



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONCRETO DE UNA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN $f'c=240$ KG/CM², EN BASE A CUATRO CEMENTOS
COMERCIALES TIPO GU PARA LAS FUENTES MINERAS SOMIGU Y
ROOKAAZUL DEL ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: JORGE DAVID BANEGAS BERNAL
CARLOS ALEJANDRO SUMBA PEÑAFIEL

TUTOR: ING. NELSON EDUARDO AVILÉS DÍAZ, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Jorge David Banegas Bernal con documento de identificación N° 0106173685 y Carlos Alejandro Sumba Peñafiel con documento de identificación N° 0105898480; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 26 de julio del 2024

Atentamente,

Jorge David Banegas Bernal

0106173685

Carlos Alejandro Sumba Peñafiel

0105898480

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jorge David Banegas Bernal con documento de identificación N° 0106173685 y Carlos Alejandro Sumba Peñafiel con documento de identificación N° 0105898480, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de investigación: “Análisis comparativo del concreto de una resistencia a la compresión $f'c=240$ kg/cm² , en base a cuatro cementos comerciales tipo GU para las fuentes mineras SOMIGU y ROOKAAZUL del Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de julio del 2024

Atentamente,

Jorge David Banegas Bernal
0106173685

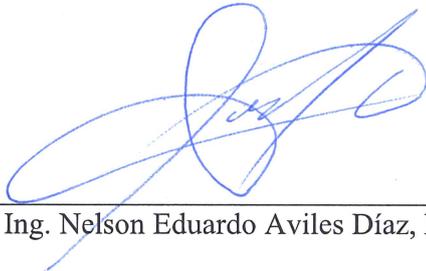
Carlos Alejandro Sumba Peñafiel
0105898480

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Nelson Eduardo Avilés Díaz con documento de identificación N° 0102007028, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONCRETO DE UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'C=240$ KG/CM² , EN BASE A CUATRO CEMENTOS COMERCIALES TIPO GU PARA LAS FUENTES MINERAS SOMIGU Y ROOKAAZUL DEL ECUADOR realizado por Jorge David Banegas Bernal con documento de identificación N° 0106173685 y por Carlos Alejandro Sumba Peñafiel con documento de identificación N° 0105898480, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Nelson Eduardo Aviles Díaz, Msc

0102007028

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Autor: Jorge David Banegas Bernal

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mis padres, ya que ellos son la razón por las que mis sueños se cumplen día con día, producto de su gran amor y apoyo incondicional. Por otro lado, son la fuente de mi inspiración y las personas que me han enseñado, inculcado y demostrado los valores y demás conocimientos importantes para mi formación y crecimiento personal, los seres que me han guiado en este trayecto.

A mi familia, por estar siempre presente y alentándome con sus ánimos.

A mí por nunca rendirme a pesar de muchas dificultades que se presentaron en el camino, y fueron una oportunidad para levantarme y crecer con mayor fuerza.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias primeramente a Dios, por siempre ser la luz de mi camino, a mi madre Jenny Bernal por brindarme su amor incondicional y por estar siempre presente en diversas formas, ya sea física, emocional o moralmente, a mi padre Jorge Banegas, porque a pesar de los problemas que se presentan día a día, me ha demostrado el valor del esfuerzo, perseverancia y enseñarme a nunca rendirme. A mi familia, por estar siempre ahí para mí. Gracias por sus palabras de aliento y por compartir conmigo los momentos más alegres y difíciles de mi vida.

A mi director de tesis, por su guía invaluable, paciencia y por compartir conmigo su conocimiento y experiencia. Gracias por ayudarme a convertir esta tesis en una realidad.

A mis compañeros de estudio, por su amistad, apoyo y por compartir conmigo esta etapa tan importante de nuestras vidas. Gracias a todos aquellos que de alguna manera han contribuido a mi formación y crecimiento personal.

Muchas gracias por su apoyo y por ser parte de este camino.

Este trabajo es fruto de su amor, apoyo y confianza.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Autor: Carlos Alejandro Sumba Peñafiel

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi padre Román Sumba por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia. A mi mamá Deisi Peñafiel por su amor incondicional y sus abrazos que todo lo curan. Por ser los pilares de mi vida, que de una u otra manera han estado alentándome y apoyándome para seguir adelante y no decaer ante los obstáculos presentados en esta vida estudiantil. A mis abuelos y familiares que siempre me aconsejaron, oraron e iluminaron mi camino. Y a mí mismo, por no rendirme ante los obstáculos y mantener viva la pasión por el aprendizaje. A todos aquellos que creyeron en mí.

Que este trabajo sea un pequeño aporte al vasto mundo del conocimiento.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por mostrarme siempre el mejor camino de la vida sin importar lo difícil que sea y darme unos padres maravillosos.

Al poder concluir esta etapa de mi formación profesional, también deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su comprensión y aliento constante, para que no me rinda en los momentos críticos de mi vida y pueda seguir luchando.

Agradezco a mi yo interior por luchar y no escuchar a personas poco influyentes en mi vida, estudiantil como personal y demostrarles que cada esfuerzo tiene su recompensa sin importar su valor ya que el único valor en esta vida es la verdadera lealtad.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirme ser partícipe de esta bella institución y ponerme guías que generosamente compartieron su experiencia y sabiduría, sentando las bases de mi formación. Y por último a mi director de tesis al Ing. Nelson Avilés por su guía invaluable, paciencia y constante motivación. Sus conocimientos y dedicatoria han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

Resumen

El presente estudio investigativo se centra en un análisis comparativo sobre el comportamiento del concreto para una resistencia a la compresión $f'_c=240$ kg/cm², utilizando cuatro cementos comerciales tipo GU, que son de las marcas Atenas, Guapan, Holcim, y Chimborazo para las fuentes mineras SOMIGU y RooKaazul del Ecuador.

Se evalúa las propiedades físico-mecánicas del concreto fresco y endurecido, utilizando agregados de las dos minas y cuatro marcas de cementos mencionadas anteriormente.

Para el diseño de mezcla se basó en el método ACI y para determinar las propiedades del hormigón se realizaron pruebas de laboratorio siguiendo los lineamientos de la normativa ecuatoriana NTE INEN, la cual está fundamentada en la norma estadounidense ASTM (American Society for Testing and Materials). Por otro lado, el diseño de mezcla de hormigón se caracteriza por mantener una relación de agua/cemento constante.

Se elaboraron 108 especímenes cilíndricos para determinar la resistencia a la compresión a diferentes edades (3, 7, 14, 28 días).

De los resultados obtenidos se demuestra que los hormigones fabricados con los cementos Atenas, y Holcim se tiene una capacidad resistente a la compresión del hormigón mayor a la diseñada. Por otro lado, el cemento Guapan y Chimborazo alcanzan la resistencia requerida.

Los agregados utilizados de la fuente minera SOMIGU presentan una mayor capacidad en la resistencia del hormigón con respecto la fuente minera RooKaazul por su adecuada combinación entre los agregados gruesos y finos debido a su ajuste de curvas, disminuyendo la cantidad de vacíos y obteniendo una mejor compacidad.

Palabras clave: Concreto, $f'_c=240$ kg/cm², Cemento tipo GU, Agregados, Propiedades físico-mecánicas, ACI, NTE INEN, ASTM (American Society for Testing and Materials).

Abstract

The present research study focuses on a comparative analysis of the behavior of concrete for

a compressive strength $f_c=240$ kg/cm², using four commercial cements type GU, which are Atenas, Guapan, Holcim, and Chimborazo brands for SOMIGU and RooKaazul mining sources in Ecuador.

The physical-mechanical properties of fresh and hardened concrete are evaluated using aggregates from the two mines and four brands of cements mentioned above.

The mix design was based on the ACI method, and to determine the properties of the concrete, laboratory tests were carried out following the guidelines of the Ecuadorian standard NTE INEN, which is based on the American Society for Testing and Materials (ASTM). On the other hand, the concrete mix design is characterized by maintaining a constant water/cement ratio.

A total of 108 cylindrical specimens were prepared to determine the compressive strength at different ages (3, 7, 14, 28 days).

The results obtained show that the concretes manufactured with Atenas and Holcim cements have a higher compressive strength capacity than that designed. On the other hand, Guapan and Chimborazo cements reach the required strength.

The aggregates used from the SOMIGU mining source present a greater capacity in the concrete resistance compared to the RooKaazul mining source due to its adequate combination of coarse and fine aggregates due to its curve adjustment, reducing the amount of voids and obtaining a better compactness.

Keywords: Concrete, $f_c=240$ kg/cm², Cement type GU, Aggregates, Physical-mechanical properties, ACI, NTE INEN, ASTM (American Society for Testing and Materials).

INDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	4
Abstract.....	4
1. Introducción	12
2. Problemática.....	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Justificación	14
2.3. Delimitación	15
2.3.1 Espacial o geográfica	15
2.3.2. Temporal	15
2.3.3. Sectorial o institucional	15
3. Objetivos	16
3.1 Objetivo General	16
3.2 Objetivos Específicos.....	16
4. Marco teórico.....	16
4.1 Desarrollo de la construcción en el Ecuador.....	16
4.2 El hormigón	17
4.3 La industria cementera en el Ecuador.....	17
4.4 Componentes del hormigón y sus características del cemento	17
4.4 Agua para elaboración de concretos.....	18
4.5 Manipulación del cemento.....	18
4.6 Datos de los materiales.....	18
5. Marco metodológico.....	19
5.1 Origen de los áridos.....	19
5.2 Granulometría de Áridos Finos y Gruesos para el diseño del hormigón	20
5.3 Módulo de finura.....	22
5.4 Ensayo: Determinación de la densidad, peso específico para áridos finos y áridos gruesos.....	25
5.5 Ensayo: Determinación de contenido de humedad para árido fino y árido grueso	28
5.6 Contenido de humedad evaporable	29
5.7 Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico)	29
5.8 Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón	30
5.9 Ensayo sobre la determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de Vicat.....	30

5.10 Características de cemento	31
5.11 Ensayo para la determinación del asentamiento del hormigón	35
5.12 Mezcla de hormigón simple mediante el método ACI 211.1	35
5.13 Asentamiento	37
5.14 Contenido de aire	39
5.15 Cantidad de agua.....	39
5.16 Relación a/c	41
5.17 Contenido de cemento	42
5.18 Contenido de árido grueso.....	43
5.19 Contenido de agregado fino.....	44
5.20 Ajuste por asentamiento obtenido y por rendimiento	45
5.21 Ajuste a la cantidad de agua en el diseño por humedad y absorción de los materiales	47
5.22 Elaboración de cilindros y ensayo de resistencia a compresión.....	47
5.23 Análisis de los cilindros: rango aceptable	49
7. Tipos de rotura	50
6. Resultados obtenidos	50
6.1 Granulometría del árido grueso.....	50
6.2 Granulometría del árido fino	52
6.3 Verificación de los áridos.....	55
6.4 Curvas Granulométricas de los áridos	59
6.5 Corrección granulométrica de los áridos	61
6.6 Determinación de las densidades	62
6.6 Determinación de la Masa unitaria (Peso volumétrico)	67
6.7 Humedades de los áridos para el diseño de hormigón de acuerdo con los cementos	71
6.9 Mezcla de hormigón simple utilizando el método ACI 211.1.....	75
6.9.1 Asentamiento.....	75
6.9.2 Determinación del tamaño máximo nominal (TMN)	75
6.9.3 Contenido de aire.....	75
6.9.4 Cantidad de agua	75
6.9.5 Relación a/c	75
6.10 Dosificación del concreto utilizando de base Cemento Atenas - Mina RooKaazul	76
6.10.1 Densidad del hormigón	76
6.10.2 Rendimiento del hormigón	76
6.10.4 Rendimiento relativo	76
6.10.5 Datos obtenidos del asentamiento en primera instancia.....	77
6.10.6 Nuevo asentamiento obtenido en la práctica para el rediseño de mezclas	80

6.11 Dosificación del concreto utilizando de base Cemento Atenas - Mina SOMIGU	82
6.11.1 Densidad del hormigón	82
6.11.2 Rendimiento del hormigón	82
6.11.3 Rendimiento relativo	82
6.11.4 Datos obtenidos del asentamiento en primera instancia	83
6.11.5 Nuevo asentamiento obtenido en la práctica para el rediseño de mezclas	87
6.11.6 Nuevo asentamiento obtenido en la práctica para el rediseño de mezclas	87
6.11.7 Asentamientos corregidos de acuerdo con los cementos utilizados	87
6.11.8 Datos obtenidos de los ensayos por el método de Vicat.....	89
6.12 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto de la mina RooKaazul.....	91
6.13 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto de la mina SOMIGU.....	95
6.14 Curvas de maduración utilizando la Mina RooKaazul	99
6.14 Curvas de maduración utilizando la Mina SOMIGU.....	104
7. Conclusiones	110
8. Recomendaciones	112
9. Referencias bibliográficas	113
10. Anexos	116

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tamaño de muestras</i>	21
Tabla 2 <i>Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso</i>	22
Tabla 3 <i>Serie de tamices a utilizar para el ensayo de granulometría del árido grueso</i>	22
Tabla 4 <i>Volúmenes de agregado grueso por metro cúbico de hormigón</i>	23
Tabla 5 <i>Volúmenes de agregado grueso por metro cúbico de Volúmenes de agregado grueso seco y compactado con varilla por metro cúbico de hormigón (m³) según García Balado.</i>	24
Tabla 6 <i>Tamaño de la muestra de árido grueso.</i>	28
Tabla 7 <i>Requisitos para el aparato de Vicat.</i>	31
Tabla 8 <i>Propiedades físicas del cemento Atenas tipo GU</i>	32
Tabla 9 <i>Propiedades físicas del cemento Holcim tipo GU</i>	33
Tabla 10 <i>Propiedades físicas del cemento Guapan tipo GU</i>	34
Tabla 11 <i>Propiedades físicas del cemento Chimborazo tipo GU</i>	35
Tabla 12 <i>Contenido de aire que tiene la muestra de hormigón</i>	39
Tabla 13 <i>Contenido de agua según la muestra de hormigón</i>	40
Tabla 14 <i>Relación a/c de la muestra de hormigón</i>	41
Tabla 15 <i>Resistencia a la compresión en caso de no tener la desviación estándar</i>	42
Tabla 16 <i>Clasificación de los tipos de cemento</i>	43
Tabla 17 <i>Cantidad del árido grueso</i>	44
Tabla 18 <i>Precisión dentro del ensayo</i>	49
Tabla 19 <i>Granulometría del árido grueso de la mina RooKaazul</i>	51
Tabla 20 <i>Granulometría del árido grueso de la mina SOMIGU</i>	52
Tabla 21 <i>Granulometría del árido fino y módulo de finura de la mina RooKaazul</i>	53
Tabla 22 <i>Granulometría del árido fino y módulo de finura de la mina SOMIGU</i>	54
Tabla 23 <i>Granulometría y verificación del árido fino de la mina RooKaazul</i>	55
Tabla 24 <i>Granulometría y verificación del árido fino de la mina SOMIGU</i>	56
Tabla 25 <i>Granulometría y verificación del árido grueso de la mina RooKaazul</i>	57
Tabla 26 <i>Granulometría y verificación del árido grueso de la mina SOMIGU</i>	58
Tabla 27 <i>Recopilación de datos de los pasantes y límites de los áridos de la mina SOMIGU para corrección granulométrica</i>	61
Tabla 28 <i>Corrección de curva granulométrica por el método RNL de la mina SOMIGU</i>	62
Tabla 29 <i>Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Fino de la mina RooKaazul</i>	67
Tabla 30 <i>Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido fino de la Mina RooKaazul</i>	68
Tabla 31 <i>Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Grueso de la mina RooKaazul</i>	68
Tabla 32 <i>Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido grueso de la Mina RooKaazul</i>	68
Tabla 33 <i>Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Fino de la mina SOMIGU</i>	69
Tabla 34 <i>Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido fino de la Mina SOMIGU</i>	69
Tabla 35 <i>Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Grueso de la mina SOMIGU</i>	70
Tabla 36 <i>Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido grueso de la Mina SOMIGU</i>	70
Tabla 37 <i>Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento Atenas</i>	71
Tabla 38 <i>Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento Holcim</i>	71
Tabla 39 <i>Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento Guapan</i>	72
Tabla 40 <i>Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento Chimborazo</i>	72
Tabla 41 <i>Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento Atenas</i>	73
Tabla 42 <i>Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento Holcim</i>	73

Tabla 43 <i>Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento Guapan</i>	74
Tabla 44 <i>Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento Chimborazo de la mina SOMIGU</i>	74
Tabla 45 <i>Proporciones para fabricar un volumen total de 20 litros cemento Atenas de la mina RooKaazul</i>	76
Tabla 46 <i>Asentamiento obtenido, deseado y por corregir del concreto</i>	77
Tabla 47 <i>Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En seco)</i>	77
Tabla 48 <i>Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En SSS)</i>	77
Tabla 49 <i>Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento</i>	78
Tabla 50 <i>Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento</i>	78
Tabla 51 <i>Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m³</i>	78
Tabla 52 <i>Dosificaciones corregidas por asentamiento y rendimiento para 1m³</i>	79
Tabla 53 <i>Valores para usar en la practica</i>	79
Tabla 54 <i>Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros cemento Atenas mina RooKaazul</i>	80
Tabla 55 <i>Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros para la mina ROOKAAZUL en estado natural.</i>	81
Tabla 56 <i>Proporciones para fabricar un volumen total de 20 litros cemento Atenas mina SOMIGU.</i> 82	
Tabla 57 <i>Asentamiento obtenido, deseado y por corregir del concreto</i>	83
Tabla 58 <i>Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En seco)</i>	83
Tabla 59 <i>Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En SSS)</i>	84
Tabla 60 <i>Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento</i>	84
Tabla 61 <i>Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento</i>	84
Tabla 62 <i>Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m³</i>	85
Tabla 63 <i>Dosificaciones corregidas por asentamiento y rendimiento para 1m³</i>	85
Tabla 64 <i>Valores para usar en la practica</i>	86
Tabla 65 <i>Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros cemento Atenas mina SOMIGU</i>	86
Tabla 66 <i>Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros para la mina SOMIGU en estado natural.</i>	87
Tabla 67 <i>Determinación consistencia normal método de Vicat INEN 157</i>	89
Tabla 68 <i>Determinación de tiempos de fraguado método de Vicat INEN 158</i>	90
Tabla 69 <i>Datos obtenidos de los cilindros (fecha, peso, dimensiones, resistencia a compresión, fractura, datos aceptables, nombre del cemento) de la mina RooKaazul</i>	109
Tabla 70 <i>Datos obtenidos de los cilindros (fecha, peso, dimensiones, resistencia a compresión, fractura, datos aceptables, nombre del cemento) de la mina SOMIGU.</i>	110

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Imagen Satelital, Ciudad de Cuenca</i>	15
Figura 2 <i>Imagen Satelital, Minera RooKaazul Cia.Ltda</i>	19
Figura 3 <i>Imagen Satelital, Cantera SOMIGU</i>	20
Figura 4 <i>Valores del volumen compactado de agregado grueso por m³ de hormigón Vgsc en función del módulo de finura de la arena según García Balado.</i>	25
Figura 5 <i>Metodología para la dosificación del hormigón</i>	36
Figura 6 <i>Tipo de falla</i>	50
Figura 7 <i>Gráfico de granulometría del árido fino de la mina RooKaazul.</i>	59
Figura 8 <i>Gráfico de granulometría del árido fino de la mina SOMIGU.</i>	59
Figura 9 <i>Gráfico de granulometría del árido grueso de la mina RooKaazul.</i>	60
Figura 10 <i>Gráfico de granulometría del árido grueso de la mina SOMIGU.</i>	60
Figura 11 <i>Asentamiento para hormigón simple con el cemento Atenas (8 cm)</i>	88
Figura 12 <i>Asentamiento para hormigón simple con el cemento Holcim (8,3 cm)</i>	88
Figura 13 <i>Asentamiento para hormigón simple con el cemento Guapan (8 cm)</i>	88
Figura 14 <i>Asentamiento para hormigón simple con el cemento Chimborazo (7,7 cm)</i>	89
Figura 15 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (3 días)</i>	91
Figura 16 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (7 días)</i>	92
Figura 17 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (14 días)</i>	93
Figura 18 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (28 días)</i>	94
Figura 19 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (3 días)</i>	95
Figura 20 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (7 días)</i>	96
Figura 21 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (14 días)</i>	97
Figura 22 <i>Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (28 días)</i>	98
Figura 23 <i>Curvas de crecimiento Atenas</i>	99
Figura 24 <i>Curvas de crecimiento Guapan</i>	100
Figura 25 <i>Curvas de crecimiento Chimborazo</i>	101
Figura 26 <i>Curvas de crecimiento Holcim</i>	102
Figura 27 <i>Recopilación de las curvas de resistencia a la compresión del hormigón vs Edad del hormigón</i>	103
Figura 28 <i>Curvas de crecimiento Atenas</i>	104
Figura 29 <i>Curvas de crecimiento Guapan</i>	105
Figura 30 <i>Curvas de crecimiento Chimborazo</i>	106
Figura 31 <i>Curvas de crecimiento Holcim</i>	107
Figura 32 <i>Recopilación de las curvas de resistencia a la compresión del hormigón vs Edad del hormigón</i>	108

1. Introducción

En la industria de la construcción, el concreto es uno de los materiales más utilizados debido a su versatilidad, durabilidad y costo. La calidad del concreto está fuertemente influenciada por la calidad de los materiales utilizados en su fabricación, especialmente el cemento, que actúa como el aglutinante principal, y los agregados que proporcionan la resistencia y estabilidad necesarias. En este contexto, la selección adecuada de los materiales es crucial para garantizar las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

La resistencia a la compresión es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad del concreto. Para aplicaciones estructurales, es común especificar una resistencia mínima que debe ser alcanzada. En este estudio, se ha seleccionado una resistencia a la compresión de $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$, un valor que es representativo de muchas aplicaciones comunes en la construcción civil.

El objetivo principal de esta tesis es realizar un análisis comparativo del concreto producido con cuatro cementos comerciales tipo GU (General Use) utilizando materiales provenientes de dos fuentes mineras. Este enfoque permitirá evaluar cómo las variaciones en las propiedades del cemento y de los agregados pueden influir en la resistencia a la compresión del concreto.

La motivación para este estudio surge de la necesidad de comprender mejor cómo las diferentes combinaciones de materiales pueden afectar la resistencia a la compresión en el hormigón, con el fin de optimizar las mezclas y mejorar la calidad de las construcciones. Además, el conocimiento generado podría ser útil para los ingenieros y constructores al tomar decisiones informadas sobre la selección de materiales, particularmente en regiones donde las opciones pueden ser limitadas o donde las propiedades de los materiales pueden variar considerablemente.

Para llevar a cabo este análisis, se prepararán y ensayarán mezclas de concreto con

cada una de las combinaciones de cementos y agregados. Se seguirán procedimientos estandarizados para la preparación, curado y prueba de las muestras, asegurando la confiabilidad y comparabilidad de los resultados. Los datos obtenidos serán analizados estadísticamente para identificar diferencias significativas y tendencias que puedan ser atribuidas a las propiedades de los materiales utilizados.

Finalmente, esta tesis no solo aportará datos sobre la resistencia a la compresión del concreto con diferentes combinaciones de materiales, sino que también ofrecerá recomendaciones prácticas para la selección de cementos y agregados en la producción de concreto de alta calidad.

2. Problemática

En el mercado actual se encuentran diferentes marcas de cemento tipo GU, Holcim, Atenas, Guapan, Chimborazo, satisfaciendo la demanda de cemento en el país. Cada marca produce su cemento en instalaciones propias, presentando sus requisitos químicos, mecánicos y físicos bajo la normativa NTE (Norma Técnica Ecuatoriana), presentando así que las distinguen de las otras marcas cementeras. Por lo cual existe la necesidad de hacer un estudio que nos permita verificar y analizar cómo es el comportamiento del cemento en la mezcla para la elaboración del hormigón para una resistencia a la compresión de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo con los agregados que nos ofrece la mina RooKaazul y SOMIGU.

2.1. Antecedentes

En investigaciones realizadas a nivel nacional se encontró a Villacís (2020), quien en su investigación realizan un análisis del financiamiento de la industria cementera ecuatoriana teniendo en cuenta la estructura oligopólica bien establecido en el país presentando un limitado número de participaciones bien definidas en el mercado es por ello por lo que se opta por el financiamiento a través del patrimonio, recalcando que Holcim Ecuador S.A es la empresa con mayor participación en el mercado seguida por UCEM y UNACEM mismas que

están activas en el mercado bursátil. Por este motivo es necesario evaluar las características físicas y mecánicas que estas empresas cementeras ofrecen así verificando su calidad para su adecuada comercialización.

En su análisis comparativo sobre la resistencia a los hormigones Andrade (2022) empleo diversos tipos de cemento HE que son comercializadas en el mercado ecuatoriano. En su comparación determina que la empresa UCEM reflejó a los veintiocho días una mayor resistencia superándolo en un 6% a su contraparte de manera estándar y con la incorporación de aditivos esta supero a su contraparte un 7% en su resistencia.

En su tesis Ferrel y Moreano (2019), explican que su investigación fue enfocada en ver las propiedades fisicoquímicas de los agregados y cuál es su influencia en las propiedades mecánicas en el concreto. Determinando que la calidad de los agregados influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto esto varía de acuerdo con el distinto material que se extrajo de cada cantera. En base a este proyecto, se analizará la resistencia a la compresión del concreto con dos canteras objeto de estudio y las cuatro marcas de cemento, permitiéndonos analizar su comportamiento mediante la curva de maduración que tendrá cada hormigón.

2.2. Justificación

El cemento es un componente fundamental en la construcción debido a que este ha tenido un importante papel en el desarrollo de la humanidad, por lo tanto, es conveniente analizar las condiciones que tendrá cada marca de cemento (Atenas, Holcim, Guapan y Chimborazo) y verificar sus cualidades para las construcciones de ingeniería civil ya que cada marca de cemento tiende a variar en sus valores físico-mecánicos. Además, se llevará a cabo una comparación detallada con los agregados de tamaño $\frac{3}{4}$ de pulgada, provenientes de las dos minas indicadas, lo que permitirá analizar cómo varía la resistencia a la compresión de cada marca de cemento en función de los agregados utilizados. Este análisis se centrará en la

resistencia que ofrecen estos cementos para un diseño estándar de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$.

La presente investigación estará fundamentada en los ensayos que se realice en el laboratorio y sus respectivos equipos necesarios. (Rios, 2020)

2.3. Delimitación

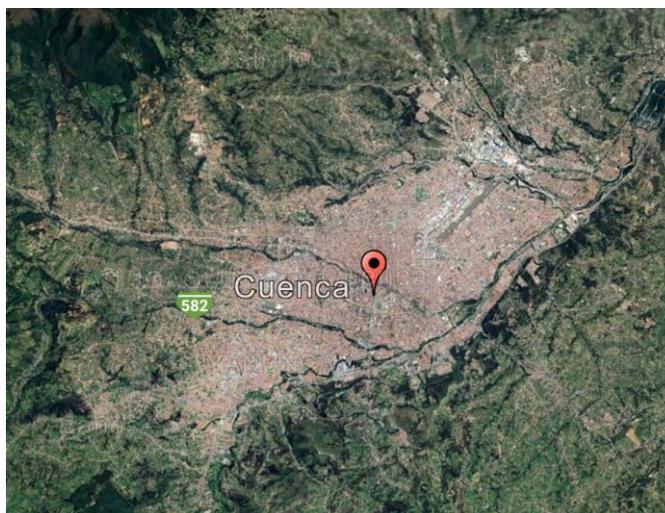
El alcance del estudio se centrará en los siguientes aspectos:

2.3.1 Espacial o geográfica

El proyecto se realizará en Cuenca, provincia del Azuay. La Figura 1 a continuación presenta una perspectiva aérea de la ciudad.

Figura 1

Imagen Satelital, Ciudad de Cuenca



Nota. La figura muestra en donde se sitúa la ciudad en la que se desarrolla el estudio investigativo del trabajo de titulación. Fuente: Google Earth (2024)

2.3.2. Temporal

El presente trabajo se realizará en el periodo 64 que corresponde a los meses marzo a julio del año 2024.

2.3.3. Sectorial o institucional

La investigación para esta tesis se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento

de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, en el campus El Vecino.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Evaluar y comparar la resistencia a la compresión del hormigón diseñado para una $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$, en base a cuatro cementos comerciales Tipo GU del Ecuador (Atenas, Holcim, Guapan y Chimborazo) para dos fuentes de agregados, la mina de SOMIGU y la mina de RooKaazul.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto mediante ensayos de laboratorio.
- Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos según la NTE INEN, ASTM y ACI.
- Analizar y comparar los resultados de los ensayos, de los cuatro cementos evaluados con respecto a las minas presentados, en tablas y gráficas para sacar las conclusiones del trabajo.

4. Marco teórico

4.1 Desarrollo de la construcción en el Ecuador

En el Ecuador, el sector de la construcción es muy importante por su generación de empleos debido a su evolución procíclica, según la Revista Gestión de las 17 ramas que generan la economía Ecuatoriana en 2019 el sector de la construcción tuvo un aporte al PIB del 8,17% aunque con menor contribución ya que en el año 2009 represento un 8.24% y en el 2014 un 9.83% pero no deja de ser uno de los sectores que más empleos genera para los Ecuatorianos, por la construcción de edificaciones, carreteras y demás proyectos de la ingeniería civil. (M. Andrade, 2020)

4.2 El hormigón

El hormigón es un material que se obtiene combinando cemento, arena, grava y agua, además para obtener propiedades específicas, se puede llevar algún aditivo químico para mejorar sus características físico-mecánicas, el aditivo se lo agrega según el uso que se le dé al hormigón. Las propiedades también dependen de la calidad, humedad y temperatura en el proceso de fabricación y su fraguado.

El hormigón, desde la época romana, es muy importante, ya que utilizaron un hormigón que revolucionó la tecnología de la construcción y permitió que se pudieran realizar edificaciones magníficas a gran escala en su parte estética y estructural.

En la construcción el hormigón ha alcanzado una gran importancia mundial por su facilidad de adaptarse a diferentes formas arbitrarias y dimensiones variables por su consistencia plástica en estado fresco, lo que le permite ser resistente a la compresión.

4.3 La industria cementera en el Ecuador

En 1923 inicia la industria cementera en el Ecuador siendo muy importante para el desarrollo del país. Las industrias cementeras nacionales como extranjeras fabrican sus cementos con puzolana natural debido a que en la parte económica le resulta favorable ya que el consumo de cemento crece a un buen ritmo, actualmente el Ecuador cuenta con varias empresas privadas como ATENAS, UNACEM, HOLCIM ECUADOR S.A y unas empresas mixtas UCEM.

4.4 Componentes del hormigón y sus características del cemento

El cemento es un material muy importante para la construcción ya que este es mezclado con áridos y agua para formar una masa pétreo cumpliendo con cualidades importantes (resistente, duradero, trabajable y económico). La mezcla comienza su endurecimiento desde la combinación de agregados, cemento y agua.

4.4 Agua para elaboración de concretos

El agua debe ser limpia y libre de aceites, ácidos, sales y materias orgánicas, por lo general el agua potable cumple con las características indicadas ya que nos permite tener una mejor trabajabilidad en la mezcla y cumple con la función de hidratar al cemento.

4.5 Manipulación del cemento

Se sabe que el cemento tiene una infinidad de usos dentro de la construcción, su manipulación se realiza al mezclar el cemento con áridos y agua. Los áridos varían según el fin del cemento, por ejemplo, si su finalidad es unir bloques se usa arena fina o si se pretende hacer muros se usan materiales más gruesos como la grava.

El Agua provoca reacciones internas químicas en la estructura del cemento fraguándolo o endureciéndolo.

Según la NTE INEN-2380, 2011 clasifica a los cementos según sus requisitos de desempeño.

Tipo GU: Para construcciones en General.

Tipo HE: Alta resistencia Inicial.

Tipo MS: Moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo HS: Alta resistencia a los Sulfatos.

Tipo MH: Moderado calor de hidratación.

Tipo LH: Bajo calor de Hidratación.

4.6 Datos de los materiales

Para dosificar una mezcla de concreto se debe conocer las propiedades de los materiales con los que se va a preparar la mezcla:

- Granulometría

- Módulo de finura del árido fino
- Tamaño máximo del árido grueso triturado
- Densidad aparente del árido grueso y árido fino
- Absorción del árido grueso y árido fino
- Masa unitaria compacta del árido grueso
- Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas
- Densidad del cemento
- Material orgánico presente en el material fino

5. Marco metodológico

5.1 Origen de los áridos

El árido fino y grueso, se adquirió de dos fuentes mineras, la RooKaazul Cia.Ltda ubicada en las coordenadas $2^{\circ}50'17.65''S$, $78^{\circ}52'40.03''O$ y la mina del SOMIGU en las coordenadas $2^{\circ}51'51.84''S$, $78^{\circ}47'1.99''O$, debido a que se plantea hacer una comparación de los agregados y poder observar que cantera nos proporciona una mejor calidad del material.

Figura 2

Imagen Satelital, Minera RooKaazul Cia.Ltda



Nota. La figura muestra la posición de la mina RooKaazul, ubicada en el sector el Descanso, lugar donde se extraerá los agregados necesarios para la elaboración del concreto. Fuente: Google Earth (2023)

Figura 3

Imagen Satelital, Cantera SOMIGU



Nota. La figura muestra la posición de la mina de SOMIGU, ubicada en el sector Bullcay, lugar donde se extraerá los agregados necesarios para la elaboración del concreto. Fuente: Google Earth (2023)

5.2 Granulometría de Áridos Finos y Gruesos para el diseño del hormigón

Los agregados finos y gruesos normalmente ocupan un 60% a 75% del volumen del concreto influyendo en el mezclado y endurecimiento de las propiedades del concreto.

Agregados finos: Este tipo de agregado por su tamaño pasa el tamiz N.º 3/8" y es retenido por el tamiz N.º 200 como la arena. Estos son de tamaño más pequeños y su función es llenar los espacios entre los agregados gruesos y adherirse al cemento al momento de realizar la mezcla del concreto.

Agregados Gruesos: Consiste en materiales como la grava o la piedra triturada teniendo un mayor tamaño que los agregados finos ya que estos son retenidos en el tamiz número 4 (4.75mm). Estos agregados mejoran la eficiencia en el uso del cemento permitiéndole una mejor resistencia al concreto.

Gradación: La gradación o distribución del tamaño de las partículas que componen los áridos se conoce como su conformidad granulométrica. Esta describe como están constituidos los áridos en función del tamaño o diámetro de los agregados.

Número de muestras in situ: Esta debe ser suficiente para dar la confianza deseada en los resultados de los ensayos.

Masas de las muestras in situ: La cantidad de muestra de material que se debe obtener está determinada por los tipos y cantidad de pruebas o ensayos a los que se deba someter dicho material. Se debe asegurar suficiente material de muestra para llevar a cabo, de manera adecuada, todos los ensayos requeridos.

Envío de muestras: La muestra debe embalsarse apropiadamente en recipientes como bolsas o sacos, de modo que se garantice que no haya pérdidas, deterioro o contaminación debido a una manipulación incorrecta durante el transporte y almacenamiento.

Tabla 1

Tamaño de muestras

Tamaño del árido ^A mm	Masa mínima de la muestra in situ ^B kg	Volumen mínimo de la muestra in situ, litros
Áridos finos		
2,36	10	8
4,75	10	8
Áridos gruesos		
9,5	10	8
12,5	15	12
19,0	25	20
25,0	50	40
37,5	75	60
50	100	80
63	125	100
75	150	120
90	175	140

^A Para los áridos procesados, utilizar el tamaño máximo nominal que se indica en la norma respectiva o en la descripción. Si la norma o descripción no indican un tamaño máximo nominal (por ejemplo, una abertura de tamiz que contemple un pasante del 90% al 100%), utilizar el tamaño máximo (la abertura de tamiz que pase el 100%).

^B Para áridos gruesos y finos combinados (por ejemplo, áridos para bases o subbases) la masa mínima debe ser la masa mínima del árido grueso más 10 kg.

Nota. Fuente: NTE INEN 695-1

Análisis granulométrico en los áridos finos y gruesos

Muestreo: Tendrán las cantidades especificadas en la Norma NTE INEN 695-1.

Árido Fino: Una vez que la muestra de material ha sido secada, la cantidad que se utilizará para llevar a cabo el ensayo correspondiente debe ser de por lo menos 300 gramos.

Árido Grueso: La cantidad o peso que debe tener la muestra de árido grueso que se utilizará en las pruebas, tiene que ajustarse a lo indicado en la tabla correspondiente que establece los requisitos para este tipo de ensayos.

Tabla 2

Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Nota. En la tabla 2, se muestran las cantidades mínimas de árido grueso que deben analizarse según su tamaño máximo nominal. Fuente: (NTE INEN 696-1, 2011).

Tabla 3

Serie de tamices a utilizar para el ensayo de granulometría del árido grueso

TAMIZ	
ASTM (in)	INEN (mm)
1''	25,4
¾''	19,1
½''	12,7
3/8''	9,5
4	4,75
8	2,38

Nota. En la tabla 3, se muestran la serie de tamices a utilizar para la granulometría del árido grueso. Fuente: (NTE INEN, 872, 2011)

5.3 Módulo de finura

El módulo de finura es un indicador numérico que se utiliza para caracterizar la granulometría de los agregados, especialmente de la arena, en el ámbito de la ingeniería civil.

Este parámetro proporciona una medida de la finura o grosor de las partículas que componen el material, siendo de gran importancia para determinar sus propiedades y comportamiento en mezclas como el hormigón.

El cálculo del módulo de finura (MF) del árido fino se realiza sumando los porcentajes retenidos acumulados por los tamices normalizados N.º 4, 8, 16, 30, 50 y 100, y dividiendo esta suma entre 100, de acuerdo con la norma INEN NTE 696.

Tabla 4

Volúmenes de agregado grueso por metro cúbico de hormigón

Tamaño máximo del agregado grueso		Volumen de agregado grueso seco compactado con varilla, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
mm	pulgadas	Módulo de finura			
		2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1	0.71	0.69	0.67	0.65
40	3/2	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Fuente: compilada de (ACI 211.1, 2019).

Los volúmenes presentados se basan de acuerdo con los agregados secos y compactados, según la norma A.S.T.M. C29. Estos valores se han seleccionado a partir de pruebas prácticas para obtener hormigones que presenten la trabajabilidad requerida para su empleo en construcciones generales. Para hormigones con menor trabajabilidad, como los utilizados en pavimentos, estas cantidades pueden incrementarse hasta un 10%. Por el contrario, para hormigones con mayor trabajabilidad, como los utilizados en bombeo, estas cantidades pueden reducirse hasta un 10%.

La tabla 4 del A.C.I. establece que el módulo de finura de la arena debe estar entre 2.3 y 3.1 para poder usar la tabla para calcular el volumen de agregado grueso y que el árido no tenga más del 45% de pasante en cualquier tamiz de acuerdo con la normativa NTE INEN 872-1. Si el módulo de finura está fuera de este rango, la tabla no es válida porque la relación entre el módulo de finura y el volumen de agregado grueso no es lineal. En estos casos, se pueden utilizar métodos de extrapolación especiales, como el desarrollado por el ingeniero argentino Juan Fernando García Balado (tabla 5) y (figura 4), que se basan en datos experimentales similares a los utilizados por los ingenieros estadounidenses.

Tabla 5

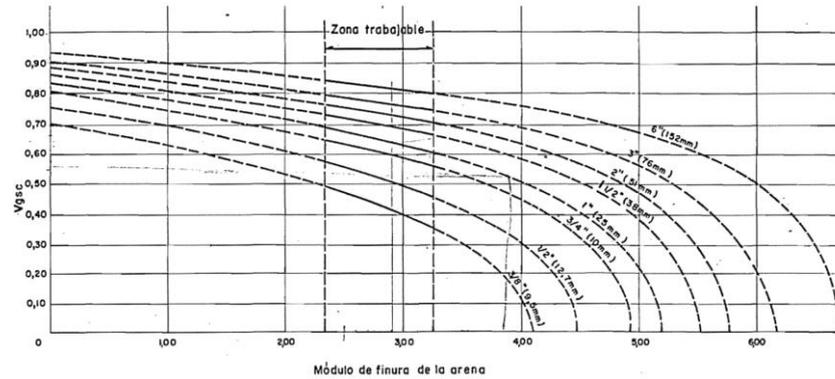
Volúmenes de agregado grueso por metro cubico de Volúmenes de agregado grueso seco y compactado con varilla por metro cúbico de hormigón (m³) según García Balado.

Tamaño Máximo del agregado grueso		Módulo de Finura del Agregado Fino								
mm	Pulgadas	0.00	1.00	2.00	2.40	2.75	3.10	4.00	5.00	6.00
9.5	$\frac{3}{8}$	0.70	0.63	0.54	0.50	0.45	0.39	---	---	---
12.5	$\frac{1}{2}$	0.74	0.69	0.61	0.57	0.53	0.48	0.30	---	---
19	$\frac{3}{4}$	0.80	0.75	0.68	0.65	0.62	0.58	0.44	---	---
25	1	0.82	0.78	0.72	0.69	0.66	0.63	0.51	0.21	---
37.5	$\frac{3}{2}$	0.85	0.81	0.76	0.73	0.71	0.68	0.59	0.38	---
50	2	0.87	0.83	0.79	0.76	0.74	0.71	0.64	0.47	---
75	3	0.89	0.86	0.82	0.80	0.78	0.76	0.64	0.56	0.21
150	6	0.93	0.91	0.87	0.86	0.84	0.82	0.76	0.66	0.51

Nota. La tabla 5 muestra los volúmenes de agregado grueso seco y compactado con varilla por metro cúbico de hormigón (m³), para módulos de finura altos del árido fino. Fuente: García, J. (1968). Método para la dosificación de hormigones.

Figura 4

Valores del volumen compactado de agregado grueso por m³ de hormigón V_{gsc} en función del módulo de finura de la arena según García Balado.



Nota. La figura 4 muestra como determinar el valor del volumen compactado de agregado grueso por m³ de hormigón en función del módulo de finura de la arena. Fuente: García, J. (1968). Método para la dosificación de hormigones.

5.4 Ensayo: Determinación de la densidad, peso específico para áridos finos y áridos gruesos

Los análisis de densidad en agregados revelan la presencia de dos tipos de poros: saturables y no saturables. La permeabilidad de estos poros define su estado, ya sea vacíos, parcialmente llenos o completamente saturados de agua. Como consecuencia, un mismo agregado puede contener partículas con distintos grados de saturación de poros, originando una diversidad de estados de humedad y densidad dentro de una misma muestra.

Procedimiento para árido fino y árido Grueso

El procedimiento consiste en sumergir durante 24 horas, con un margen de ± 4 horas, una muestra previamente seca, hasta alcanzar una masa estable, con el fin de saturar completamente sus poros con dicho líquido. Posteriormente, se extrae la muestra del agua, se retira la humedad superficial del espécimen y se determina su peso. Luego, la muestra o una porción de ella se deposita en un recipiente calibrado para hallar su volumen por medio gravimétrico o volumétrico. Finalmente, se seca nuevamente la muestra en un horno para

luego determinar su masa seca. Empleando las mediciones de masas obtenidas y aplicando las ecuaciones que corresponden, es factible calcular la densidad, gravedad específica y absorción del material.

La densidad de los áridos se obtiene a partir de las siguientes ecuaciones:

Para áridos finos:

Densidad relativa (gravedad específica) (SH): Árido en condición seco.

$$\text{Árido fino: Densidad Relativa (SH)} = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (1)$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSS): Árido en condición saturada superficialmente seca.

$$\text{Árido fino: Densidad Relativa (SSS)} = \frac{S}{(B+S-C)} \quad (2)$$

Densidad relativa (gravedad específica aparente)

$$\text{Árido fino: Densidad Relativa aparente} = \frac{A}{(B+A-C)} \quad (3)$$

Densidad (SH): Árido en condición seco

$$\text{Árido fino: Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 \cdot A}{(B+S-C)} \quad (4)$$

Densidad aparente (SSS): Árido en condición saturada superficialmente seca

$$\text{Árido fino: Densidad aparente (SSS), } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 \cdot S}{(B+S-C)} \quad (5)$$

Densidad aparente

$$\text{Árido fino: Densidad relativa aparente, kg/m}^3 = \frac{997,5 \cdot A}{(B+A-C)} \quad (6)$$

Porcentaje de absorción

$$Ab (\%) = \frac{(S-A)}{A} * 100 \quad (7)$$

Donde:

A = masa de la muestra seca al horno, g.

B = masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g.

C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración, g.

S = masa de la muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico)

Para áridos gruesos:

Densidad relativa (gravedad específica) (SH): Árido en condición seco.

$$\text{Árido grueso: Densidad Relativa (SH)} = \frac{A}{(B-C)} \quad (8)$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSS): Árido en condición saturada superficialmente seca.

$$\text{Árido grueso: Densidad Relativa (SSS)} = \frac{B}{(B-C)} \quad (9)$$

Densidad relativa (gravedad específica aparente)

$$\text{Árido grueso: Densidad Relativa aparente} = \frac{A}{(A-C)} \quad (10)$$

Densidad (SH): Árido en condición seco

$$\text{Árido grueso: Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 \cdot A}{(B-C)} \quad (11)$$

Densidad aparente (SSS): Árido en condición saturada superficialmente seca

$$\text{Árido grueso: Densidad aparente (SSS), } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 \cdot B}{(B-C)} \quad (12)$$

Densidad aparente

$$\text{Árido grueso: Densidad relativa aparente, kg/m}^3 = \frac{997,5 \cdot A}{(A-C)} \quad (13)$$

Porcentaje de absorción

$$Ab (\%) = \frac{(B-A)}{A} * 100 \quad (14)$$

Donde:

A = masa de la muestra seca al horno, g.

B = masa del aire de la muestra saturada superficialmente seca g.

C = masa aparente en agua de la muestra saturada, g.

5.5 Ensayo: Determinación de contenido de humedad para árido fino y árido grueso

El contenido de humedad de los agregados es importante para ajustar la cantidad de agua adicional en la mezcla de concreto. Si los agregados tienen cierta humedad superficial o absorbida, esta agua contribuye a la hidratación del cemento, por lo que se debe reducir el agua a añadirse. De esta forma se mantiene la relación agua/cemento deseado y no se afectan las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

De acuerdo con lo que nos establece la norma NTE INEN 862-1 las partículas grandes de árido grueso (mayores a 50 mm) requieren más tiempo para que la humedad interna migra la superficie durante el secado. Los métodos de secado rápido pueden no ser suficientemente precisos para estas partes de gran tamaño si no se permite el tiempo adecuado. Se debe evaluar si dichos métodos proporcionan la precisión necesaria para el uso que se le dará a la medición de contenido de humedad, especialmente cuando hay partículas de árido de más de 50 mm.

Tabla 6

Tamaño de la muestra de árido grueso.

Tamaño máximo nominal del árido (mm) ^A	Masa de la muestra de áridos de densidad normal, mínimo (kg) ^B
4,75	0,5
9,5	1,5
12,5	2
19,0	3
25,0	4
37,5	6
50	8
63	10
75	13
90	16
100	25
150	50

^A Basado en tamices que cumplen la NTE INEN 154.
^B Para áridos de baja densidad, determinar la masa mínima de la muestra multiplicando el valor señalado por la masa unitaria seca (peso volumétrico) del árido, en kg/m³ (determinado utilizando el procedimiento señalado en la NTE INEN 858) y dividiendo para 1 600

Nota. Datos tomados de la normativa NTE INEN 862-1

5.6 Contenido de humedad evaporable

$$P = \frac{W-D}{D} * 100 \quad (15)$$

Donde:

P: contenido de humedad evaporable (%)

W: masa de la muestra original (g)

D: masa de la muestra seca (g)

5.7 Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico)

Para determinar la masa unitaria (peso volumétrico), se siguió la norma INEN 858. El procedimiento de varillado es el siguiente:

Llenar el molde hasta un tercio de su capacidad: Vierta el material granular dentro del molde hasta que alcance un tercio de su altura. Nivele la superficie del material con sus dedos de manera uniforme.

Compactar la primera capa: Utilice la varilla de compactación para golpear la superficie del material 25 veces, distribuyendo los golpes de manera uniforme. Asegúrese de no golpear el fondo del molde con la varilla.

Repetir el proceso para las siguientes capas: Llene el molde hasta dos tercios de su capacidad, nivele la superficie y compacte con 25 golpes de la varilla de compactación. Repita el proceso para llenar el molde hasta el borde, compactando cada capa de la misma manera.

Nivelación final: Una vez que el molde esté lleno, nivele la superficie del material con sus dedos o una regleta. El objetivo es que las partículas grandes del árido grueso equilibren los vacíos en la superficie, justo por debajo del borde del molde.

Pesaje del espécimen: Determine la masa del molde vacío y la masa del molde con el material compactado. Registre los valores con una precisión de 0,05 kg.

Se determina la masa que existe en el molde, utilizando la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(G-T)}{v} \quad (16)$$

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m³

G = masa del árido más el molde, kg

v = volumen del molde, l/m³

5.8 Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón

Este procedimiento permite determinar aproximadamente la presencia de cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas en el árido fino para mortero y hormigón.

Para realizar el ensayo se realizó de la siguiente manera:

- Preparar una muestra de aproximadamente 450 g de árido fino.
- Verter la muestra en una botella de vidrio graduada hasta el nivel de 130 cm³.
- Añadir una solución de hidróxido de sodio al 3% hasta que el volumen total sea de 200 cm³.
- Tapar la botella, agitar vigorosamente y dejar reposar durante 24 horas.
- Después de 24 horas, comparar el color del líquido que sobrenada la muestra con:
 - a) Una solución de color normalizado preparada con dicromato de potasio y ácido sulfúrico.
 - b) Un comparador de colores normalizados.

5.9 Ensayo sobre la determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de Vicat

El ensayo de Vicat es una prueba estandarizada para determinar propiedades de fraguado de los cementos hidráulicos, esto consiste en colocar una muestra de pasta de cemento en un molde de dimensiones normalizadas y en su centro se introduce una aguja de 1mm². La aguja penetra fácilmente en toda la profundidad del molde en cuanto la pasta de cemento empiece a fraguar esta ofrece mayor resistencia a la penetración.

Es importante determinar el tiempo de inicio y fin de fraguado midiendo el avance de la aguja en dos momentos precisos.

- Tiempo de inicio de fraguado: La aguja ha alcanzado una penetración de 25mm desde la superficie.
- Tiempo de fin de fraguado: Solo logra una penetración de 0.5mm

A continuación, se presenta la ecuación para determinar el tiempo de inicio Vicat.

$$\left\{ \left[\frac{(H-E)}{(C-D)} \right] * (C - 25) \right\} + E \quad (17)$$

Donde:

E = tiempo en minutos de la última penetración mayor que 25 mm.

H = tiempo en minutos de la primera penetración menor que 25 mm.

C = lectura de penetración al tiempo E, y D = lectura de penetración al tiempo H.

Tabla 7

Requisitos para el aparato de Vicat

Masa de la varilla desmontable	300 g ± 0,5 g
Diámetro del extremo de penetración de la varilla	10 mm ± 0,05 mm
Diámetro de la aguja	1 mm ± 0,05 mm
Diámetro interior del anillo en la base	70 mm ± 3 mm
Diámetro interior del anillo en la parte superior	60 mm ± 3 mm
Altura del anillo	40 mm ± 1 mm
Escala graduada	La escala graduada, en comparación con una escala normalizada que tenga una precisión de 0,1 mm en todos los puntos, no mostrará una desviación mayor que 0,25 mm en cualquier punto.

Nota. Datos tomados de la normativa NTE INEN 157

5.10 Características de cemento

Los cementos utilizados en este trabajo fue el tipo GU de la marca Atenas, Holcim, Guapan, Chimborazo, adquiridos de acuerdo con la norma NTE INEN 2380. Las propiedades físicas de estos materiales se detallan en la Tabla 8,9, 10 Y 11.

Tabla 8*Propiedades físicas del cemento Atenas tipo GU*

Parámetro	Método	Unidad	Resultado (%)
Finura	NTE 196	cm ² /g	4364,4
Retenido	NTE 957	%	3,9
Cambio de longitud en autoclave, máx.	NTE 200	%	-0,05
Fraguado inicial, mín.	NTE 158	minutos	251
Fraguado final, máx.	NTE 158	minutos	303
Contenido de aire en mortero, máx.	NTE 195	%	7,5
Expansión en barra de mortero, máx.	NTE 2529	%	0,011
Densidad	NTE 156	g/cm ³	2,9

Nota. En la tabla 8, se muestra las diferentes características del cemento Atenas tipo GU según sus componentes. Fuente: (Atenas, 2021).

Tabla 9*Propiedades físicas del cemento Holcim tipo GU*

Parámetros	INEN 2380	Valor referencial
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	1	0
Tiempo de fraguado, método de Vicat		
Inicial, no menos de, minutos	45	45
Inicial, no más de, minutos	151	151
Contenido de aire mortero, en volumen, %	---	4
Resistencia a la compresión, mínimo MPa		
1 día	---	---
3 días	13	17
7 días	20	22
28 días	28	30
Expansión en barras de mortero 14 días, % máx.	0,02	0,001
Resistencia a sulfatos, 6 meses	---	---

Nota. En la tabla 9, se muestra las diferentes características del cemento Holcim tipo GU según sus componentes. Fuente: (Holcim, 2021).

Tabla 10*Propiedades físicas del cemento Guapan tipo GU*

Parámetros	Rango	NTE INEN
	Típico	2380
Expansión en autoclave (%)	0.0030	0.80 máx..
Fraguado Vicat Inicial (minuto)	145 - 165	45 min.
Fraguado Vicat Final (minuto)	190 - 210	420 máx..
Resistencia a la compresión (MPa)		
3 días	15 -17	13 min.
7 días	20.7 - 22.4	20 min.
28 días	29.2	28 min.

Nota. En la tabla 10, se muestra las diferentes características del cemento Guapan tipo GU según sus componentes. Fuente: (UCEM, 2021).

Tabla 11*Propiedades físicas del cemento Chimborazo tipo GU*

Parámetros	Rango	NTE INEN
	Típico	2380
Expansión en autoclave (%)	0.418	0.80 máx..
Fraguado Vicat Inicial (minuto)	140 - 160	45 min.
Fraguado Vicat Final (minuto)	200 - 240	420 máx..
Resistencia a la compresión (MPa)		
3 días	13 - 16	13 min.
7 días	20 - 25	20 min.
28 días	28 - 30	28 min.

Nota. En la tabla 11, se muestra las diferentes características del cemento Chimborazo tipo GU según sus componentes. Fuente: (UCEM, 2021).

5.11 Ensayo para la determinación del asentamiento del hormigón

De acuerdo con la normativa NTE INEN 1578 el siguiente ensayo se utiliza para evaluar el hormigón (concreto) en su estado plástico, cuando está recién mezclado, antes de que fragüe y endurezca. Se aplica a hormigones que se preparan con áridos (gravas) gruesos que miden hasta 37,5 mm como tamaño máximo. Si el tamaño del árido grueso en el hormigón supera los 37,5 mm, este método de ensayo aún se puede realizar, pero sólo en la fracción del hormigón que pasa a través de un tamiz de 37,5 mm, eliminando previamente del hormigón fresco las partículas de árido de mayor tamaño que no pasan este tamiz.

5.12 Mezcla de hormigón simple mediante el método ACI 211.1

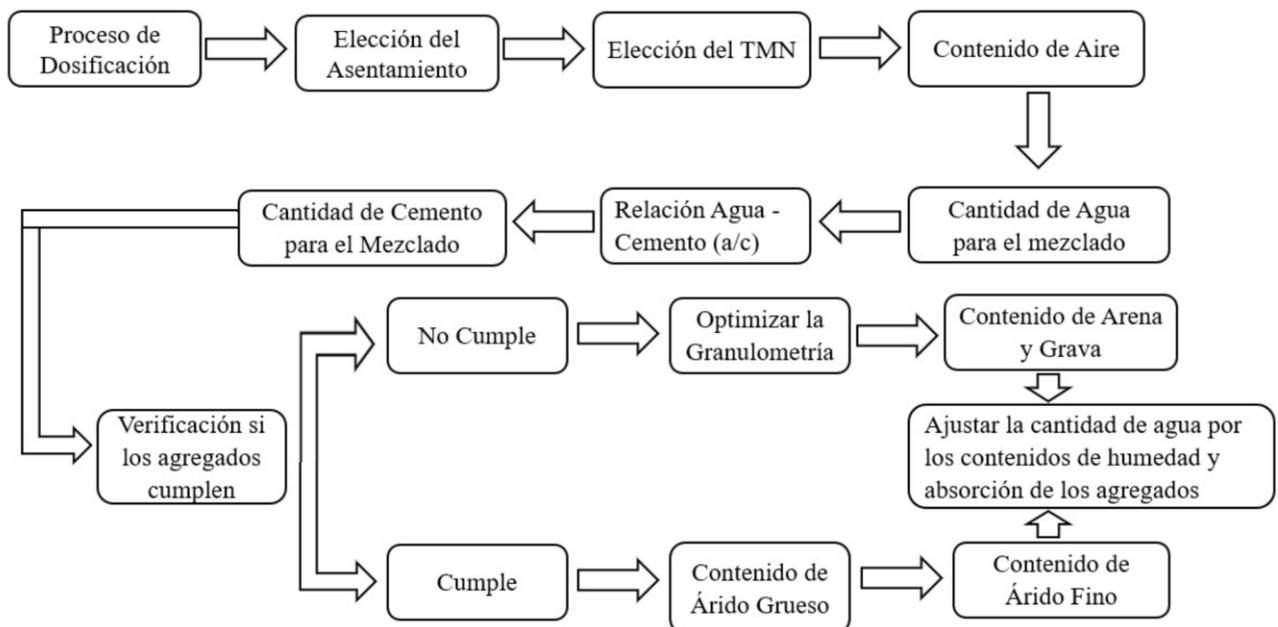
El hormigón es un material compuesto por cemento, agregados (arena, grava) y agua. Estos componentes se mezclan para formar una pasta moldeable que, al fraguar, se convierte en una estructura sólida y resistente a la compresión.

Esta característica lo ha convertido en uno de los materiales de construcción más utilizados en todo el mundo, permitiendo la creación de estructuras con formas complejas y duraderas.

Para determinar las proporciones adecuadas de cada componente en la mezcla de hormigón, se deben considerar diversos factores, como la resistencia deseada, la trabajabilidad y las condiciones de uso. El ACI (American Concrete Institute) propone una metodología para la dosificación del hormigón, tal y como se detalla a continuación.

Figura 5

Metodología para la dosificación del hormigón



Nota. Fuente: (ACI 211.1, 2019).

5.13 Asentamiento

El asentamiento del hormigón es esencial para asegurar su correcta colocación y evitar problemas como la segregación de materiales o la formación de vacíos. Esta propiedad se mide mediante el ensayo del cono de Abrams, que nos permite evaluar la fluidez y trabajabilidad del hormigón en el sitio de construcción.

Preparación del molde:

Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente.

Asegurar el molde firmemente en su lugar durante el llenado y limpieza del perímetro, utilizándolos estribos o fijándolo a la placa base.

Llenado del molde:

Llenar el molde en tres capas iguales, utilizando un cucharón adecuado.

Distribuir el hormigón de manera uniforme en cada capa, evitando la segregación del material.

Compactación del hormigón:

Compactar cada capa con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente sobre la superficie.

Para la capa inferior, inclinar la varilla ligeramente y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, luego continuar con golpes verticales en espiral hacia el centro.

Compactar la capa inferior en toda su profundidad.

Compactar la segunda y tercera capa en toda su profundidad, asegurándose de que los golpes apenas penetren en la capa anterior.

Mantener un excedente de hormigón sobre la parte superior del molde durante el llenado de la capa superior.

Si la superficie del hormigón baja del borde superior del molde durante la compactación, agregar más hormigón para mantener un excedente.

Enrasado y retiro del molde:

Enrasar la superficie del hormigón rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde.

Retirar el hormigón del área alrededor de la base del molde para evitar interferencias con el asentamiento del hormigón.

Levantar el molde cuidadosamente en dirección vertical a una altura de 300 mm en 5 \pm 2 segundos, con un movimiento ascendente uniforme y sin movimientos laterales o de torsión.

Completar todo el proceso desde el llenado hasta la retirada del molde en un plazo máximo de 2 minutos y 30 segundos. (NTE INEN 1578)

Medición del asentamiento:

Medir inmediatamente el asentamiento, determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen. (NTE INEN 1578)

5.14 Contenido de aire

El aire en la mezcla de hormigón representa los espacios vacíos presentes, y esta característica permite que el hormigón soporte ciclos de congelación y descongelación debido a los cambios de temperatura. Este aire se mide en términos de volumen.

El ACI sugiere que el contenido de aire en el concreto debe estar entre el 1,5% y el 6,5%. En condiciones extremas de congelación, se emplean agentes incorporadores de aire.

Para determinar el porcentaje adecuado, se selecciona en la tabla 10 proporcionada por el ACI, basada en el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.

Tabla 12

Contenido de aire que tiene la muestra de hormigón

AGREGADO GRUESO		PORCENTAJE PROMEDIO APROXIMADO DE AIRE ATRAPADO	PORCENTAJE PROMEDIO TOTAL DE AIRE RECOMENDADO PARA LOS SIGUIENTES GRADOS DE EXPOSICIÓN		
PULGADAS	mm		SUAVE	MEDIANO	SEVERO
3/8	9,51	3,0	4,5	6,0	7,5
1/2	12,50	2,5	4,0	5,5	7,0
3/4	19,10	2,0	3,5	5,0	6,0
1	25,40	1,5	3,0	4,5	6,0
1 1/2	38,10	1,0	2,5	4,5	5,5
2	50,8	0,5	2,0	4,0	5,0
3	76,1	0,3	1,5	3,5	4,5
6	152,4	0,2	1,0	3,0	4,0

Nota. La tabla 12, presenta el porcentaje promedio de aire atrapado en muestras de hormigón sometidas a distintas condiciones. Fuente: (ACI 211.1, 2019).

5.15 Cantidad de agua

La cantidad de agua en el diseño del concreto es fundamental para determinar las propiedades finales de la mezcla, como su resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

El American Concrete Institute (ACI), nos ofrece una valiosa herramienta para determinar la proporción de agua adecuada en la mezcla: la tabla 13 que toma en cuenta tres

factores cruciales:

Trabajabilidad: Medida por el asentamiento, este factor indica la facilidad con la que se puede colocar y compactar el hormigón fresco. La tabla del ACI nos proporciona la cantidad de agua necesaria para lograr el nivel de trabajabilidad deseado.

Presencia de aire: El aire entrampado en la mezcla, como ya hemos visto en respuestas anteriores, aporta beneficios a la resistencia y durabilidad del hormigón. La tabla del ACI considera si la mezcla contiene aire entrampado y ajusta la cantidad de agua en consecuencia.

Tamaño Máximo del Agregado (TMN): El tamaño de las piedras en la mezcla, denominado TMN, también influye en la cantidad de agua necesaria. La tabla del ACI proporciona una dotación específica de agua para cada rango de TMN, asegurando una mezcla adecuada para las características del agregado utilizado.

Tabla 13

Contenido de agua según la muestra de hormigón

SLUMP	Agua en lt/m3 de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3 / 8 " (9.5 mm.)	1 / 2" (12.5 mm.)	3 / 4" (19 mm)	1" (25 mm)	1 1 / 2" (37.5 mm)	2" (50 mm)	3" (75 mm)	6" (150 mm)
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2" (25 a 50 mm)	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4" (75 a 100 mm)	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7" (150 a 175 mm)	243	228	216	202	190	178	160	---
Porcentaje (%) de Aire Atrapado								
% Aire Atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2" (25 a 50 mm)	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4" (75 a 100 mm)	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7" (150 a 175 mm)	216	205	197	184	174	166	154	---
Porcentaje (%) de Aire incorporado según el grado de exposición (Congelamiento) **								
Exposición Leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición Severa	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Nota. En la tabla 13, se analiza la influencia del tamaño máximo del agregado grueso, contenido de agua y la incorporación de aire en el asentamiento del hormigón. Fuente: copilada de (ACI 211.1, 2019).

5.16 Relación a/c

La relación agua-cemento es crucial y se define como el peso del agua dividido por el peso del cemento en la mezcla.

Una relación A/C más baja generalmente resulta en un concreto más resistente y duradero.

Una relación A/C más alta mejora la trabajabilidad, pero reduce la resistencia y durabilidad del concreto.

Tabla 14

Relación a/c de la muestra de hormigón

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0,42	-----
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,6
15	0,79	0,7

Nota. En la tabla 14, se muestra la relación agua/cemento en función de la resistencia y el uso o no de inclusor de aire. Fuente: copilada de (ACI 211.1, 2019).

En ausencia de la desviación estándar para calcular la resistencia a la compresión del concreto, el ACI (American Concrete Institute) proporciona una alternativa para estimar esta resistencia. El método consiste en aplicar un margen de seguridad adicional para cubrir posibles variaciones en la calidad del concreto.

El ACI recomienda que, si no se dispone de datos históricos para calcular la desviación estándar, se debe aumentar la resistencia especificada a compresión (f'_c) en una cantidad adicional para asegurar la calidad del concreto. A continuación, se detalla en la tabla 15:

Tabla 15

Resistencia a la compresión en caso de no tener la desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, Kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión, Kg/cm ²
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 84$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1,1 f'_c + 50$

Nota. La tabla 15 muestra la resistencia promedio a la compresión necesaria para el hormigón, en función de la resistencia especificada Fuente: (ACI 211.1, 2019).

5.17 Contenido de cemento

El cemento es el ingrediente fundamental de la mezcla de hormigón, sin el cual este material no podría adquirir sus propiedades mecánicas tan admirables. Es el alma que le da vida al hormigón, permitiéndole resistir las fuerzas a las que se ve expuesto a lo largo de su vida útil.

Junto con los agregados (arena y grava) y el agua, el cemento forma un conjunto homogéneo que se adapta a las formas deseadas, ya sea en cimientos, vigas, columnas o cualquier otra estructura. Este material, una vez fraguado y curado, alcanza su máxima resistencia a los 28 días, momento en el que se convierte en un elemento de gran robustez y durabilidad.

Existen varios tipos de cemento según sea nuestra necesidad. La norma NTE INEN 2380 nos proporciona una tabla de clasificación que organiza los diferentes tipos de cemento hidráulico en función de sus características y propiedades.

Tabla 16*Clasificación de los tipos de cemento*

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Finura	INEN 196	A	A	A	A	A	A
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	INEN 200	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Tiempo de fraguado, método de Vicat ^B	INEN 158						
Inicial, no menos de, minutos		45	45	45	45	45	45
Inicial, no más de, minutos		420	420	420	420	420	420
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	INEN 195	C	C	C	C	C	C
Resistencia a la compresión, MPa, mínimo ^D	INEN 488						
1 día		--	12	--	--	--	--
3 días		13	24	11	11	5	--
7 días		20	--	18	18	11	11
28 días		28	--	--	25	--	21
Calor de hidratación	INEN 199						
7 días, kJ/kg (kcal/kg), máximo		--	--	--	--	290 (70)	250 (60)
28 días, kJ/kg (kcal/kg), máximo		--	--	--	--	--	290 (70)
Expansión en barra de mortero	INEN 2 529						
14 días, % máximo		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Expansión por sulfatos (resistencia a sulfatos) ^E	INEN 2 503						
6 meses, % máximo		--	--	0,10	0,05	--	--
1 año, % máximo		--	--	--	0,10	--	--

Nota. La tabla 16, se da a conocer diversos tipos cementos y sus características. Fuente: (NTE INEN 2380, 2011).

Para nuestro presente trabajo se utiliza el cemento Tipo GU que es de uso general.

A través del ACI se calcula con la cantidad de agua determinada inicialmente y la siguiente ecuación:

$$c = \frac{a}{a/c} \quad (18)$$

Donde:

a = agua, kg/m³

c = cantidad de cemento, kg/m³

a/c = relación agua/cemento

5.18 Contenido de árido grueso

Este material de origen natural presenta características físicas únicas que deben ser determinadas con precisión a través de ensayos de laboratorio, como se mencionó en anteriormente. Estos ensayos permiten obtener información crucial sobre el árido grueso, la cual es necesaria para designar la cantidad adecuada de este componente en la mezcla de

hormigón.

Para calcular la cantidad óptima de árido grueso, se utilizan dos parámetros clave: el módulo granulométrico del árido fino y el Tamaño Máximo Nominal (TMN) del árido grueso. El módulo granulométrico refleja la distribución de tamaños de las partículas del árido fino, mientras que el TMN indica el tamaño máximo individual de las piedras en el árido grueso.

En caso de que el módulo granulométrico del árido fino no coincida exactamente con los valores establecidos en la tabla 17, se emplea una técnica de reajuste granulométrico, mediante el método RNL (Road Note Laboratory).

Tabla 17

Cantidad del árido grueso

MÁXIMO TAMAÑO NOMINAL DE AGREGADOS		VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO SECADO EN EL HORNO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DE AGREGADO FINO			
		MÓDULO DE FINURA			
PULGADAS	mm	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8	9,51	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2	12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4	19,1	0,66	0,64	0,62	0,60
1	25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2	38,1	0,75	0,73	0,71	0,69
2	50,8	0,78	0,76	0,74	0,72
3	76,1	0,82	0,80	0,78	0,76
6	152,4	0,87	0,85	0,83	0,81

Nota. La tabla 17, nos presenta valores para la cantidad de árido grueso. Fuente: (ACI 211.1, 2019).

5.19 Contenido de agregado fino

Según el ACI, el árido fino, se calcula al final, sin embargo, no es menos importante que otros materiales.

Para calcular el árido fino, se consideran los volúmenes de los demás componentes en un metro cúbico de mezcla, ajustándolos con sus densidades. El porcentaje de arena depende del volumen ocupado por los demás componentes y se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_a = 1 - (V_c + V_a + V_{ae} + V_{ag}) \quad (19)$$

Donde:

V_a = Árido fino, volumen

V_c = cemento, volumen

V_{a_2} = agua, volumen

V_{a_1} = aire, volumen

V_{a_3} = árido grueso, volumen

5.20 Ajuste por asentamiento obtenido y por rendimiento

Corrección por rendimiento

La corrección por densidad es un ajuste fundamental en el diseño de mezclas de hormigón. Este proceso tiene como objetivo garantizar la exactitud de las proporciones en la mezcla, lo que a su vez permite mantener las propiedades deseadas del hormigón final. La corrección compensa las discrepancias que suelen existir entre las densidades teóricas, utilizadas inicialmente en los cálculos, y las densidades reales de los materiales empleados en la producción. Esta adaptación es esencial para lograr un hormigón con las características de resistencia, durabilidad y trabajabilidad previstas en el diseño original.

Asentamiento deseado

La corrección por asentamiento en el diseño de mezcla es un proceso que se debe realizar para optimizar la trabajabilidad del hormigón fresco. Este ajuste tiene múltiples objetivos:

1. Garantizar una colocación y compactación adecuadas del hormigón.
2. Mantener la relación agua/cemento dentro de los límites establecidos, lo cual es esencial para la calidad final del producto.
3. Adaptar la mezcla según el tipo de elemento estructural a construir.

Es importante destacar que este proceso debe realizarse con precisión, evitando el exceso de agua en la mezcla. La corrección por asentamiento busca, por tanto, un equilibrio óptimo

entre la trabajabilidad necesaria para una adecuada colocación en obra y las propiedades mecánicas requeridas en el hormigón endurecido.

El contenido de aire en el hormigón

Es un factor importante que afecta sus propiedades y rendimiento. Después de hacer correcciones por densidades, el contenido real de vacíos puede revelar información sobre:

1. La calidad de la mezcla del hormigón
2. La resistencia potencial del hormigón
3. La durabilidad esperada de la estructura

La corrección por densidades ayuda a obtener una medida más precisa del volumen real ocupado por los componentes sólidos del hormigón, lo que a su vez permite calcular con mayor exactitud el volumen de vacíos.

Se determina la densidad real del hormigón, utilizando la siguiente ecuación:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (20)$$

Se determina el rendimiento del hormigón, utilizando la siguiente ecuación:

$$Y(m^3) = \frac{M}{D} \quad (21)$$

Se determina el rendimiento relativo del hormigón, utilizando la siguiente ecuación:

$$Ry = \frac{Y}{Y_d} \quad (22)$$

Donde:

D = Densidad del hormigón, (kg/m³)

M = Masa total de todos los materiales en la amasada, (kg)

M_c = Masa del recipiente de medición lleno con hormigón, (kg)

M_m = Masa del recipiente de medición, (kg)

Y = Rendimiento, volumen del hormigón producido por amasada, (m³)

Y_d = Volumen teórico del hormigón en el diseño de mezcla, (m³)

Ry = Rendimiento Relativo

5.21 Ajuste a la cantidad de agua en el diseño por humedad y absorción de los materiales

La cantidad de agua presente en los áridos se conoce como humedad y absorción. Como ya se mencionó, existe una relación entre el agua (a) y el cemento (c) (a/c) que afecta directamente la resistencia del hormigón. Si la cantidad de agua es excesiva o insuficiente, esta relación se ve afectada, disminuyendo la capacidad de soporte del material. Para evitar esta variación, es necesario ajustar la cantidad de agua en el hormigón, ya sea en déficit o en exceso. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = M(H \pm Abs) \quad (23)$$

Donde:

A= agua en exceso o defecto respecto a la condición SSS

M= peso de la muestra seca en kg

H= humedad del agregado en tanto por uno

Abs= absorción del agregado en tanto por uno

5.22 Elaboración de cilindros y ensayo de resistencia a compresión

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1576 establece que, para verificar la resistencia a la compresión del hormigón en un proyecto, se deben realizar cilindros de prueba de 10 x 20 cm o 15 x 30 cm. La National Ready Mixed Concrete Association (2023) también recomienda esta práctica para garantizar el cumplimiento de los requisitos de control y calidad del hormigón. Se recomienda elaborar entre 2 y 6 cilindros de hormigón para la evaluación. A continuación, se detalla el procedimiento para la elaboración de cilindros de hormigón:

Muestreo del Hormigón:

La toma de muestras para la elaboración de especímenes de ensayo se realiza siguiendo los lineamientos establecidos en la norma NTE INEN 1763.

Preparación para el llenado:

Nivelar el terreno: Colocar los moldes cilíndricos sobre una superficie plana y nivelada para asegurar una distribución uniforme del hormigón.

Determinar el número de capas:

- Compactación con varilla: Dividir el hormigón en dos o tres capas iguales, de acuerdo con la dimensión que se tiene, en nuestro caso la dimensión es de 10 x 20 cm, por lo tanto, su división es de dos capas iguales.
- Compactación con vibrador: Dividir el hormigón en dos capas iguales.

Llenado y compactación:

Llenar el molde: Verter el hormigón en el molde cilíndrico capa por capa, de acuerdo con el número previamente determinado.

Compactar el hormigón:

- Compactación con varilla: Apisonar cada capa de hormigón 25 veces con la varilla, distribuyendo los golpes de manera uniforme.
- Compactación con vibrador: Introducir el vibrador en cada capa de hormigón hasta que la superficie se empareje y no queden burbujas de aire.

Acabado y curado:

Eliminar vacíos: Golpear los costados del molde cilíndrico de 10 a 15 veces con un mazo de caucho o cuero no tratado, con una masa de 600 g \pm 200kg, cuando se utiliza recipiente de 14 litros o menores, según la norma NTE INEN 1579, para cerrar posibles vacíos creados por el vibrador o la varilla.

Enrasar la superficie: Alisar la superficie del hormigón con una espátula para que quede nivelada con el borde del molde.

Cubrir las muestras: Tapar la superficie de los cilindros con una bolsa plástica para proteger el hormigón y favorecer el curado.

Rotura para ensayo de resistencia a compresión de los cilindros

Romper los cilindros, a los 3, 7, 14 y 28 días, según la norma NTE INEN, en la máquina de ensayos a compresión del laboratorio, y obtener los resultados.

5.23 Análisis de los cilindros: rango aceptable

La tabla 18 presenta una precisión y rango aceptable dentro del ensayo de acuerdo con la dimensión del cilindro, condiciones de campo y laboratorio, que deben cumplir las probetas para ser válidas.

Tabla 18

Precisión dentro del ensayo

	Coeficiente de variación (ver nota 12)	Rango aceptable de variación de resistencia de cilindros individuales (ver nota 12)	
		2 cilindros	3 cilindros
Cilindros de 150 por 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2,9%	8,0%	9,5%
Cilindros de 100 por 200 mm			
Condiciones de laboratorio	3,2%	9,0%	10,6%

Nota. Fuente: NTE INEN 1573

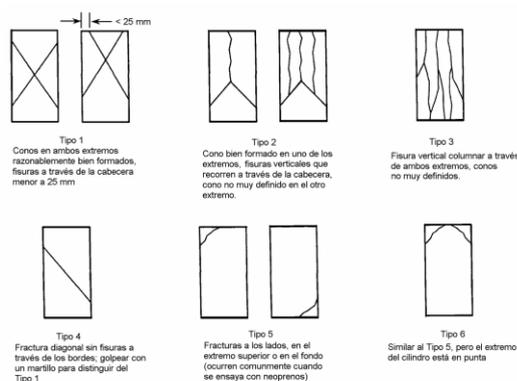
De acuerdo con la nota 12, tabla 16 de la NTE INEN 1573, los valores promedio (1s%) y (d2s%) representan un rango máximo aceptable entre resultados de prueba expresados en porcentaje, según la norma ASTM C 670.

7. Tipos de rotura

Una vez presentada la rotura en el cilindro de concreto, se debe categorizar de acuerdo con el tipo de falla, según la NTE INEN 1573. A continuación, se detalla la figura:

Figura 6

Tipo de falla



Nota. Fuente: NTE INEN 1573

6. Resultados obtenidos

6.1 Granulometría del árido grueso

Para determinar el ensayo de granulometría de árido grueso, se emplea un conjunto de tamices específicos, detallados en la Tabla 3. Se utilizan cantidades mínimas de material, como se indica en la Tabla 2.

La cantidad total de árido grueso utilizada en el ensayo como muestra inicial es de 5,5 kg, y el peso luego de lavado, secado y tamizado es de 5,363 kg para la mina RooKaazul.

La cantidad total de árido grueso utilizada en el ensayo como muestra inicial es de 5,016 kg, y el peso luego de lavado, secado y tamizado es de 5,025 kg para la mina SOMIGU.

Tabla 19*Granulometría del árido grueso de la mina RooKaazul*

Tamiz (mm)	Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)
25,4 mm	0,00	0,00	0,00
19,1 mm	49,7	0,93	0,93
12,7 mm	2187,6	40,79	41,71
9,5 mm	1619,2	30,19	71,90
4,75 mm	1449,4	27,02	98,92
2,38 mm	0	0,00	98,92
Fondo	57,7	0,00	100,00
Total	5363,60		

Nota. La tabla 19 muestra los resultados de la granulometría de árido grueso. Elaborado por:

Los Autores.

Tabla 20*Granulometría del árido grueso de la mina SOMIGU*

Tamiz (mm)	Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)
25,4 mm	0,00	0,00	0,00
19,1 mm	700	13.93	13.93
12,7 mm	3576	71.16	85.09
9,5 mm	636	12.66	97.75
4,75 mm	75	1.49	99.24
2,38 mm	0	0.00	99.24
Fondo	38	0.76	100.00
Total	5025		

Nota. La tabla 20 muestra los resultados de la granulometría de árido grueso. Elaborado por:
Los Autores.

6.2 Granulometría del árido fino

Para determinar el ensayo de granulometría del árido fino, se emplea, en conjunto de tamices específicos, detallados en la Tabla 21. De acuerdo con la NTE INEN 696 el tamaño de muestra para el ensayo después de haberla secado como mínimo debe ser de 300 gramos. Por lo tanto, la cantidad total de árido fino que se utiliza en estado natural para la mina RooKaazul es de 550g y para la mina SOMIGU la cantidad de árido es 450.1

Tabla 21*Granulometría del árido fino y módulo de finura de la mina RooKaazul*

Datos para Árido Fino de la mina RooKaazul			
Peso de la muestra Inicial	550		g
Peso de la muestra secada	498.1		g
Peso de la muestra lavada seca y tamizado	476.7		g
Finos descartados por lavado	21.4		g
% de Finos	4.30		g
Tamiz (mm)	Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)
9,5 mm	0,00	0,00	0,00
4,75 mm	6,00	1,20	1,20
2,36 mm	56,60	11,36	12,57
1,18 mm	115,10	23,11	35,68
0,6 mm	137,40	27,58	63,26
0,3 mm	99,50	19,98	83,24
0,15 mm	47,70	9,58	92,81
0,075 mm	14,40	2,89	97,70
Fondo	21,40	4,30	100,00
Total	498,10		
Módulo de Finura		2,89	

Nota. La tabla 21 muestra los resultados de la granulometría de árido fino. Elaborado por:

Los Autores.

Tabla 22*Granulometría del árido fino y módulo de finura de la mina SOMIGU*

Datos para Árido Fino de la mina SOMIGU			
Peso de la muestra Inicial	450.1	g	
Peso de la muestra secada	405.2	g	
Peso de la muestra lavada seca y tamizado	386.2	g	
Finos descartados por lavado	19	g	
% de Finos	4.69	g	
Tamiz (mm)	Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)
9,5 mm	0,00	0.00	0.00
4,75 mm	75.48	18.63	18.63
2,36 mm	126.32	31.17	49.80
1,18 mm	79.84	19.70	69.51
0,6 mm	44.88	11.08	80.58
0,3 mm	30.19	7.45	88.03
0,15 mm	20.35	5.02	93.06
0,075 mm	9.14	2.26	95.31
Fondo	19.00	4.69	100.00
Total	405,2		
Módulo de Finura		4,00	

Nota. La tabla 22 muestra los resultados de la granulometría de árido fino. Elaborado por:

Los Autores.

6.3 Verificación de los áridos

Tabla 23

Granulometría y verificación del árido fino de la mina RooKaazul

Pasante Acumulado (%)	Límite Inferior	Límite Superior	Verificación
100,00	100	100	CUMPLE
98,80	95	100	CUMPLE
87,43	80	100	CUMPLE
64,32	50	85	CUMPLE
36,74	25	60	CUMPLE
16,76	5	30	CUMPLE
7,19	0	10	CUMPLE

Nota. La tabla 23 muestra los pasantes, límites de cada tamiz del árido fino y su respectiva verificación para ver si cumple o no los límites de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 24*Granulometría y verificación del árido fino de la mina SOMIGU*

Pasante Acumulado (%)	Límite Inferior	Límite Superior	Verificación
100,00	100	100	CUMPLE
81,37 ^a	95	100	NO CUMPLE
50,20 ^a	80	100	NO CUMPLE
30,49 ^a	50	85	NO CUMPLE
19,42 ^a	25	60	NO CUMPLE
11,97	5	30	CUMPLE
6,94	0	10	CUMPLE

Nota. La tabla 24 muestra los pasantes, límites de cada tamiz del árido fino y su respectiva verificación para ver si cumple o no los límites de la mina SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

^a En este caso, no todos los pasantes están dentro de los límites, por lo que será necesario hacer una corrección granulométrica.

^b Un árido fino que no cumpla con los requisitos de gradación puede ser utilizado si se demuestra que el hormigón resultante cumple o supera las propiedades requeridas para el proyecto, comparado con un hormigón hecho con un árido fino de referencia con un historial probado, según la norma INEN NTE 872.

Tabla 25*Granulometría y verificación del árido grueso de la mina RooKaazul*

Pasante Acumulado (%)	Límite Inferior	Límite Superior	Verificación
100,00	100	100	CUMPLE
99,07	90	100	CUMPLE
58,29	55	90	CUMPLE
28,10	20	55	CUMPLE
1,08	0	10	CUMPLE
1,08	0	5	CUMPLE

Nota. La tabla 25 muestra los pasantes, límites de cada tamiz del árido grueso y su respectiva verificación para ver si cumple o no los límites de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 26*Granulometría y verificación del árido grueso de la mina SOMIGU*

Pasante Acumulado (%)	Límite Inferior	Límite Superior	Verificación
100,00	100	100	CUMPLE
86,07 ^a	90	100	NO CUMPLE
14,91 ^a	20	55	NO CUMPLE
2,25	0	15	CUMPLE
0,76	0	10	CUMPLE
0,76	0	5	CUMPLE

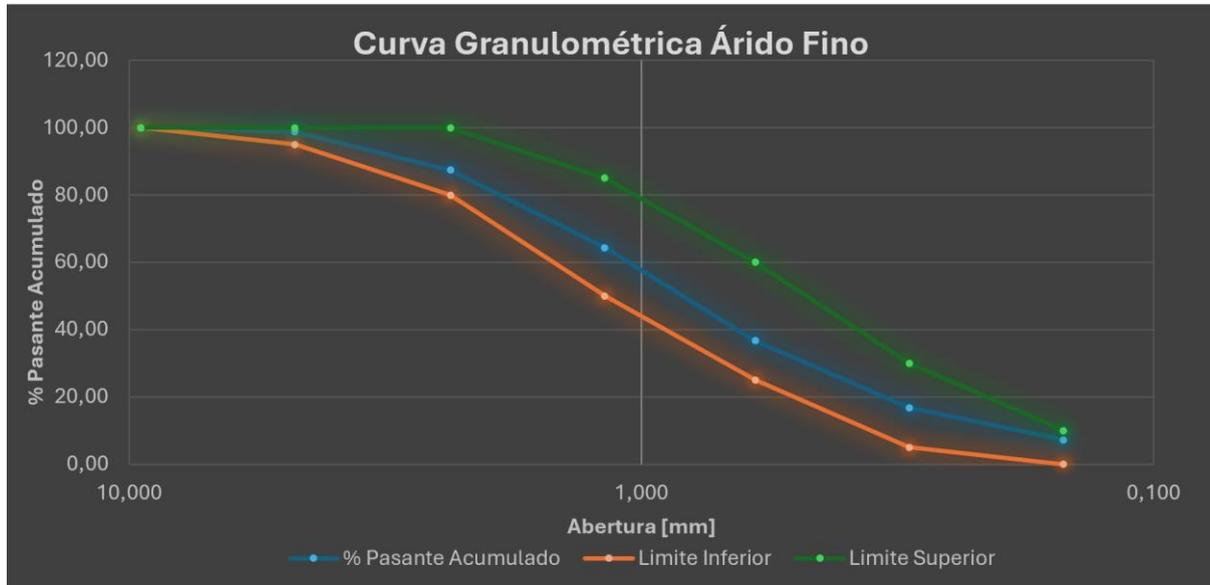
Nota. La tabla 26 muestra los pasantes, límites de cada tamiz del árido grueso y su respectiva verificación para ver si cumple o no los límites de la mina SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

^a En este caso, no todos los pasantes están dentro de los límites, por lo que será necesario hacer una corrección granulométrica.

6.4 Curvas Granulométricas de los áridos

Figura 7

Gráfico de granulometría del árido fino de la mina RooKaazul.

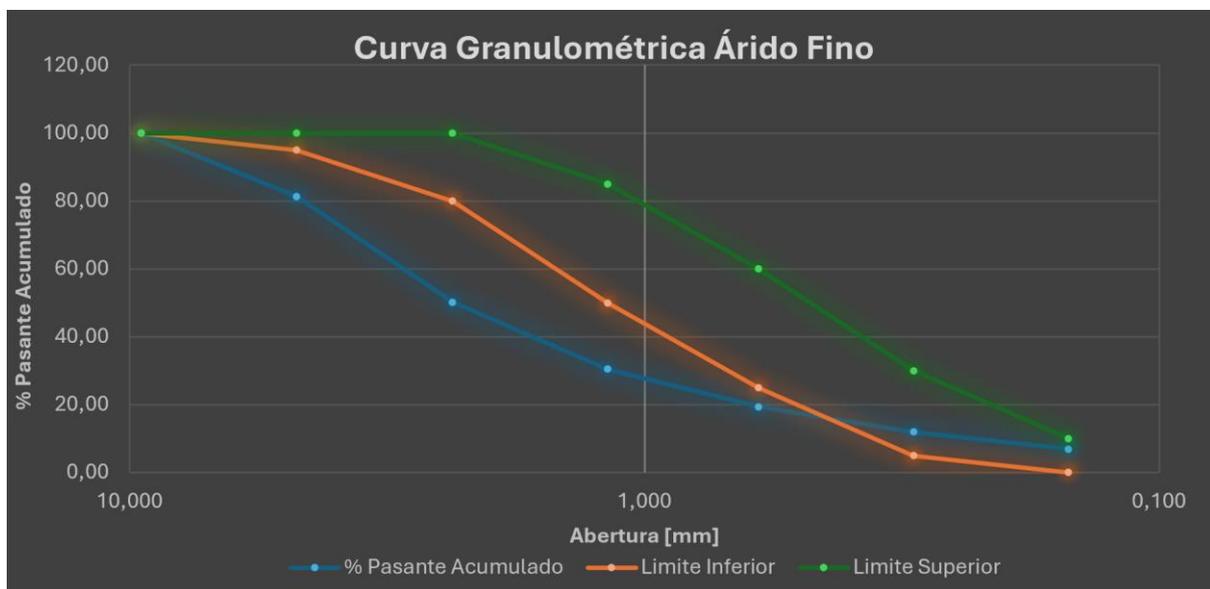


Nota. La figura 7 muestra la curva granulométrica del árido fino de la mina RooKaazul.

Elaborado por: Los Autores.

Figura 8

Gráfico de granulometría del árido fino de la mina SOMIGU.

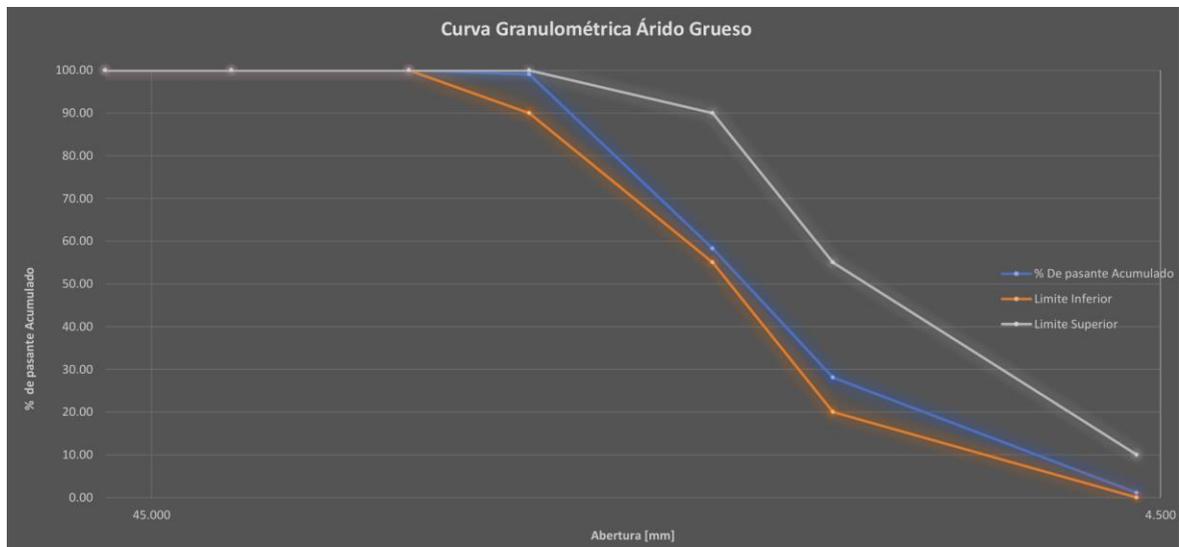


Nota. La figura 8 muestra la curva granulométrica del árido fino de la mina SOMIGU.

Elaborado por: Los Autores.

Figura 9

Gráfico de granulometría del árido grueso de la mina RooKaazul.



Nota. La figura 9 muestra la curva granulométrica del árido grueso de la mina RooKaazul.

Elaborado por: Los Autores.

Figura 10

Gráfico de granulometría del árido grueso de la mina SOMIGU.



Nota. La figura 10 muestra la curva granulométrica del árido grueso sin corregir de la mina

SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

6.5 Corrección granulométrica de los áridos

Tabla 27

Recopilación de datos de los pasantes y límites de los áridos de la mina SOMIGU para corrección granulométrica

Tamiz	% Pasa a		Límites según	
	Grueso	Fino	T. Máximo	
25,4 mm	100,00	100,00	100	100
19,1 mm	86,07	100,00	85	90
12,7 mm	14,91	100,00	68	78
9,5 mm	2,25	100,00	58	71
4,75 mm	0,76	81,37	40	56
2,38 mm	0,00	50,20	27	44
1,18 mm	0,00	30,49	18	34
0,6 mm	0,00	19,42	13	27
0,3 mm	0,00	11,97	9	21
0,15 mm	0,00	6,94	6	17
0,075 mm	0,00	0,00		

Nota. La tabla 27 muestra la recopilación de datos de los pasantes y límites de los áridos de la mina SOMIGU para corrección granulométrica. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 28*Corrección de curva granulométrica por el método RNL de la mina SOMIGU*

Tamiz (mm)	Y1	Y2	b	m	X1	X2
25,4 mm	100	100	100,0000	0,0000		
19,1 mm	90	85	86,0697	0,1393	28,22	-7,68
12,7 mm	78	68	14,9055	0,8509	74,15	62,40
9,5 mm	71	58	2,2488	0,9775	70,33	57,03
4,75 mm	56	40	0,7562	0,8062	68.52	48.68
2,38 mm	44	27	0,0000	0.5020	87.65	53.78
1,18 mm	34	18	0,0000	0.3049	111.51	59.04
0,6 mm	27	13	0,0000	0.1942	139.03	66.94
0,3 mm	21	9	0,0000	0.1197	175.44	75.19
0,15 mm	17	6	0,0000	0.0694	244.96	86.46
Porcentaje árido fino (%)						54,31
Porcentaje árido grueso (%)						45,69

Nota. La tabla 28 muestra la corrección de curva granulométrica de los agregados de la mina SOMIGU, por el método RNL. Elaborado por: Los Autores.

6.6 Determinación de las densidades

Densidad relativa (Gravedad específica) (SH) del árido fino de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 1, obtenemos:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica)(SH)} = \frac{484}{(703,5 + 500 - 1004,8)} = 2,43$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SSS) del árido fino de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 2, obtenemos:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica)(SSS)} = \frac{500}{(703,5 + 500 - 1004,8)} = 2,52$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente) del árido fino de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 3, obtenemos:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica aparente)} = \frac{484}{(703,5 + 484 - 1004,8)} = 2,65$$

Densidad (SH) del árido fino de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 4, obtenemos:

$$\text{Densidad (SH)} = \frac{997,5 * 484}{(703,5 + 500 - 1004,8)} = 2429,74 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad (SSS) del árido fino de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 5, obtenemos:

$$\text{Densidad (SSS)} = \frac{997,5 * 500}{(703,5 + 500 - 1004,8)} = 2510,07 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad aparente (SSS) del árido fino de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 6, obtenemos:

$$\text{Densidad aparente (SSS)} = \frac{997,5 * 484}{(703,5 + 484 - 1004,8)} = 2624,53 \frac{kg}{m^3}$$

Absorción del árido fino de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 7, obtenemos:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(500 - 484)}{484} * 100 = 3,31$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SH) del árido fino de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 1, obtenemos:

$$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica)(SH) = \frac{491}{(703,6 + 500 - 1014)} = 2,59$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SSS) del árido fino de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 2, obtenemos:

$$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica)(SSS) = \frac{500}{(703,6 + 500 - 1014)} = 2,64$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente) del árido fino de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 3, obtenemos:

$$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica\ aparente) = \frac{491}{(703,6 + 491 - 1014)} = 2,72$$

Densidad (SH) del árido fino de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 4, obtenemos:

$$Densidad\ (SH) = \frac{997,5 * 491}{(703,6 + 500 - 1014)} = 2583,19 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad (SSS) del árido fino de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 5, obtenemos:

$$Densidad\ (SSS) = \frac{997,5 * 500}{(703,6 + 500 - 1014)} = 2630,54 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad aparente (SSS) del árido fino de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 6, obtenemos:

$$Densidad\ aparente\ (SSS) = \frac{997,5 * 491}{(703,6 + 491 - 1014)} = 2711,92 \frac{kg}{m^3}$$

Absorción del árido fino de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 7, obtenemos:

$$Absorción\ (\%) = \frac{(500 - 491)}{491} * 100 = 1,83$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SH) del árido grueso de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 8, obtenemos:

$$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica)(SH) = \frac{4866,3}{(4954,4 - 3090,7)} = 2,61$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SSS) del árido grueso de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 9, obtenemos:

$$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica)(SSS) = \frac{4954,4}{(4954,4 - 3090,7)} = 2,66$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente) del árido grueso de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 10, obtenemos:

$$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica\ aparente) = \frac{4866,3}{(4866,3 - 3090,7)} = 2,74$$

Densidad (SH) del árido grueso de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 11, obtenemos:

$$Densidad\ (SH) = \frac{997,5 * 4866,3}{(4954,4 - 3090,7)} = 2604,57 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad (SSS) del árido grueso de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 12, obtenemos:

$$Densidad\ (SSS) = \frac{997,5 * 4954,4}{(4954,4 - 3090,7)} = 2651,72 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad aparente (SSS) del árido grueso de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 13, obtenemos:

$$Densidad\ aparente\ (SSS) = \frac{997,5 * 4866,3}{(4866,3 - 3090,7)} = 2733,80 \frac{kg}{m^3}$$

Absorción del árido grueso de la mina RooKaazul

De acuerdo con la ecuación 14, obtenemos:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(4954,4 - 4866,3)}{4866,3} * 100 = 1,81$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SH) del árido grueso de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 8, obtenemos:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica)(SH)} = \frac{4929,3}{(5002,4 - 3111,5)} = 2,61$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SSS) del árido grueso de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 9, obtenemos:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica)(SSS)} = \frac{5002,4}{(5002,4 - 3111,5)} = 2,65$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente) del árido grueso de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 10, obtenemos:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica aparente)} = \frac{4929,3}{(4929,3 - 3111,5)} = 2,71$$

Densidad (SH) del árido grueso de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 11, obtenemos:

$$\text{Densidad (SH)} = \frac{997,5 * 4929,3}{(5002,4 - 3111,5)} = 2600,34 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad (SSS) del árido grueso de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 12, obtenemos:

$$\text{Densidad (SSS)} = \frac{997,5 * 5002,4}{(5002,4 - 3111,5)} = 2638,90 \frac{kg}{m^3}$$

Densidad aparente (SSS) del árido grueso de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 13, obtenemos:

$$\text{Densidad aparente (SSS)} = \frac{997,5 * 4929,3}{(4929,3 - 3111,5)} = 2704,91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Absorción del árido grueso de la mina SOMIGU

De acuerdo con la ecuación 14, obtenemos:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(5002,4 - 4929,3)}{4929,3} * 100 = 1,48$$

6.6 Determinación de la Masa unitaria (Peso volumétrico)

Tabla 29

Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Fino de la mina

RooKaazul

SIMBOLO	KILOGRAMOS	SIGNIFICADO
G1=	5.614	Masa del árido más el molde
G2=	5.8091	Masa del árido más el molde
G3=	5.791	Masa del árido más el molde
T=	1.5493	Masa del molde
V=	0.00282	Volumen del molde. m ³
M=	-	Masa unitaria (Peso Volumétrico) del árido. Kg/m ³

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 30*Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido fino de la Mina RooKaazul*

M1	1441.38
M2	1510.57
M3	1504.15
Promedio (M)	1485.37

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 31*Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Grueso de la mina RooKaazul*

SIMBOLO	KILOGRAMOS	SIGNIFICADO
G1=	25.923	Masa del árido más el molde
G2=	26.224	Masa del árido más el molde
G3=	26.074	Masa del árido más el molde
T=	12.1878	Masa del molde
V=	0.009605	Volumen del molde. m ³
M=	-	Masa unitaria (Peso Volumétrico) del árido. Kg/m ³

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 32*Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido grueso de la Mina RooKaazul*

M1	1430.01
M2	1461.34
M3	1445.73
Promedio	1445.69

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 33

Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Fino de la mina SOMIGU

SIMBOLO	KILOGRAMOS	SIGNIFICADO
G1=	6.1277	Masa del árido más el molde
G2=	6.1435	Masa del árido más el molde
G3=	6.1512	Masa del árido más el molde
T=	1.5498	Masa del molde
V=	0.00282	Volumen del molde. m ³
M=	-	Masa unitaria (Peso Volumétrico) del árido. Kg/m ³

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 34

Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido fino de la Mina SOMIGU

M1=	1623.37
M2=	1628.97
M3=	1631.70
Promedio	1628.01

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 35

Datos para determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) Árido Grueso de la mina

SOMIGU

SIMBOLO	KILOGRAMOS	SIGNIFICADO
G1=	26.64	Masa del árido más el molde
G2=	26.419	Masa del árido más el molde
G3=	26.773	Masa del árido más el molde
T=	12.14	Masa del molde
V=	0.009605	Volumen del molde. m ³
M=	-	Masa unitaria (Peso Volumétrico) del árido. Kg/m ³

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 36

Masa unitaria (Peso volumétrico) del árido grueso de la Mina SOMIGU

M1=	1509.63
M2=	1486.62
M3=	1523.48
Promedio	1506.58

Elaborado por: Los Autores.

6.7 Humedades de los áridos para el diseño de hormigón de acuerdo con los cementos

Los ensayos se realizaron en base a la tabla 6 presentada anteriormente como tamaño de la muestra para los áridos.

Tabla 37

Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento

Atenas

	Árido Fino		Árido Grueso	
W=	500,9	[g]	W=	3000,7 [g]
D=	478,8	[g]	D=	2971,1 [g]
P=	4,62	[%]	P=	1,00 [%]

Nota. La tabla 37 muestra la humedad que presento los agregados de la mina RooKaazul con respecto al cemento Atenas. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 38

Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento

Holcim

	Árido Fino		Árido Grueso	
W=	500,6	[g]	W=	3001,2 [g]
D=	478,4	[g]	D=	2977,2 [g]
P=	4,64	[%]	P=	0,81 [%]

Nota. La tabla 38 muestra la humedad que presento los agregados de la mina RooKaazul con respecto al cemento Holcim. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 39

Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento

Guapan

	Árido Fino		Árido Grueso
W=	504 [g]	W=	3001,1 [g]
D=	484,5 [g]	D=	2975,8 [g]
P=	4,02 [%]	P=	0,85 [%]

Nota. La tabla 39 muestra la humedad que presento los agregados de la mina RooKaazul con respecto al cemento Guapan. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 40

Humedad de los áridos de la mina RooKaazul para el diseño de mezcla con el Cemento

Chimborazo

	Árido Fino		Árido Grueso
W=	500,9 [g]	W=	3001,4 [g]
D=	482,1 [g]	D=	2973,7 [g]
P=	3,90 [%]	P=	0,93 [%]

Nota. La tabla 40 muestra la humedad que presento los agregados de la mina RooKaazul con respecto al cemento Chimborazo. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 41

Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento Atenas

	Árido Fino		Árido Grueso
W=	500,6 [g]	W=	3000,2 [g]
D=	490,3 [g]	D=	2965 [g]
P=	2,10 [%]	P=	1,19 [%]

Nota. La tabla 41 muestra la humedad que presento los agregados de la mina SOMIGU con respecto al cemento Atenas. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 42

Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento

Holcim

	Árido Fino		Árido Grueso
W=	505,7 [g]	W=	3000,3 [g]
D=	496,5 [g]	D=	2954,9 [g]
P=	1,85 [%]	P=	1,54 [%]

Nota. La tabla 42 muestra la humedad que presento los agregados de la mina SOMIGU con respecto al cemento Holcim. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 43

Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento

Guapan

	Árido Fino		Árido Grueso
W=	503,1 [g]	W=	3000,81 [g]
D=	494,3 [g]	D=	2978,33 [g]
P=	1,78 [%]	P=	0,75 [%]

Nota. La tabla 43 muestra la humedad que presento los agregados de la mina SOMIGU con respecto al cemento Guapan. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 44

Humedad de los áridos de la mina SOMIGU para el diseño de mezcla con el Cemento

Chimborazo de la mina SOMIGU

	Árido Fino		Árido Grueso
W=	503,8 [g]	W=	3000,43 [g]
D=	496,1 [g]	D=	2968,88 [g]
P=	1,55 [%]	P=	1,06 [%]

Nota. La tabla 44 muestra la humedad que presento los agregados de la mina SOMIGU con respecto al cemento Chimborazo. Elaborado por: Los Autores.

6.9 Mezcla de hormigón simple utilizando el método ACI 211.1

6.9.1 Asentamiento

De acuerdo con el documento 1578 de la NTE INEN, se aplicó el ensayo del cono de Abrams y se evidenció asentamientos bajos, por lo que se procedió a realizar correcciones de asentamientos con el fin de obtener resultados de 8 cm, a partir de literal 6.10.5, profundiza más a detalle el procedimiento y resultados obtenidos.

6.9.2 Determinación del tamaño máximo nominal (TMN)

La selección del tamaño máximo nominal (TMN) del árido grueso se basa en la disponibilidad de materiales en las fuentes mineras. En este caso, el análisis granulométrico del árido grueso de las dos minas que fueron evaluadas, determina un TMN de 19 mm.

6.9.3 Contenido de aire

Según la tabla 10, establece una relación entre el TMN de 19 mm y un porcentaje de aire atrapado del 2%

6.9.4 Cantidad de agua

En base a la tabla 13, se determina que para un asentamiento de 8 cm se requieren 205 kg/m³ de agua, equivalente al 0.205 del volumen de la mezcla de hormigón. Sin embargo, es importante considerar que esta cantidad puede variar en función de la humedad y absorción de los áridos, ya que estos pueden modificar el contenido de agua en la mezcla final.

6.9.5 Relación a/c

Se utilizó una relación a/c de 0.51, según la tabla 14, para una resistencia específica de 240 kg/cm² y una resistencia promedio requerida de 324 kg/cm².

6.10 Dosificación del concreto utilizando de base Cemento Atenas - Mina RooKaazul

Tabla 45

Proporciones para fabricar un volumen total de 20 litros cemento Atenas de la mina

RooKaazul

Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida	
humedad	4.010
Cemento	7.994
Árido Grueso	17.850
Árido Fino	17.924
Total	47.78

Nota. La tabla 45 muestra las proporciones de materiales que se utilizaron para la dosificación y elaboración del concreto. Elaborado por: Los Autores

6.10.1 Densidad del hormigón

De acuerdo con la ecuación 20, obtenemos:

$$Densidad = \frac{25,56 \text{ kg} - 8,8623 \text{ kg}}{0,007246 \text{ m}^3} = 2304,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

6.10.2 Rendimiento del hormigón

De acuerdo con la ecuación 21, obtenemos:

$$Y = \frac{47,78 \text{ kg}}{2304,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,02073 \text{ m}^3$$

6.10.4 Rendimiento relativo

De acuerdo con la ecuación 22, obtenemos:

$$R_y = \frac{0,02073 \text{ m}^3}{0,02000 \text{ m}^3} = 1,03667$$

6.10.5 Datos obtenidos del asentamiento en primera instancia

Tabla 46

Asentamiento obtenido, deseado y por corregir del concreto

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]
Asentamiento Obtenido	2	[cm]
Aumentar Asentamiento	6	[cm]
Valor para Aumentar	12	[kg] agua

Nota. La tabla 46 muestra los resultados obtenidos del asentamiento del concreto utilizando el cemento Atenas y la mina RooKaazul como base para la corrección del asentamiento diseño de mezcla en primera instancia. Elaborado por: Los Autores

Tabla 47

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En seco)

Cantidad de agua	209.749	Kg
Cantidad de cemento	408.954	Kg
Árido Grueso	852.411	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 48

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En SSS)

Cantidad de agua	209.749	Kg
Cantidad de cemento	408.954	Kg
Árido Grueso	867.839	Kg
Árido Fino	817.861	Kg
Total	2304.40	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 49*Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento*

	Árido Grueso	
Peso SSS	867.839	Kg
Peso Seco	852.411	Kg
Peso húmedo	860.935	Kg
Exceso de agua	817.861	Kg
Total	-6.905	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores**Tabla 50***Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento*

	Árido Fino	
Peso SSS	817.861	Kg
Peso Seco	791.657	Kg
Peso húmedo	828.231	Kg
Exceso de agua	817.861	Kg
Total	10.371	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores**Tabla 51***Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m³*

Cantidad de agua	206.283	Kg
Cantidad de cemento	408.954	Kg
Árido Grueso	860.935	Kg
Árido Fino	828.231	Kg
Total	2304.40	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 52

Dosificaciones corregidas por asentamiento y rendimiento para 1m³

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	209.75	[kg]	209.75	[kg]	206.28	[kg]
Cemento	408.95	[kg]	408.95	[kg]	408.95	[kg]
Árido Grueso	852.41	[kg]	867.84	[kg]	860.93	[kg]
Árido Fino	791.66	[kg]	817.86	[kg]	828.23	[kg]
TOTAL	2262.77	[kg]	2304.40	[kg]	2304.40	[kg]

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 53

Valores para usar en la practica

Valor para Usar en la Práctica
Volumen Total Requerido [ltrs] 28.00
Volumen Total Requerido [m ³] 0.02800

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 54

Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros cemento Atenas mina RooKaazul

PROPORCIONES PARA USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO (EN SECO)		PROPORCIONES PARA USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida		Agua Corregida	
humedad	5.87	humedad	5.78
Cemento	11.45	Cemento	11.45
Árido Grueso	23.87	Árido Grueso	24.11
Árido Fino	22.17	Árido Fino	23.19
Total	63.36	Total	64.52

Nota. La tabla 54 muestra las proporciones corregidas de materiales por asentamiento y densidad que se utilizaron para la dosificación y elaboración del concreto. Elaborado por: Los Autores

6.10.6 Nuevo asentamiento obtenido en la práctica para el rediseño de mezclas

El asentamiento corregido y obtenido, utilizando el cemento Atenas y los agregados de la mina de RooKaazul es de 8 cm.

Tabla 55

Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros para la mina ROOKAAZUL en estado natural.

	Peso en [kg] para el Cemento			
Material	Atenas	Holcim	Guapan	Chimborazo
Agua				
Corregida	5.78	5.67	6.02	5,99
humedad				
Cemento	11.45	11.17	11.59	11.53
Árido Grueso	24.11	24.17	24.15	24.01
Árido Fino	23.19	23.81	22.98	22.80
Total	64,52	64.83	64.74	64.33

Nota. La tabla 55 muestra la recopilación de proporciones corregidas de materiales por asentamiento y densidad que se utilizaron para la dosificación y elaboración del concreto, para fabricar un volumen de 28 litros en estado natural. Elaborado por: Los Autores.

6.11 Dosificación del concreto utilizando de base Cemento Atenas - Mina SOMIGU

Tabla 56

Proporciones para fabricar un volumen total de 20 litros cemento Atenas mina SOMIGU

Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida	
humedad	4.095
Cemento	7.994
Árido Grueso	15.266
Árido Fino	18.309
Total	45.66

Nota. La tabla 56 muestra las proporciones de materiales que se utilizaron para la dosificación y elaboración del concreto. Elaborado por: Los Autores.

6.11.1 Densidad del hormigón

De acuerdo con la ecuación 20, obtenemos:

$$Densidad = \frac{25,573 \text{ kg} - 8,7097 \text{ kg}}{0,007255 \text{ m}^3} = 2324,37 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

6.11.2 Rendimiento del hormigón

De acuerdo con la ecuación 21, obtenemos:

$$Y = \frac{45,66 \text{ kg}}{2324,37 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,01965 \text{ m}^3$$

6.11.3 Rendimiento relativo

De acuerdo con la ecuación 22, obtenemos:

$$R_y = \frac{0,01965 \text{ m}^3}{0,02000 \text{ m}^3} = 0,98229$$

6.11.4 Datos obtenidos del asentamiento en primera instancia

Tabla 57

Asentamiento obtenido, deseado y por corregir del concreto

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]
Asentamiento Obtenido	1,5	[cm]
Aumentar Asentamiento	6,5	[cm]
Valor para Aumentar	13	[kg] agua

Nota. La tabla 57 muestra los resultados obtenidos del asentamiento del concreto utilizando el cemento Atenas y la mina SOMIGU como base para la corrección del asentamiento diseño de mezcla en primera instancia. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 58

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En seco)

Cantidad de agua	221.695	Kg
Cantidad de cemento	432.247	Kg
Árido Grueso	767.930	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 59*Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m³ (En SSS)*

Cantidad de agua	221.695	Kg
Cantidad de cemento	432.247	Kg
Árido Grueso	779.295	Kg
Árido Fino	891.133	Kg
Total	2324.37	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores**Tabla 60***Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento*

	Árido Grueso	
Peso SSS	779.295	Kg
Peso Seco	767.930	Kg
Peso húmedo	777.068	Kg
Exceso de agua	-2.227	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores**Tabla 61***Ajuste en la cantidad de agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento*

	Árido Fino	
Peso SSS	891.133	Kg
Peso Seco	875.118	Kg
Peso húmedo	893.495	Kg
Exceso de agua	2.363	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 62*Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m³*

Cantidad de agua	221.560	Kg
Cantidad de cemento	432.247	Kg
Árido Grueso	777.068	Kg
Árido Fino	893.495	Kg
Total	2324.37	Kg

Nota. Elaborado por: Los Autores**Tabla 63***Dosificaciones corregidas por asentamiento y rendimiento para 1m³*

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	221.70	[kg]	221.70	[kg]	221.56	[kg]
Cemento	432.25	[kg]	432.25	[kg]	432.25	[kg]
Árido Grueso	767.93	[kg]	779.29	[kg]	777.07	[kg]
Árido Fino	875.12	[kg]	891.13	[kg]	893.50	[kg]
TOTAL	2296.99	[kg]	2324.37	[kg]	2324.37	[kg]

Nota. Elaborado por: Los Autores

Tabla 64*Valores para usar en la practica*

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02800

Nota. Elaborado por: Los Autores**Tabla 65**

Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros cemento Atenas mina SOMIGU

PROPORCIONES PARA USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (EN SECO)		PROPORCIONES PARA USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida		Agua Corregida	
humedad	6.21	humedad	6.20
Cemento	12.10	Cemento	12.10
Árido Grueso	21.50	Árido Grueso	21.76
Árido Fino	24.50	Árido Fino	25.02
Total	64.32	Total	65.08

Nota. La tabla 65 muestra las proporciones corregidas de materiales por asentamiento y densidad que se utilizaron para la dosificación y elaboración del concreto. Elaborado por: Los Autores

6.11.5 Nuevo asentamiento obtenido en la práctica para el rediseño de mezclas

El asentamiento corregido y obtenido, utilizando el cemento Atenas y los agregados de la mina de SOMIGU es de 8 cm.

Tabla 66

Proporciones corregidas por asentamiento y densidad para fabricar un volumen total de 28 litros para la mina SOMIGU en estado natural.

Material	Peso en [kg] para el Cemento Atenas	Peso en [kg] para el Cemento Holcim	Peso en [kg] para el Cemento Guapan	Peso en [kg] para el Cemento Chimborazo
Agua				
Corregida	6.20	6.31	6.49	6.51
humedad				
Cemento	12.10	12.34	12.33	12.39
Árido Grueso	21.76	22.16	21.97	21.91
Árido Fino	25.02	25.27	25.15	24.94
Total	65.08	66.07	65.94	65.75

Nota. La tabla 66 muestra la recopilación de proporciones corregidas de materiales por asentamiento y densidad que se utilizaron para la dosificación y elaboración del concreto, para fabricar un volumen de 28 litros en estado natural. Elaborado por: Los Autores.

6.11.6 Nuevo asentamiento obtenido en la práctica para el rediseño de mezclas

El asentamiento corregido y obtenido, utilizando el cemento Atenas y los agregados de mina de SOMIGU es de 8 cm.

6.11.7 Asentamientos corregidos de acuerdo con los cementos utilizados

Figura 11

Asentamiento para hormigón simple con el cemento Atenas (8 cm)



Elaborado por: Los Autores

Figura 12

Asentamiento para hormigón simple con el cemento Holcim (8,3 cm)



Elaborado por: Los Autores

Figura 13

Asentamiento para hormigón simple con el cemento Guapan (8 cm)



Elaborado por: Los Autores

Figura 14

Asentamiento para hormigón simple con el cemento Chimborazo (7,7 cm)



Elaborado por: Los Autores

6.11.8 Datos obtenidos de los ensayos por el método de Vicat.**Tabla 67**

Determinación consistencia normal método de Vicat INEN 157

	Cemento Atenas	Cemento Holcim	Cemento Guapan	Cemento Chimborazo
Masa del Cemento en [g]	650.0	650.0	650.0	650.0
Masa del Agua en [g]	185.3	182.0	201.5	195.0
Relación a/c	28.5%	28%	31%	30%
Penetración [mm]	11	10	10	10

Nota. La tabla 67 muestra la recopilación de datos obtenidos del ensayo de determinación de consistencia normal por el método de Vicat de los cementos indicados. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 68*Determinación de tiempos de fraguado método de Vicat INEN 158*

Tiempos	Cemento Atenas	Cemento Holcim	Cemento Guapan	Cemento Chimborazo
Tiempo de fraguado inicial	169 minutos	182 minutos	180 minutos	173 minutos
Tiempo de Fraguado Final	201 minutos	212 minutos	208 minutos	213 minutos

Nota. La tabla 68 muestra la recopilación de datos obtenidos del ensayo de determinación de tiempos de fraguado por el método de Vicat de los cementos indicados. Elaborado por: Los Autores.

6.12 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto de la mina RooKaazul

Figura 15

Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (3 días)



Nota. La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 3 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina RooKaazul. Además, se puede identificar que los cilindros de concreto realizados con el cemento Atenas brinda una mayor resistencia a la compresión a los 3 días a comparación de los demás, dándonos un $f'c$ de 122,70 kg/cm². Elaborado por: Los Autores.

Figura 16

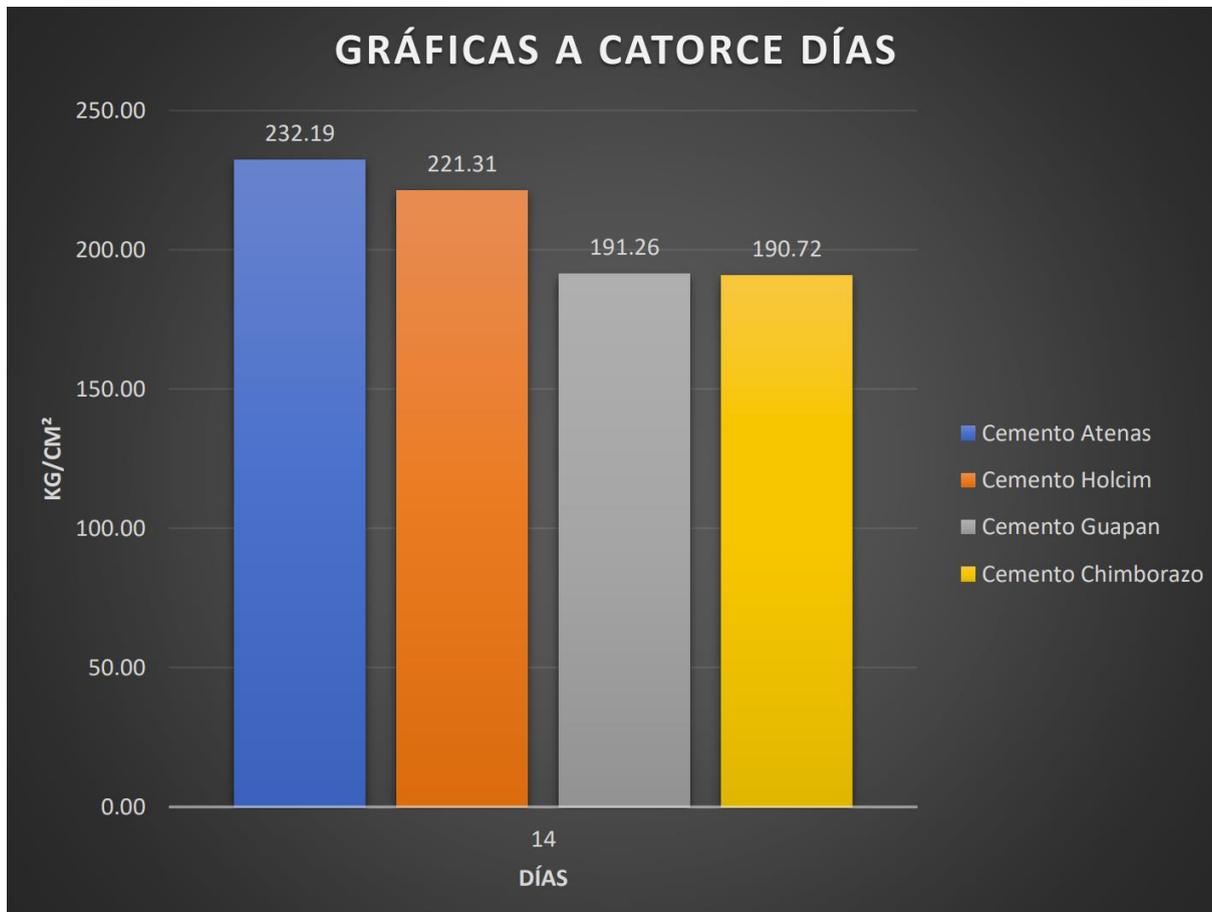
Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (7 días)



Nota. La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 7 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Figura 17

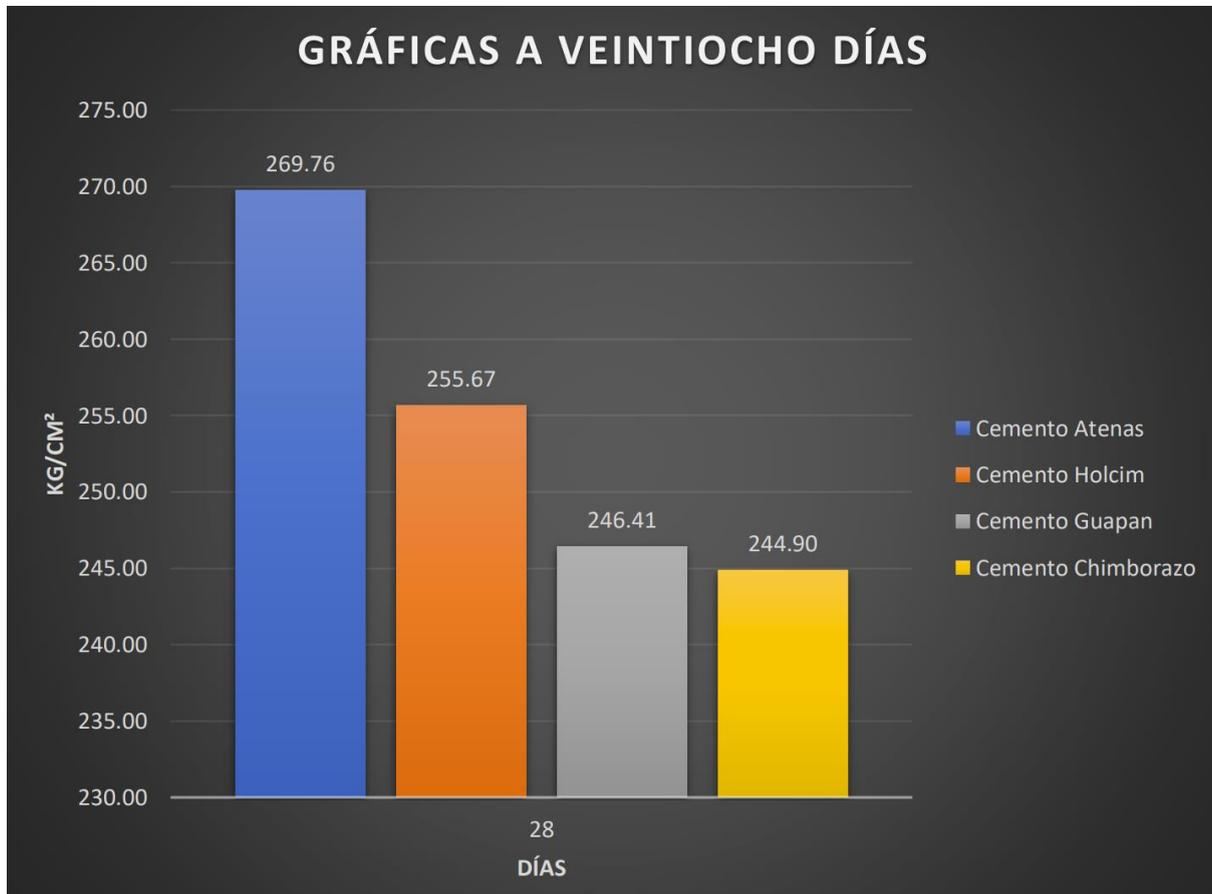
Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (14 días)



Nota. La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 14 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina RooKaazul. Además, se puede notar que el orden de crecimiento alcanzado del concreto sigue siendo el mismo. Elaborado por: Los Autores.

Figura 18

Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (28 días)



Nota. La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina RooKaazul. Además, se puede identificar que el concreto, utilizando el cemento Atenas, obtuvo la mayor resistencia a la compresión con un resultado de 269,76 kgf/cm². Elaborado por: Los Autores.

6.13 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto de la mina SOMIGU.

Figura 19

Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (3 días)



Nota. La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 3 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina SOMIGU. Además, se puede identificar que los cilindros de concreto realizados con el cemento Guapan brindan una mayor resistencia a la compresión a los 3 días a comparación de los demás, dándonos un $f'c$ de 134,86 kg/cm². Elaborado por: Los Autores.

Figura 20

Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (7 días)



Nota. La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 7 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina SOMIGU. Además, se puede observar que el crecimiento alcanzado del concreto utilizando el cemento Atenas fue mayor, obteniendo un $f'c$ de 197,62 kgf/cm². Elaborado por: Los Autores.

Figura 21

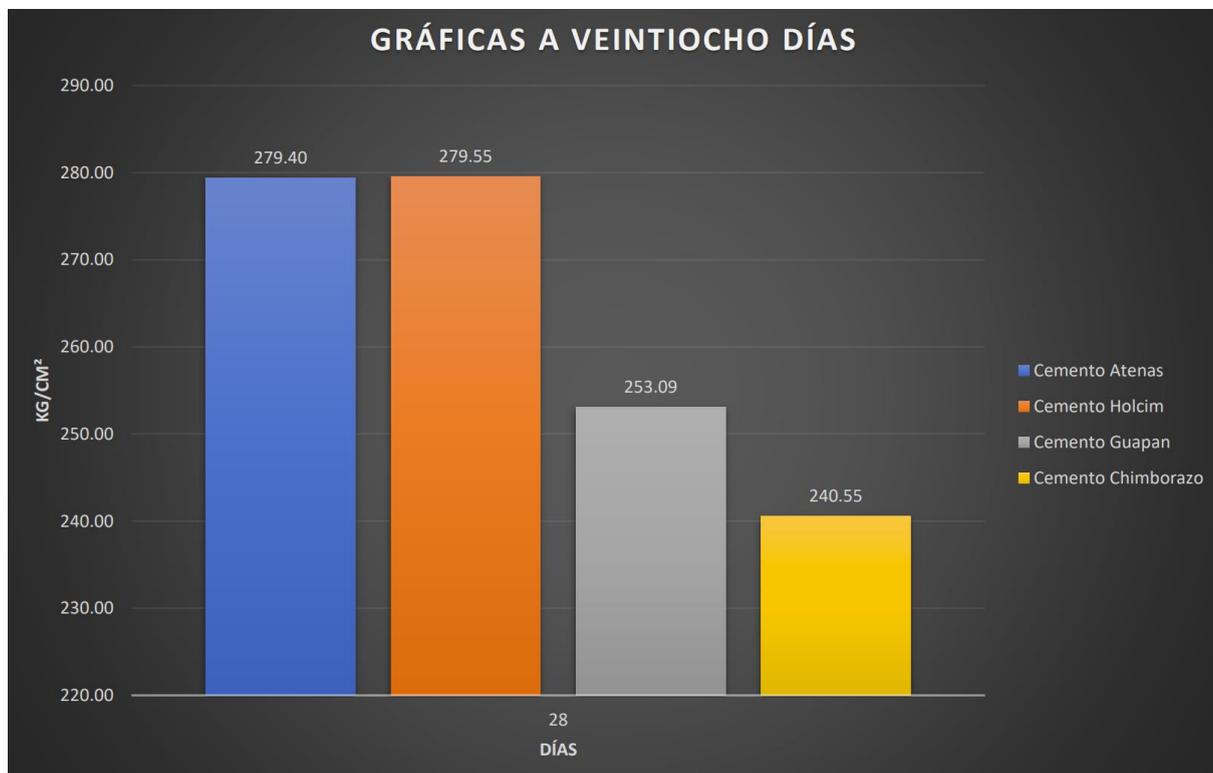
Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (14 días)



La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 14 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina SOMIGU. Además, se puede notar que el orden de crecimiento alcanzado del concreto sigue siendo el mismo. Elaborado por: Los Autores.

Figura 22

Resistencia a la compresión vs edad del hormigón (28 días)

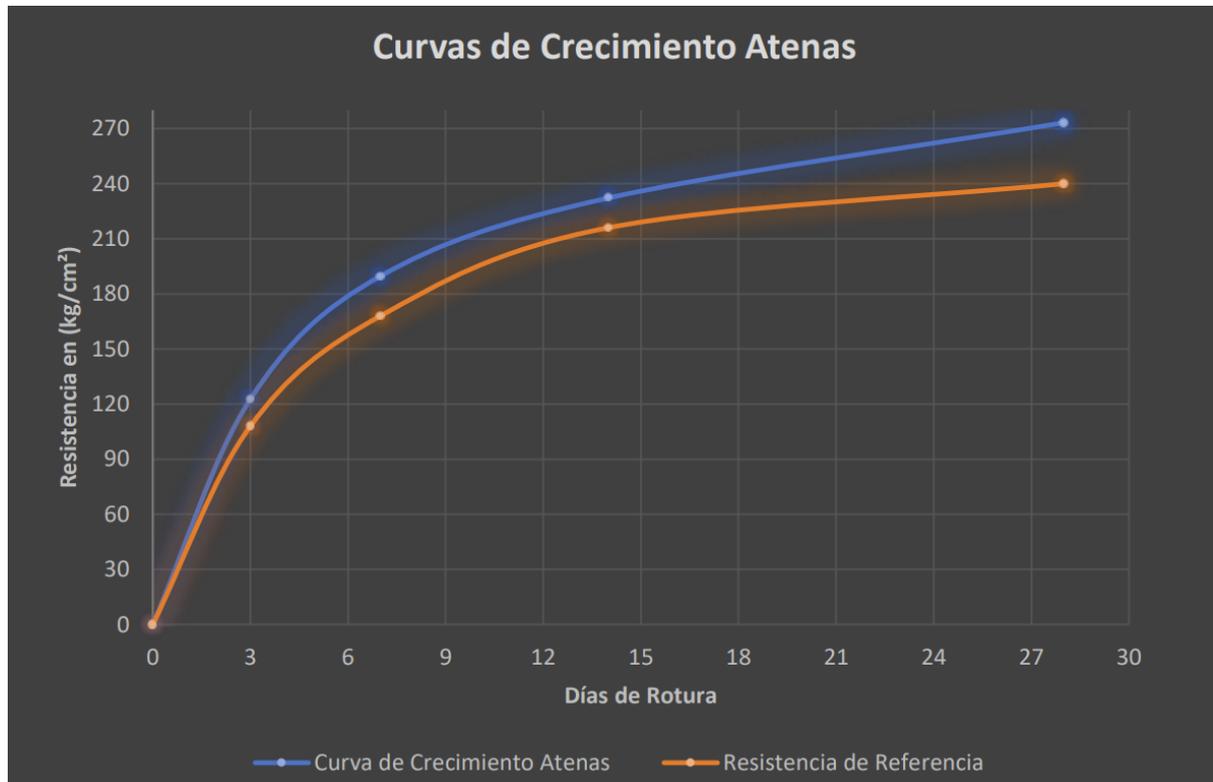


Nota. La figura muestra los resultados de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días de curado de los cilindros elaborados con los 4 cementos descritos y los agregados utilizados de la mina SOMIGU. Además, se puede identificar que el concreto, utilizando el cemento Holcim, obtuvo la mayor resistencia a la compresión con un resultado de 279,55 kgf/cm². Elaborado por: Los Autores.

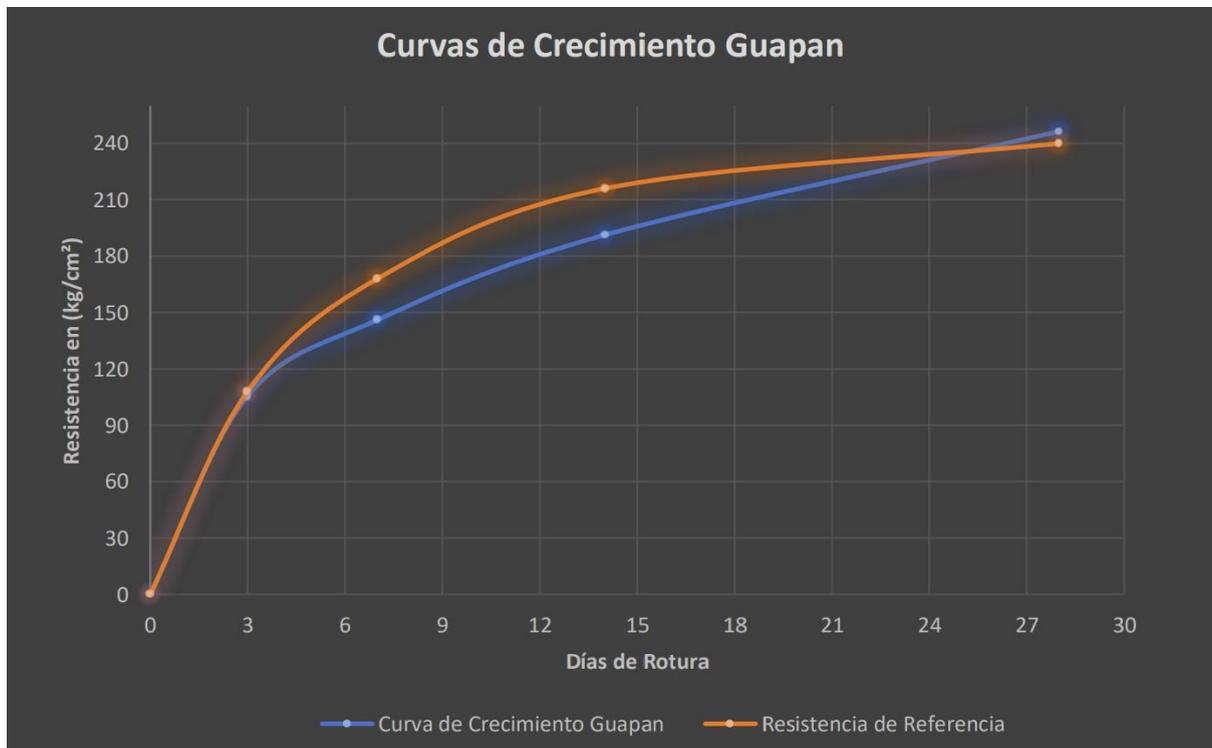
6.14 Curvas de maduración utilizando la Mina RooKaazul

Figura 23

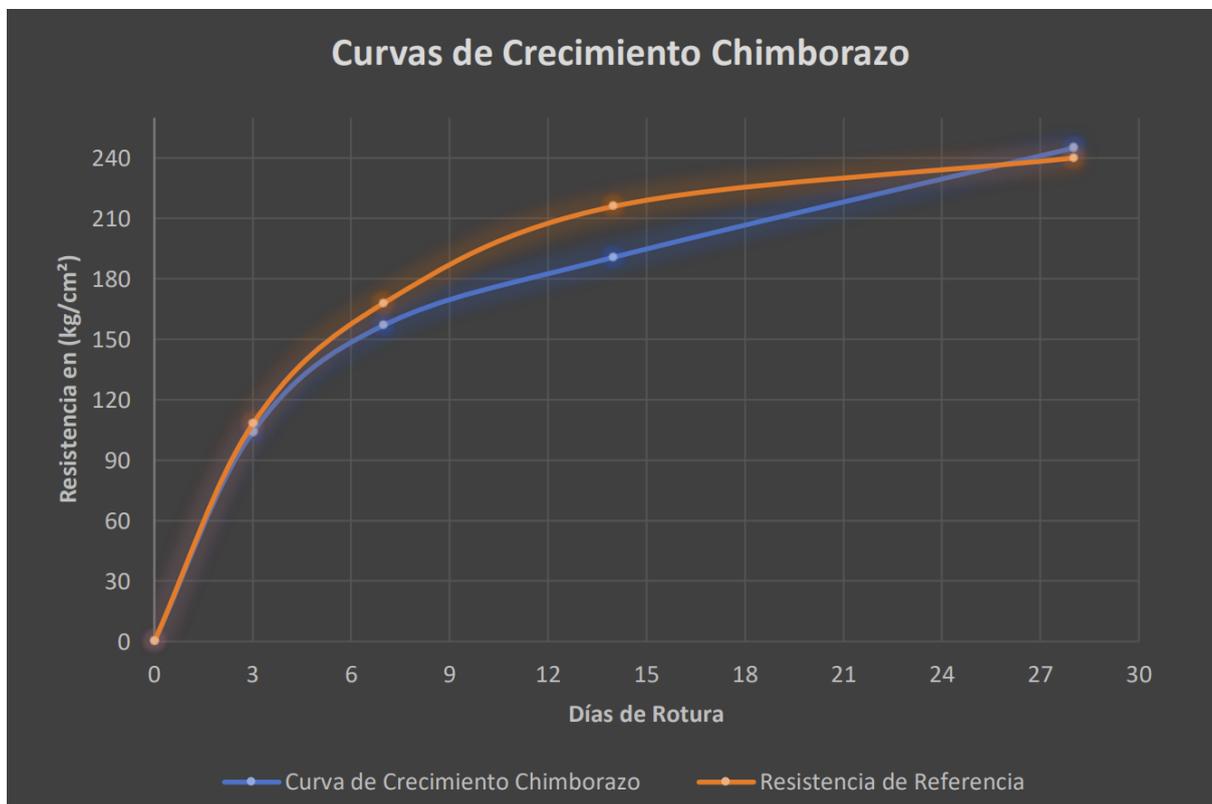
Curvas de crecimiento Atenas



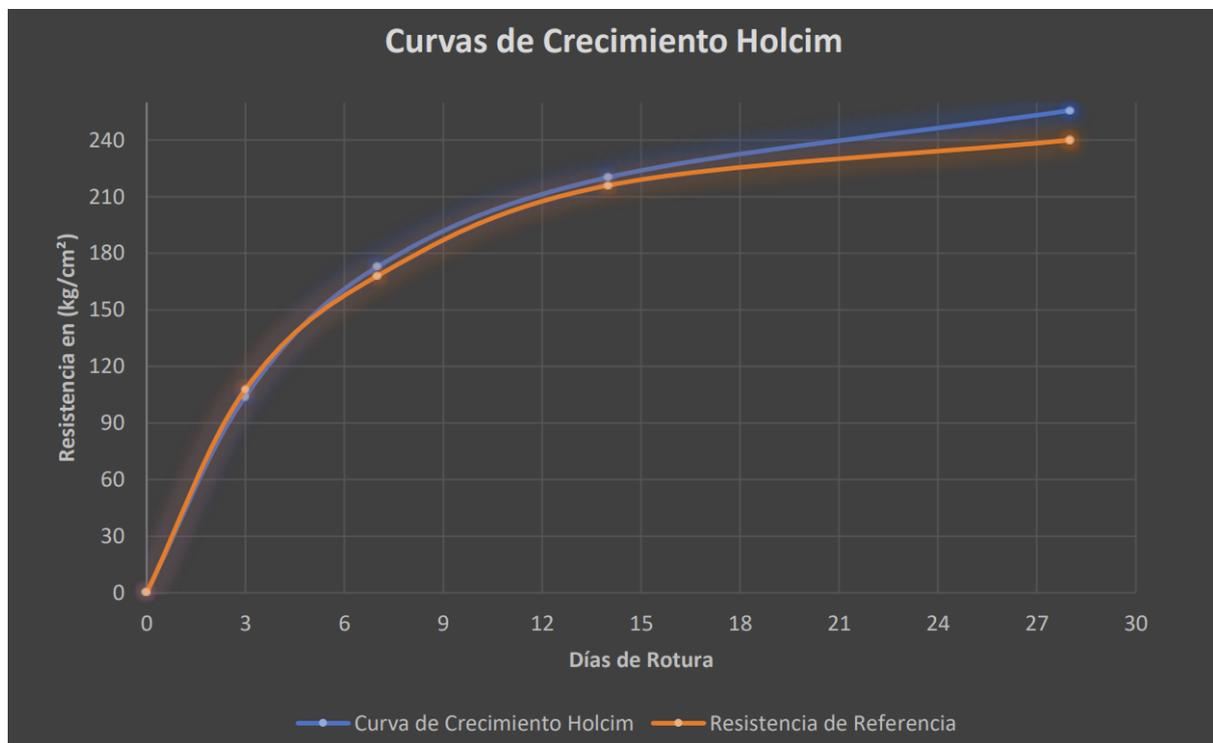
Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Atenas y los agregados de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Figura 24*Curvas de crecimiento Guapan*

Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Guapan y los agregados de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Figura 25*Curvas de crecimiento Chimborazo*

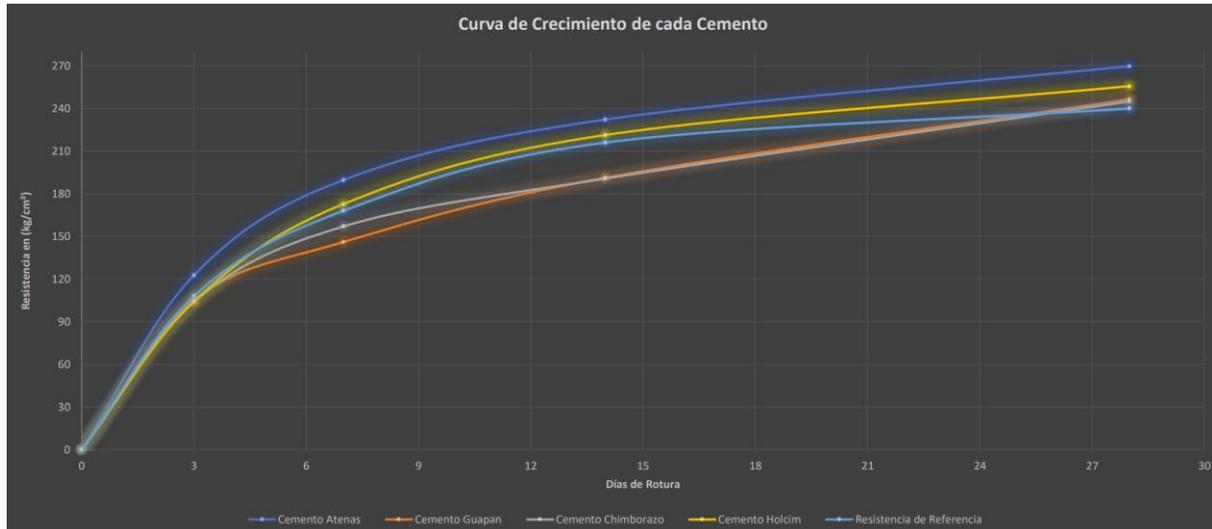
Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Chimborazo y los agregados de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Figura 26*Curvas de crecimiento Holcim*

Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Holcim y los agregados de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Figura 27

Recopilación de las curvas de resistencia a la compresión del hormigón vs Edad del hormigón

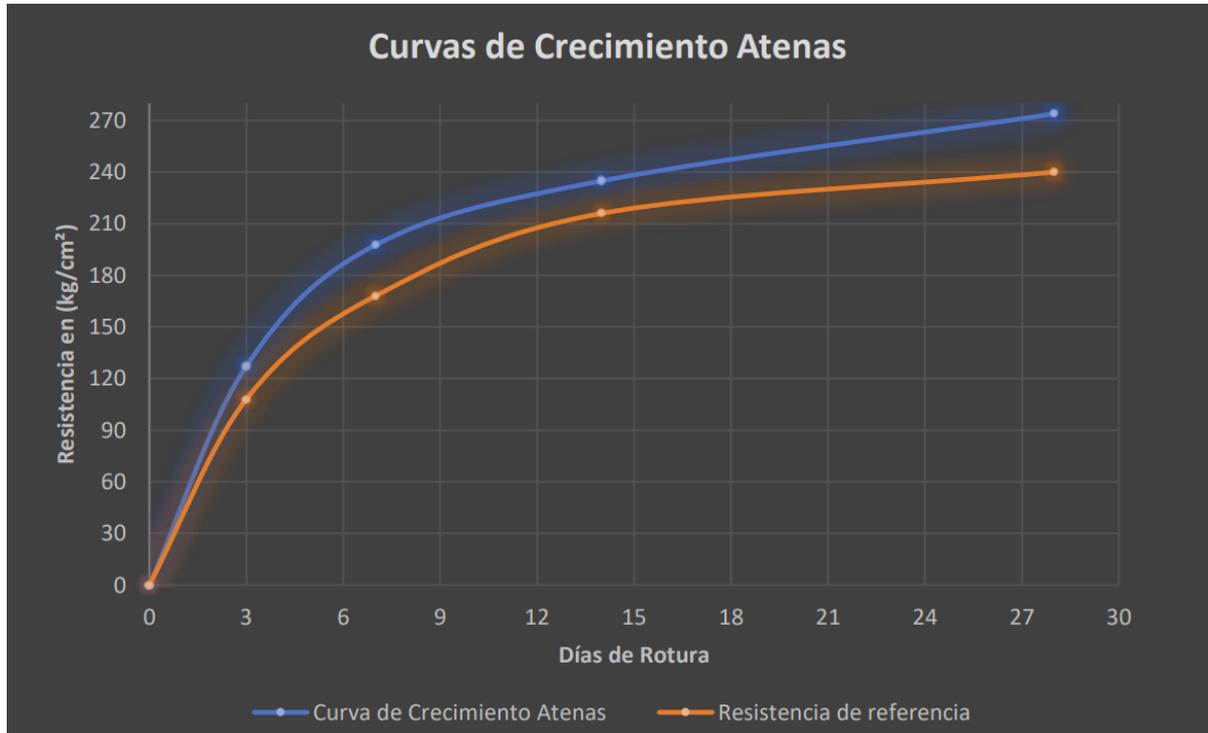


Nota. La figura muestra el comportamiento que tuvo el concreto a través del tiempo, hasta llegar a los 28 días de edad. El concreto elaborado con el cemento Atenas y Holcim, presentan una curva de crecimiento rápida, dando como resultado una resistencia a la compresión mayor a la diseñada, mientras que el concreto elaborado con Guapan y Chimborazo tienen un crecimiento que alcanza a la resistencia requerida. Elaborado por: Los Autores.

6.14 Curvas de maduración utilizando la Mina SOMIGU

Figura 28

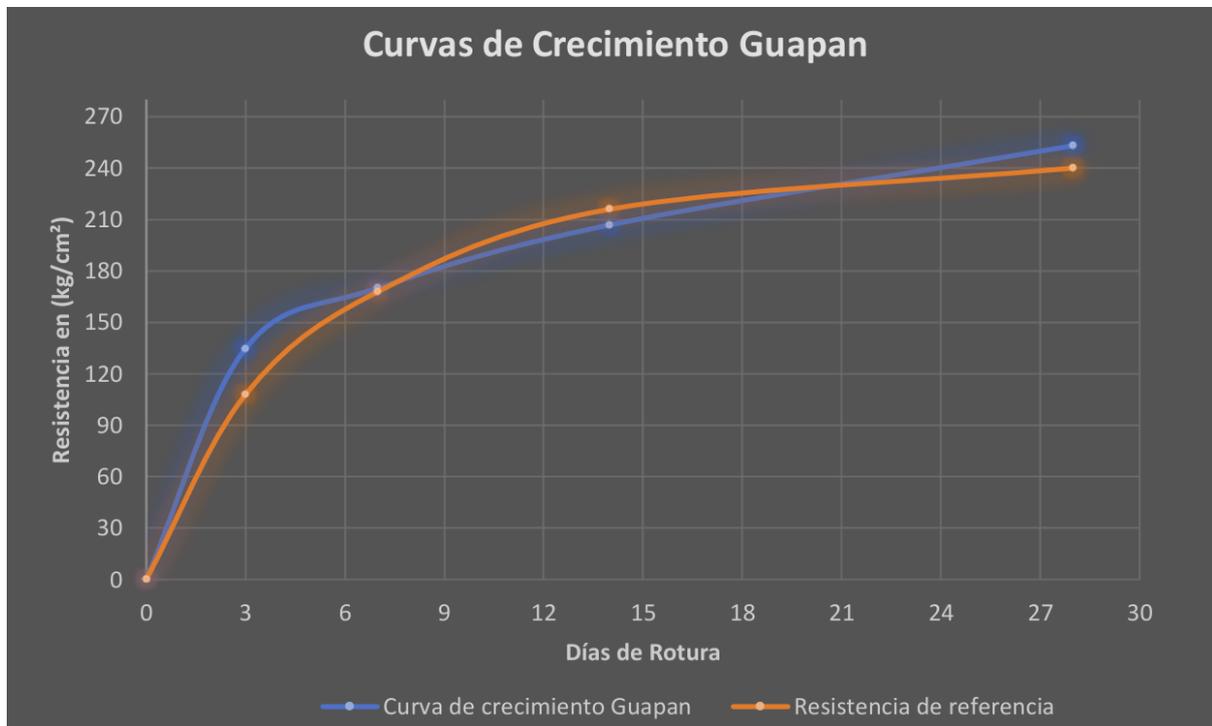
Curvas de crecimiento Atenas



Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Atenas y los agregados de la mina SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

Figura 29

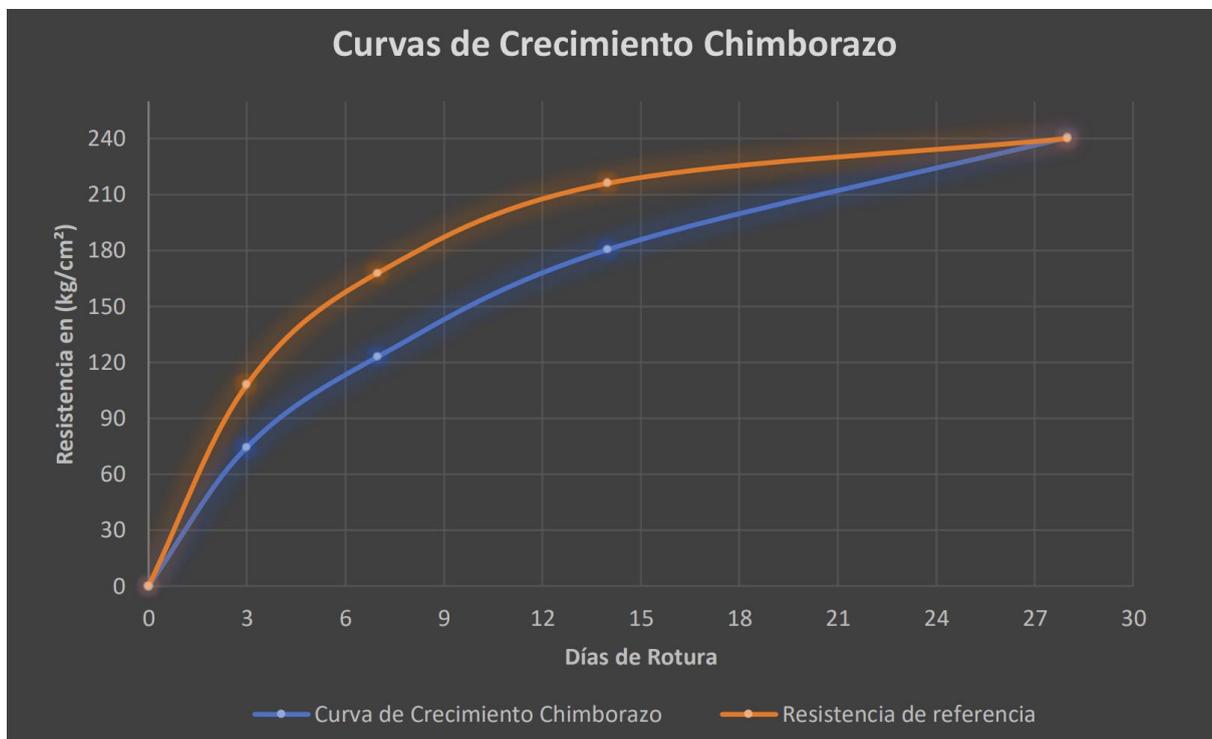
Curvas de crecimiento Guapan



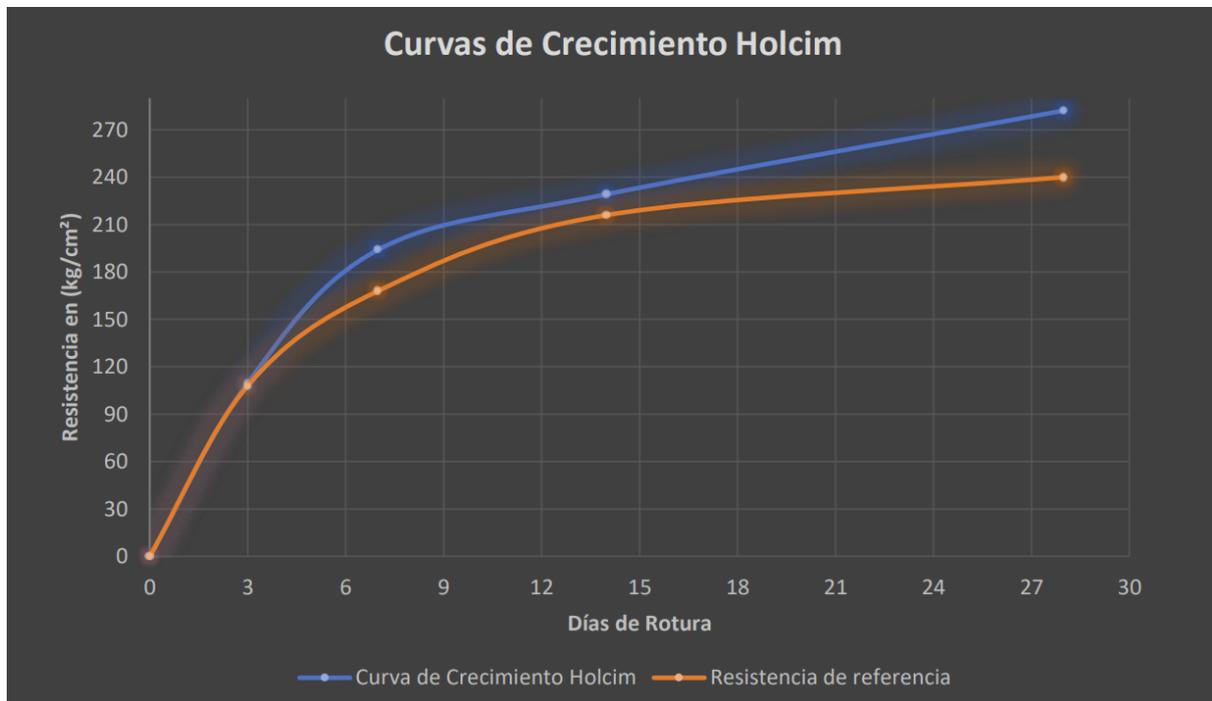
Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Guapan y los agregados de la mina SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

Figura 30

Curvas de crecimiento Chimborazo



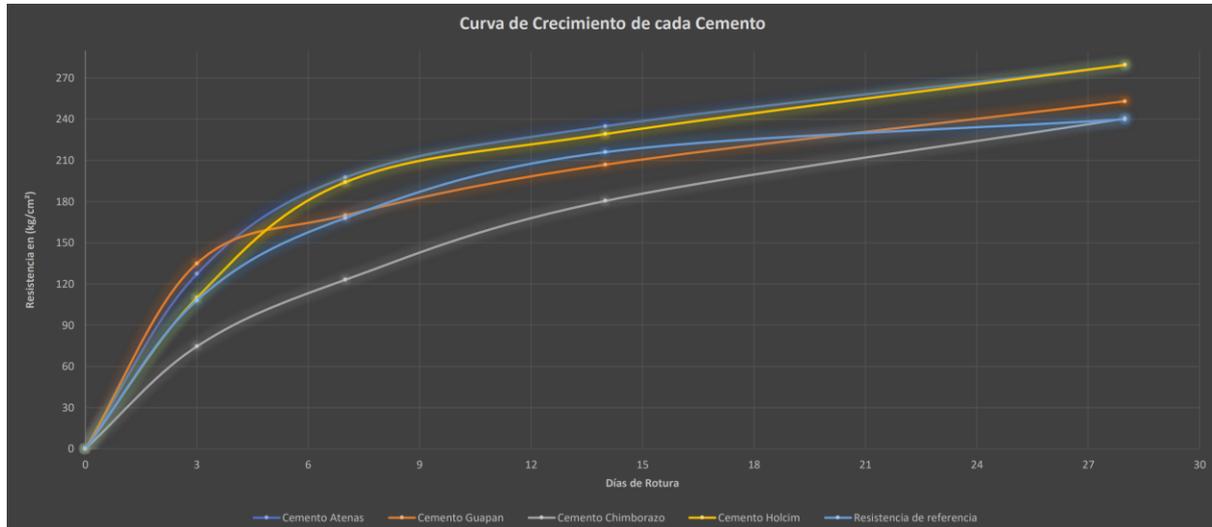
Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Chimborazo y los agregados de la mina SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

Figura 31*Curvas de crecimiento Holcim*

Nota. La figura muestra la curva de crecimiento de la resistencia compresión del concreto estimada con respecto a la resistencia alcanzada, utilizando el cemento Holcim y los agregados de la mina SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

Figura 32

Recopilación de las curvas de resistencia a la compresión del hormigón vs Edad del hormigón



Nota. La figura muestra el comportamiento que tuvo el concreto a través del tiempo, hasta llegar a los 28 días de edad. El concreto elaborado con el cemento Atenas y Holcim, presentan una curva de crecimiento rápida, dando como resultado una resistencia a la compresión mayor a la diseñada, mientras que el concreto elaborado con Guapan y Chimborazo tienen un crecimiento que alcanza a la resistencia requerida. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 69

Datos obtenidos de los cilindros (fecha, peso, dimensiones, resistencia a compresión, fractura, datos aceptables, nombre del cemento) de la mina RooKaazul

Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura	Edad del concreto	Peso del Cilindro en (Kg)	Diámetro del Cilindro (cm)	Altura del Cilindro (cm)	Tipo de Fractura	Resistencia (Mpa)	Resistencia en (kg/cm²)	Rango aceptable de variación (10.6%) [%] entre cada cilindro ("C1"- "C2"- "C3")	Datos aceptables	Promedio [kg/cm2]	Gráfica de la resistencia en porcentaje (%)	Promedio [%]	Tipo de Cemento	Nombre del Cemento
28/5/2024	31/5/2024	3	3.912	10.2	20.3	2	11.86	120.94	C1 y C2	4.49%	SI	50.39%	51.13%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.849	10.18	20.4	2	12.3	125.42	C2 Y C3	3.67%	SI	52.26%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.876	10.08	20.5	2	11.94	121.75	C1 y C3	0.82%	SI	50.73%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	4.0165	10.29	20.5	2	18.71	190.79	C1 y C2	0.41%	SI	79.49%	79.04%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.897	10.22	20.4	2	18.67	190.38	C2 y C3	2.45%	SI	79.32%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.8735	10.13	20.4	2	18.43	187.93	C1 y C3	2.86%	SI	78.30%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.8487	10.18	20.2	3	22.27	227.09	C1 y C2	5.61%	SI	94.62%	96.74%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.8793	10.2	20.4	3	22.82	232.70	C2 y C3	4.08%	SI	96.96%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9365	10.2	20.4	3	23.22	236.77	C1 y C3	9.69%	SI	98.66%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.8843	10.26	20.5	3	27.46	280.01	C1 y C2	12.03%	NO	116.67%	112.40%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.8597	10.15	20.5	3	26.28	267.98	C2 y C3	3.57%	SI	111.66%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.9139	10.25	20.4	3	26.63	271.55	C1 y C3	8.46%	SI	113.14%		GU	Cemento Atenas
31/5/2024	3/6/2024	3	3.8357	10.21	20.4	2	10.4	106.05	C1 y C2	5.40%	SI	44.19%	44.91%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.8114	10.19	20.2	2	9.87	100.64	C2 Y C3	8.87%	SI	41.94%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.928	10.37	20.4	2	10.74	109.52	C1 y C3	3.47%	SI	45.63%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.8402	10.33	20.3	2	14.06	143.37	C1 y C2	5.40%	SI	59.74%	60.86%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.798	10.19	20.3	2	14.59	148.77	C2 y C3	5.40%	SI	61.99%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.859	10.16	20.4	2	16.43	167.54	C1 y C3	24.17%	NO	69.81%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8243	10.15	20.4	3	18.76	191.30	C1 y C2	1.73%	SI	79.71%	79.69%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8134	10.15	20.4	3	18.59	189.56	C2 y C3	3.37%	SI	78.98%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8376	10.15	20.4	3	18.92	192.93	C1 y C3	1.63%	SI	80.39%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.816	10.21	20.5	3	24.35	248.30	C1 y C2	3.77%	SI	103.46%	102.67%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.815	10.12	20.4	3	23.98	244.52	C2 y C1	3.77%	SI	101.89%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.909	10.15	20.4	3	22.78	232.29	C2 y C3	12.24%	NO	96.79%		GU	Cemento Guapan
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8193	10.18	20.5	2	10.2	104.01	C1 y C3	3.47%	SI	43.34%	43.33%	GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8572	10.26	20.4	2	9.85	100.44	C2 Y C3	7.04%	SI	41.85%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8476	10.24	20.3	2	10.54	107.48	C1 y C3	3.47%	SI	44.78%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8363	10.19	20.4	2	15.09	153.87	C1 y C2	8.46%	SI	64.11%	65.43%	GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8642	10.2	20.4	2	15.92	162.34	C2 y C3	7.44%	SI	67.64%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8581	10.24	20.3	2	15.19	154.89	C1 y C3	1.02%	SI	64.94%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.8843	10.31	20.3	3	18.83	192.01	C1 y C2	1.73%	SI	80.00%	79.47%	GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.6594	10.03	20	3	18.66	190.28	C2 y C3	0.41%	SI	79.28%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.8301	10.25	20.4	3	18.62	189.87	C1 y C3	2.14%	SI	79.11%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.844	10.2	20.3	3	23.72	241.87	C1 y C2	6.42%	SI	100.78%	102.04%	GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.835	10.22	20.4	3	24.35	248.30	C2 y C3	3.77%	SI	103.46%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.809	10.13	20.4	3	23.98	244.52	C1 y C3	2.65%	SI	101.89%		GU	Cemento Chimboraazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8434	10.23	20.4	2	10.42	106.25	C1 y C2	4.49%	SI	44.27%	43.42%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8401	10.17	20.4	2	9.98	101.77	C2 Y C3	2.86%	SI	42.40%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	6/6/2024	3	3.6661	10.01	20.1	2	10.26	104.62	C1 y C3	1.63%	SI	43.59%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8775	10.22	20.5	2	17.39	177.33	C1 y C2	4.69%	SI	73.89%	71.99%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8482	10.22	20.5	2	16.93	172.64	C2 y C3	4.28%	SI	71.93%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8548	10.18	20.5	2	16.51	168.35	C1 y C3	8.97%	SI	70.15%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	17/6/2024	14	3.6723	10.02	20.2	3	22.1	225.35	C1 y C2	8.87%	SI	93.90%	92.21%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	17/6/2024	14	3.8915	10.22	20.5	3	21.23	216.48	C2 y C3	5.61%	SI	90.20%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	17/6/2024	14	3.7219	10.25	20.2	3	21.78	222.09	C1 y C3	3.26%	SI	92.54%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	1/7/2024	28	3.973	10.24	20.3	3	24.94	254.31	C1 y C2	6.93%	SI	105.96%	106.53%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	1/7/2024	28	3.677	10	20.2	3	25.62	261.25	C2 y C3	9.79%	SI	108.85%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	1/7/2024	28	3.649	10	20.2	3	24.66	251.46	C2 y C3	9.79%	SI	104.77%		GU	Cemento Holcim

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos de los cilindros (fecha, peso, dimensiones, resistencia a compresión, fractura, datos aceptables, nombre del cemento) de la mina RooKaazul. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 70

Datos obtenidos de los cilindros (fecha, peso, dimensiones, resistencia a compresión, fractura, datos aceptables, nombre del cemento) de la mina SOMIGU.

Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura	Edad del concreto	Peso del Cilindro en (Kg)	Diámetro del Cilindro (cm)	Altura del Cilindro (cm)	Tipo de Fracturas	Resistencia (Mpa)	Resistencia en (kg/cm²)	Rango aceptable de variación (10.6%) [%] entre cada cilindro ("C1"- "C2"- "C3")	Datos aceptables	Promedio (kg/cm²)	Gráfica de la resistencia en porcentaje (%)	Promedio (%)	Tipo de Cemento	Nombre del Cemento
28/5/2024	31/5/2024	3	3.913	10.2	20.3	2	12.87	131.24	C1 y C2	9.48%	SI	54.68%	53.00%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.88	10.12	20.5	2	11.94	121.75	C2 Y C3	6.83%	SI	50.73%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.737	10.12	20	2	12.61	128.58	C1 y C3	2.65%	SI	53.58%	GU	Cemento Atenas	
28/5/2024	4/6/2024	7	3.9217	10.14	20.4	2	19.59	199.76	C1 y C2	3.47%	SI	83.23%	82.34%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.9292	10.11	20.3	2	19.25	196.29	C2 y C3	0.51%	SI	81.79%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.99518	10.17	20.3	2	19.3	196.80	C1 y C3	2.96%	SI	82.00%	GU	Cemento Atenas	
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9318	10.22	20.4	3	22.33	227.70	C1 y C2	13.97%	SI	94.87%	97.88%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9473	10.19	20.4	3	23.7	241.67	C2 y C3	6.32%	SI	100.70%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9365	10.2	20.4	3	23.08	235.35	C1 y C3	7.65%	SI	98.06%	GU	Cemento Atenas	
28/5/2024	25/6/2024	28	3.952.7	10.18	20.4	3	27.46	280.01	C1 y C2	1.22%	SI	116.67%	116.42%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.9463	10.25	20.4	3	27.34	278.79	C2 y C3	1.31%	SI	116.16%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.944.6	10.28	20.5	3	28.65	292.14	C1 y C3	12.13%	NO	121.73%	GU	Cemento Atenas	
29/5/2024	1/6/2024	3	3.924	10.28	20.4	2	10.48	106.86	C1 y C2	0.41%	SI	44.53%	45.74%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	1/6/2024	3	3.72	10	19	2	10.52	107.27	C2 Y C3	7.95%	SI	44.70%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	1/6/2024	3	3.901	10.1	20.3	2	11.3	115.23	C1 y C3	8.36%	SI	48.01%	GU	Cemento Holcim	
29/5/2024	5/6/2024	7	3.9376	10.22	20.3	2	18.58	189.46	C1 y C2	9.28%	SI	78.94%	80.87%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	5/6/2024	7	3.8774	10.15	20.3	2	19.49	198.74	C2 y C3	4.69%	SI	82.81%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	5/6/2024	7	3.9458	10.21	20.3	2	19.03	194.05	C1 y C3	4.59%	SI	80.85%	GU	Cemento Holcim	
29/5/2024	12/6/2024	14	3.9088	10.15	20.5	3	22.3	227.39	C1 y C2	7.75%	SI	94.75%	95.50%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	12/6/2024	14	3.9246	10.15	20.3	3	23.06	235.14	C2 y C3	10.10%	SI	97.98%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	12/6/2024	14	3.8896	10.15	20.3	3	22.07	225.05	C1 y C3	2.35%	SI	93.77%	GU	Cemento Holcim	
29/5/2024	26/6/2024	28	3.914	10.2	20.4	3	27.06	275.93	C1 y C2	7.24%	SI	114.97%	116.48%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	26/6/2024	28	3.9101	10.18	20.4	3	27.77	283.17	C2 y C3	4.08%	SI	117.99%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	26/6/2024	28	3.911	10.21	20.4	3	28.17	287.25	C1 y C3	11.32%	NO	119.69%	GU	Cemento Holcim	
31/5/2024	3/6/2024	3	3.9039	10.26	20.4	2	12.87	131.24	C1 y C3	7.24%	SI	54.68%	56.19%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.9088	10.25	20.4	2	11.1	113.19	C2 Y C3	25.29%	NO	47.16%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.8688	10.27	20.3	2	13.58	138.48	C1 y C3	7.24%	SI	57.70%	GU	Cemento Guapan	
31/5/2024	7/6/2024	7	3.903	10.15	20.3	2	16.12	164.38	C1 y C2	9.99%	SI	68.46%	70.88%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.8529	10.22	20.2	2	17.1	174.37	C2 y C3	3.16%	SI	72.65%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.8872	10.22	20.4	2	16.79	171.21	C1 y C3	6.83%	SI	71.34%	GU	Cemento Guapan	
31/5/2024	14/6/2024	14	3.7097	10	20	3	20.12	205.16	C1 y C2	1.33%	SI	85.46%	86.19%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.9252	10.14	20.4	3	20.25	206.49	C2 y C3	2.45%	SI	86.04%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8616	10.2	20.4	3	20.49	208.94	C1 y C3	3.77%	SI	87.05%	GU	Cemento Guapan	
31/5/2024	28/6/2024	28	3.915	10.2	20.4	3	27.11	276.44	C1 y C2	24.98%	NO	115.18%	105.45%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.865	10.2	20.4	3	24.66	251.46	C2 y C3	3.26%	SI	104.77%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.783	10.2	20.3	3	24.98	254.72	C2 y C3	3.26%	SI	106.13%	GU	Cemento Guapan	
3/6/2024	6/6/2024	3	3.6876	10.04	20	2	7.3	74.44	C1 y C2	2.96%	SI	31.02%	31.02%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.7147	10.01	20.1	2	7.59	77.40	C2 Y C3	5.91%	SI	32.25%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.7193	10.02	20.1	2	7.01	71.48	C1 y C3	2.96%	SI	29.78%	GU	Cemento Chimborazo	
3/6/2024	10/6/2024	7	3.6975	10.05	20.2	2	11.7	119.30	C1 y C2	9.18%	SI	49.71%	GU	Cemento Chimborazo	
3/6/2024	10/6/2024	7	3.7272	10.15	20.2	2	12.6	128.48	C2 y C3	7.14%	SI	53.53%	51.27%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.7007	10.1	20	2	11.9	121.34	C1 y C3	2.04%	SI	50.56%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.7347	10.02	20.3	3	17.54	178.86	C1 y C2	1.53%	SI	74.52%	75.19%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.7221	10.04	20.2	3	17.69	180.38	C2 y C3	1.73%	SI	75.16%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.6915	10.02	20.2	3	17.86	182.12	C1 y C3	3.26%	SI	75.88%	GU	Cemento Chimborazo	
3/6/2024	17/7/2024	28	3.677	10.16	20.1	3	21.22	216.38	C1 y C2	29.16%	NO	90.16%	GU	Cemento Chimborazo	
3/6/2024	17/7/2024	28	3.703	10.1	20.1	3	24.08	245.54	C2 y C3	9.99%	SI	102.31%	100.23%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/7/2024	28	3.714	10.16	20.2	3	23.1	235.55	C2 y C3	9.99%	SI	98.15%		GU	Cemento Chimborazo

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos de los cilindros (fecha, peso, dimensiones, resistencia a compresión, fractura, datos aceptables, nombre del cemento) de la mina SOMIGU. Elaborado por: Los Autores.

7. Conclusiones

- De acuerdo con los agregados proporcionados por la cantera RooKaazul y obtenido los resultados del ensayo a la compresión a los 28 días se observa que el cemento Atenas con su resistencia final de 269.76 kg/cm2 y Holcim con 255.67 kg/cm2 ofrecen una mayor resistencia, superando la resistencia requerida de 240 kg/cm2. Por otra parte, el cemento Guapan con una f'c=246.41 kg/cm2 y el cemento Chimborazo con f'c=244.90 kg/cm2 cumple con la resistencia estimada.

- De acuerdo con los agregados proporcionados por la cantera SOMIGU y obtenido los resultados del ensayo a la compresión a los 28 días se observa que el cemento Atenas con su resistencia final de 279,40 kg/cm² y Holcim con 279,55 kg/cm² ofrecen una mayor resistencia, superando la resistencia requerida de 240 kg/cm². Por otra parte, el cemento Guapan con una $f'c=253,09$ kg/cm² y el cemento Chimborazo con $f'c=240.55$ kg/cm² cumple con la resistencia estimada.
- La mina SOMIGU produce resistencias más altas que la cantera RooKaazul, provocado por una mejor combinación de los agregados gruesos y finos logrando una mayor masa unitaria, por su optimización en la granulometría sobre los agregados mal gradados mediante el método RNL (Road Note Laboratory).
- El cemento Chimborazo cumplen con la resistencia requerida con los agregados de la cantera SOMIGU a pesar de que su maduración a los 3,7 y 14 días es muy lenta, sin embargo, a los 28 días cumple con la resistencia a la compresión establecida.
- En la cantera SOMIGU se puede observar que el cemento Holcim tiene una mejora significativa con sus agregados y presenta una mejor resistencia a la compresión.
- En base a los datos obtenidos en el laboratorio se observa que el cemento Atenas tiene una mejor maduración del hormigón a los tres primeros días con un porcentaje del 51.13% con los agregados de la mina RooKaazul, comparado con los demás cementos, mientras que en la mina SOMIGU, en el rango de los 3 primeros días el cemento Guapan tiene un proceso de maduración más alta con un 56.19%.

8. Recomendaciones

- Para una elección de que marca de cemento a utilizar no solo dependerá de la resistencia, sino que existen otros factores indispensables como su disponibilidad, costos y los requisitos específicos del proyecto que se vaya a realizar. Si la prioridad es asegurar que se supere el umbral de resistencia con un mejor margen de seguridad se puede utilizar el cemento Atenas y Holcim con agregados similares a la mina RooKaazul y SOMIGU.
- Antes de elegir un cemento y una mina en específico realizar un análisis de costo/beneficio entre los cementos Atenas, Holcim, Guapan y Chimborazo.
- Tener en cuenta que para lograr que la trabajabilidad sea buena con cada cemento se tiene que corregir el asentamiento y aumentar 2kg de agua por cada centímetro que se desee aumentar o restar.
- Comprobar que los cementos no estén hidratados al momento de usarlos, esto puede perjudicar drásticamente a la resistencia que se desea obtener.
- Tener presente las condiciones ambientales para un adecuado curado de las probetas a ensayar y así no perjudiquen a nuestra resistencia.
- Realizar pruebas frecuentes para asegurar que se mantenga la resistencia requerida
- Ejecutar el ensayo de compresión de acuerdo con lo establecido en la Norma Ecuatoriana o americana.
- Se debería hacer un análisis químico del por qué el cemento Atenas y Holcim dan resistencias más altas sobre lo requerido.

9. Referencias bibliográficas

Acevedo, W., & Martinez, W. (2017). *DESEMPEÑO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS*

DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" COMPARADO CON EL

CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL." USMP.

ACI 211.1. (2019). *Diseño de Mezclas de Concreto.*

Andrade, C. (2022). *"ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIAS EN HORMIGONES,*

EMPLEANDO CEMENTOS TIPO HE Y AGREGADOS DE LA CANTERA MEGAROK

(PORTOVIEJO-MANABÍ)." UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ.

Andrade, M. (2020, July 24). *La construcción, un pilar de la economía debilitado por la pandemia.*

Atenas. (2021). *CEMENTO ATENAS TIPO GU FICHA TECNICA.* Cuenca.

Cortes, E., & Perilla, J. (2014). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-*

MECÁNICAS DE CUATRO CEMENTOS COMERCIALES PORTLAND TIPO I. UNIVERSIDAD

MILITAR NUEVA GRANADA.

del Ecuador." UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018." Universidad señor de Sipán.

Ferrel, H., & Moreano, E. (2019). *"Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de*

las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del

concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac, 2018." UNIVERSIDAD

TECNOLÓGICA DE LOSANDES.

García, J. (1968). *Método para la dosificación de hormigones.*

Guevara, V., & Tantarico, V. (2019). *"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO*

Holcim. (2021). CEMENTO HOLCIM TIPO GU FICHA TECNICA. Cuenca.

MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 154: 2013-09. *Mallas y tamices para ensayo, requisitos,*

Segunda edición; ASTM E 11

- Norma técnica ecuatoriana INEN 157:2009. *Hormigón de cemento hidráulico –Determinación de laconsistencia normal. Método de Vicat*. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 1576:2010. *Hormigón de cemento hidráulico – Elaboración y curadoen obra de especímenes para ensayo*. Primera edición.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2566: 2010-12. *Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo*,Primera edición; ASTM C 702
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 694: 2010-06. *Hormigón y áridos para elaborar hormigón*.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 695: 2010-12. *Áridos Muestreo*, Primera edición; ASTM D 75
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 696: 2011-05. *Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino ygrueso*, Primera edición; ASTM C-136; ASTM C 125
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 697: 2011-05. *Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 µm (No. 200), mediante lavado*, Primera edición; ASTM C 117
- Norma técnica ecuatoriana INEN 856:2010. *Áridos – Determinación de la densidad, densidad relativa(gravedad específica) y absorción del árido fino*. Primera revisión.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 857:2010. *Áridos – Determinación de la densidad, densidad relativa(gravedad específica) y absorción del árido grueso*. Primera revisión.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 872: 2011-09. *Áridos para hormigón. Requisitos*, Primera edición;ASTM C – 33
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 862:2011. *Áridos para hormigón, determinación del contenido total de humedad*.
- privada del Norte.
- Rios, B. (2020). *COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 , ELABORADO A BASE DE CEMENTO TIPO ICO Y GU, TRUJILLO - 2020*.

Universidad

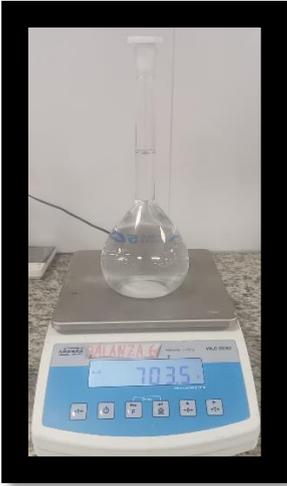
Terminología. Primera edición; ASTM C 185; ACI 116

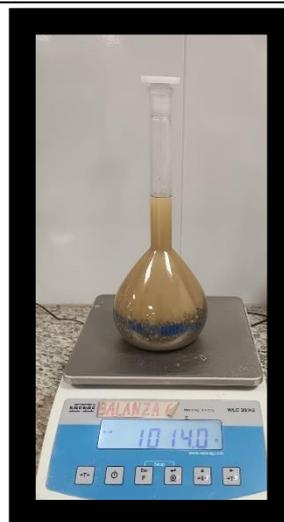
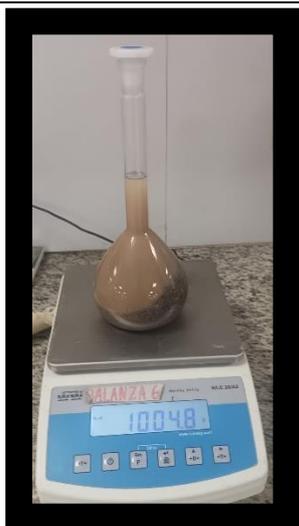
UCEM. (2021). *CEMENTO CHIMBORAZO TIPO GU FICHA TECNICA*. Ambato.

UCEM. (2021). *CEMENTO GUAPAN TIPO GU FICHA TECNICA*. Cuenca.

Villacís, J. (2020). *“El mercado de valores como fuente de financiamiento de la industria cementera*

10. Anexos

Determinación de la densidad del agregado Fino	
Mina RooKaazul	Mina SOMIGU
Determinación del SSS mediante el cono	
	
Muestra en estado SSS	
	
Masa del picnómetro lleno con agua	
	
Masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca	



Muestras secas al horno incluyendo el peso de la bandeja



Determinación de la densidad del agregado Grueso

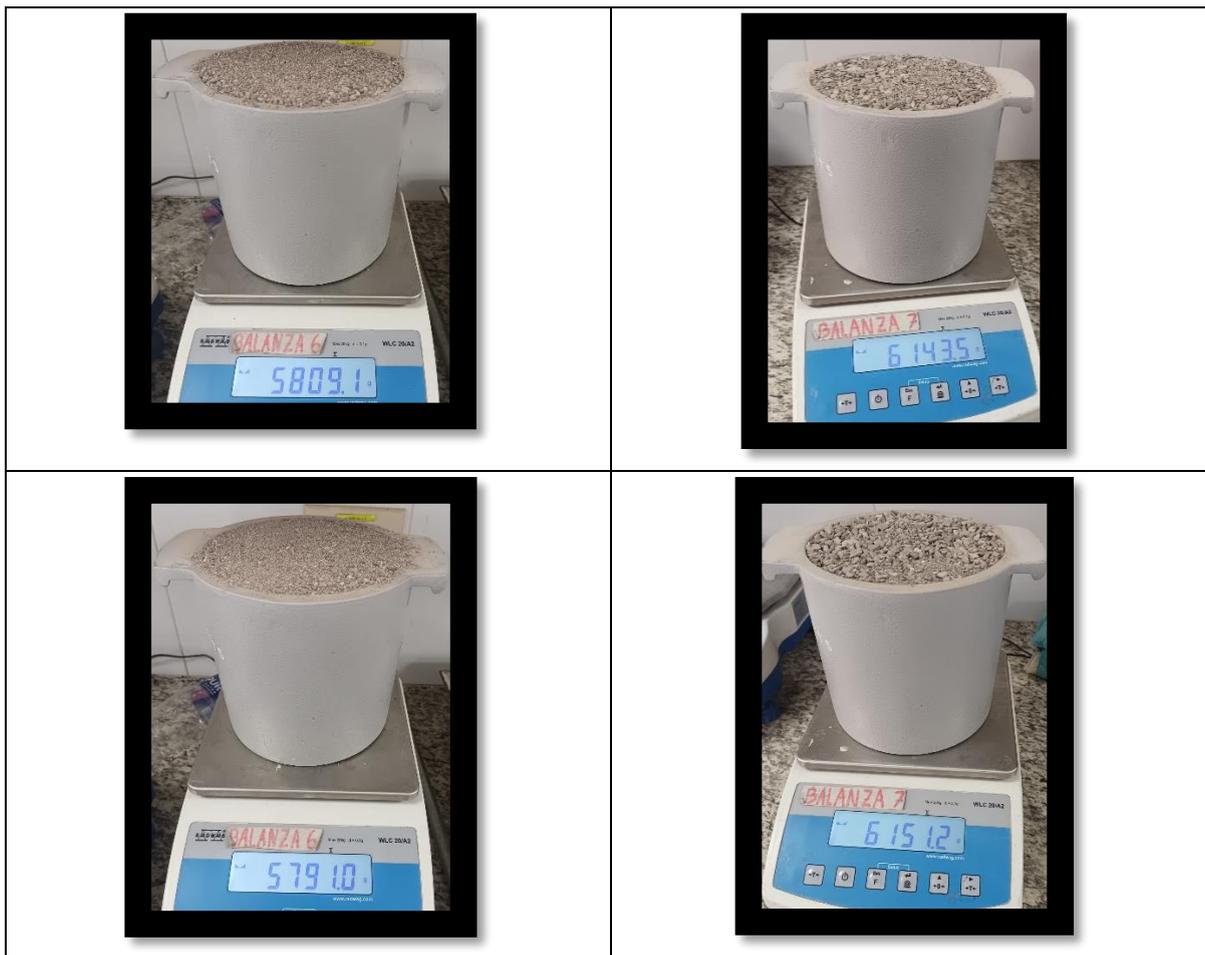
Mina RooKaazul

Mina SOMIGU

Determinación del SSS del agregado grueso



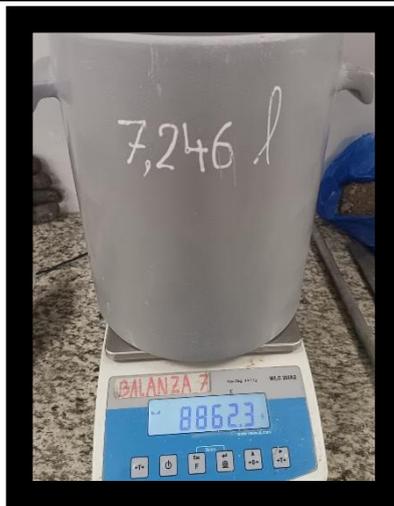
Muestra Saturada en Agua



Determinación de Masas Unitarias Agregado Grueso	
Mina RooKaazul	Mina SOMIGU
Masa del árido más el molde	



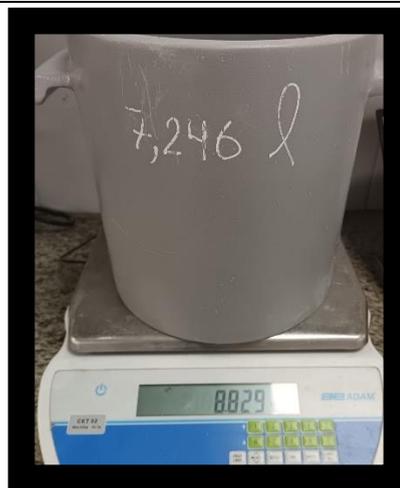
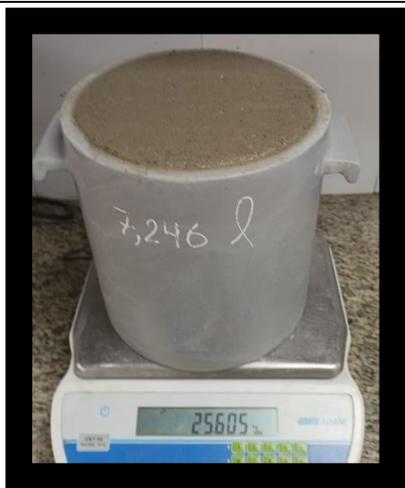
Corrección de densidades de cada cemento y mina	
Masa del recipiente de medición lleno con Hormigón (Kg)	Masa del recipiente de medición (Kg)
Cemento Atenas Mina RooKaazul	



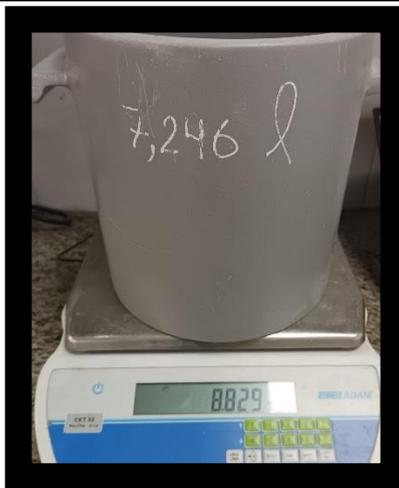
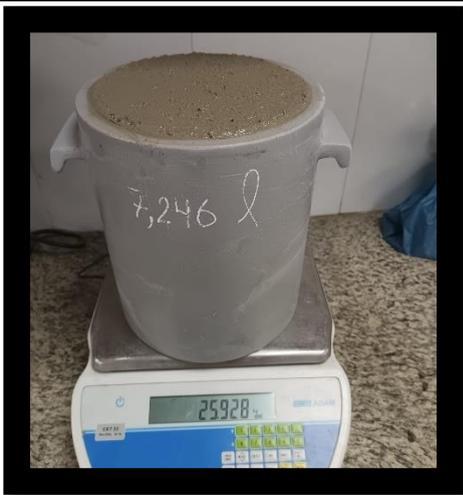
Cemento Atenas Mina SOMIGU



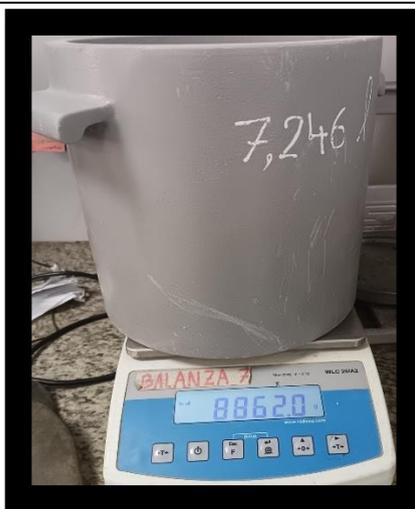
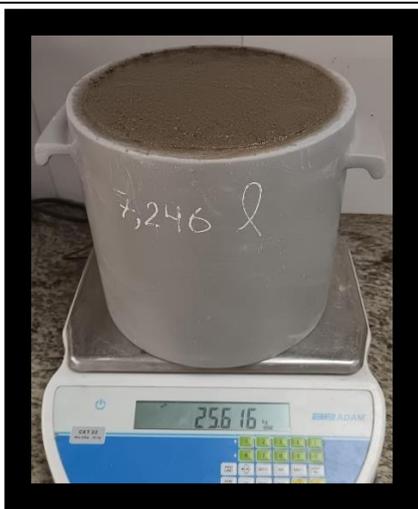
Cemento Holcim Mina RooKaazul



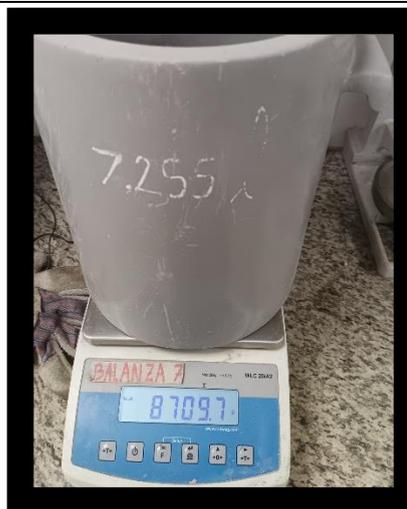
Cemento Holcim SOMIGU



Cemento Guapan Mina RooKaazul



Cemento Guapan Mina SOMIGU



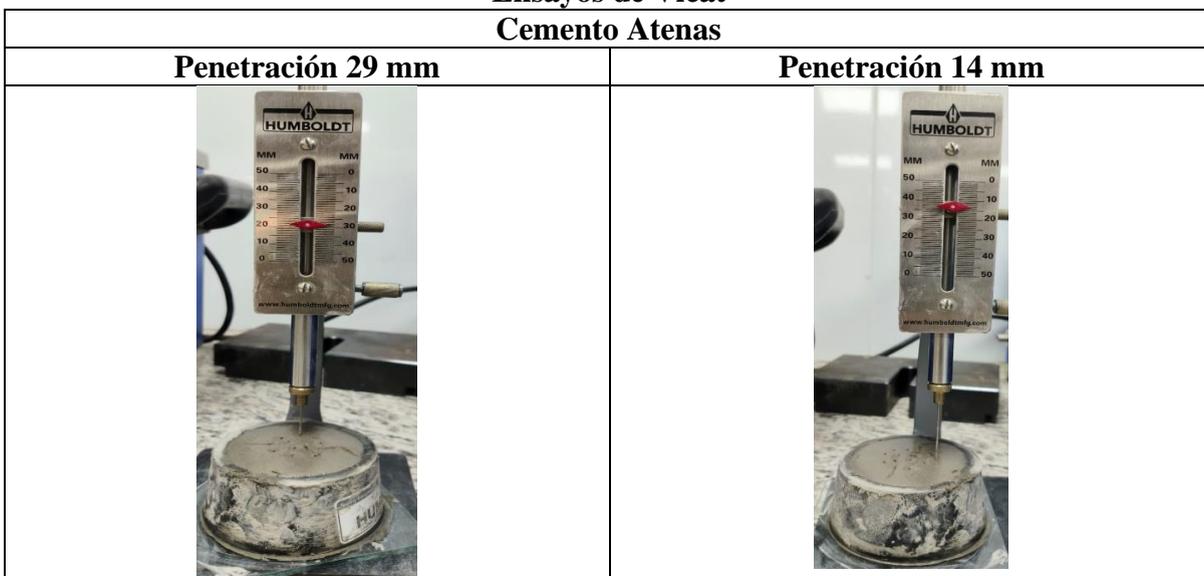
Cemento Chimborazo Mina RooKaazul



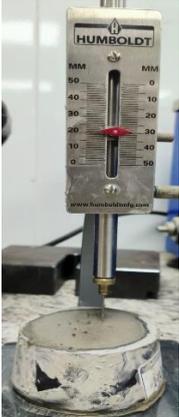
Cemento Chimborazo Mina SOMIGU



**Ensayos de Vicat
Cemento Atenas**



Cemento Holcim

Penetración 29 mm	Penetración 4 mm
	

Cemento Guapan	
Penetración 35 mm	Penetración 15 mm
	

Cemento Chimborazo	
Penetración 32 mm	Penetración 19 mm
	

Datos del cemento Atenas a los 28 días mina ROKAAZUL

<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>212.07</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.26</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.20</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>82.88</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>27.46</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.25</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>18.4</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>18.2</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>119</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	212.07	kN	Diameter	10.26	cm	Length	20.20	cm	Cross-Sectional Area	82.88	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	27.46	MPa	Average Pace Rate	0.25	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	18.4	°C	Temperature @ FINISH	18.2	°C	Points Recorded	119		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>212.64</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.15</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.50</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>80.91</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>26.28</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>18.9</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>17.2</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>118</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	212.64	kN	Diameter	10.15	cm	Length	20.50	cm	Cross-Sectional Area	80.91	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	26.28	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	18.9	°C	Temperature @ FINISH	17.2	°C	Points Recorded	118		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>219.77</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.25</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.40</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>82.52</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>26.63</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.25</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>17.4</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>17.7</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>117</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	219.77	kN	Diameter	10.25	cm	Length	20.40	cm	Cross-Sectional Area	82.52	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	26.63	MPa	Average Pace Rate	0.25	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	17.4	°C	Temperature @ FINISH	17.7	°C	Points Recorded	117	
210403H 100K	212.07	kN																																																																																																												
Diameter	10.26	cm																																																																																																												
Length	20.20	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	82.88	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	27.46	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.25	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	18.4	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	18.2	°C																																																																																																												
Points Recorded	119																																																																																																													
210403H 100K	212.64	kN																																																																																																												
Diameter	10.15	cm																																																																																																												
Length	20.50	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	80.91	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	26.28	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	18.9	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	17.2	°C																																																																																																												
Points Recorded	118																																																																																																													
210403H 100K	219.77	kN																																																																																																												
Diameter	10.25	cm																																																																																																												
Length	20.40	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	82.52	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	26.63	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.25	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	17.4	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	17.7	°C																																																																																																												
Points Recorded	117																																																																																																													

Datos de Cemento Guapan a los 28 días mina ROKAAZUL

<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>188.97</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.22</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.30</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>81.71</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>23.98</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>17.6</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>18.1</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>116</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	188.97	kN	Diameter	10.22	cm	Length	20.30	cm	Cross-Sectional Area	81.71	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	23.98	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	17.6	°C	Temperature @ FINISH	18.1	°C	Points Recorded	116		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>187.07</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.24</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.30</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>82.35</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>22.78</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>18.2</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>18.8</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>114</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	187.07	kN	Diameter	10.24	cm	Length	20.30	cm	Cross-Sectional Area	82.35	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	22.78	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	18.2	°C	Temperature @ FINISH	18.8	°C	Points Recorded	114		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>187.07</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.24</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.30</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>82.35</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>22.78</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>18.2</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>18.8</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>114</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	187.07	kN	Diameter	10.24	cm	Length	20.30	cm	Cross-Sectional Area	82.35	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	22.78	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	18.2	°C	Temperature @ FINISH	18.8	°C	Points Recorded	114	
210403H 100K	188.97	kN																																																																																																												
Diameter	10.22	cm																																																																																																												
Length	20.30	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	81.71	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	23.98	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	17.6	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	18.1	°C																																																																																																												
Points Recorded	116																																																																																																													
210403H 100K	187.07	kN																																																																																																												
Diameter	10.24	cm																																																																																																												
Length	20.30	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	82.35	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	22.78	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	18.2	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	18.8	°C																																																																																																												
Points Recorded	114																																																																																																													
210403H 100K	187.07	kN																																																																																																												
Diameter	10.24	cm																																																																																																												
Length	20.30	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	82.35	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	22.78	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	18.2	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	18.8	°C																																																																																																												
Points Recorded	114																																																																																																													

Datos del cemento Holcim a los 28 días mina ROKAAZUL

<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>203.40</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.18</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.20</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>81.55</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>24.94</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.22</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>18.3</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>18.6</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>119</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	203.40	kN	Diameter	10.18	cm	Length	20.20	cm	Cross-Sectional Area	81.55	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	24.94	MPa	Average Pace Rate	0.22	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	18.3	°C	Temperature @ FINISH	18.6	°C	Points Recorded	119		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>211.01</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.24</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.30</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>82.35</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>25.62</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>19.1</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>19.3</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>119</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	211.01	kN	Diameter	10.24	cm	Length	20.30	cm	Cross-Sectional Area	82.35	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	25.62	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	19.1	°C	Temperature @ FINISH	19.3	°C	Points Recorded	119		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>201.51</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.20</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.40</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>81.71</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>24.66</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>20.0</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>20.2</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>119</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	201.51	kN	Diameter	10.20	cm	Length	20.40	cm	Cross-Sectional Area	81.71	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	24.66	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	20.0	°C	Temperature @ FINISH	20.2	°C	Points Recorded	119	
210403H 100K	203.40	kN																																																																																																												
Diameter	10.18	cm																																																																																																												
Length	20.20	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	81.55	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	24.94	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.22	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	18.3	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	18.6	°C																																																																																																												
Points Recorded	119																																																																																																													
210403H 100K	211.01	kN																																																																																																												
Diameter	10.24	cm																																																																																																												
Length	20.30	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	82.35	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	25.62	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	19.1	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	19.3	°C																																																																																																												
Points Recorded	119																																																																																																													
210403H 100K	201.51	kN																																																																																																												
Diameter	10.20	cm																																																																																																												
Length	20.40	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	81.71	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	24.66	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	20.0	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	20.2	°C																																																																																																												
Points Recorded	119																																																																																																													

Datos del cemento Chimborazo a los 28 días mina ROKAAZUL

<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>197.12</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.23</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.30</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>82.19</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>23.98</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>19.1</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>19.2</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>119</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	197.12	kN	Diameter	10.23	cm	Length	20.30	cm	Cross-Sectional Area	82.19	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	23.98	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	19.1	°C	Temperature @ FINISH	19.2	°C	Points Recorded	119		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>198.97</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.20</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.30</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>81.71</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>28</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>24.35</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.24</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>17.8</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>18.1</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>119</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	198.97	kN	Diameter	10.20	cm	Length	20.30	cm	Cross-Sectional Area	81.71	cm ²	Sample Age	28	day(s)	Corrected Stress	24.35	MPa	Average Pace Rate	0.24	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	17.8	°C	Temperature @ FINISH	18.1	°C	Points Recorded	119		<table border="1"> <tr><td>210403H 100K</td><td>193.53</td><td>kN</td></tr> <tr><td>Diameter</td><td>10.19</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Length</td><td>20.40</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Cross-Sectional Area</td><td>81.55</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>Sample Age</td><td>14</td><td>day(s)</td></tr> <tr><td>Corrected Stress</td><td>23.73</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Average Pace Rate</td><td>0.25</td><td>MPa/sec</td></tr> <tr><td>Fracture Type</td><td>Type 1</td><td></td></tr> <tr><td>Correction Factor</td><td>1.000</td><td></td></tr> <tr><td>Temperature @ START</td><td>-11.3</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Temperature @ FINISH</td><td>-11.4</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Points Recorded</td><td>119</td><td></td></tr> </table>	210403H 100K	193.53	kN	Diameter	10.19	cm	Length	20.40	cm	Cross-Sectional Area	81.55	cm ²	Sample Age	14	day(s)	Corrected Stress	23.73	MPa	Average Pace Rate	0.25	MPa/sec	Fracture Type	Type 1		Correction Factor	1.000		Temperature @ START	-11.3	°C	Temperature @ FINISH	-11.4	°C	Points Recorded	119	
210403H 100K	197.12	kN																																																																																																												
Diameter	10.23	cm																																																																																																												
Length	20.30	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	82.19	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	23.98	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	19.1	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	19.2	°C																																																																																																												
Points Recorded	119																																																																																																													
210403H 100K	198.97	kN																																																																																																												
Diameter	10.20	cm																																																																																																												
Length	20.30	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	81.71	cm ²																																																																																																												
Sample Age	28	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	24.35	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.24	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	17.8	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	18.1	°C																																																																																																												
Points Recorded	119																																																																																																													
210403H 100K	193.53	kN																																																																																																												
Diameter	10.19	cm																																																																																																												
Length	20.40	cm																																																																																																												
Cross-Sectional Area	81.55	cm ²																																																																																																												
Sample Age	14	day(s)																																																																																																												
Corrected Stress	23.73	MPa																																																																																																												
Average Pace Rate	0.25	MPa/sec																																																																																																												
Fracture Type	Type 1																																																																																																													
Correction Factor	1.000																																																																																																													
Temperature @ START	-11.3	°C																																																																																																												
Temperature @ FINISH	-11.4	°C																																																																																																												
Points Recorded	119																																																																																																													

Datos del cemento Atenas a los 28 días mina SOMIGU

--	--	--

Datos de Cemento Guapan a los 28 días mina SOMIGU

--	--	--

Datos del cemento Holcim a los 28 días mina SOMIGU

--	--	--

Datos del cemento Chimborazo a los 28 días mina SOMIGU

--	--	--

Contenido de impurezas orgánicas de los áridos finos**Mina RooKaazul****Mina SOMIGU****Tipos Rotura de los cilindros**

DISEÑO
PARA LA
MINA
ROOKAAZUL

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA ROOKAZUL UTILIZANDO EL CEMENTO ATENAS

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1445.69	[kg/m ³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m ³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2900	[kg/m ³]
Gs (Peso específico) :	2.90	[g/cm ³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	4.62	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.44	[g/cm ³]
Absorción:	3.31	[%]
MF (Módulo de finura)	2.89	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	1.00	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm ³]
Absorción:	1.81	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

-22 ACI COMMITTEE REPORT

TABLE A1.533 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate

Slump, mm	Water, Kg/m ³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75††	150††
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***†††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5***†††	3.0***†††	—
Extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***†††	4.0***†††

Agua [kg/m ³]:	205
Aire (m ³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [MPa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

	Valor a usar f'cr [Mpa] =	
NO	f'cr [Mpa] =	31.9 Sin Desv.
SI	f'cr [Mpa] =	27.154 Con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

	Relación agua - cemento, en masa	
NO	Sin aire incorporado	0.51
SI	Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm ³]
c = a/r	399.69	[kg/cm ³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

VOLUMEN DE ÁRIDO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (SI)				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso [mm]	Volumen de árido grueso seco por unidad de volumen de hormigón para diferentes módulos de finura del árido fino			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

En Función del TMN A. Grueso y módulo de finura A. Fino	
Datos para la Interpolación	
x=	2.89
x1=	2.8
x2=	3
y1=	0.62
y2=	0.60

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) + y_1$$

MF (Módulo de finura) A.F	2.89
Interpolación	0.611

TMN árido grueso [mm]	19
Volumen árido grueso [m³]	0.611243
Densidad árido grueso [kg/m³]	1445.69
Masa árido grueso [kg]	883.667

PASO 7) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE FINO

PRIMERA ESTIMACIÓN DE MASA DEL HORMIGÓN FRESCO (SI)		
TMN del agregado grueso [mm]	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
9.5	2280	2200
12.2	2310	2230
19	2345	2275
25.4	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
TOTAL	1488.36	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.64	[kg]

MÉTODO VOLUMEN ABSOLUTO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m³]
Cemento	0.138	[m³]
Árido Grueso Seco	0.339	[m³]
Aire	0.020	[m³]
TOTAL	0.702	[m³]
Concreto	1.000	[m³]
Árido Fino Seco	0.298	[m³]

Masa Arena [kg]	726.87
Árido fino [kg]	726.87

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
Aire	0	[kg]
TOTAL	1488.362	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.638	[kg]

MÉTODO DE ESTIMACIÓN

Material	VOLUMEN MATERIAL		MASA MATERIAL	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.21	[m ³]	205.00	[kg]
Cemento	0.14	[m ³]	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	0.34	[m ³]	883.67	[kg]
Aire	0.020	[m ³]	0	[kg]
TOTAL	0.702	[m ³]	1488.362	[kg]
Concreto	1.00	[m ³]	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	0.298	[m ³]	726.872	[kg]

8) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO

A. Grueso	1.00	%
A.Fino	4.62	%
A. Grueso Húmedo	892.5042	[kg]
A. Fino Húmedo	896.21	[kg]

AGUA SUPERFICIAL

A. Grueso [%]	-0.81	%
A.Fino [%]	1.31	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	200.489	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	892.504	[kg]
Árido Fino	896.214	[kg]
Total	2388.90	[kg]

9) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.24
Árido Grueso	2.23

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.010
Cemento	7.994
Árido Grueso	17.850
Árido Fino	17.924
Total	47.78

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc=	25.56	[kg]
Mm =	8.8623	[kg]
Vm =	0.007246	[m³]
Densidad =	2304.40	[Kg/m³]

$$Densidad = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	47.78	[kg]
D =	2304.40	[Kg/m³]
Y =	0.02073	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.02073	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	1.03667	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.02073	[m³]
-----------------------	---------	------

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]

Asentamiento Obtenido	2	[cm]
Aumentar Asentamiento	6	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	12	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centímetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	209.749	[kg]
Cantidad de Cemento	408.954	[kg]
Árido Grueso	852.411	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	209.749	[kg]
Cantidad de Cemento	408.954	[kg]
Árido Grueso	867.839	[kg]
Árido Fino	817.861	[kg]
Total	2304.40	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	867.839	[kg]
Peso Seco	852.411	[kg]
Peso Húmedo	860.935	[kg]
Exceso de Agua	-6.905	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	817.861	[kg]
Peso Seco	791.657	[kg]
Peso Húmedo	828.231	[kg]
Exceso de Agua	10.371	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	206.283	[kg]
Cantidad de Cemento	408.954	[kg]
Árido Grueso	860.935	[kg]
Árido Fino	828.231	[kg]
Total	2304.40	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	2.03	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	2.11	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	209.75	[kg]	209.75	[kg]	206.28	[kg]
Cemento	408.95	[kg]	408.95	[kg]	408.95	[kg]
Árido Grueso	852.41	[kg]	867.84	[kg]	860.93	[kg]
Árido Fino	791.66	[kg]	817.86	[kg]	828.23	[kg]
TOTAL	2262.77	[kg]	2304.40	[kg]	2304.40	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

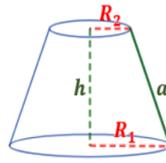
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	101.26	kg/saco	
Árido Grueso	105.26	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	25.81	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	N° De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m3]	0.0188496	m3	Volumen Requerido 1 [m3]	0.0000000	m3
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	5.87	Agua Corregida humedad	5.78
Cemento	11.45	Cemento	11.45
Árido Grueso	23.87	Árido Grueso	24.11
Árido Fino	22.17	Árido Fino	23.19
Total	63.36	Total	64.52

Asentamiento Obtenido en la práctica	8	[Cm]
--------------------------------------	---	------

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA ROOKAAZUL UTILIZANDO EL CEMENTO HOLCIM

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1445.69	[kg/m³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2890	[kg/m³]
Gs (Peso específico) :	2.89	[g/cm³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	4.64	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.44	[g/cm³]
Absorción:	3.31	[%]
MF (Módulo de finura)	2.89	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	0.81	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm³]
Absorción:	1.81	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

-22 ACI COMMITTEE REPORT

TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

	Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
Slump, mm	9.5"	12.5"	19"	25"	37.5"	50†*	75†‡	150†‡
	Non-air-entrained concrete							
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	Air-entrained concrete							
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0***††	3.0***††
Extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Agua [kg/m ³]:	205
Aire (m ³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [Mpa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

NO
SI

	Valor a usar f'cr [Mpa] =
f'cr [Mpa] =	31.9
f'cr [Mpa] =	27.154

Sin Desv.
Con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

NO
SI

Relación agua - cemento, en masa	
Sin aire incorporado	0.51
Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm ³]
c = a/r	399.69	[kg/cm ³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

VOLUMEN DE ÁRIDO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (SI)				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso [mm]	Volumen de árido grueso seco por unidad de volumen de hormigón para diferentes módulos de finura del árido fino			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

En Función del TMN A. Grueso y módulo de finura A. Fino	
Datos para la Interpolación	
x=	2.89
x1=	2.8
x2=	3
y1=	0.62
y2=	0.60

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) + y_1$$

MF (Módulo de finura) A.F	2.89
Interpolación	0.611

TMN árido grueso [mm]	19
Volumen árido grueso [m³]	0.611243
Densidad árido grueso [kg/m³]	1445.69
Masa árido grueso [kg]	883.667

PASO 7) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE FINO

PRIMERA ESTIMACIÓN DE MASA DEL HORMIGÓN FRESCO (SI)		
TMN del agregado grueso [mm]	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
9.5	2280	2200
12.2	2310	2230
19	2345	2275
25.4	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
TOTAL	1488.36	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.64	[kg]

MÉTODO VOLUMEN ABSOLUTO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m³]
Cemento	0.138	[m³]
Árido Grueso Seco	0.339	[m³]
Aire	0.020	[m³]
TOTAL	0.703	[m³]
Concreto	1.000	[m³]
Árido Fino Seco	0.297	[m³]

Masa Arena [kg]	725.71
Árido fino [kg]	725.71

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
Aire	0	[kg]
TOTAL	1488.362	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.638	[kg]

MÉTODO DE ESTIMACIÓN

Material	VOLUMEN MATERIAL		MASA MATERIAL	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.21	[m ³]	205.00	[kg]
Cemento	0.14	[m ³]	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	0.34	[m ³]	883.67	[kg]
Aire	0.020	[m ³]	0	[kg]
TOTAL	0.703	[m ³]	1488.362	[kg]
Concreto	1.00	[m ³]	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	0.297	[m ³]	725.708	[kg]

8) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO

A. Grueso	0.81	%
A. Fino	4.64	%
A. Grueso Húmedo	890.8461	[kg]
A. Fino Húmedo	896.39	[kg]

AGUA SUPERFICIAL

A. Grueso [%]	-1.00	%
A. Fino [%]	1.33	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	201.961	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	890.846	[kg]
Árido Fino	896.390	[kg]
Total	2388.89	[kg]

9) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.24
Árido Grueso	2.23

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.039
Cemento	7.994
Árido Grueso	17.817
Árido Fino	17.928
Total	47.78

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc=	25.605	[kg]
Mm =	8.829	[kg]
Vm =	0.007246	[m³]
Densidad =	2315.21	[Kg/m³]

$$Densidad = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	47.78	[kg]
D =	2315.21	[Kg/m³]
Y =	0.02064	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.02064	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	1.03183	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.02064	[m³]
Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]
Asentamiento Obtenido	5	[cm]
Aumentar Asentamiento	3	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	6	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centimetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	204.677	[kg]
Cantidad de Cemento	399.065	[kg]
Árido Grueso	856.411	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	204.677	[kg]
Cantidad de Cemento	399.065	[kg]
Árido Grueso	871.913	[kg]
Árido Fino	839.554	[kg]
Total	2315.21	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	871.913	[kg]
Peso Seco	856.411	[kg]
Peso Húmedo	863.369	[kg]
Exceso de Agua	-8.544	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	839.554	[kg]
Peso Seco	812.655	[kg]
Peso Húmedo	850.366	[kg]
Exceso de Agua	10.812	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	202.409	[kg]
Cantidad de Cemento	399.065	[kg]
Árido Grueso	863.369	[kg]
Árido Fino	850.366	[kg]
Total	2315.21	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	2.13	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	2.16	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	204.68	[kg]	204.68	[kg]	202.41	[kg]
Cemento	399.06	[kg]	399.06	[kg]	399.06	[kg]
Árido Grueso	856.41	[kg]	871.91	[kg]	863.37	[kg]
Árido Fino	812.66	[kg]	839.55	[kg]	850.37	[kg]
TOTAL	2272.81	[kg]	2315.21	[kg]	2315.21	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

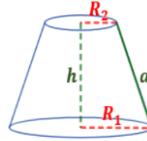
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	106.54	kg/saco	
Árido Grueso	108.17	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	25.32	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	Nº De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m ³]	0.0188496	m ³	Volumen Requerido 1 [m ³]	0.0000000	m ³
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	5.73	Agua Corregida humedad	5.67
Cemento	11.17	Cemento	11.17
Árido Grueso	23.98	Árido Grueso	24.17
Árido Fino	22.75	Árido Fino	23.81
Total	63.64	Total	64.83

Asentamiento Obtenido en la práctica	8.3	[Cm]
--------------------------------------	-----	------

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA ROOKAZUL UTILIZANDO EL CEMENTO GUAPAN

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1445.69	[kg/m³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2960	[kg/m³]
Gs (Peso específico) :	2.96	[g/cm³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	4.02	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.44	[g/cm³]
Absorción:	3.31	[%]
MF (Módulo de finura)	2.89	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	0.85	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm³]
Absorción:	1.81	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

-22 ACI COMMITTEE REPORT

TABLE A1.533 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate

Slump, mm	Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75††	150††
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***†††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5***†††	3.0***†††	—
Extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***†††	4.0***†††

Agua [kg/m ³]:	205
Aire (m ³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [MPa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

	Valor a usar f'cr [Mpa] =	
NO	f'cr [Mpa] =	31.9 Sin Desv.
SI	f'cr [Mpa] =	27.154 Con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

	Relación agua - cemento, en masa	
NO	Sin aire incorporado	0.51
SI	Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm ³]
c = a/r	399.69	[kg/cm ³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

VOLUMEN DE ÁRIDO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (SI)				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso [mm]	Volumen de árido grueso seco por unidad de volumen de hormigón para diferentes módulos de finura del árido fino			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

En Función del TMN A. Grueso y módulo de finura A. Fino	
Datos para la Interpolación	
x=	2.89
x1=	2.8
x2=	3
y1=	0.62
y2=	0.60

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) + y_1$$

MF (Módulo de finura) A.F	2.89
Interpolación	0.611

TMN árido grueso [mm]	19
Volumen árido grueso [m³]	0.611243
Densidad árido grueso [kg/m³]	1445.69
Masa árido grueso [kg]	883.667

PASO 7) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE FINO

PRIMERA ESTIMACIÓN DE MASA DEL HORMIGÓN FRESCO (SI)		
TMN del agregado grueso [mm]	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
9.5	2280	2200
12.2	2310	2230
19	2345	2275
25.4	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
TOTAL	1488.36	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.64	[kg]

MÉTODO VOLUMEN ABSOLUTO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m³]
Cemento	0.135	[m³]
Árido Grueso Seco	0.339	[m³]
Aire	0.020	[m³]
TOTAL	0.699	[m³]
Concreto	1.000	[m³]
Árido Fino Seco	0.301	[m³]

Masa Arena [kg]	733.69
Árido fino [kg]	733.69

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
Aire	0	[kg]
TOTAL	1488.362	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.638	[kg]

MÉTODO DE ESTIMACIÓN

Material	VOLUMEN MATERIAL		MASA MATERIAL	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.21	[m ³]	205.00	[kg]
Cemento	0.14	[m ³]	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	0.34	[m ³]	883.67	[kg]
Aire	0.020	[m ³]	0	[kg]
TOTAL	0.699	[m ³]	1488.362	[kg]
Concreto	1.00	[m ³]	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	0.301	[m ³]	733.688	[kg]

8) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO

A. Grueso	0.85	%
A.Fino	4.02	%
A. Grueso Húmedo	891.1507	[kg]
A. Fino Húmedo	891.12	[kg]

AGUA SUPERFICIAL

A. Grueso [%]	-0.96	%
A.Fino [%]	0.71	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	207.214	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	891.151	[kg]
Árido Fino	891.115	[kg]
Total	2389.17	[kg]

9) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.23
Árido Grueso	2.23

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.144
Cemento	7.994
Árido Grueso	17.823
Árido Fino	17.822
Total	47.78

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc=	25.616	[kg]
Mm =	8.8623	[kg]
Vm =	0.007246	[m³]
Densidad =	2312.13	[Kg/m³]

$$Densidad = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	47.78	[kg]
D =	2312.13	[Kg/m³]
Y =	0.02067	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.02067	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	1.03332	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.02067	[m³]
-----------------------	---------	------

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]

Asentamiento Obtenido	1	[cm]
Aumentar Asentamiento	7	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	14	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centímetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	212.389	[kg]
Cantidad de Cemento	414.102	[kg]
Árido Grueso	855.172	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	212.389	[kg]
Cantidad de Cemento	414.102	[kg]
Árido Grueso	870.650	[kg]
Árido Fino	814.989	[kg]
Total	2312.13	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	870.650	[kg]
Peso Seco	855.172	[kg]
Peso Húmedo	862.414	[kg]
Exceso de Agua	-8.237	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	814.989	[kg]
Peso Seco	788.877	[kg]
Peso Húmedo	820.628	[kg]
Exceso de Agua	5.639	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	214.987	[kg]
Cantidad de Cemento	414.102	[kg]
Árido Grueso	862.414	[kg]
Árido Fino	820.628	[kg]
Total	2312.13	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	1.98	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	2.08	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	212.39	[kg]	212.39	[kg]	214.99	[kg]
Cemento	414.10	[kg]	414.10	[kg]	414.10	[kg]
Árido Grueso	855.17	[kg]	870.65	[kg]	862.41	[kg]
Árido Fino	788.88	[kg]	814.99	[kg]	820.63	[kg]
TOTAL	2270.54	[kg]	2312.13	[kg]	2312.13	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

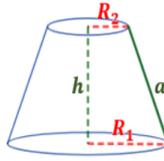
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	99.09	kg/saco	
Árido Grueso	104.13	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	26.89	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	Nº De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m3]	0.0188496	m3	Volumen Requerido 1 [m3]	0.0000000	m3
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	5.95	Agua Corregida humedad	6.02
Cemento	11.59	Cemento	11.59
Árido Grueso	23.94	Árido Grueso	24.15
Árido Fino	22.09	Árido Fino	22.98
Total	63.58	Total	64.74

Asentamiento Obtenido en la práctica	8	[Cm]
--------------------------------------	---	------

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA ROOKAZUL UTILIZANDO EL CEMENTO CHIMBORAZO

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1445.69	[kg/m³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2810	[kg/m³]
Gs (Peso específico) :	2.81	[g/cm³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	3.90	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.44	[g/cm³]
Absorción:	3.31	[%]
MF (Módulo de finura)	2.89	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	0.93	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm³]
Absorción:	1.81	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

-22 ACI COMMITTEE REPORT

TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

	Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
Slump, mm	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75†‡	150†‡
	Non-air-entrained concrete							
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	Air-entrained concrete							
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5****	1.0****
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5****	3.0****	—
Extreme exposure††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5****	4.0****

Agua [kg/m³]:	205
Aire (m³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [Mpa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

NO
SI

	Valor a usar f'cr [Mpa] =
f'cr [Mpa] =	31.9
f'cr [Mpa] =	27.154

Sin Desv.
Con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

NO
SI

Relación agua - cemento, en masa	
Sin aire incorporado	0.51
Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm³]
c = a/r	399.69	[kg/cm³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

VOLUMEN DE ÁRIDO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (SI)				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso [mm]	Volumen de árido grueso seco por unidad de volumen de hormigón para diferentes módulos de finura del árido fino			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

En Función del TMN A. Grueso y módulo de finura A. Fino	
Datos para la Interpolación	
x=	2.89
x1=	2.8
x2=	3
y1=	0.62
y2=	0.60

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) + y_1$$

MF (Módulo de finura) A.F	2.89
Interpolación	0.611

TMN árido grueso [mm]	19
Volumen árido grueso [m³]	0.611243
Densidad árido grueso [kg/m³]	1445.69
Masa árido grueso [kg]	883.667

PASO 7) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE FINO

PRIMERA ESTIMACIÓN DE MASA DEL HORMIGÓN FRESCO (SI)		
TMN del agregado grueso [mm]	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
9.5	2280	2200
12.2	2310	2230
19	2345	2275
25.4	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
TOTAL	1488.36	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.64	[kg]

MÉTODO VOLUMEN ABSOLUTO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m³]
Cemento	0.142	[m³]
Árido Grueso Seco	0.339	[m³]
Aire	0.020	[m³]
TOTAL	0.707	[m³]
Concreto	1.000	[m³]
Árido Fino Seco	0.293	[m³]

Masa Arena [kg]	716.10
Árido fino [kg]	716.10

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	883.67	[kg]
Aire	0	[kg]
TOTAL	1488.362	[kg]
Concreto	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	856.638	[kg]

MÉTODO DE ESTIMACIÓN

Material	VOLUMEN MATERIAL		MASA MATERIAL	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.21	[m ³]	205.00	[kg]
Cemento	0.14	[m ³]	399.69	[kg]
Árido Grueso Seco	0.34	[m ³]	883.67	[kg]
Aire	0.020	[m ³]	0	[kg]
TOTAL	0.707	[m ³]	1488.362	[kg]
Concreto	1.00	[m ³]	2345.00	[kg]
Árido Fino Seco	0.293	[m ³]	716.101	[kg]

8) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO

A. Grueso	0.93	%
A. Fino	3.90	%
A. Grueso Húmedo	891.8844	[kg]
A. Fino Húmedo	890.04	[kg]

AGUA SUPERFICIAL

A. Grueso [%]	-0.88	%
A. Fino [%]	0.59	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	207.602	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	891.884	[kg]
Árido Fino	890.043	[kg]
Total	2389.22	[kg]

9) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.23
Árido Grueso	2.23

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.152
Cemento	7.994
Árido Grueso	17.838
Árido Fino	17.801
Total	47.78

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc =	25.51	[kg]
Mm =	8.862	[kg]
Vm =	0.007246	[m³]
Densidad =	2297.54	[Kg/m³]

$$Densidad = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	47.78	[kg]
D =	2297.54	[Kg/m³]
Y =	0.02080	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.02080	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	1.03990	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.02080	[m³]
Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]
Asentamiento Obtenido	1	[cm]
Aumentar Asentamiento	7	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	14	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centímetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	211.134	[kg]
Cantidad de Cemento	411.654	[kg]
Árido Grueso	849.759	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	211.134	[kg]
Cantidad de Cemento	411.654	[kg]
Árido Grueso	865.139	[kg]
Árido Fino	809.617	[kg]
Total	2297.54	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	865.139	[kg]
Peso Seco	849.759	[kg]
Peso Húmedo	857.660	[kg]
Exceso de Agua	-7.479	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	809.617	[kg]
Peso Seco	783.677	[kg]
Peso Húmedo	814.237	[kg]
Exceso de Agua	4.621	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	213.992	[kg]
Cantidad de Cemento	411.654	[kg]
Árido Grueso	857.660	[kg]
Árido Fino	814.237	[kg]
Total	2297.54	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	1.98	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	2.08	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	211.13	[kg]	211.13	[kg]	213.99	[kg]
Cemento	411.65	[kg]	411.65	[kg]	411.65	[kg]
Árido Grueso	849.76	[kg]	865.14	[kg]	857.66	[kg]
Árido Fino	783.68	[kg]	809.62	[kg]	814.24	[kg]
TOTAL	2256.22	[kg]	2297.54	[kg]	2297.54	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

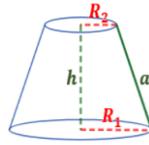
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	98.90	kg/saco	
Árido Grueso	104.17	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	26.77	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	Nº De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m3]	0.0188496	m3	Volumen Requerido 1 [m3]	0.0000000	m3
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	5.91	Agua Corregida humedad	5.99
Cemento	11.53	Cemento	11.53
Árido Grueso	23.79	Árido Grueso	24.01
Árido Fino	21.94	Árido Fino	22.80
Total	63.17	Total	64.33

Asentamiento Obtenido en la práctica	7.7	[Cm]
--------------------------------------	-----	------

Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura	Edad del concreto	Peso del Cilindro en (kg)	Diámetro del Cilindro (cm)	Altura del Cilindro (cm)	Tipo de Fractura	Resistencia (Mpa)	Resistencia en (kg/cm²)	Rango aceptable de variación (10.6%) [%] entre cada cilindro ("C1"- "C2"- "C3")	Datos aceptables	Promedio [kg/cm2]	Gráfica de la resistencia en porcentaje (%)	Promedio [%]	Tipo de Cemento	Nombre del Cemento
28/5/2024	31/5/2024	3	3.912	10.2	20.3	2	11.86	120.94	C1 y C2	4.49%	SI	50.39%	51.13%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.849	10.18	20.4	2	12.3	125.42	C2 Y C3	3.67%	SI	52.26%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.876	10.08	20.5	2	11.94	121.75	C1 y C3	0.82%	SI	50.73%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	4.0165	10.29	20.5	2	18.71	190.79	C1 y C2	0.41%	SI	79.49%	79.04%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.897	10.22	20.4	2	18.67	190.38	C2 y C3	2.45%	SI	79.32%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.8735	10.13	20.4	2	18.43	187.93	C1 y C3	2.86%	SI	78.30%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.8487	10.18	20.2	3	22.27	227.09	C1 y C2	5.61%	SI	94.62%	96.74%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.8793	10.2	20.4	3	22.82	232.70	C2 y C3	4.08%	SI	96.96%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9365	10.2	20.4	3	23.22	236.77	C1 y C3	9.69%	SI	98.66%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.8843	10.26	20.5	3	27.46	280.01	C1 y C2	12.03%	NO	116.67%	112.40%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.8597	10.15	20.5	3	26.28	267.98	C2 y C3	3.57%	SI	111.66%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.9139	10.25	20.4	3	26.63	271.55	C1 y C3	8.46%	SI	113.14%		GU	Cemento Atenas
31/5/2024	3/6/2024	3	3.8357	10.21	20.4	2	10.4	106.05	C1 y C2	5.40%	SI	44.19%	44.91%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.8114	10.19	20.2	2	9.87	100.64	C2 Y C3	8.87%	SI	41.94%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.928	10.37	20.4	2	10.74	109.52	C1 y C3	3.47%	SI	45.63%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.8402	10.33	20.3	2	14.06	143.37	C1 y C2	5.40%	SI	59.74%	60.86%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.798	10.19	20.3	2	14.59	148.77	C2 y C3	5.40%	SI	61.99%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.859	10.16	20.4	2	16.43	167.54	C1 y C3	24.17%	NO	69.81%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8243	10.15	20.4	3	18.76	191.30	C1 y C2	1.73%	SI	79.71%	79.69%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8134	10.15	20.4	3	18.59	189.56	C2 y C3	3.37%	SI	78.98%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8376	10.15	20.4	3	18.92	192.93	C1 y C3	1.63%	SI	80.39%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.816	10.21	20.5	3	24.35	248.30	C1 y C2	3.77%	SI	103.46%	102.67%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.815	10.12	20.4	3	23.98	244.52	C2 y C1	3.77%	SI	101.89%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.909	10.15	20.4	3	22.78	232.29	C2 y C3	12.24%	NO	96.79%		GU	Cemento Guapan
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8193	10.18	20.5	2	10.2	104.01	C1 y C3	3.47%	SI	43.34%	43.33%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8572	10.26	20.4	2	9.85	100.44	C2 Y C3	7.04%	SI	41.85%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8476	10.24	20.3	2	10.54	107.48	C1 y C3	3.47%	SI	44.78%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8363	10.19	20.4	2	15.09	153.87	C1 y C2	8.46%	SI	64.11%	65.43%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8642	10.2	20.4	2	15.92	162.34	C2 y C3	7.44%	SI	67.64%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8581	10.24	20.3	2	15.19	154.89	C1 y C3	1.02%	SI	64.54%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.8843	10.31	20.3	3	18.83	192.01	C1 y C2	1.73%	SI	80.00%	79.47%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.6594	10.03	20	3	18.66	190.28	C2 y C3	0.41%	SI	79.28%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.8301	10.25	20.4	3	18.62	189.87	C1 y C3	2.14%	SI	79.11%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.844	10.2	20.3	3	23.72	241.87	C1 y C2	6.42%	SI	100.78%	102.04%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.835	10.22	20.4	3	24.35	248.30	C2 y C3	3.77%	SI	103.46%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.809	10.13	20.4	3	23.98	244.52	C1 y C3	2.65%	SI	101.89%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8434	10.23	20.4	2	10.42	106.25	C1 y C2	4.49%	SI	44.27%	43.42%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	6/6/2024	3	3.8401	10.17	20.4	2	9.98	101.77	C2 Y C3	2.86%	SI	42.40%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	6/6/2024	3	3.6661	10.01	20.1	2	10.26	104.62	C1 y C3	1.63%	SI	43.59%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8775	10.22	20.5	2	17.39	177.33	C1 y C2	4.69%	SI	73.89%	71.99%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8482	10.22	20.5	2	16.93	172.64	C2 y C3	4.28%	SI	71.93%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	10/6/2024	7	3.8548	10.18	20.5	2	16.51	168.35	C1 y C3	8.97%	SI	70.13%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	17/6/2024	14	3.6723	10.02	20.2	3	22.1	225.35	C1 y C2	8.87%	SI	93.90%	92.21%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	17/6/2024	14	3.8915	10.22	20.5	3	21.23	216.48	C2 y C3	5.61%	SI	90.20%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	17/6/2024	14	3.7219	10.25	20.2	3	21.78	222.09	C1 y C3	3.26%	SI	92.54%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	1/7/2024	28	3.973	10.24	20.3	3	24.94	254.31	C1 y C2	6.93%	SI	105.96%	106.53%	GU	Cemento Holcim
3/6/2024	1/7/2024	28	3.677	10	20.2	3	25.62	261.25	C2 y C3	9.79%	SI	108.85%		GU	Cemento Holcim
3/6/2024	1/7/2024	28	3.649	10	20.2	3	24.66	251.46	C2 y C3	9.79%	SI	104.77%		GU	Cemento Holcim

Datos para la Curva de Crecimiento de los Cementos

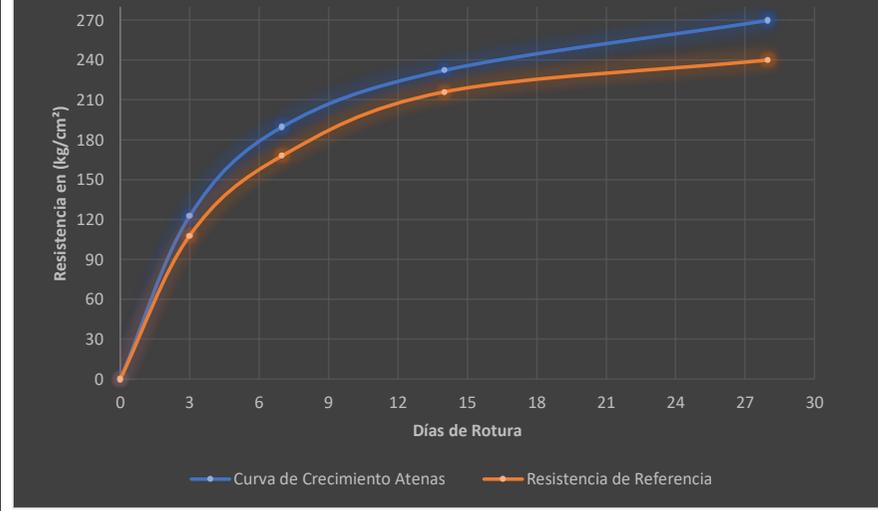
Cemento Atenas

Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	122.704	108
7	189.698	168
14	232.186	216
28	269.762	240

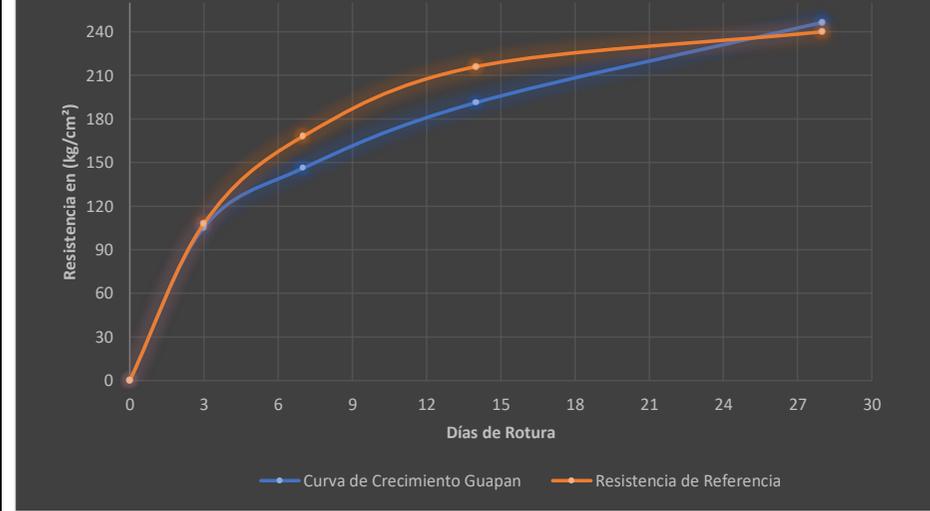
Cemento Guapan

Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	105.403	108
7	146.072	168
14	191.262	216
28	246.411	240

Curvas de Crecimiento Atenas

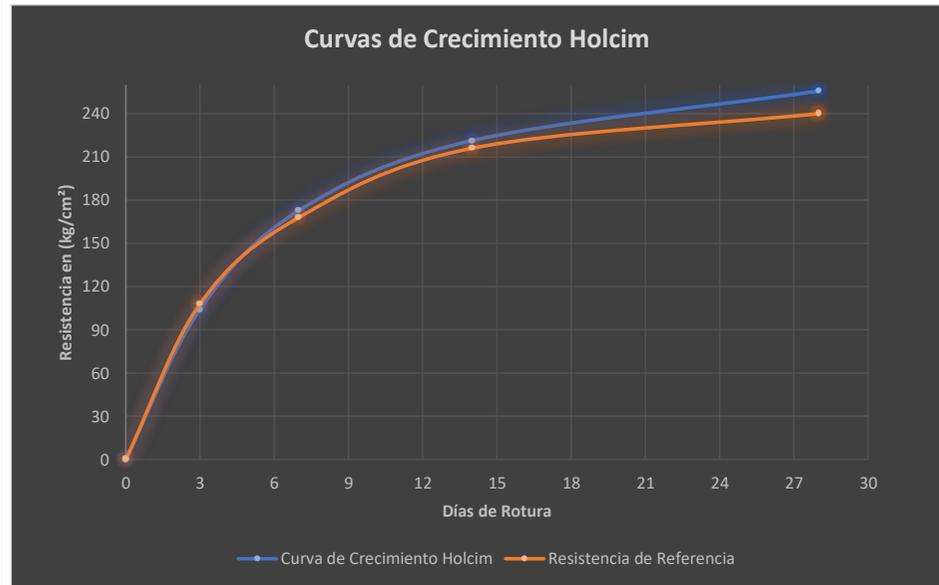
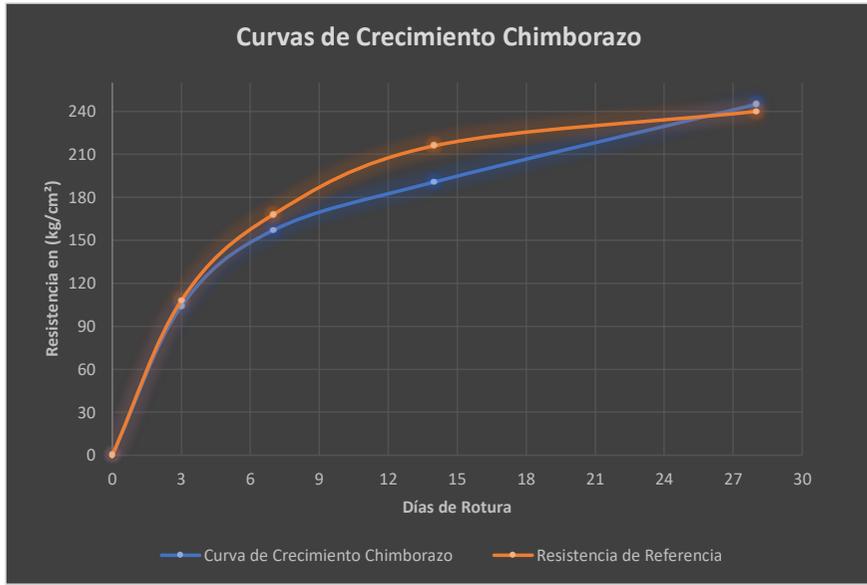


Curvas de Crecimiento Guapan

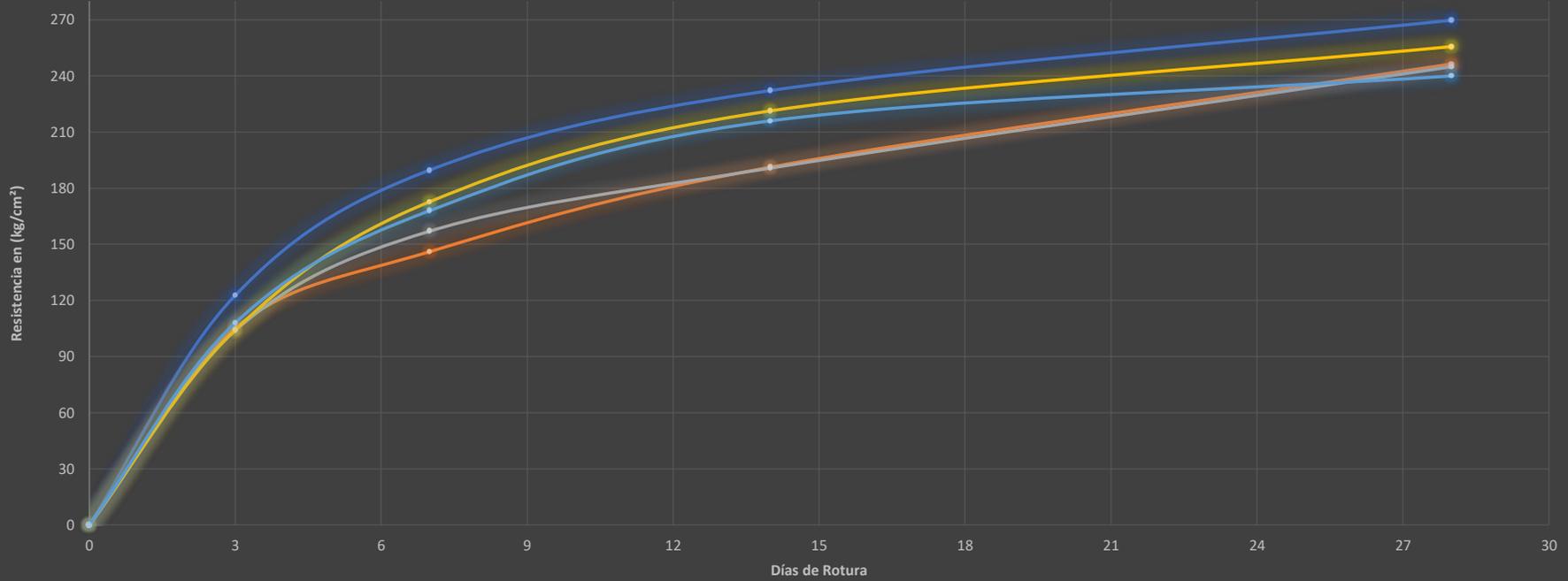


Cemento Chimborazo		
Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	103.975	108
7	157.034	168
14	190.718	216
28	244.898	240

Cemento Holcim		
Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	104.213	108
7	172.771	168
14	221.309	216
28	255.673	240

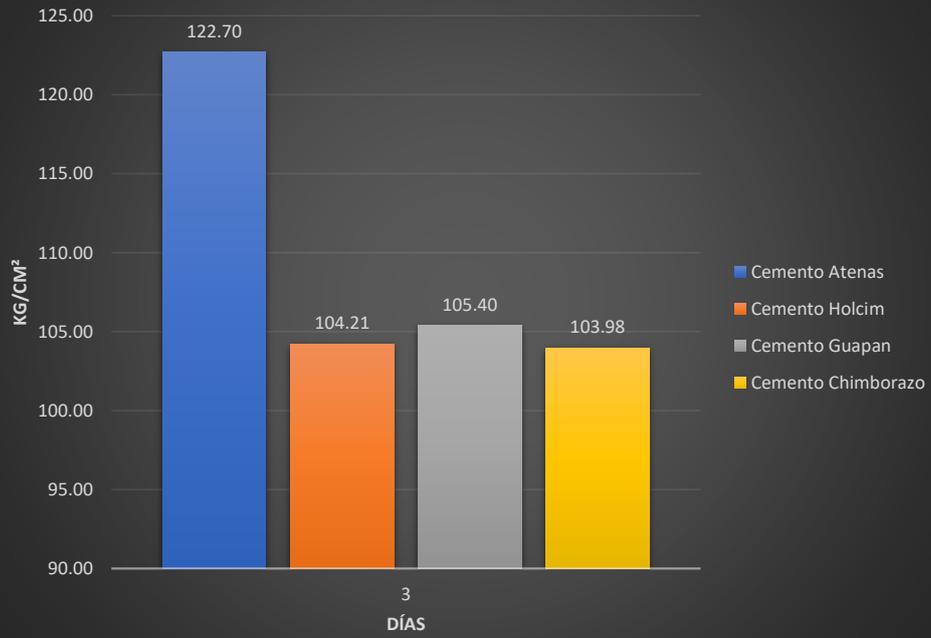


Curva de Crecimiento de cada Cemento

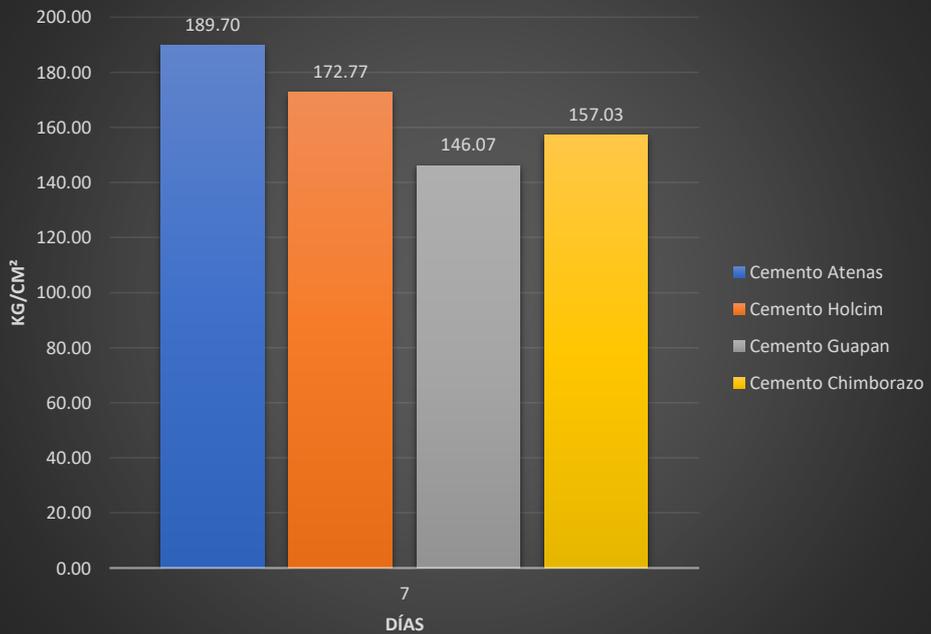


—●— Cemento Atenas —●— Cemento Guapan —●— Cemento Chimborazo —●— Cemento Holcim —●— Resistencia de Referencia

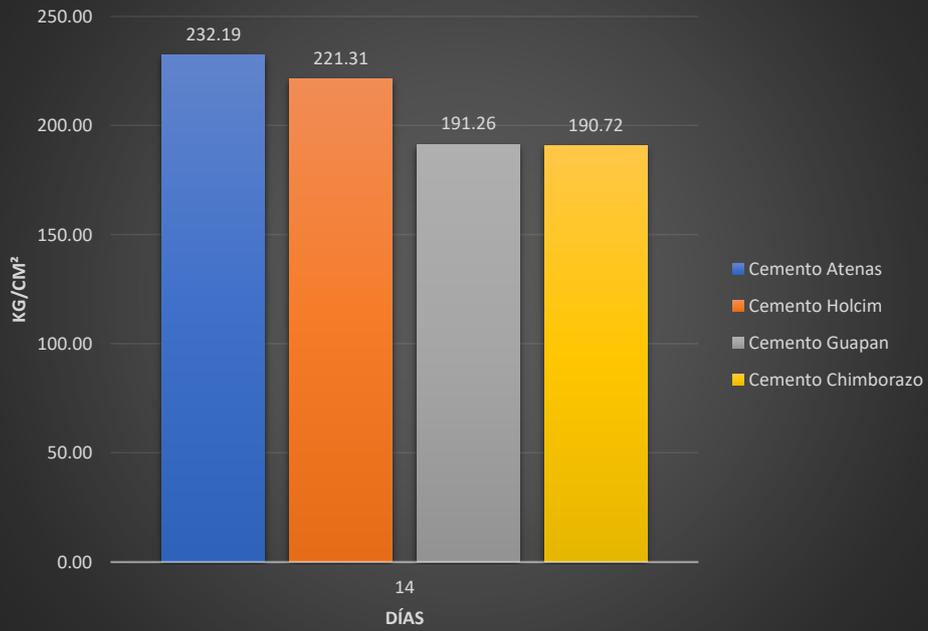
GRÁFICAS A TRES DÍAS



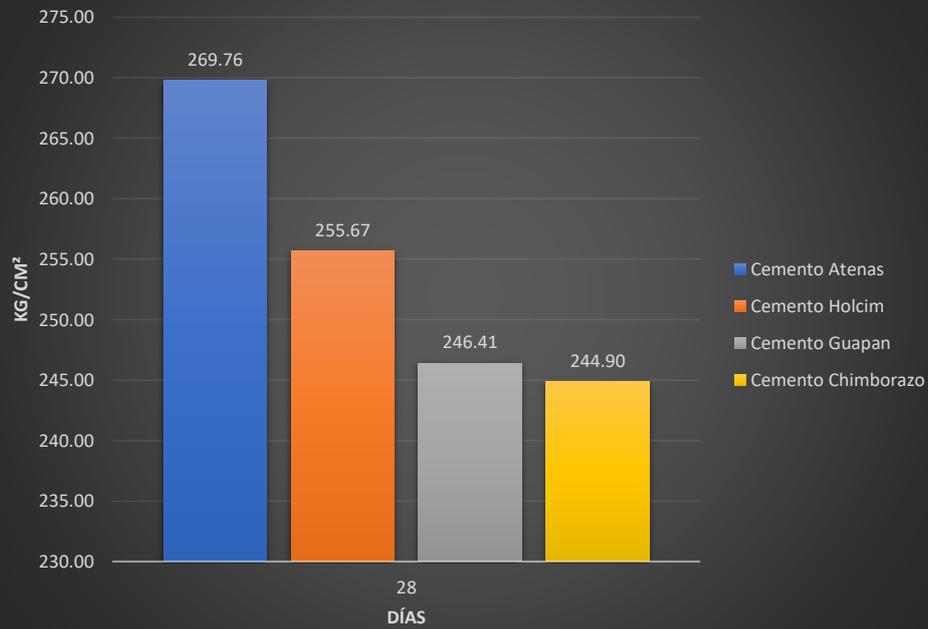
GRÁFICAS A SIETE DÍAS



GRÁFICAS A CATORCE DÍAS



GRÁFICAS A VEINTIOCHO DÍAS



DISEÑO
PARA LA
MINA
SOMIGU

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA SOMIGU UTILIZANDO EL CEMENTO ATENAS

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1506.58	[kg/m³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2900	[kg/m³]
Gs (Peso específico) :	2.90	[g/cm³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	2.10	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.59	[g/cm³]
Absorción:	1.83	[%]
MF (Módulo de finura)	4.00	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	1.19	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm³]
Absorción:	1.48	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

ACI COMMITTEE REPORT

TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate

Slump, mm	9.5"	12.5"	19"	25"	37.5"	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	193	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
Extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Agua [kg/m³]:	205
Aire (m³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [Mpa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

NO
SI

	Valor a usar f'cr [Mpa] =
f'cr [Mpa] =	31.9
f'cr [Mpa] =	27.154

sin Desv.
con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

NO
SI

Relación agua - cemento, en masa	
Sin aire incorporado	0.51
Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm³]
c = a/r	399.69	[kg/cm³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.2050	[m³]
Cemento	0.1378	[m³]
Aire	0.0200	[m³]
TOTAL	0.3628	[m³]
Concreto	1.0000	[m³]
Áridos	0.6372	[m³]

Densidades (SH) kg/m3	
A_Fino	2583.19
A_Grueso	2600.34

Corrección por Árido mal gradado (RNL)	
PORCENTAJE ÁRIDO FINO (%)	54.31
PORCENTAJE ÁRIDO GRUESO (%)	45.69

AJUSTE DE ÁRIDO	
VOLUMEN DE ARIDOS	0.6372
DENSIDAD PROMEDIO	2591.024
MASA ÁRIDO GRUESO	754.331
MASA ÁRIDO FINO	896.637

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Aire	0	[kg]
Árido Grueso Seco	754.33	[kg]
Árido Fino Seco	896.64	[kg]
Total	2255.66	[kg]

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m ³]
Cemento	0.138	[m ³]
Aire	0.020	[m ³]
Árido Grueso Seco	0.290	[m ³]
Árido Fino Seco	0.347	[m ³]
Total	1.00	[m ³]

7) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO		
A. Grueso	1.19	%
A. Fino	2.10	%
A. Grueso Húmedo	763.3079	[kg]
A. Fino Húmedo	915.466	[kg]

AGUA SUPERFICIAL		
A. Grueso [%]	-0.29	%
A. Fino [%]	0.27	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	204.742	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	763.308	[kg]
Árido Fino	915.466	[kg]
Total	2283.21	[kg]

8) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.29
Árido Grueso	1.91

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.095
Cemento	7.994
Árido Grueso	15.266
Árido Fino	18.309
Total	45.66

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc=	25.573	[kg]
Mm =	8.7097	[kg]
Vm =	0.007255	[m³]
Densidad =	2324.37	[Kg/m³]

$$\text{Densidad} = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	45.66	[kg]
D =	2324.37	[Kg/m³]
Y =	0.01965	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.01965	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	0.98229	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.01965	[m³]
-----------------------	---------	------

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]

Asentamiento Obtenido	1.5	[cm]
Aumentar Asentamiento	6.5	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	13	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centimetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	221.695	[kg]
Cantidad de Cemento	432.247	[kg]
Árido Grueso	767.930	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	221.695	[kg]
Cantidad de Cemento	432.247	[kg]
Árido Grueso	779.295	[kg]
Árido Fino	891.133	[kg]
Total	2324.37	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	779.295	[kg]
Peso Seco	767.930	[kg]
Peso Húmedo	777.068	[kg]
Exceso de Agua	-2.227	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	891.133	[kg]
Peso Seco	875.118	[kg]
Peso Húmedo	893.495	[kg]
Exceso de Agua	2.363	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	221.560	[kg]
Cantidad de Cemento	432.247	[kg]
Árido Grueso	777.068	[kg]
Árido Fino	893.495	[kg]
Total	2324.37	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	2.07	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	1.80	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	221.70	[kg]	221.70	[kg]	221.56	[kg]
Cemento	432.25	[kg]	432.25	[kg]	432.25	[kg]
Árido Grueso	767.93	[kg]	779.29	[kg]	777.07	[kg]
Árido Fino	875.12	[kg]	891.13	[kg]	893.50	[kg]
TOTAL	2296.99	[kg]	2324.37	[kg]	2324.37	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

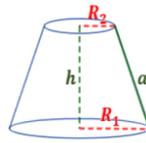
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	103.35	kg/saco	
Árido Grueso	89.89	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	27.72	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	N° De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m3]	0.0188496	m3	Volumen Requerido 1 [m3]	0.0000000	m3
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	6.21	Agua Corregida humedad	6.20
Cemento	12.10	Cemento	12.10
Árido Grueso	21.50	Árido Grueso	21.76
Árido Fino	24.50	Árido Fino	25.02
Total	64.32	Total	65.08

Asentamiento Obtenido en la práctica	8	[Cm]
--------------------------------------	---	------

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA SOMIGU UTILIZANDO EL CEMENTO HOLCIM

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1506.58	[kg/m³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2890	[kg/m³]
Gs (Peso específico) :	2.89	[g/cm³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	1.85	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.59	[g/cm³]
Absorción:	1.83	[%]
MF (Módulo de finura)	4.00	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	1.54	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm³]
Absorción:	1.48	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

ACI COMMITTEE REPORT

TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate

Slump, mm	9.5"	12.5"	19"	25"	37.5"	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	193	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
Extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Agua [kg/m³]:	205
Aire (m³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [Mpa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

NO
SI

	Valor a usar f'cr [Mpa] =
f'cr [Mpa] =	31.9
f'cr [Mpa] =	27.154

sin Desv.
con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

NO
SI

Relación agua - cemento, en masa	
Sin aire incorporado	0.51
Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm³]
c = a/r	399.69	[kg/cm³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.2050	[m³]
Cemento	0.1383	[m³]
Aire	0.0200	[m³]
TOTAL	0.3633	[m³]
Concreto	1.0000	[m³]
Áridos	0.6367	[m³]

Densidades (SH) kg/m3	
A_Fino	2583.19
A_Grueso	2600.34

Corrección por Árido mal gradado (RNL)	
PORCENTAJE ÁRIDO FINO (%)	54.31
PORCENTAJE ÁRIDO GRUESO (%)	45.69

AJUSTE DE ÁRIDO	
VOLUMEN DE ARIDOS	0.6367
DENSIDAD PROMEDIO	2591.024
MASA ÁRIDO GRUESO	753.767
MASA ÁRIDO FINO	895.965

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Aire	0	[kg]
Árido Grueso Seco	753.77	[kg]
Árido Fino Seco	895.97	[kg]
Total	2254.43	[kg]

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m ³]
Cemento	0.138	[m ³]
Aire	0.020	[m ³]
Árido Grueso Seco	0.290	[m ³]
Árido Fino Seco	0.347	[m ³]
Total	1.00	[m ³]

7) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO		
A. Grueso	1.54	%
A. Fino	1.85	%
A. Grueso Húmedo	765.3748	[kg]
A. Fino Húmedo	912.541	[kg]

AGUA SUPERFICIAL		
A. Grueso [%]	0.06	%
A. Fino [%]	0.02	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	204.358	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	765.375	[kg]
Árido Fino	912.541	[kg]
Total	2281.97	[kg]

8) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.28
Árido Grueso	1.91

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.087
Cemento	7.994
Árido Grueso	15.307
Árido Fino	18.251
Total	45.64

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc=	25.928	[kg]
Mm =	8.829	[kg]
Vm =	0.007246	[m³]
Densidad =	2359.78	[Kg/m³]

$$Densidad = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	45.64	[kg]
D =	2359.78	[Kg/m³]
Y =	0.01934	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.01934	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	0.96702	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.01934	[m³]
-----------------------	---------	------

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]

Asentamiento Obtenido	1	[cm]
Aumentar Asentamiento	7	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	14	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centimetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	225.991	[kg]
Cantidad de Cemento	440.621	[kg]
Árido Grueso	779.471	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	225.991	[kg]
Cantidad de Cemento	440.621	[kg]
Árido Grueso	791.007	[kg]
Árido Fino	902.167	[kg]
Total	2359.78	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	791.007	[kg]
Peso Seco	779.471	[kg]
Peso Húmedo	791.474	[kg]
Exceso de Agua	0.468	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	902.167	[kg]
Peso Seco	885.954	[kg]
Peso Húmedo	902.344	[kg]
Exceso de Agua	0.177	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	225.346	[kg]
Cantidad de Cemento	440.621	[kg]
Árido Grueso	791.474	[kg]
Árido Fino	902.344	[kg]
Total	2359.78	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	2.05	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	1.80	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	225.99	[kg]	225.99	[kg]	225.35	[kg]
Cemento	440.62	[kg]	440.62	[kg]	440.62	[kg]
Árido Grueso	779.47	[kg]	791.01	[kg]	791.47	[kg]
Árido Fino	885.95	[kg]	902.17	[kg]	902.34	[kg]
TOTAL	2332.04	[kg]	2359.78	[kg]	2359.78	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

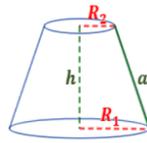
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	102.39	kg/saco	
Árido Grueso	89.81	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	28.19	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	N° De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m3]	0.0188496	m3	Volumen Requerido 1 [m3]	0.0000000	m3
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	6.33	Agua Corregida humedad	6.31
Cemento	12.34	Cemento	12.34
Árido Grueso	21.83	Árido Grueso	22.16
Árido Fino	24.81	Árido Fino	25.27
Total	65.30	Total	66.07

Asentamiento Obtenido en la práctica	8	[Cm]
--------------------------------------	---	------

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA SOMIGU UTILIZANDO EL CEMENTO GUAPAN

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1506.58	[kg/m³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2960	[kg/m³]
Gs (Peso específico) :	2.96	[g/cm³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	1.78	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.59	[g/cm³]
Absorción:	1.83	[%]
MF (Módulo de finura)	4.00	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	0.75	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm³]
Absorción:	1.48	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

ACI COMMITTEE REPORT
TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate

Slump, mm	9.5"	12.5"	19"	25"	37.5"	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	193	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
Extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Agua [kg/m³]:	205
Aire (m³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [Mpa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

NO
SI

	Valor a usar f'cr [Mpa] =
f'cr [Mpa] =	31.9
f'cr [Mpa] =	27.154

sin Desv.
con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

NO
SI

Relación agua - cemento, en masa	
Sin aire incorporado	0.51
Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm³]
c = a/r	399.69	[kg/cm³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.2050	[m³]
Cemento	0.1350	[m³]
Aire	0.0200	[m³]
TOTAL	0.3600	[m³]
Concreto	1.0000	[m³]
Áridos	0.6400	[m³]

Densidades (SH) kg/m3	
A_Fino	2583.19
A_Grueso	2600.34

Corrección por Árido mal gradado (RNL)	
PORCENTAJE ÁRIDO FINO (%)	54.31
PORCENTAJE ÁRIDO GRUESO (%)	45.69

AJUSTE DE ÁRIDO	
VOLUMEN DE ARIDOS	0.6400
DENSIDAD PROMEDIO	2591.024
MASA ÁRIDO GRUESO	757.639
MASA ÁRIDO FINO	900.568

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Aire	0	[kg]
Árido Grueso Seco	757.64	[kg]
Árido Fino Seco	900.57	[kg]
Total	2262.90	[kg]

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m ³]
Cemento	0.135	[m ³]
Aire	0.020	[m ³]
Árido Grueso Seco	0.291	[m ³]
Árido Fino Seco	0.349	[m ³]
Total	1.00	[m ³]

7) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO		
A. Grueso	0.75	%
A. Fino	1.78	%
A. Grueso Húmedo	763.3211	[kg]
A. Fino Húmedo	916.598	[kg]

AGUA SUPERFICIAL		
A. Grueso [%]	-0.73	%
A. Fino [%]	-0.05	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	211.031	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	763.321	[kg]
Árido Fino	916.598	[kg]
Total	2290.64	[kg]

8) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.29
Árido Grueso	1.91

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.221
Cemento	7.994
Árido Grueso	15.266
Árido Fino	18.332
Total	45.81

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc=	25.796	[kg]
Mm =	8.7097	[kg]
Vm =	0.007255	[m³]
Densidad =	2355.11	[Kg/m³]

$$Densidad = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	45.81	[kg]
D =	2355.11	[Kg/m³]
Y =	0.01945	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.01945	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	0.97263	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.01945	[m³]
-----------------------	---------	------

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]

Asentamiento Obtenido	0.5	[cm]
Aumentar Asentamiento	7.5	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	15	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centimetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	225.769	[kg]
Cantidad de Cemento	440.189	[kg]
Árido Grueso	778.960	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	225.769	[kg]
Cantidad de Cemento	440.189	[kg]
Árido Grueso	790.489	[kg]
Árido Fino	898.660	[kg]
Total	2355.11	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	790.489	[kg]
Peso Seco	778.960	[kg]
Peso Húmedo	784.802	[kg]
Exceso de Agua	-5.686	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	898.660	[kg]
Peso Seco	882.511	[kg]
Peso Húmedo	898.219	[kg]
Exceso de Agua	-0.441	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	231.897	[kg]
Cantidad de Cemento	440.189	[kg]
Árido Grueso	784.802	[kg]
Árido Fino	898.219	[kg]
Total	2355.11	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	2.04	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	1.78	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	225.77	[kg]	225.77	[kg]	231.90	[kg]
Cemento	440.19	[kg]	440.19	[kg]	440.19	[kg]
Árido Grueso	778.96	[kg]	790.49	[kg]	784.80	[kg]
Árido Fino	882.51	[kg]	898.66	[kg]	898.22	[kg]
TOTAL	2327.43	[kg]	2355.11	[kg]	2355.11	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

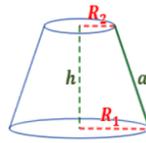
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	102.03	kg/saco	
Árido Grueso	89.14	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	29.01	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	N° De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m3]	0.0188496	m3	Volumen Requerido 1 [m3]	0.0000000	m3
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	6.32	Agua Corregida humedad	6.49
Cemento	12.33	Cemento	12.33
Árido Grueso	21.81	Árido Grueso	21.97
Árido Fino	24.71	Árido Fino	25.15
Total	65.17	Total	65.94

Asentamiento Obtenido en la práctica	8	[Cm]
--------------------------------------	---	------

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN PARA LA MINA SOMIGU UTILIZANDO EL CEMENTO CHIMBORAZO

Resistencia Requerida:	23.54	[MPa]
Asentamiento:	75 a 100	[mm]
TMN:	19	[mm]
Masa Unitaria Compactada Seca	1506.58	[kg/m³]
INGRESE LA TEMPERATURA (°C) DEL AMBIENTE EN EL QUE VA A TRABAJAR	12	[°C]
Densidad del Agua	1000	[kg/m³]

1 Mpa	kg/cm²
1	10.197
23.54	240

CEMENTO		
Densidad del cemento	2810	[kg/m³]
Gs (Peso específico) :	2.81	[g/cm³]

ÁRIDO FINO		
Humedad del Ensayo :	1.55	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.59	[g/cm³]
Absorción:	1.83	[%]
MF (Módulo de finura)	4.00	

ÁRIDO GRUESO		
Humedad del Ensayo :	1.06	[%]
Gs (Peso específico seco) :	2.61	[g/cm³]
Absorción:	1.48	[%]

PASO 1) Asentamiento requerido

ASENTAMIENTO (DATO) [mm]	75 a 100
--------------------------	-----------------

INGRESE EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Vigas y muros reforzados
---------------------------------	---------------------------------

Valor máximo del asentamiento	100
Valor mínimo del asentamiento	25

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE		
Tipos de Construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	75	25
Zapatas simples, cajones y muros	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Hormigón en masa	75	25

PASO 2) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

[mm]	19
[in]	0.75

PASO 3) Aire incorporado

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

ACI COMMITTEE REPORT
TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Water, Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate

Slump, mm	9.5"	12.5"	19"	25"	37.5"	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	193	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
Extreme exposure†††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Agua [kg/m³]:	205
Aire (m³) [%]:	2

PASO 4) Relacion agua-cemento [a/c]

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA		
Resistencia a la compresión. Especificada, f'c [MPa]	Resistencia a la compresión. Requerida, f'cr [Mpa]	
Menos de 20	f'c +	7.0
De 20 a 35	f'c +	8.4
Sobre 35	f'c +	10.0

¿TIENE DATOS DE LA DESVIACIÓN?	NO
f'cr [Mpa] =	31.94

Dato del problema	
f'c [Mpa]	23.5
S:	2.7
f'cr [Mpa]	27.154
f'cr [Mpa]	26.327
f'cr [Mpa]	27.154

CUANDO NO HAY DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
R. Requerida	23.5
Valor a sumar	8.4
f'cr [Mpa] =	31.94

NO
SI

	Valor a usar f'cr [Mpa] =
f'cr [Mpa] =	31.9
f'cr [Mpa] =	27.154

sin Desv.
con Desv.

Valor usado f'cr [Mpa] en cálculos	31.94
------------------------------------	-------

RELACIÓN ENTRE AGUA - CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (SI)		
Resistencia a la compresión a los 28 días [Mpa]	Relación agua - cemento, en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
40	0.42	-----
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

INTERPOLACIÓN		
LÍMITES INFERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X1]	[Y1]	[Y1"]
30	0.54	0.45
LÍMITES SUPERIORES	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
[X2]	[Y2]	[Y2"]
35	0.47	0.39

NO
SI

Relación agua - cemento, en masa	
Sin aire incorporado	0.51
Con aire incorporado	0.43

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

PASO 5) CANTIDAD DE CEMENTO

¿Se va implementar aire incorporado?	NO
--------------------------------------	----

r = a/c	0.51	
a =	205	[kg/cm³]
c = a/r	399.69	[kg/cm³]

PASO 6) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ÁRIDO GRUESO

Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.2050	[m³]
Cemento	0.1422	[m³]
Aire	0.0200	[m³]
TOTAL	0.3672	[m³]
Concreto	1.0000	[m³]
Áridos	0.6328	[m³]

Densidades (SH) kg/m3	
A_Fino	2583.19
A_Grueso	2600.34

Corrección por Árido mal gradado (RNL)	
PORCENTAJE ÁRIDO FINO (%)	54.31
PORCENTAJE ÁRIDO GRUESO (%)	45.69

AJUSTE DE ÁRIDO	
VOLUMEN DE ARIDOS	0.6328
DENSIDAD PROMEDIO	2591.024
MASA ÁRIDO GRUESO	749.105
MASA ÁRIDO FINO	890.425

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	205.00	[kg]
Cemento	399.69	[kg]
Aire	0	[kg]
Árido Grueso Seco	749.11	[kg]
Árido Fino Seco	890.42	[kg]
Total	2244.22	[kg]

MASA MATERIAL		
Material	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	0.205	[m ³]
Cemento	0.142	[m ³]
Aire	0.020	[m ³]
Árido Grueso Seco	0.288	[m ³]
Árido Fino Seco	0.345	[m ³]
Total	1.00	[m ³]

7) MÉTODO DE MASAS

HUMEDAD DE ENSAYO		
A. Grueso	1.06	%
A. Fino	1.55	%
A. Grueso Húmedo	757.0459	[kg]
A. Fino Húmedo	904.226	[kg]

AGUA SUPERFICIAL		
A. Grueso [%]	-0.42	%
A. Fino [%]	-0.28	%

MASAS CORREGIDAS PARA ASENTAMIENTO DESEADO DE MATERIALES POR M3 DE HORMIGÓN		
Agua Corregida Hum. A.	210.711	[kg]
Cemento	399.695	[kg]
Árido Grueso	757.046	[kg]
Árido Fino	904.226	[kg]
Total	2271.68	[kg]

8) Proporciones por Peso

Cemento	1.00
Árido fino	2.26
Árido Grueso	1.89

Valor para Hacer en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	20.00
Volumen Total Requerido [m ³]	0.02000

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLUMEN REQUERIDO	
Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	4.214
Cemento	7.994
Árido Grueso	15.141
Árido Fino	18.085
Total	45.43

Resultados Obtenidos en Laboratorio

1) Cálculo de la Densidad del Espécimen

Cálculo de la Densidad		
Mc=	25.876	[kg]
Mm =	8.8614	[kg]
Vm =	0.007246	[m³]
Densidad =	2348.14	[Kg/m³]

$$Densidad = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

2) Cálculo del Rendimiento

Cálculo del Rendimiento		
M =	45.43	[kg]
D =	2348.14	[Kg/m³]
Y =	0.01935	[m³]

$$Y = \frac{M}{D}$$

3) Cálculo del Rendimiento relativo

Cálculo del Rendimiento		
Y =	0.01935	[m³]
Yd =	0.02000	[m³]
Ry =	0.96744	

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota: Ry mayor a 1 indica un exceso del hormigon que se produce, mientras un valor inferior indica que la amasada tiene un volumen menor al volumen de diseño

4) Mantener, Incrementar o disminuir el Asentamiento

Corrección por Asentamiento y Densidad

Rendimiento de Mezcla	0.01935	[m³]
-----------------------	---------	------

Asentamiento deseado	75 a 100	[mm]
Asentamiento Deseado	8	[cm]

Asentamiento Obtenido	0.5	[cm]
Aumentar Asentamiento	7.5	[cm]
Valor para Aumentar o Disminuir	15	[kg] agua

Nota: Para Incrementar el asentamiento se adiciona 2 kg por centimetro que se desea incrementar y para disminuir se retira 2 kg de agua (En cada m3 de mezclado de concreto)

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En seco)		
Cantidad de Agua	226.900	[kg]
Cantidad de Cemento	442.393	[kg]
Árido Grueso	774.318	[kg]

Ajuste por Rendimiento y Asentamiento para 1m ³ (En SSS)		
Cantidad de Agua	226.900	[kg]
Cantidad de Cemento	442.393	[kg]
Árido Grueso	785.778	[kg]
Árido Fino	893.066	[kg]
Total	2348.14	[kg]

Ajuste en la Cantidad de Agua para el ajuste por rendimiento y asentamiento		
---	--	--

Árido Grueso		
Peso SSS	785.778	[kg]
Peso Seco	774.318	[kg]
Peso Húmedo	782.526	[kg]
Exceso de Agua	-3.252	[kg]

Árido Fino		
Peso SSS	893.066	[kg]
Peso Seco	877.016	[kg]
Peso Húmedo	890.610	[kg]
Exceso de Agua	-2.456	[kg]

Ajuste del agua de mezclado en estado Húmedo para 1m ³		
Cantidad de Agua	232.608	[kg]
Cantidad de Cemento	442.393	[kg]
Árido Grueso	782.526	[kg]
Árido Fino	890.610	[kg]
Total	2348.14	[kg]

VERIFICACIÓN (SSS=HÚMEDO)	CUMPLE
---------------------------	--------

PASO 12) PROPORCIONES POR PESO

Cemento	1.00	$Cemento = \frac{Cemento\ Efectivo}{Cemento\ Efectivo}$
Árido fino	2.01	$Agregado\ Fino = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Fino\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$
Árido Grueso	1.77	$Agregado\ Grueso = \frac{Corrección\ del\ Ag.\ Grueso\ por\ humedad}{Cemento\ Efectivo}$

Material	PESO SECO		DOSIFICACIÓN SSS		Dosificación corregida por humedad	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Agua Neta Mezclado	226.90	[kg]	226.90	[kg]	232.61	[kg]
Cemento	442.39	[kg]	442.39	[kg]	442.39	[kg]
Árido Grueso	774.32	[kg]	785.78	[kg]	782.53	[kg]
Árido Fino	877.02	[kg]	893.07	[kg]	890.61	[kg]
TOTAL	2320.63	[kg]	2348.14	[kg]	2348.14	[kg]

PASO 13) PROPORCIONES POR SACOS DE CEMENTO

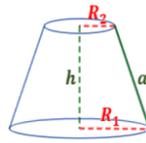
Peso del saco	50	kg	
Cemento	1.00	kg/saco	
Árido fino	100.66	kg/saco	
Árido Grueso	88.44	kg/saco	
Factor Cemento	7.99		$Factor\ Cemento = \frac{Peso\ del\ Cemento}{Peso\ del\ saco\ de\ cemento}$
Agua	29.10	Ltrs/saco	

PASO 14) PROBETAS LABORATORIO

Tiempos de roturas (Días)	N° De Probetas
3 Días	3
7 Días	3
14 Días	3
28 Días	3
50 Días	0
TOTAL	12

DATOS DE LAS PROBETAS PEQUEÑAS			DATOS DE LAS PROBETAS GRANDES		
	[mm]	[m]		[mm]	[m]
Diámetro de probetas	100	0.1	Diámetro de probetas	150	0.15
Altura de probetas	200	0.2	Altura de probetas	300	0.3
Número de probetas	12		Número de probetas	0	
Volumen Requerido 1 [m3]	0.0188496	m3	Volumen Requerido 1 [m3]	0.0000000	m3
Volumen Requerido ltrs	18.8495559	Ltrs	Volumen Requerido en ltrs	0.0000000	Ltrs

DATOS PARA EL CONO DE ABRAMS		
	[cm]	[m]
Diámetro 1	20	0.2
Diámetro 2	10	0.1
R1. inferior	10	0.1
R2. superior	5	0.05
Altura [h]	30	0.3
V. Cono [m3]	0.005497787	m3
V. Cono [m3]	5.497787144	Ltrs



Volumen Total Requerido [m³]	0.02435
Volumen Total Requerido [ltrs]	24.34734

Valor para Usar en la Práctica	
Volumen Total Requerido [ltrs]	28.00
Volumen Total Requerido [m³]	0.02800

PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (En Seco)		PROPORCIONES A USAR EN LABORATORIO PARA VOLÚMEN REQUERIDO (HÚMEDO)	
Material	Usar en la práctica [kg]	Material	Usar en la práctica [kg]
Agua Corregida humedad	6.35	Agua Corregida humedad	6.51
Cemento	12.39	Cemento	12.39
Árido Grueso	21.68	Árido Grueso	21.91
Árido Fino	24.56	Árido Fino	24.94
Total	64.98	Total	65.75

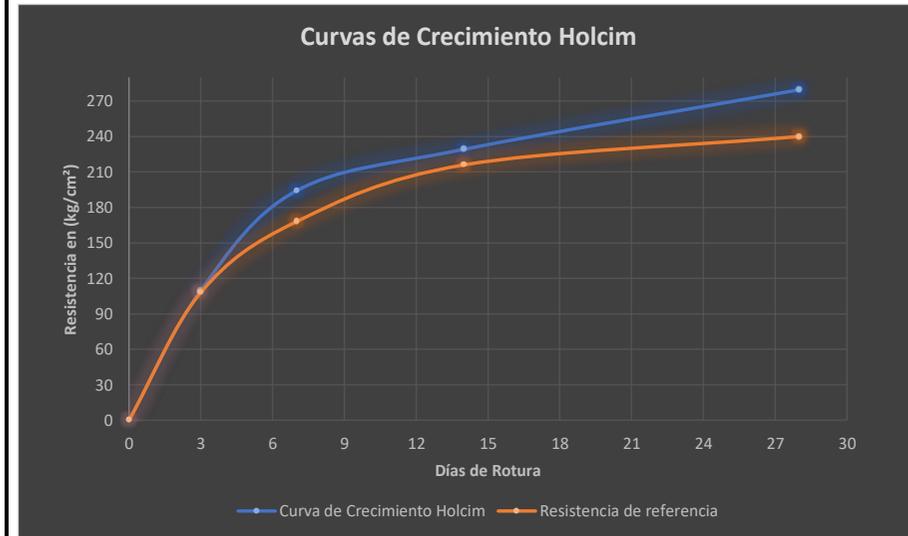
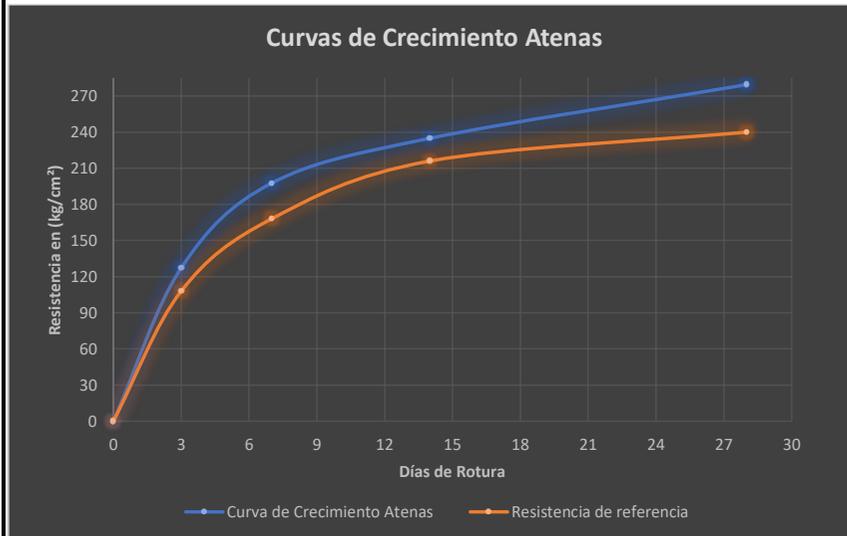
Asentamiento Obtenido en la práctica	8	[Cm]
--------------------------------------	---	------

Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura	Edad del concreto	Peso del Cilindro en (kg)	Diámetro del Cilindro (cm)	Altura del Cilindro (cm)	Tipo de Fracturas	Resistencia (Mpa)	Resistencia en (kg/cm²)	Rango aceptable de variación (10.6%) [%] entre cada cilindro ("C1"- "C2"- "C3")	Datos aceptables	Promedio (kg/cm²)	Gráfica de la resistencia en porcentaje (%)	Promedio (%)	Tipo de Cemento	Nombre del Cemento
28/5/2024	31/5/2024	3	3.913	10.2	20.3	2	12.87	131.24	C1 y C2	9.48%	SI	54.68%	53.00%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.88	10.12	20.5	2	11.94	121.75	C2 y C3	6.83%	SI	50.73%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	31/5/2024	3	3.737	10.12	20	2	12.61	128.58	C1 y C3	2.65%	SI	53.58%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.9217	10.14	20.4	2	19.59	199.76	C1 y C2	3.47%	SI	83.23%	82.34%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.9292	10.11	20.3	2	19.25	196.29	C2 y C3	0.51%	SI	81.79%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	4/6/2024	7	3.99518	10.17	20.3	2	19.3	196.80	C1 y C3	2.96%	SI	82.00%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9318	10.22	20.4	3	22.33	227.70	C1 y C2	13.97%	SI	94.87%	97.88%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9473	10.19	20.4	3	23.7	241.67	C2 y C3	6.32%	SI	100.70%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	11/6/2024	14	3.9365	10.2	20.4	3	23.08	235.35	C1 y C3	7.65%	SI	98.06%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3952.7	10.18	20.4	3	27.46	280.01	C1 y C2	1.22%	SI	116.67%	116.42%	GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.9463	10.25	20.4	3	27.34	278.79	C2 y C3	1.31%	SI	116.16%		GU	Cemento Atenas
28/5/2024	25/6/2024	28	3.944.6	10.28	20.5	3	28.65	292.14	C1 y C3	12.13%	NO	121.73%		GU	Cemento Atenas
29/5/2024	1/6/2024	3	3.924	10.28	20.4	2	10.48	106.86	C1 y C2	0.41%	SI	44.53%	45.74%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	1/6/2024	3	3.72	10	19	2	10.52	107.27	C2 y C3	7.95%	SI	44.70%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	1/6/2024	3	3.901	10.1	20.3	2	11.3	115.23	C1 y C3	8.36%	SI	48.01%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	5/6/2024	7	3.9376	10.22	20.3	2	18.58	189.46	C1 y C2	9.28%	SI	78.94%	80.87%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	5/6/2024	7	3.8774	10.15	20.3	2	19.49	198.74	C2 y C3	4.69%	SI	82.81%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	5/6/2024	7	3.9458	10.21	20.3	2	19.03	194.05	C1 y C3	4.59%	SI	80.85%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	12/6/2024	14	3.9088	10.15	20.5	3	22.3	227.39	C1 y C2	7.75%	SI	94.75%	95.50%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	12/6/2024	14	3.9246	10.15	20.3	3	23.06	235.14	C2 y C3	10.10%	SI	97.98%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	12/6/2024	14	3.8896	10.15	20.3	3	22.07	225.05	C1 y C3	2.35%	SI	93.77%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	26/6/2024	28	3.914	10.2	20.4	3	27.06	275.93	C1 y C2	7.24%	SI	114.97%	116.48%	GU	Cemento Holcim
29/5/2024	26/6/2024	28	3.9101	10.18	20.4	3	27.77	283.17	C2 y C3	4.08%	SI	117.99%		GU	Cemento Holcim
29/5/2024	26/6/2024	28	3.911	10.21	20.4	3	28.17	287.25	C1 y C3	11.32%	NO	119.69%		GU	Cemento Holcim
31/5/2024	3/6/2024	3	3.9039	10.26	20.4	2	12.87	131.24	C1 y C3	7.24%	SI	54.68%	56.19%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.9088	10.25	20.4	2	11.1	113.19	C2 y C3	25.29%	NO	47.16%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	3/6/2024	3	3.8688	10.27	20.3	2	13.58	138.48	C1 y C3	7.24%	SI	57.70%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.903	10.15	20.3	2	16.12	164.38	C1 y C2	9.99%	SI	68.49%	70.83%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.8529	10.22	20.2	2	17.1	174.37	C2 y C3	3.16%	SI	72.65%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	7/6/2024	7	3.8872	10.22	20.4	2	16.79	171.21	C1 y C3	6.83%	SI	71.34%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.7097	10	20	3	20.12	205.16	C1 y C2	1.33%	SI	85.48%	86.19%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.9252	10.14	20.4	3	20.25	206.49	C2 y C3	2.45%	SI	86.04%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	14/6/2024	14	3.8616	10.2	20.4	3	20.49	208.94	C1 y C3	3.77%	SI	87.06%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.915	10.2	20.4	3	27.11	276.44	C1 y C2	24.98%	NO	115.18%	105.45%	GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.865	10.2	20.4	3	24.66	251.46	C2 y C3	3.26%	SI	104.77%		GU	Cemento Guapan
31/5/2024	28/6/2024	28	3.783	10.2	20.3	3	24.98	254.72	C2 y C3	3.26%	SI	106.13%		GU	Cemento Guapan
3/6/2024	6/6/2024	3	3.6876	10.04	20	2	7.3	74.44	C1 y C2	2.96%	SI	31.02%	31.02%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.7147	10.01	20.1	2	7.59	77.40	C2 y C3	5.91%	SI	32.25%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	6/6/2024	3	3.7193	10.02	20.1	2	7.01	71.48	C1 y C3	2.96%	SI	29.78%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.6975	10.05	20.2	2	11.7	119.30	C1 y C2	9.18%	SI	49.71%	51.27%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.7272	10.15	20.2	2	12.6	128.48	C2 y C3	7.14%	SI	53.53%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	10/6/2024	7	3.7007	10.1	20	2	11.9	121.34	C1 y C3	2.04%	SI	50.56%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.7347	10.02	20.3	3	17.54	178.86	C1 y C2	1.53%	SI	74.52%	75.19%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.7221	10.04	20.2	3	17.69	180.38	C2 y C3	1.73%	SI	75.16%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	17/6/2024	14	3.6915	10.02	20.2	3	17.86	182.12	C1 y C3	3.26%	SI	75.88%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.677	10.16	20.1	3	21.22	216.38	C1 y C2	29.16%	NO	90.16%	100.23%	GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.703	10.1	20.1	3	24.08	245.54	C2 y C3	9.99%	SI	102.31%		GU	Cemento Chimborazo
3/6/2024	1/7/2024	28	3.714	10.16	20.2	3	23.1	235.55	C2 y C3	9.99%	SI	98.15%		GU	Cemento Chimborazo

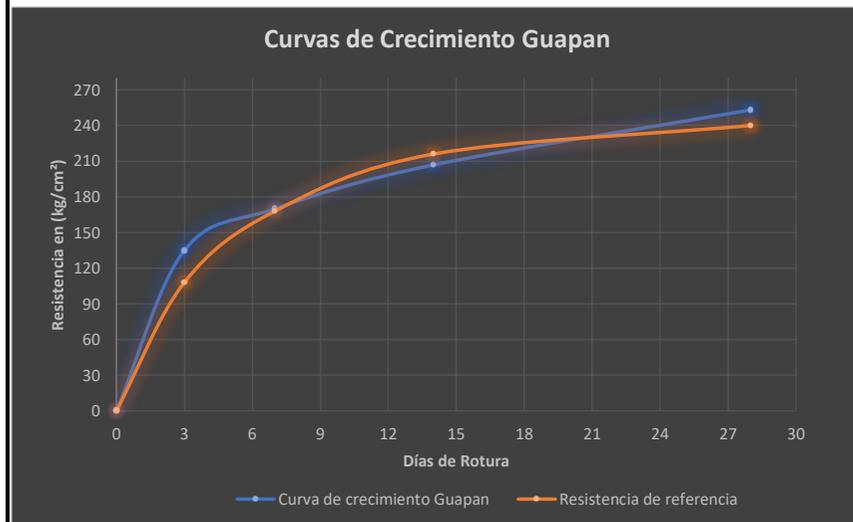
Datos para la Curva de Crecimiento de los Cementos

Cemento Atenas		
Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	127.191	108
7	197.618	168
14	234.905	216
28	279.400	240

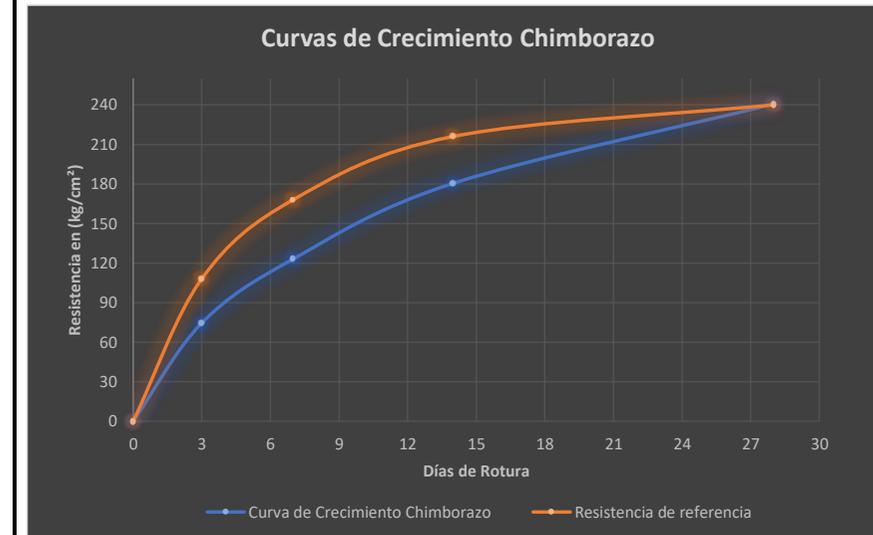
Cemento Holcim		
Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	109.788	108
7	194.083	168
14	229.195	216
28	279.550	240



Cemento Guapan		
Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	134.862	108
7	169.984	168
14	206.863	216
28	253.092	240



Cemento Chimborazo		
Días	Resistencia en (kg/cm ²)	Resistencia Estimada en (kg/cm ²)
0	0	0
3	74.438	108
7	123.044	168
14	180.453	216
28	240.550	240



Curva de Crecimiento de cada Cemento

