 99.79 | 0.21 |
| N°16 | 1.18 | 0 | 0.00 | 99.79 | 0.21 |
| N°30 | 0.60 | 0 | 0.00 | 99.79 | 0.21 |
| N°50 | 0.30 | 0 | 0.00 | 99.79 | 0.21 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 0.00 | 99.79 | 0.21 |
| N°200 | 0.075 | 0 | 0.00 | 99.79 | 0.21 |
| CAZOLETA | -- | 15 | 0.21 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 7000 | MÓDULO DE FINEZA | | 7.622 |

FIGURA N° 42

CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°3).



1.2 AGREGADO FINO

- ENSAYO N° 1

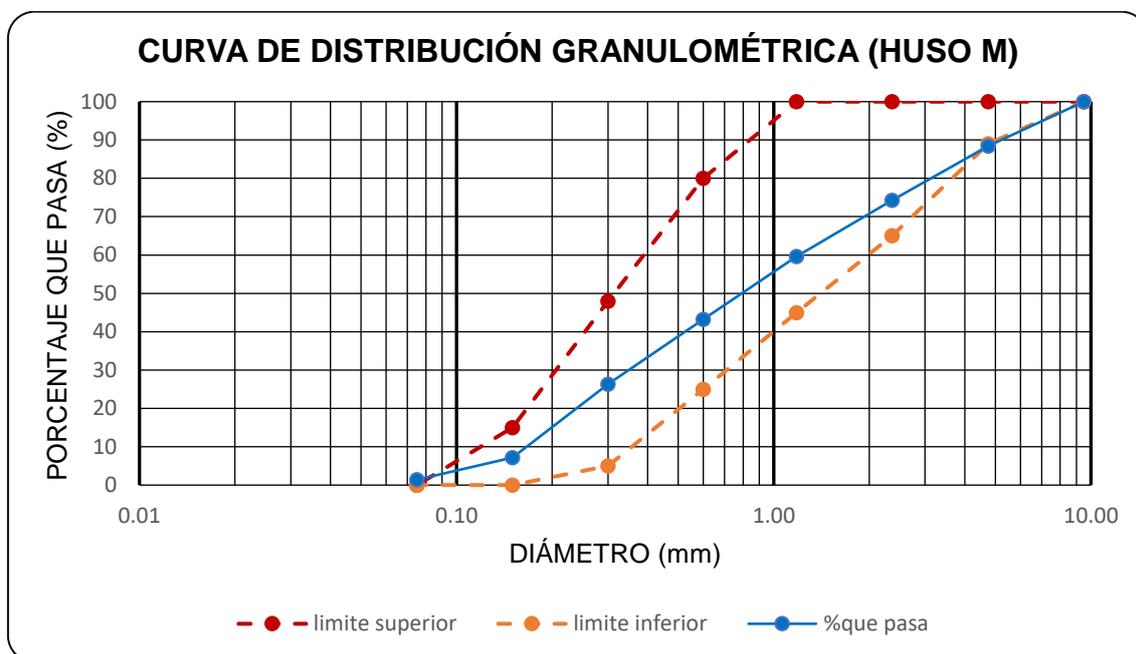
TABLA N° 80

CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°1).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| PULGADAS | TAMIZ ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 174 | 11.60 | 11.60 | 88.40 |
| N°8 | 2.36 | 212 | 14.13 | 25.73 | 74.27 |
| N°16 | 1.18 | 220 | 14.67 | 40.40 | 59.60 |
| N°30 | 0.60 | 246 | 16.40 | 56.80 | 43.20 |
| N°50 | 0.30 | 253 | 16.87 | 73.67 | 26.33 |
| N°100 | 0.15 | 287 | 19.13 | 92.80 | 7.20 |
| N°200 | 0.075 | 87 | 5.80 | 98.60 | 1.40 |
| CAZOLETA | -- | 21 | 1.40 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | | 3.010 |

FIGURA N° 43

CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°1).



- ENSAYO N° 2:

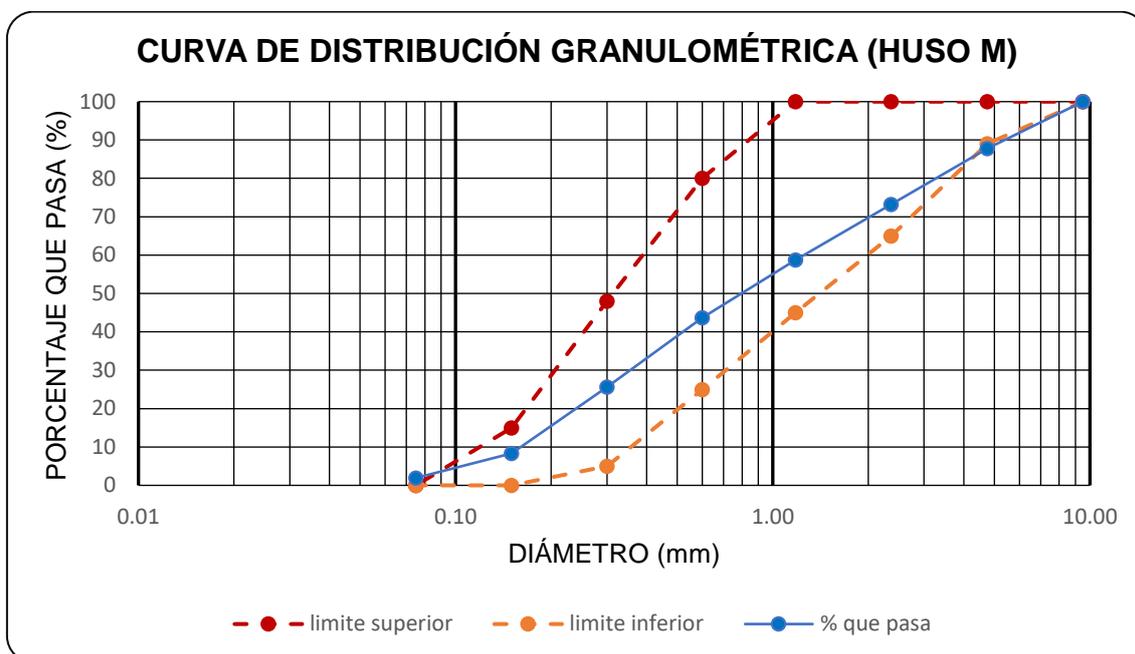
TABLA N° 81

CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°2).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| PULGADAS | TAMIZ | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) |
| | ABERTURA (mm) | | | | |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 183 | 12.20 | 12.20 | 87.80 |
| N°8 | 2.36 | 219 | 14.60 | 26.80 | 73.20 |
| N°16 | 1.18 | 217 | 14.47 | 41.27 | 58.73 |
| N°30 | 0.60 | 226 | 15.07 | 56.33 | 43.67 |
| N°50 | 0.30 | 271 | 18.07 | 74.40 | 25.60 |
| N°100 | 0.15 | 259 | 17.27 | 91.67 | 8.33 |
| N°200 | 0.075 | 96 | 6.40 | 98.07 | 1.93 |
| CAZOLETA | -- | 29 | 1.93 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | | 3.027 |

FIGURA N° 44

CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°2).



- ENSAYO N° 3

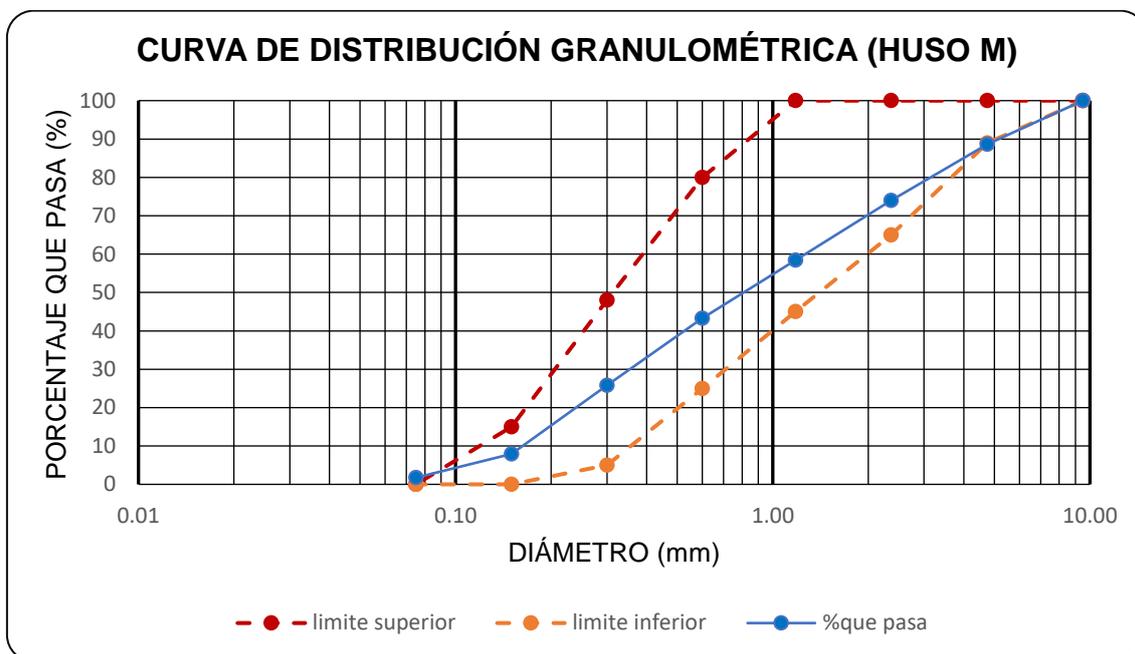
TABLA N° 82

CANTERA BAZÁN: Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N°3).

| PESO TOTAL | | 1500 | | | |
|-------------------|----------|----------|-------------------------|------------|--------------|
| TAMIZ | PESO | RETENIDO | RETENIDO | PORCENTAJE | |
| PULGADAS | ABERTURA | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | QUE PASA |
| | (mm) | (g) | (%) | (%) | (%) |
| 3/8" | 9.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 170 | 11.33 | 11.33 | 88.67 |
| N°8 | 2.36 | 220 | 14.67 | 26.00 | 74.00 |
| N°16 | 1.18 | 234 | 15.60 | 41.60 | 58.40 |
| N°30 | 0.60 | 227 | 15.13 | 56.73 | 43.27 |
| N°50 | 0.30 | 262 | 17.47 | 74.20 | 25.80 |
| N°100 | 0.15 | 268 | 17.87 | 92.07 | 7.93 |
| N°200 | 0.075 | 93 | 6.20 | 98.27 | 1.73 |
| CAZOLETA | -- | 26 | 1.73 | 100.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 1500 | MÓDULO DE FINEZA | | 3.019 |

FIGURA N° 45

CANTERA BAZÁN: Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°3).



2. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

2.1 PESO ESPECÍFICO DEL AGUA

TABLA N° 83

Peso específico del agua.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|-------------------|----------------|-------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la fiola | g | 167 | 167 | 167 |
| Peso de la fiola + agua (hasta 500 cm3) | g | 665 | 665 | 666 |
| Volumen de la Fiola | cm ³ | 500 | 500 | 500 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | g/cm ³ | 0.996 | 0.996 | 0.998 |
| <i>Peso Específico del agua</i> | Kg/m ³ | 996 | 996 | 998 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 996.667 | | |

2.2 AGREGADO GRUESO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA Nº 84

Factor "F" del recipiente del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | Nº01 | Nº02 | Nº03 |
| Peso del recipiente | G | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + agua | G | 13849 | 13855 | 13851 |
| Peso del agua | G | 9655 | 9661 | 9657 |
| Peso del agua | Kg | 9.655 | 9.661 | 9.657 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| <i>Factor "F"</i> | 1/m ³ | 103.228 | 103.164 | 103.207 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | 103.200 | | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA Nº 85

CANTERA BAZÁN: Peso unitario suelto del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | Nº01 | Nº02 | Nº03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 17774 | 17832 | 17792 |
| Peso de la muestra suelta | g | 13580 | 13638 | 13598 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | g/cm ³ | 1.401 | 1.407 | 1.403 |
| <i>Peso Unitario Suelto</i> | Kg/m ³ | 1401.45 | 1407.44 | 1403.31 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1404.06 | | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA Nº 86

CANTERA BAZÁN: Peso unitario compactado del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|----------------|---------|---------|
| | | Nº01 | Nº02 | Nº03 |
| Peso del recipiente | g | 4194 | 4194 | 4194 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 19312 | 19357 | 19361 |
| Peso de la muestra suelta | g | 15118 | 15163 | 15167 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 103.20 | 103.20 | 103.20 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | g/cm ³ | 1.560 | 1.565 | 1.565 |
| <i>Peso Unitario Compactado</i> | Kg/m ³ | 1560.17 | 1564.81 | 1565.23 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | 1563.40 | | |

2.3 AGREGADO FINO

- FACTOR "F" DEL RECIPIENTE

TABLA Nº 87

Factor "F" de recipiente del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|----------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | Nº01 | Nº02 | Nº03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + agua | g | 6846 | 6844 | 6847 |
| Peso del agua | g | 2969 | 2967 | 2970 |
| Peso del agua | kg | 2.969 | 2.967 | 2.97 |
| Peso Específico del agua | kg/m ³ | 996.667 | 996.667 | 996.667 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.691 | 335.917 | 335.578 |
| PROMEDIO | 1/m ³ | | 335.729 | |

- PESO UNITARIO SUELTO

TABLA Nº 88

CANTERA BAZÁN: Peso unitario suelto del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--------------------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | Nº01 | Nº02 | Nº03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra suelta | g | 8650 | 8642 | 8652 |
| Peso de la muestra suelta | g | 4773 | 4765 | 4775 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| Peso Unitario Suelto | g/cm ³ | 1.602 | 1.600 | 1.603 |
| Peso Unitario Suelto | Kg/m ³ | 1602.43 | 1599.75 | 1603.10 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1601.76 | |

- PESO UNITARIO COMPACTADO

TABLA Nº 89

CANTERA BAZÁN: Peso unitario compactado del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|-------------------|---------|----------------|---------|
| | | Nº01 | Nº02 | Nº03 |
| Peso del recipiente | g | 3877 | 3877 | 3877 |
| Peso del recipiente + muestra compactada | g | 9148 | 9128 | 9133 |
| Peso de la muestra suelta | g | 5271 | 5251 | 5256 |
| Factor "F" | 1/m ³ | 335.73 | 335.73 | 335.73 |
| Peso Unitario Compactado | g/cm ³ | 1.770 | 1.763 | 1.765 |
| Peso Unitario Compactado | Kg/m ³ | 1769.63 | 1762.91 | 1764.59 |
| PROMEDIO | Kg/m ³ | | 1765.71 | |

3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

3.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 90

CANTERA BAZÁN: Peso específico y absorción del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|---|--------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 3000 | 3000 | 3000 | |
| Peso de la muestra SSS + canastilla sumergida | g | 3558 | 3561 | 3556 | |
| Peso de la canastilla sumergida | g | 1685 | 1689 | 1681 | |
| Peso de la muestra SSS sumergida | g | 1873 | 1872 | 1875 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 2959 | 2961 | 2960 | |
| Peso Específico de Masa | kg/cm ³ | 2.626 | 2.625 | 2.631 | 2.627 |
| Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca | kg/cm ³ | 2.66 | 2.66 | 2.67 | 2.66 |
| Peso Específico Aparente | kg/cm ³ | 2.72 | 2.72 | 2.73 | 2.72 |
| Absorción | % | 1.39 | 1.32 | 1.35 | 1.35 |

3.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 91

CANTERA BAZÁN: Peso específico y absorción del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | | PROMEDIO |
|--|-------------------|--------|-------|-------|--------------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 | |
| Peso de la Fiola | g | 168.1 | 168.1 | 168.1 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) | g | 500 | 500 | 500 | |
| Peso de la fiola + muestra + agua (hasta los 500 cm ³) | g | 978.4 | 978.9 | 978.9 | |
| Peso del agua añadida a la fiola | g | 310.3 | 310.8 | 310.8 | |
| Peso de la muestra secada en el horno durante 24 horas | g | 492.2 | 492.6 | 491.9 | |
| Peso Específico de Masa | kg/m ³ | 2.595 | 2.604 | 2.600 | 2.599 |
| Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca | kg/m ³ | 2.636 | 2.643 | 2.643 | 2.640 |
| Peso Específico Aparente | kg/m ³ | 2.706 | 2.710 | 2.716 | 2.711 |
| Absorción | % | 1.585 | 1.502 | 1.647 | 1.578 |

4. MATERIALES MAS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ N°200

4.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 92

CANTERA BAZÁN: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|----------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra lavada | g | 2971 | 2970 | 2970 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 29 | 30 | 30 |
| % de material que pasa el Tamiz N°200 | % | 0.97 | 1.00 | 1.00 |
| PROMEDIO | % | | 0.989 | |

4.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 93

CANTERA BAZÁN: Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|--|----------|--------|--------------|------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso de la muestra original | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra lavada | g | 480 | 483 | 481 |
| Peso del material que pasa el Tamiz N°200 | g | 20 | 17 | 19 |
| % de material que pasa el Tamiz N°200 | % | 4.00 | 3.40 | 3.80 |
| PROMEDIO | % | | 3.733 | |

5. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

5.1 AGREGADO GRUESO

TABLA N° 94

CANTERA BAZÁN: Contenido de Humedad del agregado grueso.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 189 | 193 | 187 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 3189 | 3193 | 3187 |
| Peso de la muestra humedad | g | 3000 | 3000 | 3000 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 3174 | 3178 | 3173 |
| Peso de la muestra seca | g | 2985 | 2985 | 2986 |
| Peso del agua | g | 15 | 15 | 14 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 0.503 | 0.503 | 0.469 |
| PROMEDIO | % | | 0.49 | |

5.2 AGREGADO FINO

TABLA N° 95

CANTERA BAZÁN: Contenido de Humedad del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | ENSAYO | | |
|---|----------|--------|-------------|-------|
| | | N°01 | N°02 | N°03 |
| Peso del recipiente | g | 82 | 85 | 79 |
| Peso de la muestra humedad + recipiente | g | 582 | 585 | 579 |
| Peso de la muestra humedad | g | 500 | 500 | 500 |
| Peso de la muestra seca + recipiente | g | 564 | 568 | 562 |
| Peso de la muestra seca | g | 482 | 483 | 483 |
| Peso del agua | g | 18 | 17 | 17 |
| <i>Contenido de humedad</i> | % | 3.734 | 3.520 | 3.520 |
| PROMEDIO | % | | 3.59 | |

ANEXO N°5
DISEÑO DE MEZCLA

CANTERA MARGARITA

1. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

- Asentamiento: 3" – 4"

2. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Estas fueron presentadas en la tabla N° 13: Propiedades de los agregados de la cantera "Margarita"

3. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO

Para esto empleamos la ecuación N° 16:

$$D = 3/4" + (3/4" - 1/2") * \frac{9.07}{43.35} = 0.8"$$

Luego redondeamos a un D estándar, entonces:

$$D \approx 1"$$

4. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA

Para este caso, como nuestro concreto no sea vaciado en ninguna estructura, asumiremos un D/R =0.

5. DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ

Para esto empleamos la ecuación N° 19, eligiendo un valor para K igual a 0.39, según la tabla N° 6 y 0.003 para K'.

$$V_H = \frac{0.39}{\sqrt[5]{25.4}} + \frac{0.003}{0 - 0.75} = 0.200$$

6. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA

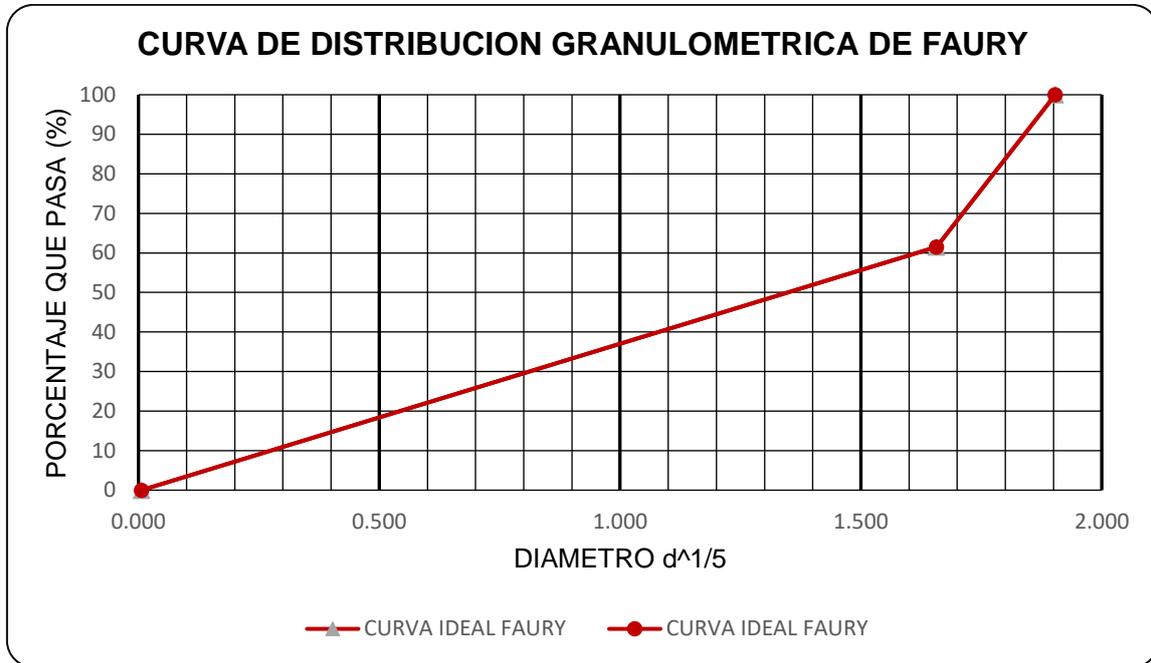
Para esto empleamos la ecuación N° 20, eligiendo un valor para A igual a 31, según la tabla N° 8 y 1.5 para B, según la tabla N° 7.

$$Y = 31 + 17 * \sqrt[5]{25.4} + \frac{1.5}{0 - 0.75} = 61.46\%$$

Y graficamos la curva ideal de Faury:

FIGURA N° 46

Curva granulométrica ideal para la cantera Margarita por el método de Faury.



7. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/C

A/C=0.60
A/C=0.55
A/C=0.50

8. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA

Para esto empleamos la ecuación N° 22:

$$A = 1000 * 0.200 = 200 L$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.60} = 333.33 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{333.33}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.134$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.55} = 363.64 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{333.33}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.146$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.50} = 400 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{400}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.160$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS:

- **CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL CONCRETO DE REFERENCIA (li)**

Para esto identificamos el D/2 que divide el agregado grueso del fino.

| | |
|------------------------|--------|
| De 0.0065 a D/2 | 61.46% |
| De D/2 a D | 38.54% |

Luego calculamos los Ip para:

| TAMAÑO | Ip |
|------------------------|-----------|
| 0.1 a 12.5 mm | IR1 |
| 12.5 mm a 25 mm | IR2 |

Para IR1 empleamos la ecuación N° 33:

$$I_{R1} = -0.0002 * (LN(12.5))^5 + 0.0015 * (LN(12.5))^4 - 0.0018 * (LN(12.5))^3 - 0.0151 * (LN(12.5))^2 - 0.0637 * LN(12.5) + 0.861$$

$$I_{R1} = 0.615$$

Para IR2 empleamos las ecuaciones N° 25 y N°28:

$$x = \frac{LN(25) + LN(12.5) + 4.605}{2.773} = 3.732$$

$$I_{R2} = -0.0019 * 3.732^3 + 0.0479 * 3.732^2 - 0.421 * 3.732 + 1.1635$$

$$I_{R2} = 0.161$$

Finalmente, el Índice Ponderal del concreto de referencia se calcula con la ecuación N°32:

$$I_i = 0.6146 * 0.615 + 0.3854 * 0.161 = 0.440$$

- **CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO GRUESO**

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 96

Índice ponderal del agregado grueso de la cantera margarita.

| TAMIZ | | % QUE PASA /100 | IP |
|----------------|------------------|--------------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | |
| DE 3/4" A 1" | 19 – 25 | 0.091 | 0.119 |
| DE 1/2" A 3/4" | 12.5 – 19 | 0.433 | 0.152 |
| DE 3/8" A 1/2" | 9.5 - 12.5 | 0.315 | 0.189 |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.5 | 0.155 | 0.246 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_g = 0.091 * 0.119 + 0.433 * 0.152 + 0.315 * 0.189 + 0.155 * 0.246$$

$$I_g = 0.174$$

- **CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO FINO**

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 97*Índice ponderal del agregado fino de la cantera margarita.*

| TAMIZ | | % QUE PASA /100 | IP |
|------------------|------------------|--------------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.50 | 0.110 | 0.246 |
| DE N° 8 A N°4 | 2.36 - 4.75 | 0.115 | 0.34 |
| DE N° 16 A N°8 | 1.18 - 2.36 | 0.187 | 0.496 |
| DE N°30 A N°16 | 0.60 - 1.18 | 0.175 | 0.664 |
| DE N°50 A N°30 | 0.30 - 0.60 | 0.171 | 0.73 |
| DE N°100 A N°50 | 0.15 - 0.30 | 0.174 | 0.774 |
| DE N°200 A N°100 | 0.075 - 0.15 | 0.051 | 0.995 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_f = 0.110 * 0.246 + 0.115 * 0.340 + 0.187 * 0.496 + 0.175 * 0.664 + 0.171 * 0.730 + 0.174 * 0.774 + 0.051 * 0.995$$

$$I_f = 0.585$$

- **CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS:**

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60:

Para esto aplicamos las ecuaciones N° 29 y N° 30:

$$0.134 + f + g = 1$$

$$0.134 * 1 + f * 0.585 + g * 0.174 = 0.44$$

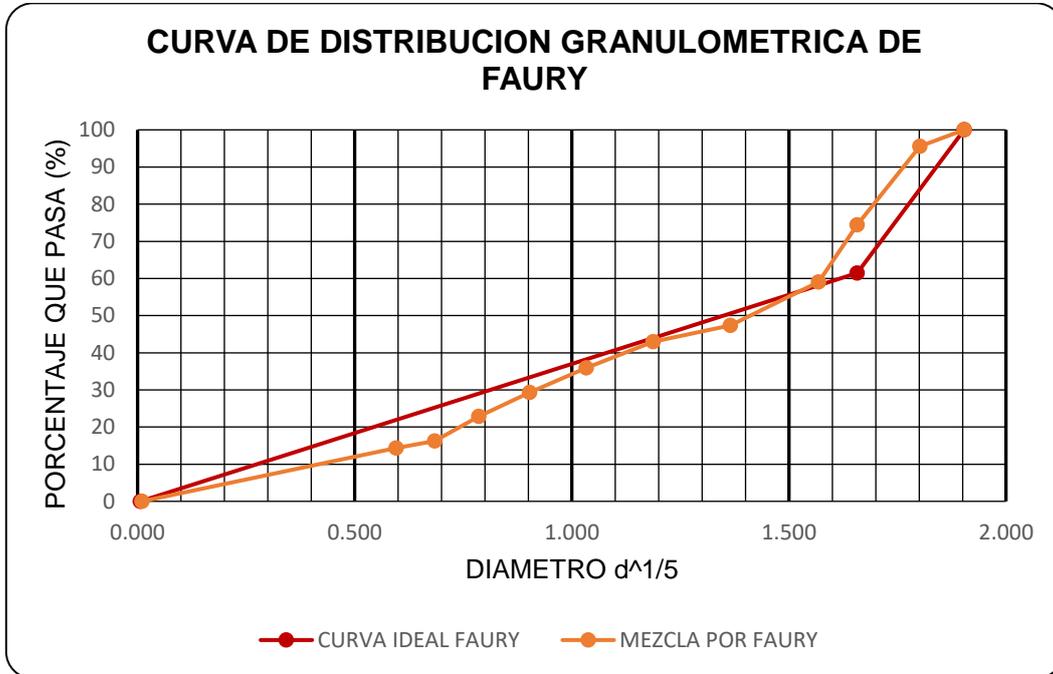
Resolviendo:

$$f = 0.378 \text{ y } g = 0.488$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 47

Curva de distribución granulométrica para la cantera margarita para una relación A/C = 0.60.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.378 * 2.63 = 795.31 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.488 * 2.62 = 1022.85 \text{ kg/m}^3$$

○ PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Para esto aplicamos las ecuaciones Nº 29 y Nº 30:

$$0.146 + f + g = 1$$

$$0.146 * 1 + f * 0.585 + g * 0.174 = 0.44$$

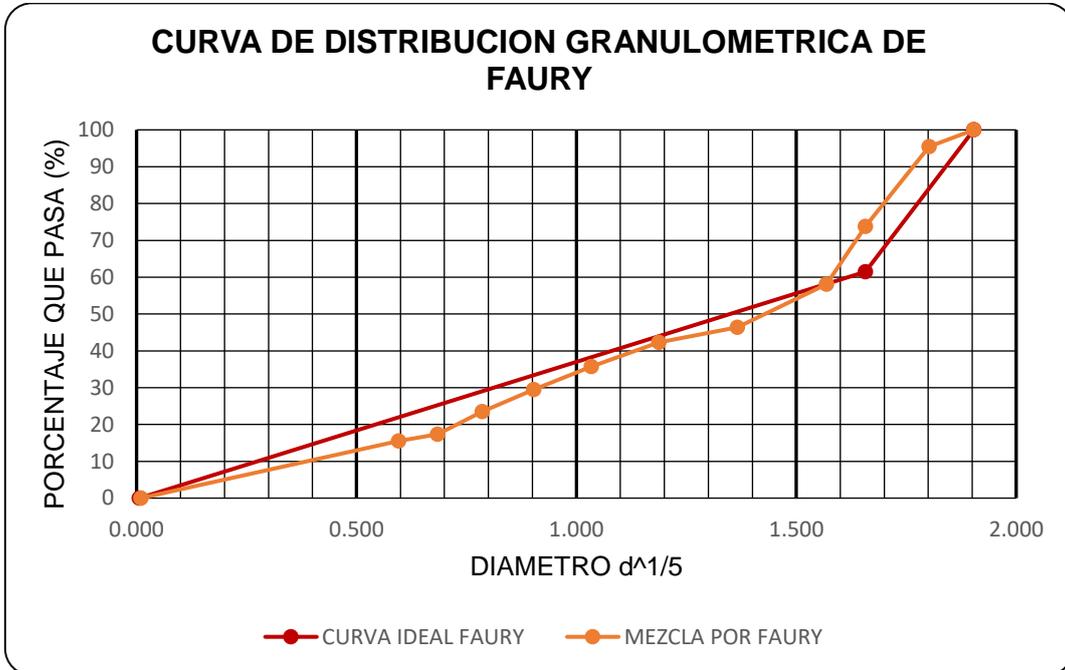
Resolviendo:

$$f = 0.354 \text{ y } g = 0.500$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 48

Curva de distribución granulométrica para la cantera margarita para una relación A/C = 0.55.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.354 * 2.63 = 744.82 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.500 * 2.62 = 1048.00 \text{ kg/m}^3$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Para esto aplicamos las ecuaciones Nº 29 y Nº 30:

$$0.160 + f + g = 1$$

$$0.160 * 1 + f * 0.585 + g * 0.174 = 0.44$$

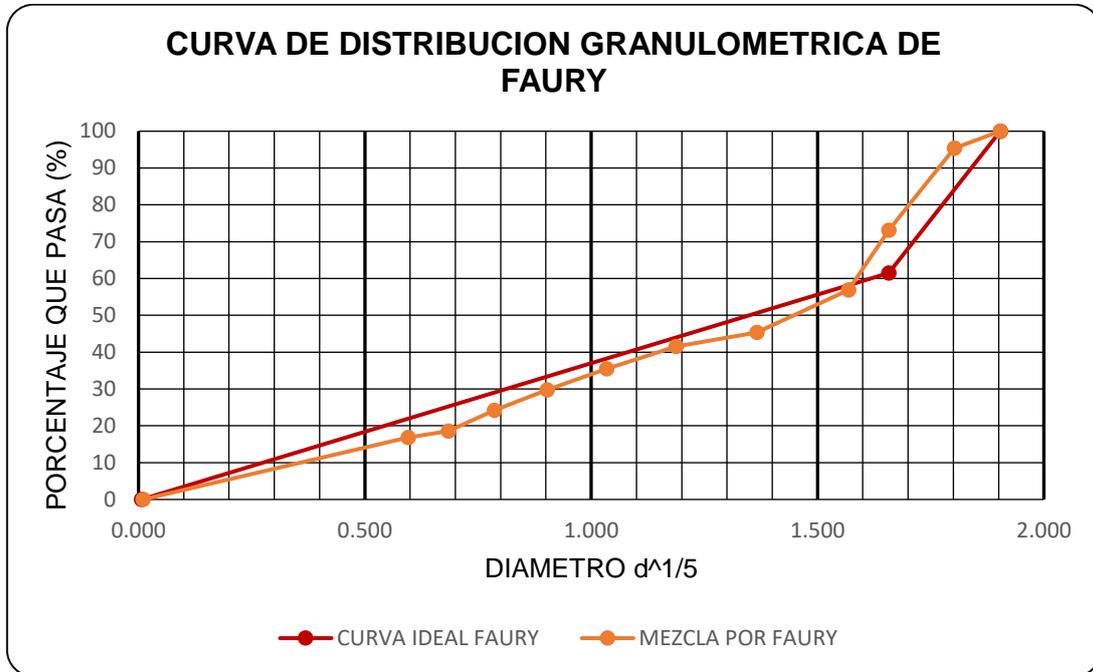
Resolviendo:

$$f = 0.326 \text{ y } g = 0.514$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 49

Curva de distribución granulométrica para la cantera margarita para una relación A/C = 0.50.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.326 * 2.63 = 685.90 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.514 * 2.62 = 1077.34 \text{ kg/m}^3$$

9. VALORES DE DISEÑO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Los materiales por m3 serán:

- ✓ Cemento: 333.33 kg
- ✓ Agregado Fino: 795.31 kg
- ✓ Agregado Grueso: 1022.85 kg
- ✓ Agua de diseño: 200 l

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Los materiales por m3 serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 363.64 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 744.82 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1048.00 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 200 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Los materiales por m3 serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 400.00 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 685.90 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1077.34 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 200 l |

10. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Húmedo del A. F} = 795.31 * (1 + 2.11\%) = 812.09 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Húmedo del A. G} = 1022.85 * (1 + 0.46\%) = 1027.55 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.11\% - 1.30\% = 0.81\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.46\% - 1.26\% = -0.80\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 795.31 * 0.81\% = 6.44 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1022.85 * -0.80\% = -8.18 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 6.44 - 8.18 = -1.74 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (-1.74) = 201.74 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 333.33 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 812.09 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1027.55 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 201.74 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 744.82 * (1 + 2.11\%) = 760.54 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1048.00 * (1 + 0.46\%) = 1052.82 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.11\% - 1.30\% = 0.81\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.46\% - 1.26\% = -0.80\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 744.82 * 0.81\% = 6.03 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1048.00 * -0.80\% = -8.38 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 6.03 - 8.38 = -2.35 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (-2.35) = 202.35 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 363.64 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 760.54 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1052.82 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 202.35 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 685.90 * (1 + 2.11\%) = 700.37 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1077.34 * (1 + 0.46\%) = 1082.30 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.11\% - 1.30\% = 0.81\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.46\% - 1.26\% = -0.80\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 685.90 * 0.81\% = 5.55 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1077.34 * -0.80\% = -8.62 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 5.55 - 8.62 = -3.07 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (-3.07) = 203.07 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 400.00 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 700.37 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1082.30 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 203.07 l |

CANTERA AGUILAR:

1. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

- Asentamiento: 3" – 4"

2. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Estas fueron presentadas en la tabla N° 14: Propiedades de los agregados de la cantera "Aguilar"

3. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO

Para esto empleamos la ecuación N° 16:

$$D = 3/4" + (3/4" - 1/2") * \frac{26.83}{46.63} = 0.89"$$

Luego redondeamos a un D estándar, entonces:

$$D \approx 1"$$

4. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA

Para este caso, como nuestro concreto no sea vaciado en ninguna estructura, asumiremos un D/R = 0

5. DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ

Para esto empleamos la ecuación N° 19, eligiendo un valor para K igual a 0.39, según la tabla N° 6 y 0.003 para K'.

$$V_H = \frac{0.39}{\sqrt[5]{25.4}} + \frac{0.003}{0 - 0.75} = 0.200$$

6. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA

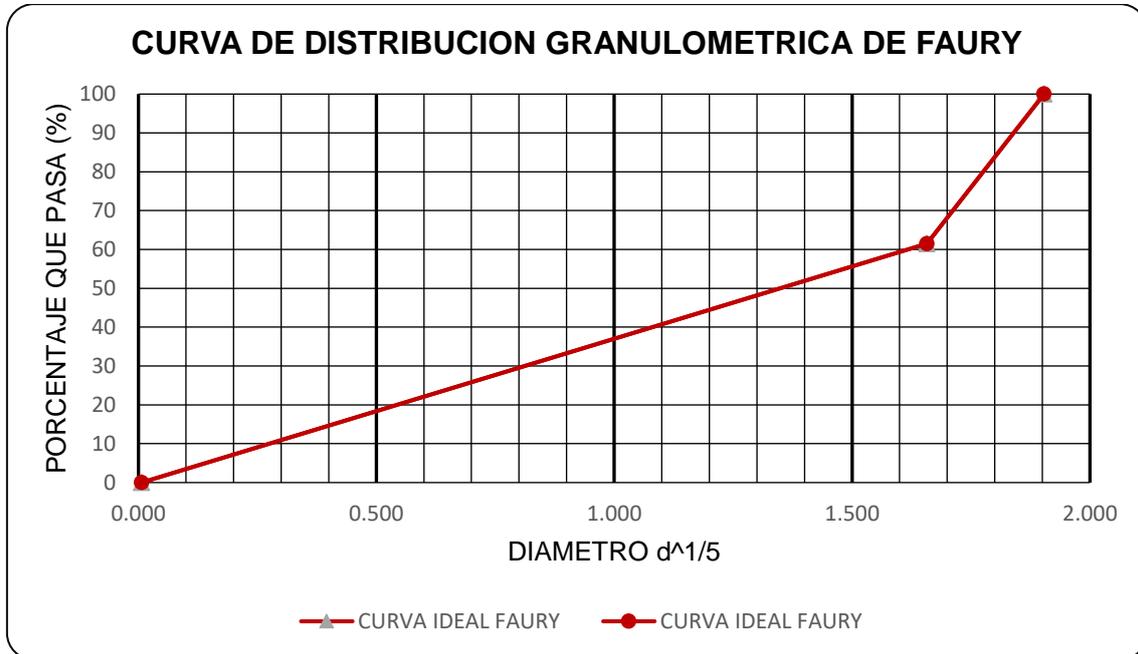
Para esto empleamos la ecuación N° 20, eligiendo un valor para A igual a 31, según la tabla N° 8 y 1.5 para B, según la tabla N° 7

$$Y = 31 + 17 * \sqrt[5]{25.4} + \frac{1.5}{0 - 0.75} = 61.46\%$$

Y graficamos la curva ideal de Faury:

FIGURA N° 50

Curva granulométrica ideal para la cantera Aguilar por el método de Faury.



7. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/C

A/C=0.60
A/C=0.55
A/C=0.50

8. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA

Para esto empleamos la ecuación N° 22:

$$A = 1000 * 0.200 = 200 L$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.60} = 333.33 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{333.33}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.134$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.55} = 363.64 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{333.33}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.146$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.50} = 400 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{400}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.160$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS

- CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL CONCRETO DE REFERENCIA (li):

Para esto identificamos el D/2 que divide el agregado grueso del fino.

| | |
|------------------------|---------------|
| De 0.0065 a D/2 | 61.46% |
| De D/2 a D | 38.54% |

Luego calculamos los I_p para:

| TAMAÑO | I_p |
|------------------------|----------------------|
| 0.1 a 12.5 mm | IR1 |
| 12.5 mm a 25 mm | IR2 |

Para IR1 empleamos la ecuación N° 33:

$$I_{R1} = -0.0002 * (LN(12.5))^5 + 0.0015 * (LN(12.5))^4 - 0.0018 * (LN(12.5))^3 - 0.0151 * (LN(12.5))^2 - 0.0637 * LN(12.5) + 0.861$$

$$I_{R1} = 0.615$$

Para IR2 empleamos las ecuaciones N° 25 y N°28:

$$x = \frac{LN(25) + LN(12.5) + 4.605}{2.773} = 3.732$$

$$I_{R2} = -0.0019 * 3.732^3 + 0.0479 * 3.732^2 - 0.421 * 3.732 + 1.1635$$

$$I_{R2} = 0.161$$

Finalmente, el Índice Ponderal del concreto de referencia se calcula con la ecuación N°32:

$$I_i = 0.6146 * 0.615 + 0.3854 * 0.161 = 0.440$$

- CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO GRUESO

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 98

Índice ponderal del agregado grueso de la cantera Aguilar.

| TAMIZ | | % QUE PASA | IP |
|----------------|---------------|------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | /100 | |
| DE 3/4" A 1" | 19 - 25 | 0.268 | 0.119 |
| DE 1/2" A 3/4" | 12.5 - 19 | 0.466 | 0.152 |
| DE 3/8" A 1/2" | 9.5 - 12.5 | 0.209 | 0.189 |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.5 | 0.055 | 0.246 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_g = 0.268 * 0.119 + 0.466 * 0.152 + 0.209 * 0.189 + 0.055 * 0.246$$

$$I_g = 0.156$$

- CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO FINO

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 99

Índice ponderal del agregado fino de la cantera margarita.

| TAMIZ | | % QUE PASA /100 | IP |
|------------------|---------------|--------------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.50 | 0.151 | 0.246 |
| DE N° 8 A N°4 | 2.36 - 4.75 | 0.142 | 0.34 |
| DE N° 16 A N°8 | 1.18 - 2.36 | 0.169 | 0.496 |
| DE N°30 A N°16 | 0.60 - 1.18 | 0.176 | 0.664 |
| DE N°50 A N°30 | 0.30 - 0.60 | 0.192 | 0.73 |
| DE N°100 A N°50 | 0.15 - 0.30 | 0.113 | 0.774 |
| DE N°200 A N°100 | 0.075 - 0.15 | 0.040 | 0.995 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_f = 0.151 * 0.246 + 0.142 * 0.340 + 0.169 * 0.496 + 0.176 * 0.664 + 0.192 * 0.730 + 0.113 * 0.774 + 0.040 * 0.995$$

$$I_f = 0.554$$

- CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS:

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Para esto aplicamos las ecuaciones N° 29 y N° 30:

$$0.134 + f + g = 1$$

$$0.134 * 1 + f * 0.554 + g * 0.156 = 0.44$$

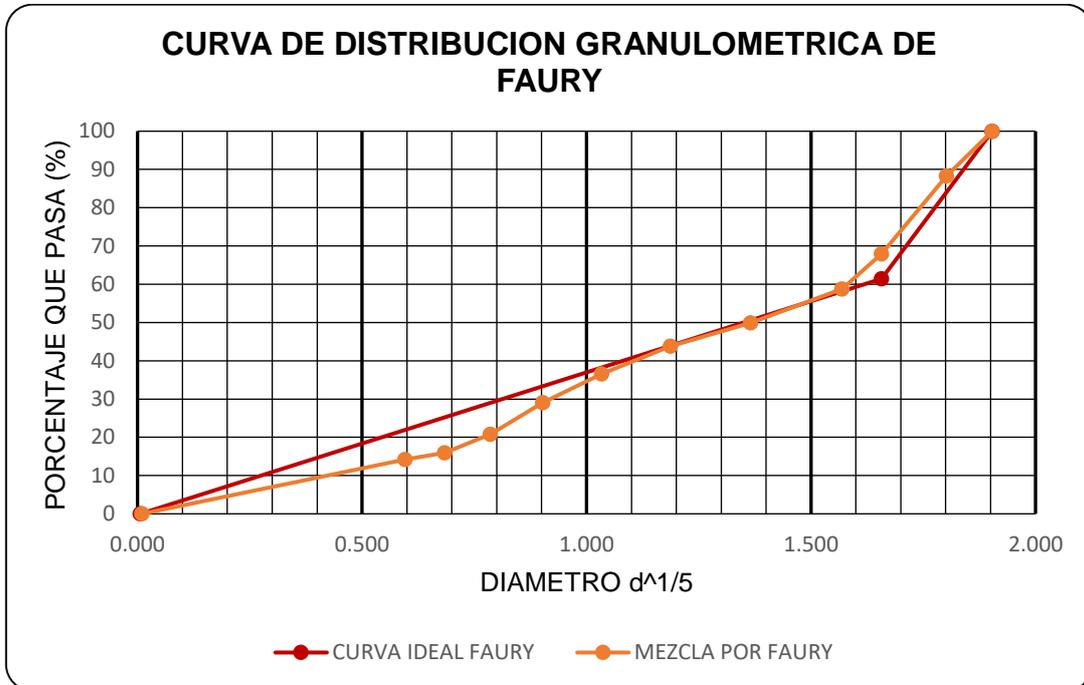
Resolviendo:

$$f = 0.429 \text{ y } g = 0.437$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 51

Curva de distribución granulométrica para la cantera Aguilar para una relación A/C = 0.60.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.429 * 2.61 = 895.72 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.437 * 2.56 = 894.98 \text{ kg/m}^3$$

○ PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Para esto aplicamos las ecuaciones Nº 29 y Nº 30:

$$0.146 + f + g = 1$$

$$0.146 * 1 + f * 0.554 + g * 0.156 = 0.44$$

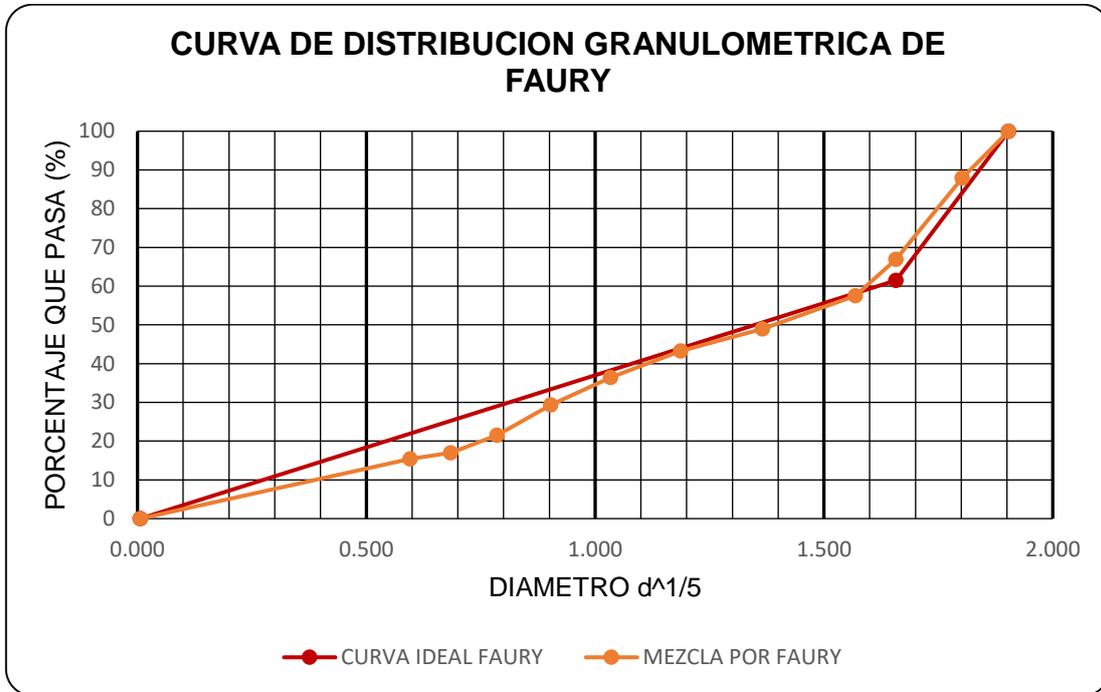
Resolviendo:

$$f = 0.404 \text{ y } g = 0.450$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 52

Curva de distribución granulométrica para la cantera Aguilar para una relación A/C = 0.55.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.404 * 2.61 = 843.55 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.450 * 2.56 = 921.60 \text{ kg/m}^3$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Para esto aplicamos las ecuaciones Nº 29 y Nº 30:

$$0.160 + f + g = 1$$

$$0.160 * 1 + f * 0.554 + g * 0.156 = 0.44$$

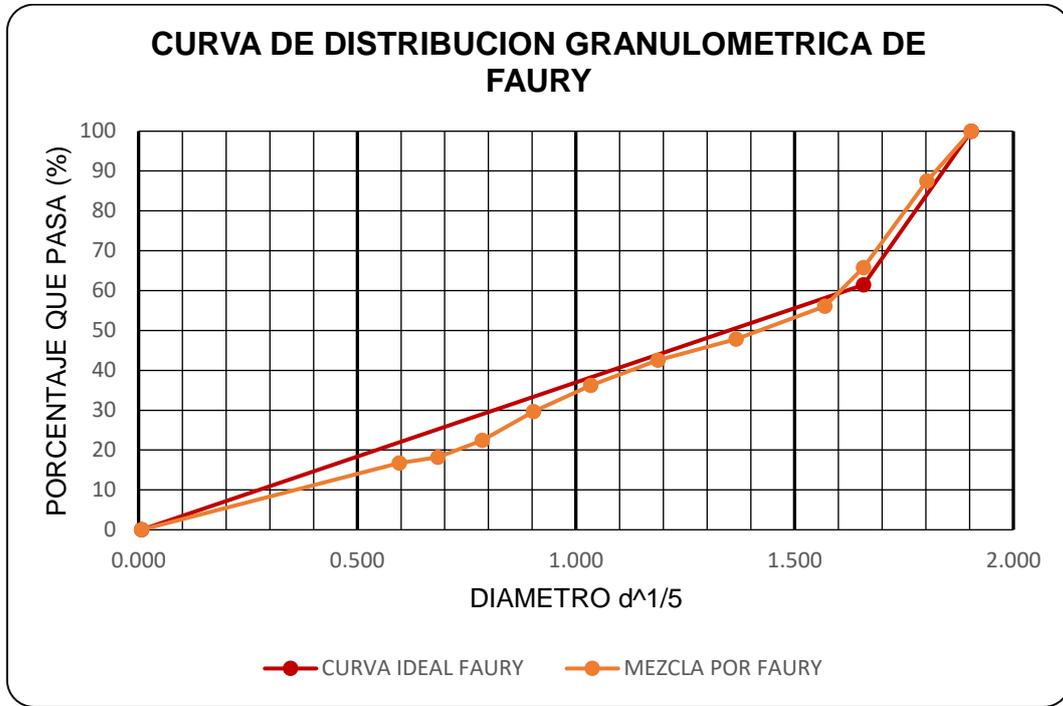
Resolviendo:

$$f = 0.374 \text{ y } g = 0.466$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 53

Curva de distribución granulométrica para la cantera Aguilar para una relación $A/C = 0.50$.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.374 * 2.61 = 780.91 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.466 * 2.56 = 954.37 \text{ kg/m}^3$$

9. VALORES DE DISEÑO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Los materiales por m³ serán:

- ✓ Cemento: 333.33 kg
- ✓ Agregado Fino: 895.72 kg
- ✓ Agregado Grueso: 894.98 kg
- ✓ Agua de diseño: 200 l

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Los materiales por m³ serán:

- ✓ Cemento: 363.64 kg
- ✓ Agregado Fino: 843.55 kg
- ✓ Agregado Grueso: 921.60 kg

✓ Agua de diseño: 200 l

• PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Los materiales por m³ serán:

✓ Cemento: 400.00 kg
✓ Agregado Fino: 780.91 kg
✓ Agregado Grueso: 954.37 kg
✓ Agua de diseño: 200 l

10. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

• PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Húmedo del A. F} = 895.72 * (1 + 2.46\%) = 917.75 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Húmedo del A. G} = 894.98 * (1 + 0.52\%) = 899.63 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.46\% - 1.50\% = 0.96\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.52\% - 1.39\% = -0.87\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 895.72 * 0.96\% = 8.60 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 894.98 * -0.87\% = -7.79 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 8.60 - 7.79 = 0.81 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (0.81) = 199.19 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

✓ Cemento: 333.33 kg
✓ Agregado Fino: 917.75 kg
✓ Agregado Grueso: 899.63 kg
✓ Agua de diseño: 199.19 l

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 843.55 * (1 + 2.46\%) = 864.30 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 921.60 * (1 + 0.52\%) = 926.39 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.46\% - 1.50\% = 0.96\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.52\% - 1.39\% = -0.87\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 843.55 * 0.96\% = 8.10 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 921.60 * -0.87\% = -8.02 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 8.10 - 8.02 = 0.08 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (0.08) = 199.92 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|-----------|
| ✓ Cemento: | 363.64 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 864.30 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 926.39 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 199.92 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 780.91 * (1 + 2.46\%) = 800.12 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 954.37 * (1 + 0.52\%) = 959.33 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.46\% - 1.50\% = 0.96\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.52\% - 1.39\% = -0.87\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 780.91 * 0.96\% = 7.50 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 954.37 * -0.87\% = -8.30 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 7.50 - 8.30 = -0.80 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (-0.80) = 200.80 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

- ✓ Cemento: 400.00 kg
- ✓ Agregado Fino: 800.12 kg
- ✓ Agregado Grueso: 959.33 kg
- ✓ Agua de diseño: 200.80 l

CANTERA BANDA:

1. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

- Asentamiento: 3" – 4"

2. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Estas fueron presentadas en la tabla N° 15: Propiedades de los agregados de la cantera "Banda"

3. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO

Para esto empleamos la ecuación N° 16:

$$D = 3/4" + (3/4" - 1/2") * \frac{10.34}{42.38} = 0.81"$$

Luego redondeamos a un D estándar, entonces:

$$D \approx 1"$$

4. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA

Para este caso, como nuestro concreto no sea vaciado en ninguna estructura, asumiremos un D/R = 0

5. DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ

Para esto empleamos la ecuación N° 19, eligiendo un valor para K igual a 0.39, según la tabla N° 6 y 0.003 para K'.

$$V_H = \frac{0.39}{\sqrt[5]{25.4}} + \frac{0.003}{0 - 0.75} = 0.200$$

6. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA

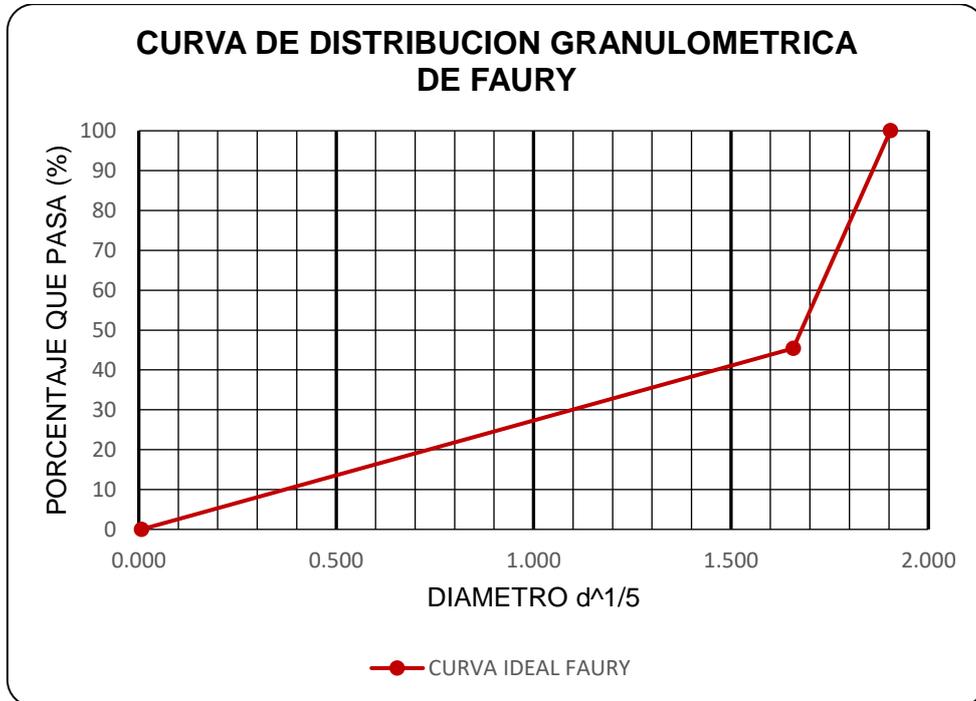
Para esto empleamos la ecuación N° 20, eligiendo un valor para A igual a 31, según la tabla N° 8 y 1.5 para B, según la tabla N° 7.

$$Y = 31 + 17 * \sqrt[5]{25.4} + \frac{1.5}{0 - 0.75} = 61.46\%$$

Y graficamos la curva ideal de Faury:

FIGURA N° 54

Curva granulométrica ideal para la cantera Banda por el método de Faury.



7. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/C

A/C=0.60
A/C=0.55
A/C=0.50

8. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA

Para esto empleamos la ecuación N° 22:

$$A = 1000 * 0.200 = 200 L$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.60} = 333.33 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{333.33}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.134$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.55} = 363.64 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{333.33}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.146$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.50} = 400 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{400}{3120} * \frac{1}{1 - 0.200} = 0.160$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS

- CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL CONCRETO DE REFERENCIA (li)

Para esto identificamos el D/2 que divide el agregado grueso del fino.

| | |
|------------------------|--------|
| De 0.0065 a D/2 | 61.46% |
| De D/2 a D | 38.54% |

Luego calculamos los I_p para:

| TAMAÑO | I_p |
|------------------------|----------------------|
| 0.1 a 12.5 mm | IR1 |
| 12.5 mm a 25 mm | IR2 |

Para IR1 empleamos la ecuación N° 33:

$$I_{R1} = -0.0002 * (LN(12.5))^5 + 0.0015 * (LN(12.5))^4 - 0.0018 * (LN(12.5))^3 - 0.0151 * (LN(12.5))^2 - 0.0637 * LN(12.5) + 0.861$$

$$I_{R1} = 0.615$$

Para IR2 empleamos las ecuaciones N° 25 y N°28:

$$x = \frac{LN(25) + LN(12.5) + 4.605}{2.773} = 3.732$$

$$I_{R2} = -0.0019 * 3.732^3 + 0.0479 * 3.732^2 - 0.421 * 3.732 + 1.1635$$

$$I_{R2} = 0.161$$

Finalmente, el Índice Ponderal del concreto de referencia se calcula con la ecuación N°32:

$$I_i = 0.6146 * 0.615 + 0.3854 * 0.161 = 0.440$$

- **CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO GRUESO**

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 100

Índice ponderal del agregado grueso de la cantera Banda.

| TAMIZ | | % QUE PASA /100 | IP |
|----------------|------------------|--------------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | |
| DE 3/4" A 1" | 19 – 25 | 0.103 | 0.119 |
| DE 1/2" A 3/4" | 12.5 - 19 | 0.424 | 0.152 |
| DE 3/8" A 1/2" | 9.5 - 12.5 | 0.316 | 0.189 |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.5 | 0.151 | 0.246 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_g = 0.103 * 0.119 + 0.424 * 0.152 + 0.316 * 0.189 + 0.151 * 0.246$$

$$I_g = 0.174$$

- CÁLULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO FINO

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 101

Índice ponderal del agregado fino de la cantera Banda.

| TAMIZ | | % QUE PASA /100 | IP |
|------------------|---------------|--------------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.50 | 0.123 | 0.246 |
| DE N° 8 A N°4 | 2.36 - 4.75 | 0.118 | 0.34 |
| DE N° 16 A N°8 | 1.18 - 2.36 | 0.121 | 0.496 |
| DE N°30 A N°16 | 0.60 - 1.18 | 0.176 | 0.664 |
| DE N°50 A N°30 | 0.30 - 0.60 | 0.192 | 0.73 |
| DE N°100 A N°50 | 0.15 - 0.30 | 0.207 | 0.774 |
| DE N°200 A N°100 | 0.075 - 0.15 | 0.046 | 0.995 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_f = 0.123 * 0.246 + 0.118 * 0.340 + 0.121 * 0.496 + 0.176 * 0.664 + 0.192 * 0.730 + 0.207 * 0.774 + 0.046 * 0.995$$

$$I_f = 0.593$$

- CÁLULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Para esto aplicamos las ecuaciones N° 29 y N° 30:

$$0.134 + f + g = 1$$

$$0.134 * 1 + f * 0.593 + g * 0.174 = 0.44$$

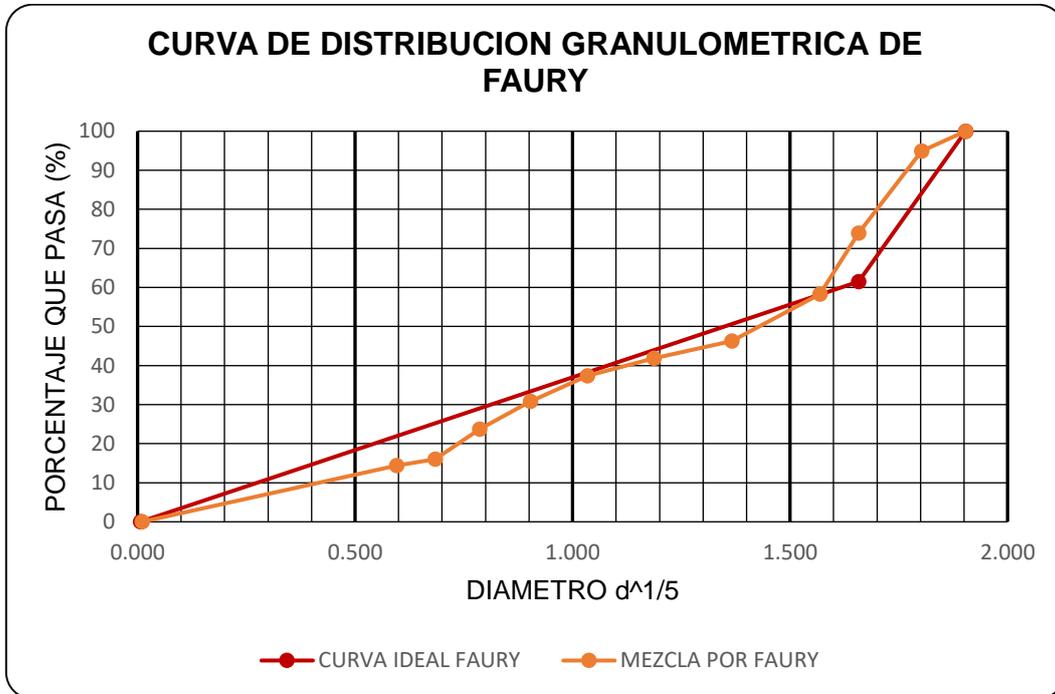
Resolviendo:

$$f = 0.371 \text{ y } g = 0.495$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 55

Curva de distribución granulométrica para la cantera Banda para una relación A/C = 0.60.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.371 * 2.61 = 774.65 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.495 * 2.58 = 1021.68 \text{ kg/m}^3$$

○ PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55:

Para esto aplicamos las ecuaciones Nº 29 y Nº 30:

$$0.146 + f + g = 1$$

$$0.146 * 1 + f * 0.593 + g * 0.174 = 0.44$$

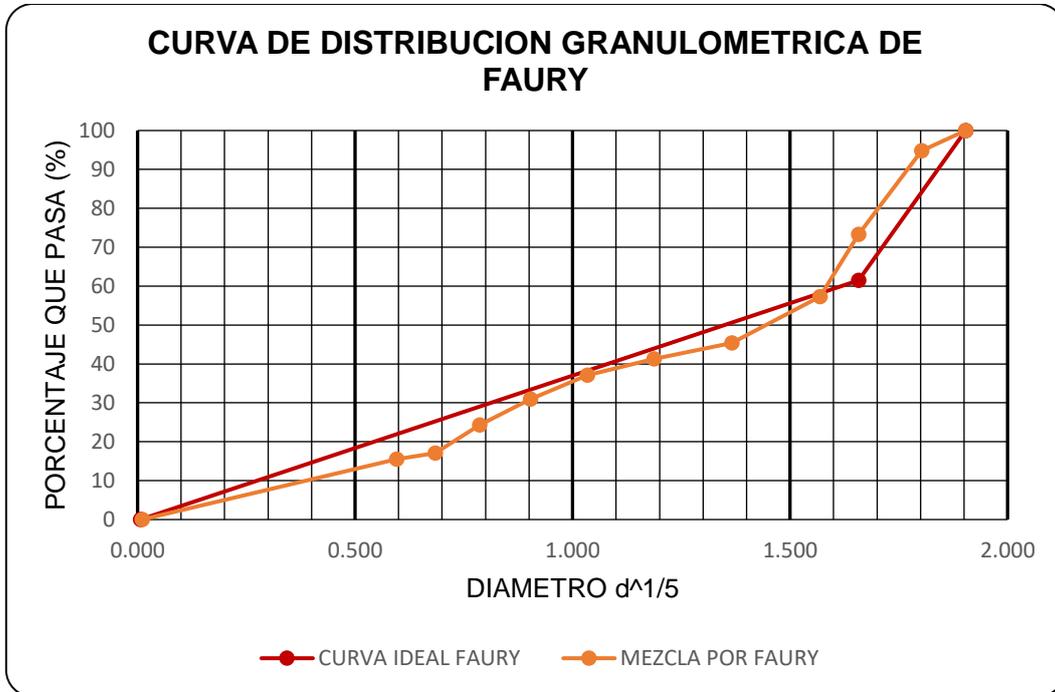
Resolviendo:

$$f = 0.347 \text{ y } g = 0.507$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 56

Curva de distribución granulométrica para la cantera Banda para una relación A/C = 0.55.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.347 * 2.61 = 724.54 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.507 * 2.58 = 1046.45 \text{ kg/m}^3$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50:

Para esto aplicamos las ecuaciones Nº 29 y Nº 30:

$$0.160 + f + g = 1$$

$$0.160 * 1 + f * 0.593 + g * 0.174 = 0.44$$

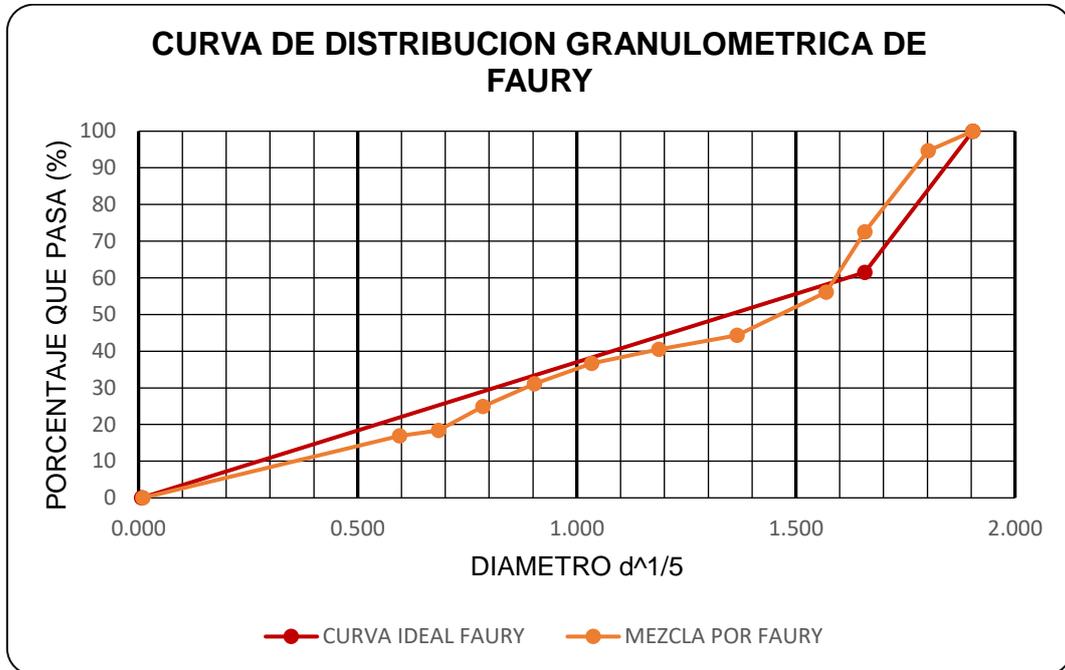
Resolviendo:

$$f = 0.319 \text{ y } g = 0.521$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 57

Curva de distribución granulométrica para la cantera Banda para una relación A/C = 0.50.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.200) * 0.319 * 2.61 = 666.07 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.200) * 0.521 * 2.58 = 1075.34 \text{ kg/m}^3$$

9. VALORES DE DISEÑO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Los materiales por m3 serán:

- ✓ Cemento: 333.33 kg
- ✓ Agregado Fino: 774.65 kg
- ✓ Agregado Grueso: 1021.68 kg
- ✓ Agua de diseño: 200 l

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Los materiales por m³ serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 363.64 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 724.54 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1046.45 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 200 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Los materiales por m³ serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 400.00 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 666.07 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1075.34 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 200 l |

10. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 774.65 * (1 + 2.04\%) = 790.45 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1021.68 * (1 + 0.47\%) = 1026.48 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.04\% - 1.39\% = 0.65\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.47\% - 1.37\% = -0.90\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 774.65 * 0.65\% = 5.03 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1021.68 * -0.90\% = -9.19 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 5.03 - 9.19 = -4.16 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (-4.16) = 204.16 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 333.33 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 790.45 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1026.48 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 204.16 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 724.54 * (1 + 2.04\%) = 739.32 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1046.45 * (1 + 0.47\%) = 1051.37 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.04\% - 1.39\% = 0.65\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.47\% - 1.37\% = -0.90\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 724.54 * 0.65\% = 4.71 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1046.45 * -0.90\% = -9.42 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 4.71 - 9.42 = -4.71 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (-4.71) = 204.71 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 363.64 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 739.32 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1051.37 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 204.71 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 666.07 * (1 + 2.04\%) = 679.66 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1075.34 * (1 + 0.47\%) = 1080.39 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 2.04\% - 1.39\% = 0.65\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.47\% - 1.37\% = -0.90\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 666.07 * 0.65\% = 4.33 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1075.34 * -0.90\% = -9.68 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 4.33 - 9.68 = -5.35 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - (-5.35) = 205.35 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 400.00 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 679.66 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1080.39 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 205.35 l |

CANTERA BAZAN:

1. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

- Asentamiento: 3" – 4"

2. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Estas fueron presentadas en la tabla N° 16: Propiedades de los agregados de la cantera "Bazán"

3. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO

Para esto empleamos la ecuación N° 16:

$$D = 1" + (1" - 3/4") * \frac{5.64}{60.44} = 1.02"$$

Luego redondeamos a un D estándar, entonces:

$$D \approx 1 1/2"$$

4. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA

Para este caso, como nuestro concreto no sea vaciado en ninguna estructura, asumiremos un D/R = 0

5. DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ

Para esto empleamos la ecuación N° 19, eligiendo un valor para K igual a 0.39, según la tabla N° 6 y 0.003 para K'.

$$V_H = \frac{0.39}{\sqrt[5]{37.5}} + \frac{0.003}{0 - 0.75} = 0.185$$

6. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA

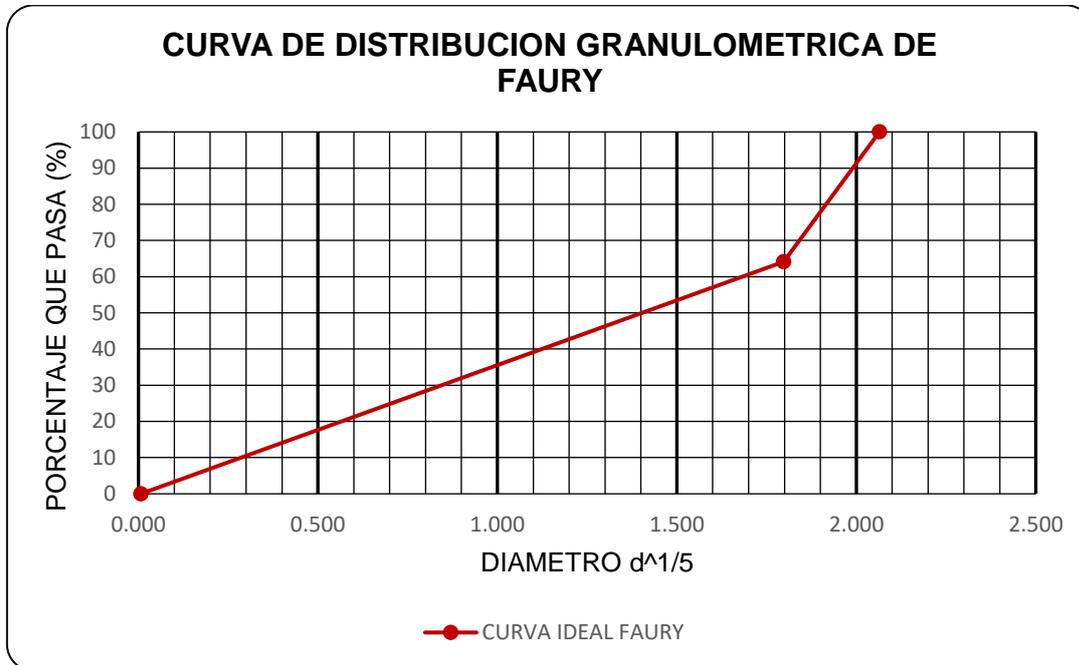
Para esto empleamos la ecuación N° 20, eligiendo un valor para A igual a 31, según la tabla N° 8 y 1.5 para B, según la tabla N° 7.

$$Y = 31 + 17 * \sqrt[5]{37.5} + \frac{1.5}{0 - 0.75} = 64.10\%$$

Y graficamos la curva ideal de Faury:

FIGURA N° 58

Curva granulométrica ideal para la cantera Bazán por el método de Faury.



7. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/C

A/C=0.60
A/C=0.55
A/C=0.50

8. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA

Para esto empleamos la ecuación N° 22:

$$A = 1000 * 0.185 = 185 L$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{185}{0.60} = 308.33 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{308.33}{3120} * \frac{1}{1 - 0.185} = 0.121$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{185}{0.55} = 336.36\text{kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{336.36}{3120} * \frac{1}{1 - 0.185} = 0.132$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Para esto empleamos la ecuación N° 23:

$$\text{Cemento} = \frac{185}{0.50} = 370 \text{ kg}$$

Y luego calculamos el volumen absoluto del cemento con la ecuación N° 24:

$$c = \frac{370}{3120} * \frac{1}{1 - 0.185} = 0.146$$

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS

- **CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL CONCRETO DE REFERENCIA (li)**

Para esto identificamos el D/2 que divide el agregado grueso del fino.

| | |
|------------------------|----------------|
| De 0.0065 a D/2 | 64.10 % |
| De D/2 a D | 35.90 % |

Luego calculamos los Ip para:

| TAMAÑO | Ip |
|----------------------------|------------|
| 0.1 a 18.75 mm | IR1 |
| 18.75 mm a 37.50 mm | IR2 |

Para IR1 empleamos la ecuación N° 33:

$$I_{R1} = -0.0002 * (LN(18.75))^5 + 0.0015 * (LN(18.75))^4 - 0.0018 * (LN(18.75))^3 - 0.0151 * (LN(18.75))^2 - 0.0637 * LN(18.75) + 0.861$$

$$I_{R1} = 0.567$$

Para IR2 empleamos las ecuaciones N° 25 y N°28:

$$x = \frac{LN(37.5) + LN(18.75) + 4.605}{2.773} = 4.025$$

$$I_{R2} = -0.0019 * 4.025^3 + 0.0479 * 4.025^2 - 0.421 * 4.025 + 1.1635$$

$$I_{R2} = 0.121$$

Finalmente, el Índice Ponderal del concreto de referencia se calcula con la ecuación N°32:

$$I_i = 0.6410 * 0.567 + 0.3590 * 0.121 = 0.407$$

- CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO GRUESO

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 102

Índice ponderal del agregado grueso de la cantera Bazán.

| TAMIZ | | % QUE PASA /100 | IP |
|----------------|------------------|--------------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | |
| DE 1" A 1 1/2" | 37.5-25 | 0.056 | 0.087 |
| DE 3/4" A 1" | 19 - 25 | 0.604 | 0.119 |
| DE 1/2" A 3/4" | 12.5 - 19 | 0.293 | 0.152 |
| DE 3/8" A 1/2" | 9.5 - 12.5 | 0.033 | 0.189 |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.5 | 0.011 | 0.246 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_g = 0.056 * 0.087 + 0.604 * 0.119 + 0.293 * 0.152 + 0.033 * 0.189 + 0.011 * 0.246$$

$$I_g = 0.130$$

- CÁLCULO DEL ÍNDICE PONDERAL DEL AGREGADO FINO

Primeramente, calculamos el Índice ponderal para cada uno de los rangos del agregado grueso para esto empleamos la tabla N° 9:

TABLA N° 103

Índice ponderal del agregado fino de la cantera Bazán.

| TAMIZ | | % QUE PASA /100 | IP |
|------------------|------------------|--------------------|-------|
| PULGADAS | ABERTURA (mm) | | |
| DE N° 4 A 3/8" | 4.75 - 9.50 | 0.117 | 0.246 |
| DE N° 8 A N°4 | 2.36 - 4.75 | 0.145 | 0.34 |
| DE N° 16 A N°8 | 1.18 - 2.36 | 0.149 | 0.496 |
| DE N°30 A N°16 | 0.60 - 1.18 | 0.155 | 0.664 |
| DE N°50 A N°30 | 0.30 - 0.60 | 0.175 | 0.73 |
| DE N°100 A N°50 | 0.15 - 0.30 | 0.181 | 0.774 |
| DE N°200 A N°100 | 0.075 - 0.15 | 0.061 | 0.995 |

Luego aplicamos la ecuación N° 31:

$$I_f = 0.117 * 0.246 + 0.145 * 0.340 + 0.149 * 0.496 + 0.155 * 0.664 + 0.175 * 0.730 + 0.181 * 0.774 + 0.061 * 0.995$$

$$I_f = 0.583$$

- CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGREGADOS

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Para esto aplicamos las ecuaciones N° 29 y N° 30:

$$0.121 + f + g = 1$$

$$0.121 * 1 + f * 0.583 + g * 0.130 = 0.407$$

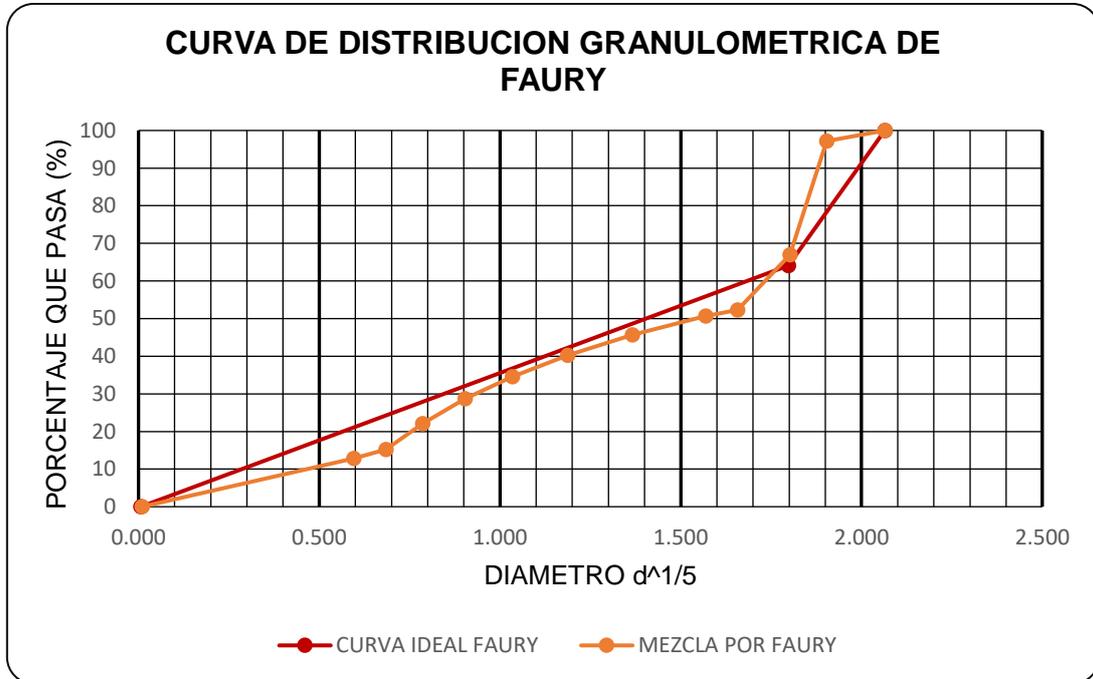
Resolviendo:

$$f = 0.379 \text{ y } g = 0.500$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA Nº 59

Curva de distribución granulométrica para la cantera Bazán para una relación A/C = 0.60.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación Nº 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.185) * 0.379 * 2.60 = 803.10 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.185) * 0.500 * 2.63 = 1071.72 \text{ kg/m}^3$$

○ PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Para esto aplicamos las ecuaciones Nº 29 y Nº 30:

$$0.132 + f + g = 1$$

$$0.132 * 1 + f * 0.583 + g * 0.130 = 0.407$$

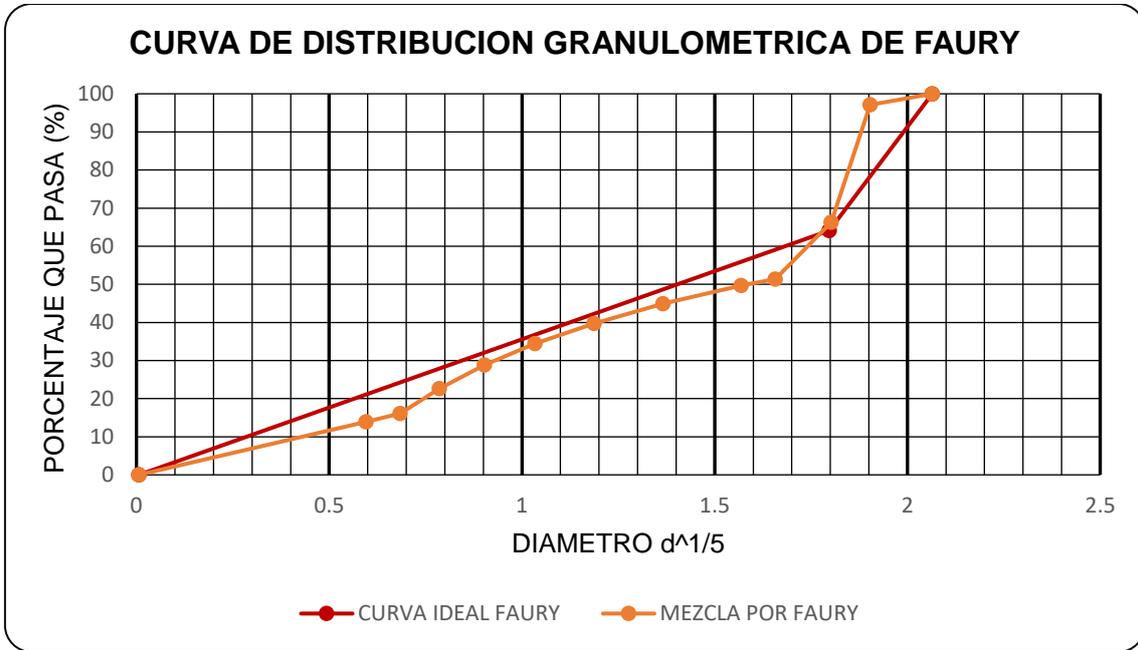
Resolviendo:

$$f = 0.358 \text{ y } g = 0.510$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA N° 60

Curva de distribución granulométrica para la cantera Bazán para una relación A/C = 0.55.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación N° 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.185) * 0.358 * 2.60 = 758.60 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.185) * 0.510 * 2.63 = 1093.16 \text{ kg/m}^3$$

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50:

Para esto aplicamos las ecuaciones N° 29 y N° 30:

$$\begin{aligned} 0.146 + f + g &= 1 \\ 0.146 * 1 + f * 0.583 + g * 0.130 &= 0.407 \end{aligned}$$

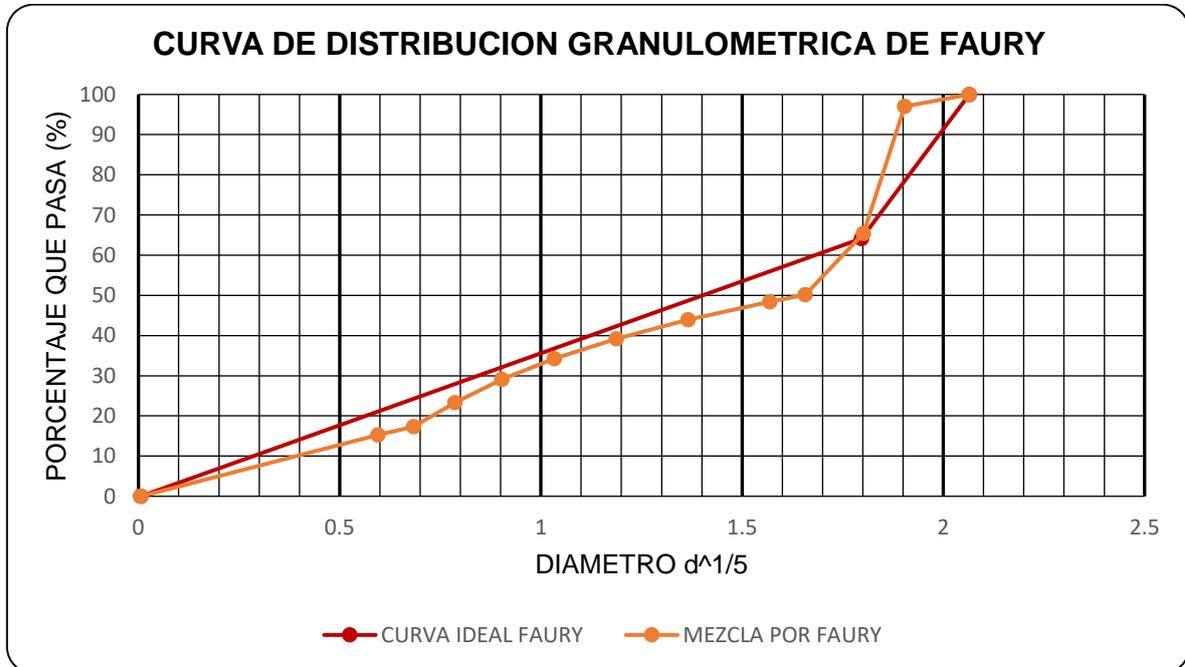
Resolviendo:

$$f = 0.331 \text{ y } g = 0.523$$

Luego graficamos la curva granulométrica:

FIGURA N° 61

Curva de distribución granulométrica para la cantera Bazán para una relación A/C = 0.50.



Finalmente, la cantidad de agregados a utilizar se calculan usando la ecuación N° 34:

$$A_f = 1000 * (1 - 0.185) * 0.331 * 2.60 = 701.39 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1000 * (1 - 0.185) * 0.523 * 2.63 = 1121.02 \text{ kg/m}^3$$

9. VALORES DE DISEÑO

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Los materiales por m3 serán:

- ✓ Cemento: 308.33 kg
- ✓ Agregado Fino: 803.10 kg
- ✓ Agregado Grueso: 1071.72 kg
- ✓ Agua de diseño: 185 l

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Los materiales por m³ serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 336.36 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 758.60 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1093.16 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 185 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Los materiales por m³ serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 370.00 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 701.39 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1121.02 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 185 l |

10. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.60

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 803.10 * (1 + 3.59\%) = 831.93 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1071.72 * (1 + 0.49\%) = 1076.97 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 3.59\% - 1.58\% = 2.01\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.49\% - 1.35\% = -0.86\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 803.10 * 2.01\% = 16.14 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1071.72 * -0.86\% = -9.22 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 16.14 - 9.22 = 6.92 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 185 - (6.92) = 178.08 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 308.33 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 831.93 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1076.97 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 178.08 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.55

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 758.60 * (1 + 3.59\%) = 785.83 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1093.16 * (1 + 0.49\%) = 1098.52 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 3.59\% - 1.58\% = 2.01\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.49\% - 1.35\% = -0.86\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 758.60 * 2.01\% = 15.25 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1093.16 * -0.86\% = -9.40 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 15.25 - 9.40 = 5.85 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 185 - (5.85) = 179.15 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 336.36 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 785.83 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1098.52 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 179.15 l |

- PARA UNA RELACION AGUA – CEMENTO DE 0.50

Calculamos el peso húmedo de los agregados con las ecuaciones N° 35 y 36:

$$\text{Peso Humedo del A. F} = 701.39 * (1 + 3.59\%) = 726.57 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Humedo del A. G} = 1121.02 * (1 + 0.49\%) = 1126.51 \text{ kg}$$

Calculamos la humedad superficial de los agregados con las ecuaciones N° 37 y 38:

$$\text{Humedad superficial del A. F} = 3.59\% - 1.58\% = 2.01\%$$

$$\text{Humedad superficial del A. G} = 0.49\% - 1.35\% = -0.86\%$$

Calculamos el aporte de humedad de los agregados con las ecuaciones N° 39,40 y 41:

$$\text{Aporte de Humedad del A. F} = 701.39 * 2.01\% = 14.10 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = 1121.02 * -0.86\% = -9.64 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad del Agregado} = 14.10 - 9.64 = 4.46 \text{ kg}$$

Calculamos el agua efectiva con la ecuación N° 42:

$$\text{Agua Efectiva} = 185 - (4.46) = 180.54 \text{ kg}$$

Finalmente, los materiales por unidad cubica de concreto serán:

| | |
|--------------------|------------|
| ✓ Cemento: | 370.00 kg |
| ✓ Agregado Fino: | 726.57 kg |
| ✓ Agregado Grueso: | 1126.51 kg |
| ✓ Agua de diseño: | 180.54 l |

ANEXO N°6
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ASENTAMIENTO

TABLA N° 104

Asentamiento del concreto con diferentes relaciones agua - cemento y materiales de Cajamarca.

| CANTERA | RELACIÓN A/C | TANDA | | | PROMEDIO (cm) | PROMEDIO (pulgadas) |
|-----------|-----------------|-------|------|------|------------------|------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| MARGARITA | 0.6 | 11.8 | 10.4 | 11.5 | 11.2 | 4.42 |
| | 0.55 | 9.8 | 8.4 | 9.2 | 9.1 | 3.60 |
| | 0.5 | 7.9 | 8.5 | 8.1 | 8.2 | 3.22 |
| AGUILAR | 0.6 | 12.4 | 11.9 | 11.2 | 11.8 | 4.66 |
| | 0.55 | 9.8 | 10.1 | 9.1 | 9.7 | 3.81 |
| | 0.5 | 8.5 | 9.2 | 8.8 | 8.8 | 3.48 |
| BANDA | 0.6 | 9.5 | 10.2 | 10.9 | 10.2 | 4.02 |
| | 0.55 | 7.9 | 8.6 | 9.1 | 8.5 | 3.36 |
| | 0.5 | 7.5 | 8.5 | 7.9 | 8.0 | 3.14 |
| BAZAN | 0.6 | 8.9 | 9.2 | 9.6 | 9.2 | 3.64 |
| | 0.55 | 8.1 | 7.8 | 8.4 | 8.1 | 3.19 |
| | 0.5 | 7.5 | 7.1 | 6.9 | 7.2 | 2.82 |

ANEXO N°7
RESULTADOS DE LA ROTURA DE ESPECIMENES DE CONCRETO

CANTERA MARGARITA

- Relación a/c = 0.60

TABLA N° 105

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la Compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M1 | 7 | 15.1 | 47 | 262.45 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - M2 | 7 | 15.1 | 50 | 279.21 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - M3 | 7 | 15 | 48 | 271.62 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - M4 | 7 | 15 | 47.5 | 268.80 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - M5 | 7 | 15.1 | 49.5 | 276.41 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 271.70 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.42% | |

TABLA N° 106

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la Compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M6 | 14 | 15.1 | 66.50 | 371.35 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - M7 | 14 | 15.2 | 62.00 | 341.68 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - M8 | 14 | 15.1 | 63.00 | 351.80 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - M9 | 14 | 15.1 | 64.50 | 360.18 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - M10 | 14 | 15.1 | 60.00 | 335.05 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 352.01 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.10% | |

TABLA N° 107

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 32 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la Compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M11 | 32 | 15.10 | 69.00 | 385.31 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - M12 | 32 | 15.10 | 67.00 | 374.14 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - M13 | 32 | 15.00 | 66.00 | 373.48 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - M14 | 32 | 15.10 | 70.00 | 390.89 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - M15 | 32 | 15.00 | 64.00 | 362.17 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 377.20 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.97% | |

- Relación a/c = 0.55

TABLA N° 108

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - M1 | 7 | 15.1 | 56 | 312.71 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - M2 | 7 | 15 | 55.5 | 314.07 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - M3 | 7 | 15.1 | 57 | 318.30 | TIPO II |
| 4 | 0.55 - M4 | 7 | 15 | 52 | 294.26 | TIPO II |
| 5 | 0.55 - M5 | 7 | 15.2 | 54 | 297.59 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 307.38 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.49% | |

TABLA N° 109

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - M6 | 14 | 15.1 | 67 | 374.14 | TIPO II |
| 2 | 0.55 - M7 | 14 | 15.2 | 72 | 396.79 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - M8 | 14 | 15.1 | 68.5 | 382.51 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - M9 | 14 | 15 | 69 | 390.46 | TIPO II |
| 5 | 0.55 - M10 | 14 | 15.1 | 68 | 379.72 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 384.72 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.33% | |

TABLA N° 110

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 32 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - M11 | 32 | 15 | 72.00 | 407.44 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - M12 | 32 | 15.1 | 77.00 | 429.98 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - M13 | 32 | 15.1 | 74.50 | 416.02 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - M14 | 32 | 15.1 | 75.50 | 421.60 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - M15 | 32 | 15.17 | 76.00 | 420.49 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 419.10 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 1.97% | |

- Relación a/c = 0.50

TABLA N° 111

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M1 | 7 | 15.1 | 61.5 | 343.42 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - M2 | 7 | 15 | 61 | 345.19 | TIPO II |
| 3 | 0.60 - M3 | 7 | 15.2 | 63.5 | 349.94 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - M4 | 7 | 15.2 | 62 | 341.68 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - M5 | 7 | 15 | 59 | 333.87 | TIPO II |
| PROMEDIO | | | | | 342.82 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 1.71% | |

TABLA N° 112

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M6 | 14 | 15.1 | 72.50 | 404.85 | TIPO II |
| 2 | 0.60 - M7 | 14 | 15.1 | 75.00 | 418.81 | TIPO II |
| 3 | 0.60 - M8 | 14 | 15.1 | 76.00 | 424.39 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - M9 | 14 | 15.2 | 78.00 | 429.85 | TIPO II |
| 5 | 0.60 - M10 | 14 | 15 | 74.50 | 421.58 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 419.90 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.23% | |

TABLA N° 113

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Margarita a la edad de 32 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 – M11 | 32 | 15.1 | 79.00 | 441.15 | TIPO V |
| 2 | 0.60 – M12 | 32 | 15.1 | 82.00 | 457.90 | TIPO V |
| 3 | 0.60 – M13 | 32 | 15 | 81.50 | 461.20 | TIPO II |
| 4 | 0.60 – M14 | 32 | 15 | 86.00 | 486.66 | TIPO V |
| 5 | 0.60 – M15 | 32 | 15.1 | 80.00 | 446.73 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 458.73 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.84% | |

CANTERA AGUILAR

- Relación a/c = 0.60

TABLA N° 114

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - A1 | 7 | 15.2 | 40.5 | 223.19 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - A2 | 7 | 15.1 | 39 | 217.78 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - A3 | 7 | 15.1 | 38.5 | 214.99 | TIPO II |
| 4 | 0.60 - A4 | 7 | 15.1 | 37 | 206.61 | TIPO II |
| 5 | 0.60 - A5 | 7 | 15 | 40 | 226.35 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 217.79 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.52% | |

TABLA N° 115

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - A6 | 14 | 15.1 | 46.90 | 261.90 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - A7 | 14 | 15.1 | 51.30 | 286.47 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - A8 | 14 | 15.1 | 50.60 | 282.56 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - A9 | 14 | 15 | 51.00 | 288.60 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - A10 | 14 | 15 | 47.50 | 268.80 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 277.66 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.22% | |

TABLA N° 116

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - A11 | 32 | 15.10 | 53.50 | 298.75 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - A12 | 32 | 15.20 | 53.50 | 294.83 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - A13 | 32 | 15.10 | 49.50 | 276.41 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - A14 | 32 | 15.00 | 52.00 | 294.26 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - A15 | 32 | 15.00 | 54.50 | 308.41 | TIPO III |
| PROMEDIO | | | | | 294.53 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.94% | |

- Relación a/c = 0.55

TABLA N° 117

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - A1 | 7 | 15.1 | 50 | 279.21 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - A2 | 7 | 15.1 | 49.5 | 276.41 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - A3 | 7 | 15.1 | 48 | 268.04 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - A4 | 7 | 15 | 46 | 260.31 | TIPO II |
| 5 | 0.55 - A5 | 7 | 15.1 | 49.5 | 276.41 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 272.08 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.87% | |

TABLA N° 118

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - A6 | 14 | 15.1 | 56.2 | 313.83 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - A7 | 14 | 15.1 | 58.1 | 324.44 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - A8 | 14 | 15.2 | 54.1 | 298.14 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - A9 | 14 | 15.1 | 57.5 | 321.09 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - A10 | 14 | 15 | 58.4 | 330.48 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 317.59 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.91% | |

TABLA N° 119

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - A11 | 31 | 15.2 | 66.40 | 365.92 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - A12 | 31 | 15.1 | 64.60 | 360.74 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - A13 | 31 | 15.2 | 63.20 | 348.29 | TIPO III |
| 4 | 0.55 - A14 | 31 | 15 | 65.80 | 372.35 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - A15 | 31 | 15.1 | 62.50 | 349.01 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 359.26 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.93% | |

- Relación a/c = 0.50

TABLA N° 120

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M1 | 7 | 15.1 | 56 | 312.71 | TIPO II |
| 2 | 0.60 - M2 | 7 | 15.2 | 53 | 292.08 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - M3 | 7 | 15.1 | 54 | 301.54 | TIPO II |
| 4 | 0.60 - M4 | 7 | 15.1 | 57 | 318.30 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - M5 | 7 | 15.1 | 59.5 | 332.26 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 311.38 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.96% | |

TABLA N° 121

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M1 | 14 | 15.1 | 63.30 | 353.48 | TIPO III |
| 2 | 0.60 - M2 | 14 | 15.2 | 63.60 | 350.49 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - M3 | 14 | 15.2 | 64.40 | 354.90 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - M4 | 14 | 15.1 | 65.70 | 366.88 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - M5 | 14 | 15.1 | 65.50 | 365.76 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 358.30 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.09% | |

TABLA N° 122

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Aguilar a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-----------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - M1 | 31 | 15.1 | 75.80 | 423.28 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - M2 | 31 | 15.1 | 70.60 | 394.24 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - M3 | 31 | 15.1 | 72.10 | 402.62 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - M4 | 31 | 15 | 71.40 | 404.04 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - M5 | 31 | 15.1 | 70.50 | 393.68 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 403.57 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.97% | |

CANTERA BANDA

- Relación a/c = 0.60

TABLA N° 123

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - BD1 | 7 | 15.2 | 40 | 220.44 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - BD2 | 7 | 15 | 38 | 215.04 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - BD3 | 7 | 15.1 | 40.5 | 226.16 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - BD4 | 7 | 15 | 41.5 | 234.84 | TIPO II |
| 5 | 0.60 - BD5 | 7 | 15.1 | 40.5 | 226.16 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 224.53 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.29% | |

TABLA N° 124

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - BD6 | 14 | 15 | 47.40 | 268.23 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - BD7 | 14 | 15.1 | 49.70 | 277.53 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - BD8 | 14 | 15.1 | 50.50 | 282.00 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - BD9 | 14 | 15.1 | 51.30 | 286.47 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - BD10 | 14 | 15 | 53.50 | 302.75 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 283.39 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.50% | |

TABLA N° 125

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - BD11 | 28 | 15.00 | 56.50 | 319.72 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - BD12 | 28 | 15.10 | 56.00 | 312.71 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - BD13 | 28 | 15.00 | 57.00 | 322.55 | TIPO II |
| 4 | 0.60 - BD14 | 28 | 15.10 | 53.00 | 295.96 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - BD15 | 28 | 15.20 | 55.50 | 305.86 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 311.36 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.46% | |

- Relación a/c = 0.55

TABLA N° 126

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - BD1 | 7 | 15.1 | 51 | 284.79 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - BD2 | 7 | 15.1 | 48 | 268.04 | TIPO II |
| 3 | 0.55 - BD3 | 7 | 15.2 | 47.5 | 261.77 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - BD4 | 7 | 15.1 | 50.5 | 282.00 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - BD5 | 7 | 15.2 | 51 | 281.06 | TIPO II |
| PROMEDIO | | | | | 275.53 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.65% | |

TABLA N° 127

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - BD6 | 14 | 15.1 | 55.5 | 309.92 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - BD7 | 14 | 15.1 | 58.6 | 327.23 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - BD8 | 14 | 15.1 | 57.1 | 318.85 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - BD9 | 14 | 15.1 | 59.7 | 333.37 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - BD10 | 14 | 15 | 60.1 | 340.10 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 325.89 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.64% | |

TABLA N° 128

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - BD11 | 28 | 15.2 | 63.00 | 347.19 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - BD12 | 28 | 15.1 | 64.00 | 357.38 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - BD13 | 28 | 15.2 | 66.00 | 363.72 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - BD14 | 28 | 15.1 | 68.00 | 379.72 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - BD15 | 28 | 15.1 | 64.00 | 357.38 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 361.08 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.32% | |

- Relación a/c = 0.50

TABLA N° 129

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.50 - BD1 | 7 | 15.1 | 59 | 329.46 | TIPO V |
| 2 | 0.50 - BD2 | 7 | 15 | 59 | 333.87 | TIPO V |
| 3 | 0.50 - BD3 | 7 | 15.1 | 56 | 312.71 | TIPO II |
| 4 | 0.50 - BD4 | 7 | 15.2 | 54.5 | 300.34 | TIPO V |
| 5 | 0.50 - BD5 | 7 | 15.1 | 54 | 301.54 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 315.59 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.92% | |

TABLA N° 130

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.50 - BD6 | 14 | 15.1 | 68.00 | 379.72 | TIPO V |
| 2 | 0.50 - BD7 | 14 | 15 | 65.40 | 370.09 | TIPO V |
| 3 | 0.50 - BD8 | 14 | 15.1 | 64.80 | 361.85 | TIPO V |
| 4 | 0.50 - BD9 | 14 | 15.1 | 68.20 | 380.84 | TIPO V |
| 5 | 0.50 - BD10 | 14 | 15.1 | 69.40 | 387.54 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 376.01 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 2.68% | |

TABLA N° 131

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Banda a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.50 – BD11 | 28 | 15.1 | 74.50 | 416.02 | TIPO V |
| 2 | 0.50 – BD12 | 28 | 15.2 | 71.00 | 391.27 | TIPO V |
| 3 | 0.50 – BD13 | 28 | 15.1 | 76.00 | 424.39 | TIPO V |
| 4 | 0.50 – BD14 | 28 | 15.2 | 75.00 | 413.32 | TIPO V |
| 5 | 0.50 – BD15 | 28 | 15.1 | 73.00 | 407.64 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 410.53 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.01% | |

CANTERA BAZAN

- Relación a/c = 0.60

TABLA N° 132

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - BZ1 | 7 | 15.1 | 24 | 134.02 | TIPO III |
| 2 | 0.60 - BZ2 | 7 | 15 | 26 | 147.13 | TIPO III |
| 3 | 0.60 - BZ3 | 7 | 15.1 | 25.5 | 142.40 | TIPO III |
| 4 | 0.60 - BZ4 | 7 | 15.1 | 23.5 | 131.23 | TIPO III |
| 5 | 0.60 - BZ5 | 7 | 15.1 | 25 | 139.60 | TIPO III |
| PROMEDIO | | | | | 138.88 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.60% | |

TABLA N° 133

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - BZ6 | 14 | 15.1 | 30.70 | 171.43 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - BZ7 | 14 | 15.1 | 32.14 | 179.47 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - BZ8 | 14 | 15.1 | 33.20 | 185.39 | TIPO III |
| 4 | 0.60 - BZ9 | 14 | 15 | 31.90 | 180.52 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - BZ10 | 14 | 15 | 29.60 | 167.50 | TIPO III |
| PROMEDIO | | | | | 176.86 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.10% | |

TABLA N° 134

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.60 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.60 - BZ11 | 28 | 15.10 | 36.50 | 203.82 | TIPO V |
| 2 | 0.60 - BZ12 | 28 | 15.20 | 35.70 | 196.74 | TIPO V |
| 3 | 0.60 - BZ13 | 28 | 15.10 | 36.40 | 203.26 | TIPO V |
| 4 | 0.60 - BZ14 | 28 | 15.00 | 35.80 | 202.59 | TIPO V |
| 5 | 0.60 - BZ15 | 28 | 15.00 | 32.40 | 183.35 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 197.95 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.37% | |

- Relación a/c = 0.55

TABLA N° 135

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - BZ1 | 7 | 15.1 | 32 | 178.69 | TIPO III |
| 2 | 0.55 - BZ2 | 7 | 15.1 | 32.5 | 181.48 | TIPO II |
| 3 | 0.55 - BZ3 | 7 | 15.2 | 31.5 | 173.59 | TIPO III |
| 4 | 0.55 - BZ4 | 7 | 15.1 | 31 | 173.11 | TIPO III |
| 5 | 0.55 - BZ5 | 7 | 15.1 | 33.5 | 187.07 | TIPO II |
| PROMEDIO | | | | | 178.79 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.25% | |

TABLA N° 136

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - BZ6 | 14 | 15.1 | 35.8 | 199.91 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - BZ7 | 14 | 15.1 | 37.4 | 208.85 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - BZ8 | 14 | 15.2 | 35.2 | 193.98 | TIPO III |
| 4 | 0.55 - BZ9 | 14 | 15.1 | 38.6 | 215.55 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - BZ10 | 14 | 15 | 36.5 | 206.55 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 204.97 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.05% | |

TABLA N° 137

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.55 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | cm | TN | | |
| 1 | 0.55 - BZ11 | 31 | 15.2 | 39.60 | 218.23 | TIPO V |
| 2 | 0.55 - BZ12 | 31 | 15.1 | 42.20 | 235.65 | TIPO V |
| 3 | 0.55 - BZ13 | 31 | 15.2 | 41.80 | 230.36 | TIPO V |
| 4 | 0.55 - BZ14 | 31 | 15 | 42.50 | 240.50 | TIPO V |
| 5 | 0.55 - BZ15 | 31 | 15.1 | 42.70 | 238.44 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 232.64 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.83% | |

- Relación a/c = 0.50

TABLA N° 138

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 7 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.50 - BZ1 | 7 | 15.1 | 42 | 234.53 | TIPO III |
| 2 | 0.50 - BZ2 | 7 | 15.2 | 45 | 247.99 | TIPO II |
| 3 | 0.50 - BZ3 | 7 | 15.1 | 44.5 | 248.49 | TIPO II |
| 4 | 0.50 - BZ4 | 7 | 15 | 43.5 | 246.16 | TIPO III |
| 5 | 0.50 - BZ5 | 7 | 15.2 | 41 | 225.95 | TIPO III |
| PROMEDIO | | | | | 240.63 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.15% | |

TABLA N° 139

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 14 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.50 – BZ6 | 14 | 15.1 | 46.90 | 261.90 | TIPO V |
| 2 | 0.50 – BZ7 | 14 | 15.2 | 47.50 | 261.77 | TIPO V |
| 3 | 0.50 – BZ8 | 14 | 15.2 | 44.50 | 245.24 | TIPO V |
| 4 | 0.50 – BZ9 | 14 | 15.1 | 47.50 | 265.25 | TIPO V |
| 5 | 0.50 – BZ10 | 14 | 15.1 | 45.30 | 252.96 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 257.42 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 3.18% | |

TABLA N° 140

Resultados de especímenes de concreto con una relación A/C de 0.50 y agregados de la Cantera Bazán a la edad de 28 días.

| N° de Ensayo | Código | Edad | Diámetro | Rotura | Resistencia a la compresión (Kg/ cm ²) | Tipo de falla |
|---------------------------------|-------------|------|----------|--------|--|---------------|
| | | días | Cm | TN | | |
| 1 | 0.50 – BZ11 | 31 | 15.1 | 53.00 | 295.96 | TIPO V |
| 2 | 0.50 – BZ12 | 31 | 15.1 | 54.20 | 302.66 | TIPO V |
| 3 | 0.50 – BZ13 | 31 | 15.1 | 50.50 | 282.00 | TIPO V |
| 4 | 0.50 – BZ14 | 31 | 15 | 54.90 | 310.67 | TIPO V |
| 5 | 0.50 – BZ15 | 31 | 15.1 | 51.10 | 285.35 | TIPO V |
| PROMEDIO | | | | | 295.33 | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | | | | 4.03% | |

ANEXO N°8
PANEL FOTOGRAFICO

FIGURA N° 62
Cantera Margarita – Chilete.



FIGURA N° 63
Cantera Aguilar - Baños del Inca.



FIGURA Nº 64
Cantera Banda – Llacanora.



FIGURA Nº 65
Cantera Bazán – Cajamarca.



FIGURA Nº 66
Análisis granulométrico de los agregados.



FIGURA Nº 67
Peso específico de los agregados.



FIGURA Nº 68
Peso unitario de los agregados.



FIGURA Nº 69
Desgaste a la abrasión del agregado grueso.



FIGURA Nº 70
Elaboración de especímenes de concreto.



FIGURA Nº 71

Curado de especímenes de concreto.



FIGURA Nº 72

Ensayo de asentamiento del concreto.



FIGURA Nº 73

Ensayo de resistencia a compresión del concreto.

