



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Tema:

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS HORMIGONES: ARENA-RIPIO-CEMENTO, GRANZÓN-RIPIO-CEMENTO, PUZOLANA-RIPIO-CEMENTO CON UNA MISMA DOSIFICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA POR COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS DE EDAD.”

AUTOR: PEÑA GALVÁN DIANA ISABEL

TUTOR: ING. Mg. SANTIAGO MEDINA

AMBATO-ECUADOR

2015

CETIFICACIÓN

Yo, Ing. Mg. Santiago Medina certifico que la presente tesis de grado **“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS HORMIGONES: ARENA-RIPIO-CEMENTO, GRANZÓN-RIPIO-CEMENTO, PUZOLANA-RIPIO-CEMENTO CON UNA MISMA DOSIFICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA POR COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS DE EDAD.”** realizado por la señorita Diana Isabel Peña Galván egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ing. Mg. Santiago Medina
TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Diana Isabel Peña Galván, CI. 160055719-1 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema:

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS HORMIGONES: ARENA-RIPIO-CEMENTO, GRANZÓN-RIPIO-CEMENTO, PUZOLANA-RIPIO-CEMENTO CON UNA MISMA DOSIFICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA POR COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS DE EDAD.” es de mi completa autoría.

Diana Isabel Peña Galván

AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS HORMIGONES: ARENA-RIPIO-CEMENTO, GRANZÓN-RIPIO-CEMENTO, PUZOLANA-RIPIO-CEMENTO CON UNA MISMA DOSIFICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA POR COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS DE EDAD.”** de la egresada Diana Isabel Peña Galván, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman

Ing. Mg. Carlos Navarro
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Víctor Hugo Paredes
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, ya que con su bondad infinita me brindó en cada momento su protección, fortaleza y sabiduría permitiéndome cumplir esta meta, que no solo fue mi sueño sino también el de mi familia.

A Rudi Galván, mi madre, a quién le costó mucho el dejarme partir de su seno, y sin embargo estuvo ahí brindándome su apoyo, quién es mi ejemplo de vida y lucha para no dejarme vencer. Simplemente una gran mujer y por quien doy gracias a Dios todos los días mi vida.

A Alfonso Peña Ch., mi padre, a pesar del poco tiempo compartido también es mi ejemplo a seguir, él dejó muchos recuerdos bonitos en nuestras vidas y su deseo firme de que sus hijos superen sus logros. Por la permisión de Dios sé que él siempre cuida de nosotros.

A Luis y Diego, mis hermanitos, por estar ahí, brindándome su apoyo y cariño, por estar en buenas y no tan buenas, y por cuidar de nuestro tesoro más preciado que es nuestra madre.

A Papá Hernán, no llevamos la misma sangre, pero siempre nos brinda su cariño, protección y comprensión. Por todo ello se ha ganado un lugar en nuestros corazones.

Los amo familia y cada instante que quise darme por vencida siempre estuvieron presente en mis pensamientos dándome las fuerzas para continuar. Ustedes son mi inspiración.

Diana Isabel

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas sus bondades y la oportunidad de realizar este sueño, por cuidar de mí y acompañarme en cada paso que doy.

A toda mi familia, por el consejo oportuno, la preocupación, y por el apoyo incondicional que he recibido de cada uno de ellos durante todo este tiempo en cada etapa de mi vida.

A mis amigos, ya que por todos los momentos vividos siempre hemos estado ahí, apoyándonos del uno al otro, formando un lazo de hermandad creado en esta bella etapa universitaria.

A una persona especial que llegó a mi vida en el momento indicado, brindándome su apoyo, comprensión y cariño. Te quiero mucho.

Al Ing. Mg. Santiago Medina, por todos los conocimientos impartidos durante la etapa estudiantil, ya que sin ellos no habría sido posible realizar este proyecto.

A todas las personas que de una u otra forma aportaron con un granito de arena para concretar este sueño.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

CETIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XIX

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis crítico.....	3
1.2.3	Prognosis	5
1.2.4	Formulación del problema.....	5
1.2.5	Preguntas directrices.....	5
1.2.6	Delimitación	6
1.3	JUSTIFICACIÓN	7
1.4	OBJETIVOS	8
1.4.1	Objetivo general	8
1.4.2	Objetivos específicos	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	9
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	13
2.3	FUNDAMENTACIÓN LEGAL	14
2.4	CATEGORIAS FUNDAMENTALES	15
2.4.1	Supraordinación.....	15
2.4.2	Definiciones.....	16
2.5	HIPÓTESIS	45
2.6	SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	45
2.6.1	Variable independiente	45
2.6.2	Variable dependiente	45

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	ENFOQUE	46
3.2	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.3	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.4.1	La Población	47
3.4.2	Muestra	48
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	48
3.5.1	Variable independiente	48
3.5.2	Variable dependiente	49
3.6	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	51
3.7	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	52
3.7.1	Plan de procesamiento de la información.....	52
3.7.2	Plan de análisis e interpretación de resultados	52

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	53
4.1.1	Ensayos realizados.....	53
4.1.2	Propiedades en estado endurecido.....	74
4.2	INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	78
4.2.1	Ensayos realizados a los agregados.....	78
4.2.2	Ensayos realizados al cemento.....	79
4.2.3	Ensayos realizados a las probetas de hormigón.....	79
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	79

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES.....	80
5.2	RECOMENDACIONES.....	81

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1	DATOS INFORMATIVOS.....	82
6.1.1	Cantera Arias.....	82
6.1.2	Cantera Salache.....	83
6.1.3	Cantera Holcim.....	84
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	85
6.3	JUSTIFICACIÓN.....	87
6.4	OBJETIVOS.....	87
6.4.1	Objetivo general.....	87
6.4.2	Objetivos específicos.....	88
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	88
6.6	FUNDAMENTACIÓN.....	88

6.6.1	Propiedades del hormigón	88
6.7	METODOLOGÍA.....	97
6.7.1	Determinación de las mezclas de los agregados.....	97
6.7.2	Granulometrías de las mezclas	100
6.7.3	Masa unitaria compactada de la mezcla	103
6.7.4	Dosificación del hormigón	106
6.7.5	Corrección de la dosificación	109
6.7.6	Propiedad del hormigón en estado fresco.....	110
6.7.7	Propiedades en estado endurecido.....	113
6.7.8	Conclusiones.....	118
6.7.9	Recomendaciones	119
6.8	ADMINISTRACIÓN	120
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	120

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1.	BIBLIOGRAFÍA	121
2.	ANEXOS	123
2.1.	IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: FACTORES QUE INFLUENCIAN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL HORMIGÓN.....	4
FIGURA 2: RAMAS DERIVADAS DE LA INGENIERÍA CIVIL.....	6
FIGURA 3: SUPRAORDINACIÓN DE VARIABLES	15
FIGURA 4: PATRÓN COLORIMÉTRICO, PARA CONOCER EL CONTENIDO ORGÁNICO EN UNA ARENA.....	39
FIGURA 5: CONDICIONES DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS.....	41
FIGURA 6: ENSAYOS A REALIZAR A LOS AGREGADOS	53
FIGURA 7: CURVA DE CRECIMIENTO DEL ESFUERZO VS TIEMPO DE LAS MEZCLAS 1, 2 Y 3.....	77
FIGURA 8: UBICACIÓN DE LA CANTERA ARIAS (CANTERA KUMOCHI)	83
FIGURA 9: UBICACIÓN DE LA CANTERA SALACHE (MULALÓ)	84
FIGURA 10: UBICACIÓN DE LA CANTERA HOLCIM (PLANTA LATACUNGA)	85
FIGURA 11: TRABAJABILIDAD DEL HORMIGÓN	89
FIGURA 12: DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO CON EL CONO DE ABRAMS	90

FIGURA 13: CURVA DE CRECIMIENTO DEL ESFUERZO VS TIEMPO DE LAS MEZCLAS 4, 5 Y 6..... 116

FIGURA 14: DIAGRAMA COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN 117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CONDICIONES GENERALES PARA LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES.....	17
TABLA 2: ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA DIFERENTES TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	18
TABLA 3: TAMAÑOS MÁXIMOS DE GRAVA RECOMENDADOS PARA DIFERENTES TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	19
TABLA 4: CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE MEZCLADO QUE SE REQUIEREN PARA DIFERENTES ASENTAMIENTOS Y TAMAÑOS DE GRAVA.	19
TABLA 5: RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMAS PERMISIBLES PARA HORMIGÓN EN CONDICIONES DE EXPOSICIÓN SEVERA (SI)*..	22
TABLA 6: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN BASADA EN LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO	25
TABLA 7: VOLUMEN APARENTE SECO Y COMPACTADO DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE HORMIGÓN (*)	25
TABLA 8: EJEMPLO DE CÓMO INTERPOLACIÓN EL VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO	28
TABLA 9: TABULACIÓN DE RESULTADOS PARA 1M ³ DE HORMIGÓN..	29
TABLA 10: DOSIFICACIÓN AL PESO.....	30

TABLA 11: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN BASADA EN LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO.	32
TABLA 12: CANTIDAD DE PASTA PARA DISTINTOS ASENTAMIENTOS.	32
TABLA 13: TABLA DE PATRÓN COLORIMÉTRICO.....	39
TABLA 14: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE.	49
TABLA 15: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE.....	50
TABLA 16: PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	52
TABLA 17: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (CANTERA ARIAS)	54
TABLA 18: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO “ARENA” (CANTERA ARIAS)	55
TABLA 19: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO “GRANZÓN” (CANTERA SALACHE).....	56
TABLA 20: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO “PUZOLANA” (CANTERA HOLCIM)	57
TABLA 21: MASA UNITARIA SUELTA DE LOS AGREGADOS.....	58
TABLA 22: MASA UNITARIA COMPACTADA DE LOS AGREGADOS....	58

TABLA 23: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	59
TABLA 24: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO “ARENA” (CANTERA ARIAS)	60
TABLA 25: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO “GRANZÓN” (CANTERA SALACHE)	61
TABLA 26: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO “PUZOLANA” (CANTERA HOLCIM).....	62
TABLA 27: MASA UNITARIA COMPACTADA DE LA MEZCLA “AGREGADO GRUESO Y FINO (ARENA)” (CANTERA ARIAS)	63
TABLA 28: MASA UNITARIA COMPACTADA DE LA MEZCLA “AGREGADO GRUESO Y FINO (GRANZÓN)” (CANTERA ARIAS - SALACHE)	64
TABLA 29: MASA UNITARIA COMPACTADA DE LA MEZCLA “AGREGADO GRUESO Y FINO (PUZOLANA)” (CANTERA ARIAS - HOLCIM)	65
TABLA 30: DENSIDAD REAL DEL CEMENTO HOLCIM.....	66
TABLA 31: DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA 1 AG. GRUESO – AG. FINO (ARENA) – CEMENTO	67
TABLA 32: DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA 2	68
TABLA 33: DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA 3	69

TABLA 34: CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS 1, 2 Y 3.	70
TABLA 35: PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO DE LA MEZCLA 1.	71
TABLA 36: PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO DE LA MEZCLA 2.	72
TABLA 37: PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO DE LA MEZCLA 3.	73
TABLA 38: PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO DE LA MEZCLA 1.....	74
TABLA 39: PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO DE LA MEZCLA 2.....	75
TABLA 40: PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO DE LA MEZCLA 3.....	76
TABLA 41: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	78
TABLA 42: PRECISIÓN DENTRO DEL ENSAYO.....	94
TABLA 43: REQUISITOS PARA EL MOLDEO MEDIANTE EL VARILLADO	95
TABLA 44: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS FINOS (ARENA – PUZOLANA)	97

TABLA 45: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS FINOS (GRANZÓN – PUZOLANA)	98
TABLA 46: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS FINOS (ARENA – GRANZÓN)	99
TABLA 47: GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA DE AGREGADOS FINOS (ARENA – PUZOLANA).....	100
TABLA 48: GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA DE AGREGADOS FINOS (GRANZÓN – PUZOLANA)	101
TABLA 49: GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA DE AGREGADOS FINOS (ARENA – GRANZÓN).....	102
TABLA 50: MASA UNITARIA COMPACTADA DE LA MEZCLA AG. GRUESO – AG. FINO.....	103
TABLA 51: MASA UNITARIA COMPACTADA DE LA MEZCLA AG. GRUESO – AG. FINO.....	104
TABLA 52: MASA UNITARIA COMPACTADA DE LA MEZCLA AG. GRUESO – AG. FINO.....	105
TABLA 53: DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA 4.	106
TABLA 54: DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA 5.	107
TABLA 55: DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA 6.	108
TABLA 56: CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA.....	109

TABLA 57: PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DE LA MEZCLA 4, AG. GRUESO – AG. FINO (ARENA-PUZOLANA) – CEMENTO	110
TABLA 58: PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DE LA MEZCLA 5, AG. GRUESO – AG. FINO (GRANZÓN-PUZOLANA) – CEMENTO	111
TABLA 59: PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DE LA MEZCLA 6, AG. GRUESO – AG. FINO (ARENA-GRANZÓN) – CEMENTO	112
TABLA 60: PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO DE LA MEZCLA 4, AG. GRUESO – AG. FINO (ARENA-PUZOLANA) – CEMENTO	113
TABLA 61: PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO DE LA MEZCLA 5, AG. GRUESO – AG. FINO (GRANZÓN-PUZOLANA) – CEMENTO	114
TABLA 62: PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO DE LA MEZCLA 6, AG. GRUESO – AG. FINO (ARENA-GRANZÓN) – CEMENTO	115
TABLA 63: PORCENTAJE DE AGREGADOS FINOS EN EL HORMIGÓN.....	118

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS HORMIGONES: ARENA-RIPIO-CEMENTO, GRANZÓN-RIPIO-CEMENTO, PUZOLANA-RIPIO-CEMENTO CON UNA MISMA DOSIFICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA POR COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS DE EDAD.”

AUTOR: Diana Isabel Peña Galván

TUTOR: Ing. M.Sc. Santiago Medina

FECHA: Abril 2015

Para el desarrollo de esta investigación se realizó la caracterización de los agregados finos (arena, granzón y puzolana) y gruesos, componentes del hormigón, y a su vez verificar si los mismos cumplen con los requisitos establecidos en la norma técnica Ecuatoriana.

La finalidad de este proyecto fue la de verificar la influencia de los diferentes agregados finos más un solo agregado grueso sobre la resistencia a la compresión del hormigón, preparado con una sola dosificación.

Posteriormente, con los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se verificó la factibilidad de mezclar los agregados finos para la elaboración del hormigón y a su vez determinar la influencia en la resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad de las diferentes mezclas empleadas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Estudio comparativo entre los hormigones: arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento con una misma dosificación y su incidencia en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

Los primeros usos reconocidos del concreto permeable se dieron en Europa, se conoce que los antiguos romanos son quienes fabricaron un tipo de hormigón que estaba compuesto de pedazos de cerámica o ladrillo, unidos con un mortero de cal y puzolanas, contaban con un verdadero manual de fabricación que detallaba los procedimientos a seguir y la selección de los materiales, con lo que obtuvieron una calidad excepcional, lo que ha permitido que hoy admiremos sus obras luego de más de dos mil años de antigüedad.¹

En el siglo XVIII Jhon Smeaton construye la cimentación de un faro en el acantilado de Edystone, en la costa Cornwall, empleando un mortero de cal calcinada. En el siglo XIX, Joseph Aspdin y James Parker patentaron en 1824 el Portland Cement, denominado así por el color gris verdoso oscuro similar a la piedra de Portland. Isaac Johnson, en 1845, obtiene el prototipo del cemento

¹ http://www.inecyc.org.ec/documentos/notas_tecnicas/HISTORA_AGLOMERANTES.pdf

moderno, con una mezcla de caliza y arcilla calcinada a alta temperatura. En el siglo XX surge el auge de la industria del cemento, debido a los experimentos de los químicos franceses Vicat y Le Chatelier y el alemán Michaélis, que logran cemento de calidad homogénea; la invención del horno rotatorio para calcinación y el molino tubular y los métodos de transportar hormigón fresco ideados por Juergen Heinrich Magens que lo patenta entre 1903 y 1907.

Sin embargo, sus aplicaciones crecieron especialmente al concluir la Segunda Guerra Mundial, como una respuesta ante la necesidad de reconstruir edificaciones y carreteras con medios limitados. La escasez de materiales, así como el alto costo de estos y su transporte, dieron paso a la utilización de un concreto sin finos que disminuía los contenidos de cemento (pasta) en las mezclas y permitía reciclar escombros.

En 1921, se fundó la empresa Industrias y Construcciones Compañía Limitada por iniciativa del Sr. José Rodríguez Bonín, quien trajo técnicos extranjeros de la fábrica Krupp en 1922 para iniciar la construcción de la fábrica de cemento San Eduardo, en el sitio las Cañitas a cuatro kilómetros de Guayaquil, siguiendo la línea del ferrocarril a la Costa, y en la propia orilla del Estero Salado, dedicada a la producción de cemento Portland. La fábrica contaba con dos vías fáciles y cortas para su comunicación con la ciudad.²

El concreto de cemento portland ha emergido claramente como el material de elección para la construcción de un gran número y variedad de estructuras en el mundo de nuestros días. Esto se atribuye principalmente al bajo costo de los materiales y la construcción para estructuras de concreto, así como también al bajo costo del mantenimiento.

En la mayoría de los países la edad normativa en la que se mide la resistencia mecánica del concreto es la de 28 días, aunque hay una tendencia para llevar esa

² http://www.holcim.com.ec/fileadmin/templates/EC/doc/Archivos_varios/Folleto_Cemento_Holcim_GU.pdf

fecha a los 7 días. Es frecuente determinar la resistencia mecánica en periodos de tiempo distinto a los de 28 días, pero suele ser con propósitos meramente informativos. En algunas ocasiones y de acuerdo a las características de la obra, esa determinación no es solo informativa, si no normativa, fijado así en las condiciones contractuales.

La velocidad de ganancia de resistencia mecánica del concreto depende de numerosas variables y resultan muy diferentes entre unos y otros concretos. De esas variables, la más importante puede ser la composición química del cemento, la misma finura, la relación agua cemento, que cuanto más baja sea favorece la velocidad, la calidad intrínseca de los agregados, las condiciones de temperatura ambiente y la eficiencia de curado. Esto hace que los índices de crecimiento de la resistencia no pueden ser usados en forma segura o precisa con carácter general para cualquier concreto.³

1.2.2 Análisis crítico

El control de calidad de la resistencia del hormigón, se realiza mediante probetas, y estas dependen del tipo de ensayo que se vaya a ejecutar, para ensayos de resistencia a compresión se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro o probetas cúbicas. De acuerdo a con el ACI 318 (5.6.2.1) es necesario hacer no menos de un ensayo por cada día de hormigonado pero no menos de un ensayo por cada 110 metros cúbicos de hormigón colocado y no menos de un ensayo por cada 460 metros cuadrados de losas o muros colocados.⁴

La resistencia mecánica del concreto debido a la heterogeneidad de los materiales utilizados para su elaboración se ve afectada por los siguientes factores:

³ <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/?output=pdf>

⁴ <http://www.inecyc.org.ec/index.php/notas-tecnicas>

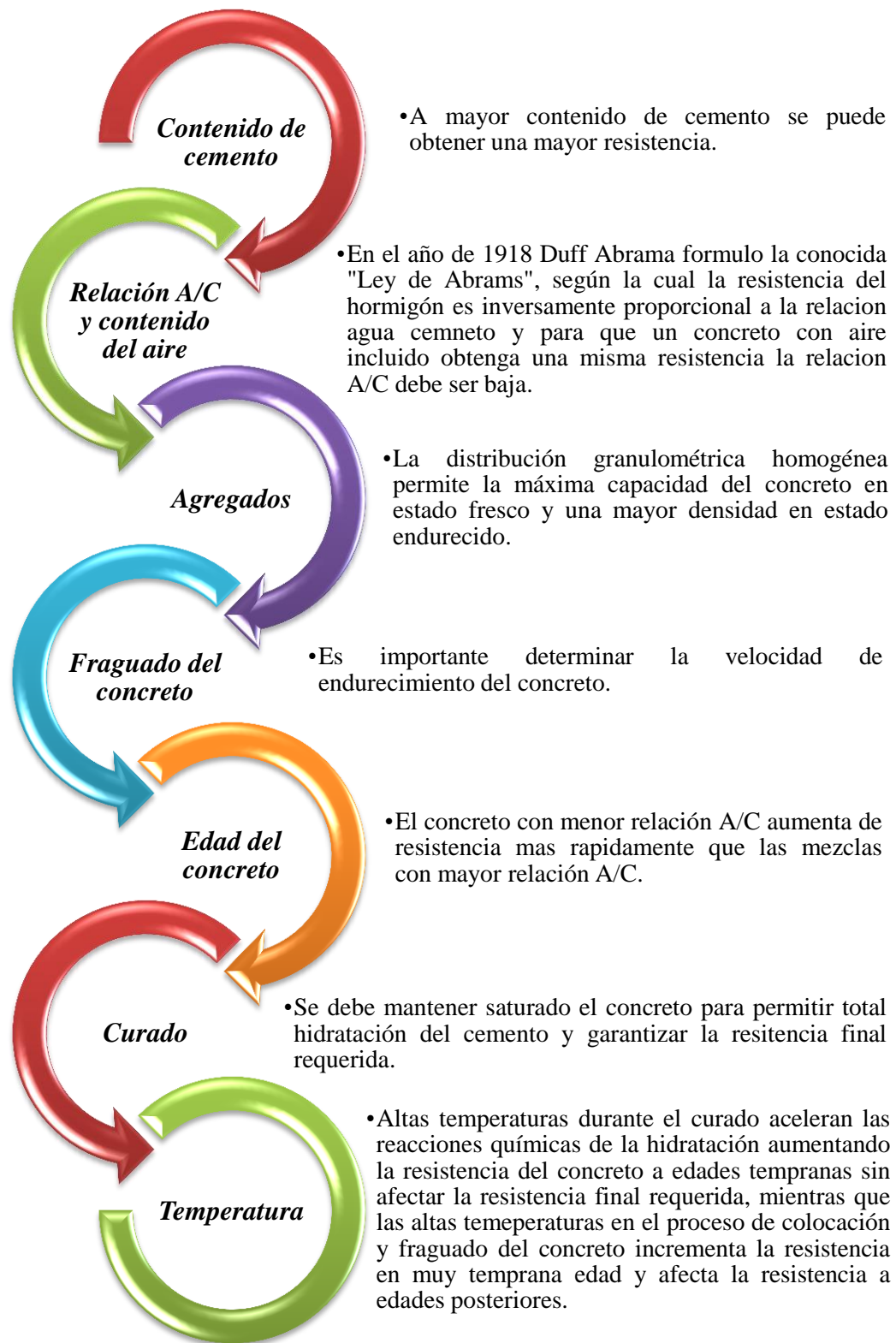


Figura 1: Factores que influyen en la resistencia mecánica del hormigón.
Fuente: <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/?output=pdf>

1.2.3 Prognosis

En el Ecuador varias obras civiles se construyen de forma informal, sin considerar la calidad, características físicas y químicas de los agregados a ser usados en la elaboración del hormigón, pudiendo este ser un causal para que la resistencia del concreto ($f'c$) no alcance el valor para el cual fue diseñado.

Para ello es indispensable utilizar áridos que sean de buena calidad, limpios y de alta resistencia, que cumplan con tamaños o granulometrías estipulados en las normas técnicas, permitiendo lograr el mejor hormigón y al costo más económico.

1.2.4 Formulación del problema

¿De qué forma incide la preparación de hormigones: arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento con una misma dosificación en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad?

1.2.5 Preguntas directrices

- ¿Cómo influirá el uso de arena, granzón o puzolana como áridos finos en la resistencia a la rotura por compresión del hormigón?
- ¿Qué ensayos se deberán realizar para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados?
- ¿Qué ensayos se deberán utilizar para determinar las propiedades físicas y mecánicas del cemento?
- ¿Qué propiedades del hormigón en estado fresco se evaluarán en el transcurso del ensayo?
- ¿Con qué método se realizará la dosificación de las probetas de hormigón?

- ¿Qué procedimiento se deberá seguir para la elaboración de probetas de hormigón?

1.2.6 Delimitación

1.2.6.1 Delimitación espacial

Esta investigación tiene lugar en la provincia de Cotopaxi, en el cantón Latacunga, en la parroquia San Rafael, ya que en este sector se encuentran yacimientos de puzolana y granzón, los ensayos referentes a esta investigación se realizarán en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

1.2.6.2 Delimitación temporal

La investigación se realizará en el período de Junio 2014 a Febrero del 2015.

1.2.6.3 Delimitación de contenido

La Ingeniería civil es la disciplina que se ocupa del diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras emplazadas en el entorno, incluyendo carreteras, ferrocarriles, puentes, canales, presas, puertos, aeropuertos, diques y otras construcciones relacionadas.



Figura 2: Ramas derivadas de la ingeniería civil

Fuente: Egda. Diana Peña

1.3 JUSTIFICACIÓN

Ecuador se caracteriza por ser un país con mayor diversidad por kilómetro cuadrado en el planeta y teniendo en cuenta que el territorio continental es surcado de norte a sur por una sección volcánica de los Andes, a cuyos flancos occidental y oriental se presentan respectivamente el golfo de Guayaquil y una llanura boscosa, y la Amazonia, no debe extrañarse que tenga una amplia variedad de materiales con propiedades mecánicas diferentes, por ello es incorrecto aplicar las mismas consideraciones sin tomar en cuenta el lugar de origen ya que cada hormigón realizado con materiales de diferente propiedades así sea con una misma dosificación arrojará diversos valores en cuanto a su resistencia a la rotura por compresión se refiere.

En la ciudad de Latacunga es común encontrar yacimientos de puzolana natural y granzón ya que hace 137 años aproximadamente erupcionó el volcán Cotopaxi, al ser este material producto del vidrio (constituyente amorfo) producido por el enfriamiento brusco de la lava, por ejemplo las cenizas volcánicas, las tobas, la escoria y obsidiana.

Por ello resulta interesante experimentar el uso de estos agregados en el hormigón y la presente investigación se establece con el propósito de obtener parámetros de comparación, en las resistencias finales a la rotura por compresión entre hormigones de diferente composición y el posible uso de estos concretos en obras civiles considerando el costo-beneficio y factibilidad de obtención del material (agregado fino).

Las mezclas de concreto (hormigón) se pueden diseñar de tal manera que tengan durabilidad y cumplan con los requerimientos de diseño para la estructura, los resultados de las pruebas de resistencia a la rotura por compresión se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras y programar las operaciones de construcción.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Comparar la resistencia de los hormigones: arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento con una misma dosificación a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.

1.4.2 Objetivos específicos

- Verificar la influencia de los agregados finos como la arena, granzón o puzolana en la resistencia a la rotura por compresión del hormigón.
- Determinar las propiedades físicas de los agregados a utilizar en la elaboración del hormigón.
- Evaluar las propiedades del hormigón en estado fresco.
- Determinar el método de dosificación que se utilizará en la elaboración de las probetas de hormigón.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Primera fuente de información:

Tesis de grado de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Apellidos y nombres del autor:

Sánchez García Jorge Luis.

Lugar y año de investigación:

Ambato, 2013.

Tema:

La resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el módulo de elasticidad estático en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

Objetivo:

Determinar la influencia de la resistencia a compresión del hormigón en el Módulo de Elasticidad Estático con áridos de la ciudad de Ambato Provincia de Tungurahua.

Problema de la Investigación:

¿Cómo influye la resistencia a la compresión del Hormigón en el Módulo de Elasticidad Estático en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua?

Conclusiones:

- Se consiguieron las resistencias a la compresión próximas a las resistencias especificadas de 210, 240 y 280 kg/cm², el Módulo de Elasticidad Estático experimental menor con respecto al teórico, se debe además a la calidad de los agregados, en especial al agregado grueso, el cual presenta una elevada porosidad que se evidencia por su alta capacidad de absorción y baja densidad, que permiten que el hormigón tenga mayor deformación bajo la acción de una carga axial.
- Se determinó el Módulo de Elasticidad Estático experimental (E_c) del hormigón según la norma ASTM 469, obteniendo valores mucho más bajos que los propuestos con las ecuaciones del comité ACI 318 y ACI 363, esto se debe a que las ecuaciones del comité ACI fueron realizadas con materiales muy distintos a las de nuestro sector, por lo tanto en una estructura el valor de sus deformaciones horizontales y derivas de piso serán mayores a las que estamos considerando.

Segunda fuente de información:

Tesis de grado de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Carrera de Ingeniería Civil.

Apellidos y nombres del autor:

Barros Fierro Verónica Paulina
Ramírez Cueva Hugo César.

Lugar y año de investigación:

Quito, 2012.

Tema:

Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Pifo.

Objetivo:

El objetivo general de la presente investigación es determinar la cantidad adecuada de fibra de polipropileno a adicionarse a un hormigón, para su diseño, con agregados procedentes de la cantera de Pifo y Cemento Selvalegre para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa.

Conclusiones:

- De igual forma el agregado grueso proviene de la trituración de rocas, el tamaño nominal es de 1"; además, los resultados de los ensayos de abrasión y absorción nos indican que el material se encuentra dentro de lo especificado por las normas ASTM, por lo tanto cumple con los requisitos establecidos en las Normas Ecuatorianas de Construcción.
- En cuanto al ensayo de densidad aparente de la mezcla se determinó que, el porcentaje máximo de arena y ripio para realizar la mezcla es de 35% y 65% respectivamente y para obtener el porcentaje óptimo de cada uno de ellos, a la arena se le resta 4% y al ripio se suma la misma cantidad. Dando los siguientes porcentajes: 31% de arena y 69% ripio.
- En cuanto a las mezclas de prueba (Método de Densidad Máxima y A.C.I.), se pudo determinar que la dosificación más conveniente, tanto para $f^c=21$ MPa y $f^c = 28$ MPa es la propuesta por el A.C.I., ya que las probetas realizadas de acuerdo al método de Densidad Máxima no alcanzaron las resistencias esperadas a la edad de 28 días.

Tercera fuente de información:

Tesis de grado de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil.

Apellidos y nombres del autor:

Ortega Castro Alberto Renán

Lugar y año de investigación:

Ambato, 2013

Tema:

La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles.

Objetivo:

Estudiar la calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles.

Problema de la Investigación:

¿Cuál es la influencia de la calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles?

Conclusiones:

- En la CANTERA VILLACRÉS, finalmente con el ensayo de abrasión se obtuvo una resistencia al desgaste de 42.5% que es menor al 50% que es el porcentaje máximo admisible para agregados gruesos de buena resistencia.
- De acuerdo con la gráfica de granulometría para el AGREGADO FINO de la Cantera Playa Llagchoa se deduce que a pesar de no ser una gráfica que esté contenida en su totalidad por los límites establecidos, si tiene una proporción significativa de sus partículas dentro de este rango por lo que se concluye que su granulometría es admisible dando un módulo de finura de 2.5 que es bajo pero aceptable.
- En la PLANTA INDUSTRIAL DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS, se concluye que el ripio con un peso específico de 2.611gr./cm³ y la arena con un peso específico de 2.624gr./cm³ son aptos para ser utilizados en la elaboración de hormigón debido a que el rango admisible está entre 2.500gr./cm³ y 2.700gr./cm³ pero hay que tener en cuenta que la arena

presenta un peso específico un poco pero mayor con respecto a la arena lo cual no es tan común pero si es admisible.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Paradigma critico propositivo

Finalidad de la investigación: En la ciudad de Latacunga perteneciente a la provincia de Cotopaxi las minas de materiales áridos están conformadas por puzolana, adicional a esto se utiliza el granzón como uno de los agregados para la elaboración del concreto, por ello la importancia de conocer el comportamiento mecánico y propiedades del mismo en estado fresco, el proceso del fraguado y su resistencia a la compresión, y a su vez compararlos con probetas de hormigón preparadas con la arena usada comúnmente en la construcción.

Visión de la realidad.- Al ser el hormigón una masa endurecida discontinua y heterogénea depende de las características físicas y químicas de los materiales que lo componen y de la interacción entre ellos, por ello resulta vital analizar las propiedades mecánicas y resistencia de las partículas del agregado, más aún al conocer que el porcentaje que comprenden los áridos granulares es del 65-75% del volumen total de la muestra.

Diseño de la investigación.- Para este trabajo se realizarán probetas con tres tipos de mortero: mezcla 1 (arena-ripio-cemento), mezcla 2 (granzón-ripio-cemento), mezcla 3 (puzolana-ripio-cemento) con una misma dosificación, las mismas que serán expuestas a una evaluación y comparación de las propiedades de sus componentes (Agregados) y del hormigón en estado fresco, en el proceso de fraguado y la resistencia a la compresión.

Énfasis en el análisis.- (Cuantitavo), es cuantitativo porque al comparar las resistencias obtenidas con el ensayo de rotura por compresión y los resultados de las propiedades mecánicas de los materiales se determinara si resulta adecuada la

utilización de cualquiera de estos áridos en la preparación de hormigones para proyectos de construcción.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente trabajo se sustentará en el texto de las algunas normas ecuatorianas y extranjeras que rigen en nuestro país:

- NTE INEN 1 108:2011. Agua potable. Requisitos.
- NTE INEN 872:2011. Áridos para hormigón.
- NTE INEN 0696:2011. Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- NTE INEN 0856:201. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.
- NTE INEN 0857:2010. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.
- NTE INEN 0858:2010. Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.
- NTE INEN 0855:2010. Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.
- NTE INEN 0860:2011. Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los Ángeles.
- NTE INEN 1 573:2010. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento (ASTM C 39).
- NTE INEN 1 576:2011. Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo (ASTM C 31).
- NTE INEN 0694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.
- NTE INEN 1855-1:01. Hormigones. Hormigón premezclado. Requisitos.

- NTE INEN 1763:2010. Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo.
- NTE INEN 0491:81. Puzolanas. Definiciones y clasificación * 4.
- NTE INEN 0494:81. Puzolanas. Requisitos.
- NTE INEN 0492:81. Puzolanas. Muestreo * 4.
- NTE INEN 1501:2011. Hormigón de cemento portland. Ceniza volante o puzolana natural para su uso en el hormigón de cemento portland. Muestreo y ensayos.

2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES

2.4.1 Supraordinación

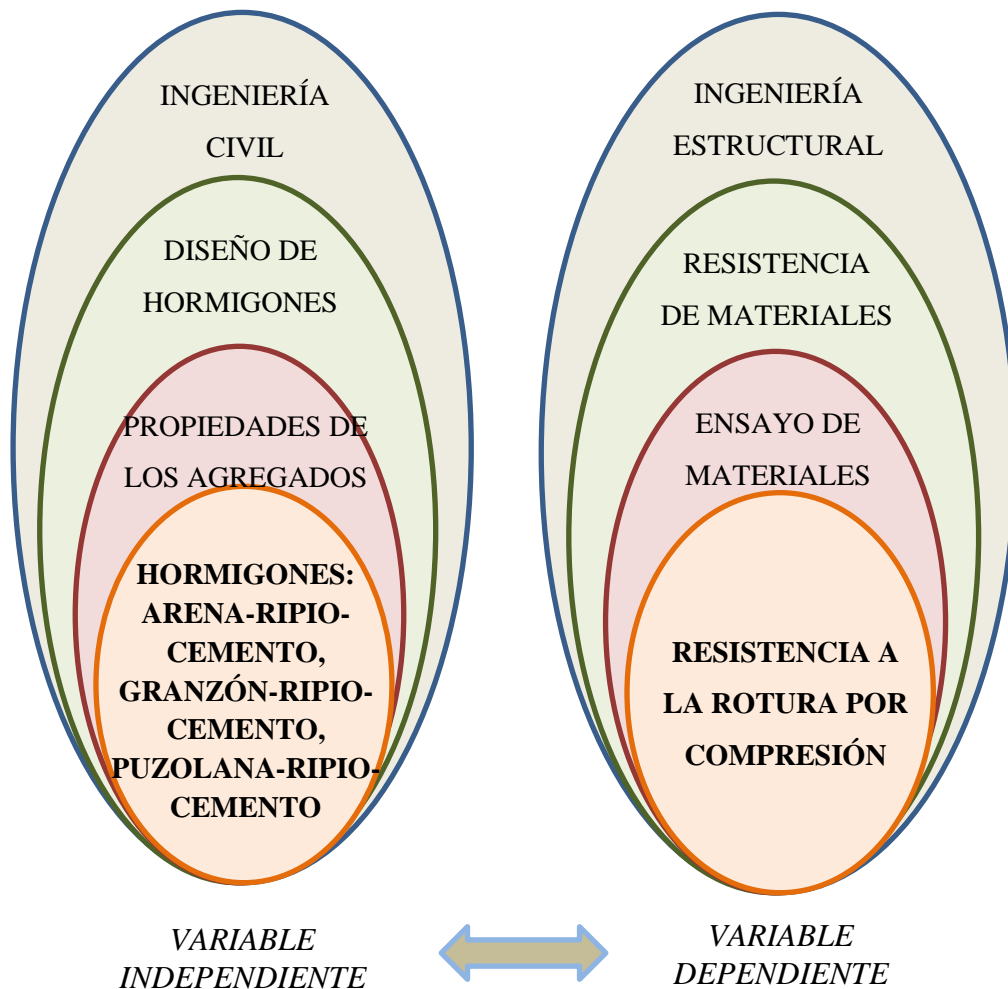


Figura 3: Supraordinación de variables

Fuente: Diana Peña

2.4.2 Definiciones

2.4.2.1 Variable Independiente

2.4.2.1.1 Ingeniería civil

La ingeniería civil es la disciplina de la ingeniería profesional que emplea conocimientos de cálculo, mecánica, hidráulica y química para encargarse del diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras emplazadas en el entorno, incluyendo carreteras, ferrocarriles, puentes, canales, presas, puertos, aeropuertos, diques y otras construcciones relacionadas.

La ingeniería civil es la más antigua después de la ingeniería militar, de ahí su nombre para distinguir las actividades no militares con las militares. Los ingenieros civiles ocupan puestos en prácticamente todos los niveles: en el sector público desde el ámbito municipal al gubernamental y en el ámbito privado desde los pequeños consultores autónomos que trabajan en casa hasta los contratados en grandes compañías internacionales.⁵

2.4.2.1.2 Diseño de hormigones

Los métodos de dosificación tienen por finalidad encontrar las proporciones en que se deben mezclar los diferentes componentes del concreto para conseguir hormigones que posean determinadas características de consistencia, compacidad, resistencia mecánica, durabilidad, etc., que son particulares de cada obra o parte de obra. No existe un método único de dosificación, sino que, dependiendo de las condiciones que deba reunir el hormigón, hay que elegir uno entre varios de los existentes, dependiendo del método elegido se deberán realizar las correcciones oportunas.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_civil

En el estudio de la dosificación de los componentes del hormigón, bien se haga en función del contenido de cemento o de la resistencia característica deseada, hay que tener en cuenta una serie de condicionantes de partida que van a permitir delimitar algunos de los factores que intervienen en el problema amplísimo de la dosificación, como pueden ser: la elección de materiales idóneos, cuantía, composición, etc. La tabla 1 puede ser indicativa de los pasos a seguir en la dosificación de un hormigón.⁶

TIPO DE CONDICIÓN	CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CONSIDERARSE	PARÁMETROS CONDICIONANTES
<i>Diseño</i>	Resistencia	Tipo de cemento Razón W/C
<i>Uso en obra</i>	Trabajabilidad: Fluidez	Dosis de agua
	Consistencia	Granulometría total
<i>Durabilidad</i>	Condiciones ambientales	Tipo de cemento Uso de aditivos
	Ataques agresivos	Dosis mínima de cemento



Condiciones de partida para dosificación de un hormigón

- Tipo de cemento
- Uso de aditivos
- Tamaño máximo
- Fluidez
- Consistencia
- Razón Agua/Cemento

Tabla 1: Condiciones generales para la dosificación de hormigones.

Fuente: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema8.Materiales.Construccion.Hormigon.pdf>

⁶ <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema8.Materiales.Construccion.Hormigon.pdf>

a. Método de diseño de hormigones “A.C.I.”

Es un método en el que se parte de la resistencia que debe tener el hormigón, siendo adecuado para cualquier tipo de obra realizada con este material. Los cuadros de valores que se dan en este método están basados en el empleo de cementos americanos recogidos en la norma ASTM C1 50-85.

Este método fija la relación (Agua/Cemento) según predominen las razones de durabilidad o de resistencia. En el primer caso, la durabilidad está relacionada con la resistencia que ofrece el hormigón frente a acciones externas agresivas, tanto de tipo físico como químico, como pueden ser los efectos del hielo y deshielo o la acción de las aguas puras, de mar, sulfatadas u otros agentes agresivos.⁵

A continuación se detallan las tablas a utilizar para emplear el método de dosificación A.C.I. tomando como referencia la tesis de grado de Conrado, M. y Rojas, S. (2012) cuyo tema es “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba”, elaborada en la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO (mm)	
	MÁXIMO	MÍNIMO
<i>Fundaciones, paredes, zapatas reforzadas y muros</i>	80	20
<i>Zapatas simples, caissons y muros de subestructura</i>	80	20
<i>Losas, vigas y paredes reforzadas</i>	100	20
<i>Columnas de edificios</i>	100	20
<i>Pavimentos</i>	80	20
<i>Construcción en masa</i>	50	20

Tabla 2: Asentamientos recomendados para diferentes tipos de construcción

Fuente: Tabla 1. Dosificación de Mezclas, Ing. Raúl Camaniero, Pág. 41

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO (mm)				
<i>Dimensión mínima de la sección (a) mm</i>	<i>Paredes, vigas y columna reforzadas</i>	<i>Muro sin refuerzo</i>	<i>Losas fuertemente armadas</i>	<i>Losas ligeramente armadas</i>
60 a 130	13 a 19	20	20 a 25	19 a 36
150 a 280	19 a 38	38	38	38 a 76
300 a 740	38 a 76	76	38 a 76	76
750 o más	38 a 76	150	38 a 76	76 a 150

Tabla 3: Tamaños máximos de grava recomendados para diferentes tipos de construcción

Fuente: Tabla 2. Dosificación de Mezclas, Ing. Raúl Camaniero, Pág. 42

ASENTAMIENTO (mm)	AGUA: Litros por m³ de hormigón para los tamaños máximos de grava indicados (mm)*							
	<i>10°</i>	<i>12,50°</i>	<i>20°</i>	<i>25°</i>	<i>38°</i>	<i>50**</i>	<i>70**</i>	<i>150**</i>
<i>Hormigón sin Aire Incluido</i>								
20 a 50	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	240	230	210	205	185	180	170	...
Cantidad aproximada de aire atrapado, (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
<i>Hormigón con Aire Incluido</i>								
20 a 50	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180	215	205	190	185	170	165	160	...
<i>Contenido de aire total promedio recomendado para el nivel de exposición (%)</i>								
Benigno	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**▼	1,0**▼
Moderado	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**▼	3,0**▼
Riguroso	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**▼	4,0**▼

Tabla 4: Cantidades aproximadas de agua de mezclado que se requieren para diferentes asentamientos y tamaños de grava.

Fuente: Tabla 3. Dosificación de Mezclas, Ing. Raúl Camaniero, Pág. 43

En los siguientes párrafos se detallan las consideraciones que se deben tomar en cuenta cuando se utilice la tabla N° 4, específicamente para el contenido de aire total promedio recomendado para el nivel de exposición (%), esta información fue tomada de la tesis de grado de Barros, P. y Ramírez, H. (2012) cuyo tema es “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 Mpa con agregados de la cantera de Pifo”, elaborada en la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

- Las cantidades de agua de mezclado dadas para hormigón con aire incluido están basadas en requisitos de contenido de aire total típicos como se muestran para "exposición moderada" en la tabla de arriba. Estas cantidades de agua de mezclado deben usarse para calcular los contenidos de cemento para mezclas de prueba que se encuentre a temperaturas de 20 hasta 25 °C. Son las máximas para agregados angulares razonablemente bien formados graduados dentro de los límites de especificaciones aceptadas. El agregado grueso redondeado generalmente requerirá 18 kg menos de agua para hormigón sin inclusión de aire y 15 kg menos para hormigón con inclusión de aire. Los aditivos empleados como reductores de agua, ASTM C 494, también pueden reducir el agua de mezclado en 5 % o más. El volumen de los aditivos líquidos es incluido como parte del volumen total del agua de mezclado.
- ♣ Los valores de asentamiento para hormigón que contiene agregados mayores a 40 mm, están basados en ensayos de asentamiento realizados después de retirar las partículas mayores a 40 mm por tamizado húmedo.
- ♥ Estas cantidades de agua de mezclado deben usarse para calcular los factores cemento para mezclas de prueba cuando se usan normalmente tamaños máximos de agregado de 75mm o 150mm. Son promedios para agregados gruesos bien formados, bien graduados desde los gruesos hasta los finos.

- ** Para hormigón que contengan agregados grandes que serán tamizados en húmedo sobre el tamiz de 40mm antes de ensayarlo para contenido de aire, el contenido de aire esperado en el material más pequeño que 40 mm deberá ser el tabulado en la columna de 40mm. Sin embargo los cálculos de las proporciones iniciales deberán incluir el contenido de aire como un porcentaje del total.
- ▼ Al usar agregados grandes en hormigón con bajo factor cemento, la inclusión de aire no requiere ser perjudicial para la resistencia. En la mayoría de los casos los requerimientos de agua se reducen suficientemente para mejorar la relación agua/cemento y así compensar el efecto de reducción de resistencia del hormigón con aire incorporado. Generalmente, entonces, para estos tamaños nominales grandes de agregado, los contenidos de aire recomendados para exposiciones extremas deberán ser considerados aun cuando pueda haber muy poca o ninguna exposición a humedecimiento y congelación.

Observaciones

La cantidad de agua por metro cúbico de hormigón para producir una mezcla de la consistencia deseada, depende de varios factores: el tamaño máximo de las partículas, su forma y textura, graduación de los dos agregados, de la cantidad de cemento y del aire atrapado accidentalmente o incluido a propósito.

Las cantidades de agua indicadas en esta tabla, son suficientemente aproximadas para agregados bien graduados y de formas angulares prismáticas (piedra triturada) y cuando se emplea arena natural de partículas redondeadas. Si no se obtiene el asentamiento deseado y se requiere más agua, significa que los agregados tienen una forma y/o graduación desfavorable: formas alargadas o lajosas, superficies muy rugosas y porosas y curva granulométrica que tienda al límite de los finos. En estos casos, se debe añadir pasta agua/cemento en la proporción indicada por la relación agua/cemento, de manera de mantenerla constante.

El autor recomienda que se siga el procedimiento arriba indicado, aun cuando en ensayos de laboratorio se obtengan resistencias sobre las especificadas, para asegurarnos contra la falta de uniformidad de los materiales en la obra y otros factores imprevistos, es decir, en ningún caso se debe añadir solamente agua a la mezcla.

Si se emplean cantos rodados, las partículas redondeadas y lisas requieren menos agua que la indicada en la tabla. En estos casos se aconseja no disminuir la cantidad de cemento, para compensar la menor superficie de adherencia de la pasta con el agregado y otros factores negativos. Por ejemplo, si se tiene un canto rodado ("grava") y un agregado angular prismático ("piedra"), ambos similarmente graduados y de buena calidad, generalmente producirán hormigones de aproximadamente la misma resistencia a la compresión para el mismo factor cemento y el mismo asentamiento, a pesar de tener diferente cantidad de agua por metro cúbico, lo que implica diferente relación agua/cemento (menor para el hormigón con grava).

TIPO DE ESTRUCTURA	ESTRUCTURA CONTINUA O FRECUENTEMENTE HÚMEDA Y EXPUESTA A CONGELACIÓN Y	ESTRUCTURA PUESTA A AGUA DE MÁS O SULFATOS
<i>Secciones delgadas (pasamanos, umbrales, losetas, obras ornamentales) y secciones con menos de 5 mm de recubrimiento del acero</i>	0,45	0,40 ^{***}
<i>Todas las estructuras</i>	0,50	0,55 ^{***}

Tabla 5: Relación agua/cemento máximas permisibles para hormigón en condiciones de exposición severa (SI)*.

Fuente: Tabla 4. Dosificación de Mezclas, Ing. Raúl Camaniero, Pág. 45

* Basada en ACI 201.2R

** El hormigón también debe tener aire incorporado

*** Si se emplea un cemento resistente a los sulfatos (Tipo II o Tipo V de ASTM C 150) la relación agua/cemento permisible puede ser incrementada en 0,05

Nota del Autor.

Si se emplean cementos compuestos como el portland puzolánico tipo IP (ASTM C 595, INEN 490), la relación agua/cemento debe seleccionarse en base a las exigencias de resistencia a la compresión y trabajabilidad, para cualquier tipo de obra, si las condiciones de exposición ambiental no son muy severas, pues estos cementos, por las adiciones minerales activas, contrarrestan los ataques químicos como la acción de los sulfatos y la reactividad álcali-sílice moderadas.

Observaciones.

La relación agua/cemento debe seleccionarse de acuerdo a las exigencias de resistencia a la compresión promedio requerida (f'_{cr}) y de las condiciones de exposición ambiental. La calidad del hormigón de una estructura depende, no solamente de su resistencia a los esfuerzos de compresión y corte, sino también de su "durabilidad" o resistencia a la acción de agentes atmosféricos y otros agentes agresivos. Para cuidar la resistencia a los agentes atmosféricos u otras sollicitaciones, frecuentemente se incluye entre las condiciones de diseño, un "factor cemento" mínimo, es decir una cantidad mínima de cemento por cada metro cúbico de hormigón. Sabemos que la resistencia y durabilidad de un hormigón dependen de muchos factores, incluyéndose entre ellos la forma de mezclar, colocar en obra, compactación, temperatura y tiempo de curado, calidad de los ingredientes, etc. Si todas estas variables están adecuadamente controladas, las características de resistencia y durabilidad dependen, casi exclusivamente, de la calidad de la pasta agua/cemento.

La Tabla No 5.5 nos indica cuales deben ser las relaciones agua/cemento máximas permisibles para diferentes condiciones de exposición y tipos de obras. En muchos casos, esta exigencia prevalecerá sobre la de la resistencia a la compresión.

Cuando el hormigón vaya a estar expuesto a la acción de aguas saladas o sulfatadas, o suelos con sulfatos, se recomienda emplear cementos resistentes a los sulfatos como el tipo V o por lo menos el tipo II. Pero, si no hay esta posibilidad, la adición de aire y/o una relación agua/cemento baja utilizando el cemento tipo I o tipo IP, puede producir un hormigón que soporte esas condiciones.

En la Tabla N° 5.6 el A.C.I. nos da la resistencia a la compresión a los 28 días que se puede obtener en función de la relación agua/cemento del hormigón con y sin incorporadores de aire. La resistencia puede verse afectada por otros varios factores como el tamaño de las partículas del agregado, la granulometría de estos, la forma y textura de las partículas y los tipos y naturaleza del cemento o material cementante empleados; a esto se suma que en el Ecuador nos encontramos en una etapa de transición pues hace pocos años se inició la fabricación del cemento portland puzolánico tipo IP y aún no tenemos suficientes datos, investigaciones e información para establecer esas relaciones de manera enteramente confiable. Sin embargo, en base a estudios preliminares realizados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, se pone a consideración el siguiente cuadro que puede ser una guía para el diseñador de mezclas. Está claro que los datos presentados requieren de verificación la que, una vez más debe realizarse en mezclas de prueba.

RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DÍAS (MPa)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO (en masa)
45	0,37
42	0,40
40	0,42
35	0,47
32	0,51
30	0,52
28	0,53
25	0,56
24	0,57
21	0,58
18	0,62
15	0,70

Tabla 6: Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación Agua/Cemento

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales U.C.

VOLUMEN APARENTE DE LA GRAVA SECA Y COMPACTADA PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DE LA ARENA (m³)

<i>Tamaño máximo de la grava (mm)</i>	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
10,0	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
12,5	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53
20,0	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60
25,0	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
38,0	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
50,0	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72
70,0	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75
150,0	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81

Tabla 7: Volumen aparente seco y compactado de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón (*)

Fuente: Tabla 6. Dosificación de Mezclas, Ing. Raúl Camaniero, Pág. 48

(*) Las cantidades representan el volumen aparente, compactado del agregado grueso seco al aire ambiente que se obtiene de acuerdo al método de ensayo ASTM -C29. Estos valores se han obtenido de relaciones empíricas para producir hormigones con una trabajabilidad adecuada para construcciones reforzadas comunes. Para mezclas que requieran menos plasticidad como la empleada en la construcción de pavimentos, los volúmenes de agregado grueso se pueden incrementar en alrededor de un 10%. Para hormigón transportado por bombas, en donde se requiere mayor manejabilidad, los valores se deben reducir en un porcentaje que depende del equipo empleado.

Procedimiento para dosificación de muestras de hormigón, método A.C.I.

Mediante la descripción del método A.C.I se establecerán los pasos a seguir para obtener la dosificación de los componentes que deben combinarse para cumplir con las condiciones de la resistencia planteadas para el hormigón simple. El procedimiento a seguir lo basamos en la tesis de grado de Conrado, M. y Rojas, S. (2012) cuyo tema es “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba”, elaborada en la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Antes de empezar se debe tener en cuenta las siguientes condiciones:

- | | |
|--|--------------------|
| - Resistencia a la compresión (Mpa) | $f'c$ |
| - Tamaño nominal máximo | T.N.M |
| - Densidad aparente máxima (g/cm ³) | δ_{ap} máx. |
| - Densidad aparente óptima (g/cm ³) | δ_{ap} ópt. |
| - Densidad del cemento (g/cm ³) | δ_{cem} . |
| - Densidad real de la arena (g/cm ³) | D _{sssA} |
| - Densidad real del piedra (g/cm ³) | D _{sssR} |
| - Porcentaje de humedad arena (%) | %HumA |
| - Porcentaje de humedad piedra (%) | %HumR |
| - Capacidad de absorción de la arena (%) | CAA |

- Capacidad de absorción de piedra (%)	CAR
- Densidad aparente compactada arena (g/cm ³)	DACA
- Densidad aparente compactada piedra (g/cm ³)	DACR
- Densidad aparente suelta arena (g/cm ³)	DASA
- Densidad aparente suelta piedra (g/cm ³)	DASR
- Módulo de finura arena	MFA
- Módulo de finura piedra	MFR

1. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

En la Tabla N° 2, se detallan los valores de asentamiento, y según sea la necesidad o tipo de construcción se ha adopta el valor.

2. Tamaño máximo del agregado, recomendado para varios tipos de construcción.

En la tabla N° 3, se encuentran los tamaños máximos de grava recomendados para los diferentes tipos de construcción, caso contrario mediante los ensayos correspondientes se determinará el tamaño nominal máximo de los agregados y se usará el valor obtenido.

3. Cantidades aproximadas de agua de mezclado que se requieren para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado grueso.

En la tabla N° 4, con los valores del asentamiento y el T.N.M. obtenemos la cantidad de agua y el porcentaje aproximado de aire atrapado en la mezcla, se debe tomar en cuenta que tipo de hormigón se está diseñando (con o sin inclusión de aire).

4. Relaciones agua/cemento máximas permisibles para hormigón en condiciones de exposición severa.

De ser necesario en la tabla N°5 se puede obtener este valor, caso contrario no se la utiliza.

5. Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación Agua/Cemento

En la tabla N° 6, se obtiene el valor de la relación agua/cemento relacionándolo con la resistencia requerida para el diseño del hormigón.

6. Volumen aparente seco y compactado de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón.

En la tabla N° 7, obtenemos el valor del volumen de piedra, relacionando el módulo de finura de la arena en la parte superior y el T.N.M. mediante una interpolación si el valor no concuerda directamente con los de la tabla se debe interpolar el valor, por ejemplo:

$$MF_A = 2,78$$

$$T.N.M. = 19mm$$

M.F DE LA TABLA	VOL. PIEDRA	M.F DEL ENSAYO	VOL DE PIEDRA INTERPOLADO
2,70	0,63		
		2,78	0,622
2,80	0,62		

Tabla 8: Ejemplo de cómo interpolación el volumen del agregado grueso

Fuente: Egda. Diana Peña

Por lo tanto el volumen de agregado grueso (piedra) sería = $0,622m^3$

7. Volúmenes reales para $1m^3$

➤ Cálculo de la cantidad de cemento:

Datos:

Relación agua/cemento “a/c” (dm^3/kg)

Cantidad de agua (dcm³)

$$Cant. Cemento = \left(\frac{Cant. Agua}{a/c} \right) kg$$

➤ Cálculo de la masa del agregado grueso (piedra):

Datos:

Volumen de agregado grueso en (dcm³)

Densidad aparente compactada piedra (g/cm³)

$$M(ripio) = \{Vol_{(ag.grueso)} \times DAC_R\} kg$$

➤ Tabulación de resultados:

Se colocan los datos obtenidos anteriormente en la columna A, y los datos de la columna B ya los tienen, ya que estos son los datos de partida para realizar la dosificación.

El porcentaje de aire que establezcamos para la muestra lo multiplicamos por el valor total del volumen en este caso para 1m³ o 1000dm³.

	A	B	C
	Masa (kg)	Densidad Real (g/cm ³)	Volumen Real (dm ³)
1	Agua		A1 x B1
2	Cemento		A2 x B2
3	Piedra		A3 x B3
4	Aire __%	----	--- % x 1000
5	Σ Volumen de sólidos (C1 + C2 + C3 + C4)		
6	Volumen de Arena (1000 – C5)		

Tabla 9: Tabulación de resultados para 1m³ de hormigón

Fuente: Egda. Diana Peña

➤ Tabulación de resultados:

Datos:

Volumen real de la arena (dcm^3)

Densidad real de la arena (g/cm^3)

$$M(\text{arena}) = \{Vol_{(\text{arena})} \times D_{\text{SSA}}\} \text{kg}$$

8. Dosificación al peso por el método A.C.I.

En la columna A se colocan los valores de la masa (peso) de los componentes del concreto calculados en el ítem 7. Se toma como unidad el cemento.

		A	B
	Material	Masa (kg)	Proporción
1	Agua		A1 / A2
2	Cemento		A2 / A2
3	Arena		A3 / A2
4	Piedra		A4 / A2

Tabla 10: Dosificación al peso.

Fuente: Egda. Diana Peña

b. Método de diseño de hormigones “Densidad máxima”

La Universidad Central del Ecuador (UCE) desarrollo un método de diseño de hormigones, el mismo que se presenta como una alternativa del método propuesto por el A.C.I. (American Concrete Institute).

“La importancia fundamental de éste método es que se pueda aplicar al diseño de mezclas con granulados de “deficiente” granulometría, de acuerdo con las normas

norteamericanas, y por tanto, no aconsejable para ser empleado en el método de diseño del A.C.I.”⁷

La aplicación del método de diseño de hormigones basado en la *Densidad Máxima* de los agregados es algo fundamental, ya que nuestro país dispone una gran variedad de materiales pétreos, de los cuales no cumplen en su mayoría con las normas establecidas para ser utilizados en el método A.C.I. Lo esencial del método es ocupar la mínima cantidad de pasta para obtener un concreto de buena calidad, para lo cual es vital realizar una combinación apropiada de los agregados, de tal forma que el porcentaje de vacíos sea mínimo. La combinación requerida se la obtiene por medio del ensayo denominado “Densidad óptima de los agregados”.⁷

Para la aplicación del este método de diseño se debe tener en cuenta las siguientes condiciones:⁸

- Una tabla empírica, donde describe la relación W/C en función de la resistencia a diseñar.
- El volumen de aparente de agregado grueso con un cierto porcentaje de vacíos entre partículas, el mismo que debe ser llenado por agregado fino.
- El porcentaje de vacíos que deja el agregado fino y grueso debe ser llenado por la pasta de cemento y agua. La pasta a más de llenar los vacíos que dejan los agregados deben recubrir todas y cada una de las partículas.

A continuación se detallan los valores de la resistencia a la compresión a los 28 días de edad ($f'c$) en función de la relación agua/cemento del hormigón, y los

⁷ CAMANIERO Raúl, Método de diseño de mezclas propuesto por el ACI (American Concrete Institute), Pág. 59

⁸ Barros, V. & Ramírez, H., (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Pifo. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

valores de la cantidad de pasta que requiere el concreto de acuerdo al asentamiento buscado para el cemento Portland puzolánico tipo IP.

RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DÍAS (MPa)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO	RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DÍAS (MPa)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO
45	0,37	28	0,53
42	0,40	25	0,56
40	0,42	24	0,57
35	0,47	21	0,58
32	0,51	18	0,62
30	0,52	15	0,70

Tabla 11: Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación agua/cemento.

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales U.C.

ASENTAMIENTO	CANTIDAD DE PASTA (%)
0 – 3	% POV + 2% + 3% (POV)
3 – 6	% POV + 2% + 6% (POV)
6 – 9	% POV + 2% + 8% (POV)
9 – 12	% POV + 2% + 11% (POV)
12 – 15	% POV + 2% + 13% (POV)

Tabla 12: Cantidad de pasta para distintos asentamientos.

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales U.C.

La cantidad de pasta calculada, no podrá ser superior al 30% del volumen total del hormigón.

Procedimiento para dosificación de muestras de hormigón, método “Densidad Máxima”

Para el desarrollo de este método se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones que son el resultado de ensayos previos de los agregados a utilizar para el hormigón. . El procedimiento a seguir lo basamos en la tesis de grado de Conrado, M. y Rojas, S. (2012) cuyo tema es “Diseño de hormigones

con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba”, elaborada en la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Antes de empezar, se debe tener en cuenta que la dosificación del hormigón se realiza para 1m^3 de hormigón más las siguientes consideraciones:

- | | |
|---|--------|
| - Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | $f'c$ |
| - Asentamiento (cm) | Asent. |
| - Densidad real del cemento (g/dm ³) | DRC |
| - Densidad real de la arena (g/dm ³) | DRA |
| - Densidad real del piedra (g/dm ³) | DRR |
| - Densidad aparente de la arena (g/dm ³) | DAA |
| - Densidad aparente del piedra (g/dm ³) | DAR |
| - Densidad óptima de los agregados (g/dm ³) | DOAg |
| - Porcentaje óptimo de arena (%) | POA |
| - Porcentaje óptimo de piedra (%) | POR |
| - Porcentaje aire (%) | AIRE |

1. Densidad real del agregado (kg/dm³)

$$DRAg = (DRA * POA) + (DRR * POR)$$

$$DRA < DRAg < DRR$$

Nota: El porcentaje óptimo de los agregados se debe ingresar en forma de fracción y no en valor porcentual.

2. Porcentaje óptimo de vacíos

$$POV = \left[\frac{DRAg - DOAg}{DRAg} * 100 \right] \%$$

$$POV = \left[\frac{DRAg - DOAg}{DRAg} * vol.hormigón \right] dm^3$$

3. Cantidad de pasta (dm^3)

Según la condición de diseño en la Tabla N° 12 se escoge la ecuación. Para una mejor comprensión se resolverá para un hormigón con asentamiento de 7cm, y se asumirá un x valor para el POV.

$$\begin{aligned}CP &= \%POV + 2\% + 8\% (POV) \\CP &= 34,55\% + 2\% + 8\% * 34,55\% \\CP &= 39,31\%\end{aligned}$$

La cantidad de pasta calculada no debe sobrepasar del 30%, caso contrario, se asume este valor para un metro cúbico de hormigón ($300dm^3 @ m^3$).

4. Relación agua cemento

La relación agua cemento se obtiene de la siguiente tabla N° 11, en función de la resistencia requerida (f^c).

5. Cantidad de cemento (kg @ volumen de hormigón)

$$C = \frac{CP}{\left(\frac{w}{c}\right) + \frac{1}{DRC}}$$

6. Cantidad de agua (kg o lt. @ volumen de hormigón)

$$W = \frac{w}{C} * C$$

7. Cantidad de arena (kg @ volumen de hormigón)

$$\begin{aligned}A &= (Vol.hormigón - CP - \%Aire) * POA * DRA \\A &= (Vol.hormigón - CP) * POA * DRA\end{aligned}$$

Nota: El porcentaje óptimo de los agregados se debe ingresar en forma de fracción y no en valor porcentual.

8. Cantidad de piedra (kg @ volumen de hormigón)

$$R = (Vol.hormigón - CP - \%Aire) * POR * DRR$$

$$R = (Vol.hormigón - CP) * POR * DRR$$

9. Dosificación al peso

Utilizar la tabla N° 10 para la dosificación al peso.

2.4.2.1.3 Propiedades de los agregados

a. Granulometría de los agregados

Consiste en la distribución del tamaño de los agregados, quizás es una de las propiedades más importantes ya que de estos depende la cantidad de la pasta y agua a emplearse. Por consiguiente influirá en la trabajabilidad, cohesión, segregación, y características de acabado del hormigón fresco y fraguado.

Los ensayos para la determinación de la gradación es muy sencillo ya que el procedimiento consiste en hacer pasar las partículas por una serie de tamices de diferente numeración tal como lo indica la norma NTE INEN 0696:2011 (ASTM - C136).

La denominación en unidades inglesas (tamices ASTM) se hacía según el tamaño de la abertura en pulgadas para los tamaños grandes y el número de aberturas por pulgada lineal para los tamaños grandes y el numeral de aberturas por pulgada lineal para tamices menores de 3/8 de pulgada.

La serie de tamices utilizados para agregado grueso son 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", #4 y para agregado fino son ⅜", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200.

Después de tamizar el material se lo pesa y se aplican las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Masa de material retenido}}{\text{Masa total de la muestra}} * 100$$
$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Como resultado de un análisis granulométrico se obtiene las curvas granulométricas permitiendo visualizar mejor la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados.

En consecuencia hay factores que se derivan de un análisis granulométrico como son:

- El módulo de finura (MF)
- El tamaño máximo nominal (TMN)

Módulo de finura (MF)

El módulo de finura es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz # 100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido en 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado}}{100}$$

Se considera que el MF de una arena adecuada para producir hormigón debe estar entre 2,3 y 3,1 donde un valor menor que 2,0 indica una arena fina; 2,5 una arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa.

Tamaño máximo nominal (TMN)

El tamaño máximo nominal es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal.⁹

b. Densidad real

La densidad real de los agregados depende directamente de las propiedades de la roca original, está definida como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada. Sin embargo, para los agregados del hormigón hay que se debe determinar cuidadosamente el término densidad, ya que entre sus partículas hay cavidades o poros que pueden estar vacíos, parcialmente saturados o llenos de agua, dependiendo de su permeabilidad interna.

El ensayo se realiza bajo la norma NTE INEN 856 (ASTM – C127) para el agregado grueso, y para el agregado fino NTE INEN 857 (ASTM – C128), puesto que el procedimiento difiere, pero se basan en el mismo principio de Arquímedes: “Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado”.

c. Densidad aparente

La densidad aparente se define como la relación que existe entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos todos los poros saturables y no saturables. La densidad aparente se puede determinar en estado seco o en estado húmedo, dependiendo del grado de saturación de los poros.

En el sistema constructivo, es de vital importancia la densidad aparente, puesto que con ella se determina la cantidad en peso de agregado requerido para un volumen unitario de hormigón. Los poros interiores de las partículas de agregado ocupan un volumen dentro de la masa de concreto porque el agua que se aloja dentro de los poros saturables no hace parte del agua de mezclado; entendiéndose como el agua de mezclado tanto el agua de hidratación del cemento como el agua libre que en combinación con el cemento produce la pasta lubricante de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico.

La densidad aparente del agregado depende de la constitución mineralógica de la roca madre y por lo tanto de su densidad así como también de la cantidad de huecos o poros que contenga. Por lo general, el valor de esta densidad en los agregados pétreos oscila entre 2.30 g/cm³ y 2.8 g/cm³ según la roca de origen.

Para realizar este ensayo nos basamos en la norma NTE INEN 858 (ASTM-C29).

d. Colorimetría

El ensayo de colorimetría se debe a la presencia de impurezas orgánicas en los agregados, lo que a su vez es perjudicial para la dosificación de hormigones, debido a que éstas le quitan las propiedades a la mezcla, es decir, pueden absorber parte del agua que se ha calculado y variar la razón agua/cemento (A/C). También provoca que la interface (zona entre el árido y el cemento) no se adhiera correctamente haciendo un concreto poco resistente.

El análisis colorimétrico se basa en la norma NTE INEN 0855:2010, y basa principalmente en tomar una muestra de árido fino se le agrega una solución normalizada de hidróxido de sodio, se la agita y luego de 24 horas se observará el color del líquido que sobrenada la muestra con el color de la solución normalizada o con el comparador de colores para determinar si la muestra contiene impurezas orgánicas inapropiadas.

A continuación se presenta la siguiente figura y tabla, en donde se detalla la escala de colores:

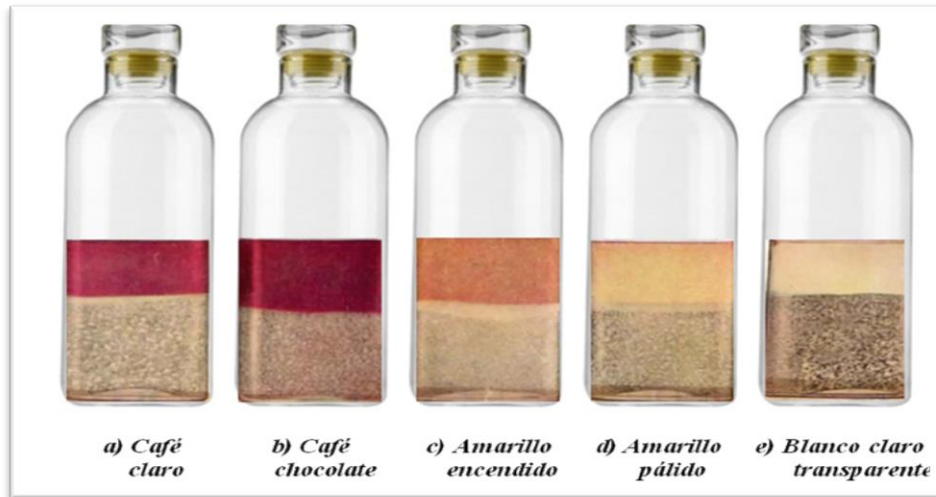


Figura 4: Patrón colorimétrico, para conocer el contenido orgánico en una arena
Fuente: ASTM, “Standard Method of Test for Organic Impurities in Sands for Concrete: C 40”, Filadelfia, (1942)

ID	COLORACIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Café claro	<i>Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad.</i>
b	Café chocolate	<i>Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se usa.</i>
c	Amarillo encendido	<i>Contiene materia orgánica en altas cantidades. Puede usarse en hormigones de alta resistencia.</i>
d	Amarillo pálido	<i>Arena con poca presencia de materia orgánica limos o arcillas. Se considera de buena calidad.</i>
e	Blanco claro a transparente	<i>Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.</i>

Tabla 13: Tabla de patrón colorimétrico.

Fuente: Barros, V. & Ramírez, H., (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Pifo. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

e. Resistencia al desgaste del agregado grueso

El objetivo de este ensayo, como se lo indica en la norma NTE INEN 860 (ASTM - C131), es medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado de granulometría preparada. Este es un factor de importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben ser duros.

La prueba consiste en hacer golpear una muestra de material con una carga abrasiva dentro de un tambor metálico (giratorio), a una determinada velocidad. Dicho tambor se lo conoce como máquina de Los Ángeles. La evaluación de la resistencia a la abrasión se realiza a partir del incremento en material fino que se produce por el efecto de golpe con la carga abrasiva dentro del tambor cilíndrico.⁹

f. Contenido de humedad¹⁰

Se refiere a la cantidad de agua contenida en el agregado en un momento dado. El material pétreo por lo general se lo encuentra húmedo, y varía con el estado del tiempo, por lo que es importante determinar con frecuencia su contenido de humedad y así realizar oportunas correcciones a la muestra.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- *Totalmente seco.* Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (generalmente 24 horas).
- *Parcialmente seco.* Se logra mediante exposición al aire libre.

⁹ Garzón, M.,(2010). “Seminario de Graduación, Anexos: Ensayos para la investigación”, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

¹⁰ <http://www.construaprende.com/docs/lab/336-practica-contenido-humedad-agregados>

- *Saturado y Superficialmente seco.* (SSS). En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.
- *Totalmente Húmedo.* Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

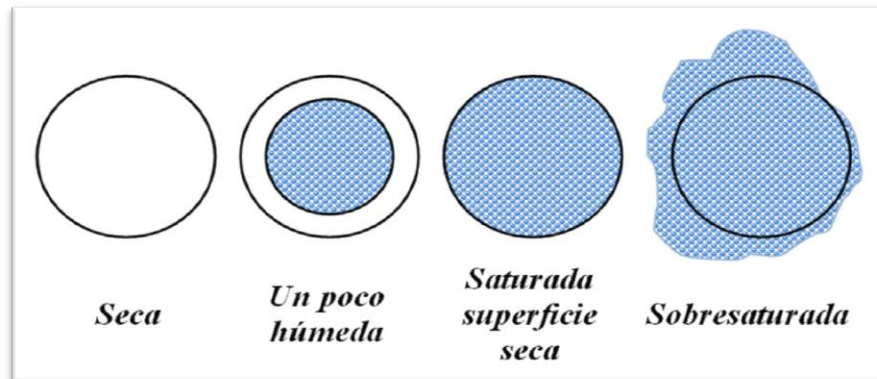


Figura 5: Condiciones de humedad de los agregados

Fuente: <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/absorcion-y-humedad-superficial-de-los.html>

g. Capacidad de absorción

La capacidad de absorción varía dependiendo el tipo de agregado y su permeabilidad ya que algunos tienen poros saturables como no saturables, generando así una serie de estados de humedad y densidad.

La absorción en los agregados, se resume como el incremento en la masa del material pétreo debido al agua en los poros, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca. El agregado se considera como "seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para eliminar toda el agua no combinada.¹¹

La norma utilizada es la NTE INEN 856 (ASTM-C127), en ella se detalla el procedimiento para el ensayo.

¹¹ <http://es.scribd.com/doc/20869782/LA-ABSORCION-EN-LOS-AGREGADOS>

h. Porosidad¹²

Los tamaños de los poros en el agregado varían en un amplio rango, pero hasta los más pequeños son mayores que los poros del gel en la pasta de cemento. Algunos poros del agregado están totalmente inmersos dentro de la partícula, pero otros se abren a la superficie, de modo que el agua, y otros agentes agresores, pueden penetrar en ellos. El grado de porosidad de las rocas comunes varía de 0 a 50%. Teniendo en cuenta que el agregado representa aproximadamente tres cuartas partes del volumen del hormigón, es claro que la calidad de la roca utilizada como agregado es un factor que contribuye a la porosidad total del hormigón. Sin embargo, la porosidad capilar es la que generalmente influye en la durabilidad del hormigón.

2.4.2.2 Variable Dependiente

2.4.2.2.1 Ingeniería estructural¹³

El término ingeniería estructural se aplica a la especialidad de la ingeniería civil que permite el planeamiento y el diseño de las partes que forman el esqueleto resistente de las edificaciones más tradicionales como edificios urbanos, construcciones industriales, puente, estructuras de desarrollo hidráulico y otras. El esqueleto estructural forma un sistema integrado de partes, denominadas elementos estructurales: vigas, columnas, losas, zapatas de cimentación y otros.

Todo buen profesional de la ingeniería estructural debe poseer sólidos conocimientos sobre los materiales usados en las obras, esto unido al buen juicio y la virtud de poder balancear correctamente la estética, las formas estructurales, las técnicas constructivas. El reto de la ingeniería estructural consiste en la determinación de las propiedades básicas de los materiales de construcción tradicional y el desarrollo de nuevos materiales más económicos, más livianos y más duraderos.

¹² http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-40652006000300004&script=sci_arttext&tlng=en

¹³ <http://www.monografias.com/trabajos10/ingen/ingen2.shtml#ixzz36jWTsvs>

2.4.2.2 Resistencia de materiales¹⁴

La resistencia de materiales, es una disciplina de la ingeniería mecánica, la ingeniería estructural y la ingeniería industrial, que estudia los sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Generalmente las simplificaciones geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular.

Para el diseño mecánico de elementos con geometrías complicadas la resistencia de materiales suele ser insuficiente y es necesario usar técnicas basadas en la teoría de la elasticidad o la mecánica de sólidos deformables más generales. Esos problemas planteados en términos de tensiones y deformaciones pueden entonces ser resueltos de forma muy aproximada con métodos numéricos como el análisis por elementos finitos.

2.4.2.3 Ensayo de materiales

Con el ensayo de los materiales se determina los valores de resistencia, se verifica las propiedades y se establecen parámetros sobre el comportamiento de aquellos que han estado bajo la acción de influencias externas. El factor económico juega un rol de importancia en el campo de la fabricación en general, ya que se debe conocer los materiales a utilizar, la manera de seleccionarlos para cada fin y poder hacerlos trabajar en el límite de sus posibilidades, cumpliendo con las exigencias de menor peso, mejor calidad y mayor rendimiento.

¹⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_de_materiales

En los ensayos físicos se determinan generalmente la forma y dimensiones de los cuerpos, su peso específico y densidad, contenido de humedad, etc., y en los mecánicos la resistencia, elasticidad y plasticidad, ductilidad, tenacidad y fragilidad, etc.¹⁵

Existen diversas clasificaciones de los ensayos de Materiales como:¹⁶

a. En función del deterioro del material

- *Destructivos*: Producen daño o rotura de la pieza sometida a ensayo.
- *Ensayos no destructivos (END)*: No se ven alterada su forma y presencia inicial.

b. En función de la finalidad del ensayo

- *Científicos*: Se hacen en laboratorios especializados y permiten tener valores precisos y normalizados.
- *Tecnológicos*: Se hacen en fábricas e indican la calidad de los materiales.

c. En función de la propiedad a determinar:

- *Químicos*: Permiten conocer la composición cualitativa y cuantitativa del material, así como la naturaleza del enlace químico o la estabilidad del material frente a agentes corrosivos.
- *Metalográficos*: Permiten conocer la estructura interna del material con el uso del microscopio.
- *Físicos*: Cuantifican ciertas propiedades físicas, densidad, punto de ebullición, punto de fusión y conductividad térmica.
- *Mecánico*: Se determina la resistencia del material a ciertos esfuerzos.

¹⁵ <http://juliocorrea.files.wordpress.com/2007/09/ensayos-de-dureza.pdf>

¹⁶ Sánchez J. (2013). La resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el módulo de elasticidad estático en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

2.5 HIPÓTESIS

Los hormigones elaborados con: arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento y una misma dosificación influyen en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad

2.6 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.6.1 Variable independiente

Los hormigones elaborados con: arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento y una misma dosificación

2.6.2 Variable dependiente

La resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El proyecto de investigación tiene un enfoque cuali-cuantitativo, ya que en los ensayos de resistencia a la rotura por compresión de los tres tipos de hormigones (arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento) se obtendrán una serie de datos que serán tabulados estadísticamente, además de los estudios que se efectuarán a los agregados que constituyen el concreto, estos serán evaluados y comparados con la finalidad de determinar si existe similitud, o mejora en las propiedades mecánicas de las muestras tomadas.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Por el lugar: La investigación será de campo debido a que la toma de muestras de los áridos se realizará en las minas de donde proviene el material y de laboratorio, ya que se requerirá de equipos y herramientas especiales para analizar los agregados, la elaboración y ensayos de las probetas de hormigón tanto en estado fresco como en el proceso de fraguado.

Por el objetivo: La investigación será pura, ya que con el estudio comparativo de la resistencia a la rotura por compresión entre los tres tipos de hormigones (arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento) se busca determinar si entre las muestras tomadas existe similitud o mejora en las propiedades mecánicas y trabajabilidad de mismas; además de la posibilidad del

uso de estos áridos finos en la preparación del concreto para proyectos constructivos.

Por el tiempo: La investigación será experimental, debido a que tanto para la elaboración de las probetas de los tres tipos de hormigón (arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento) y el ensayo de resistencia de rotura por compresión de las mismas se deberá seguir un procedimiento basado en la norma NTE INEN 1 573:2010 y el seguimiento del estudio influirá en los resultados finales de la investigación.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los niveles de investigación considerados para este proyecto son:

- Exploratoria
- Descriptiva

Los estudios serán exploratorios ya que se efectúa un sondeo del problema, además que orienta al investigador auscultar determinadas problemáticas planteando líneas generales para una investigación profunda y sistemática.

Los estudios serán descriptivos porque se busca comparar entre dos o más hechos, clasificando elementos y estructuras según ciertos criterios distribuyendo datos y variables considerados de manera aislada, además del apoyo teórico y bibliográfico para la elaboración y ensayo de las probetas de hormigón.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 La Población

La presente investigación podría tener un número infinito de muestra dependiendo de qué tan minucioso se desee ser, esto a su vez involucraría disponer de altos recursos económicos para el desarrollo de los ensayos.

Por tal motivo el estudio se basará en el ACI-318S-11, p.76 que menciona que un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 mm por 300 mm o de al menos tres probetas de 100 por 200 mm, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de $f'c$.

3.4.2 Muestra

Para el estudio comparativo se tomará un total de 36 probetas de hormigón, 12 por cada tipo mezcla (arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento), de las cuales se ensayarán 2 probetas más 1 adicional en caso de que alguna de ella saliese defectuosa en los tiempos establecidos.

Las probetas se ensayarán a los 7, 14, 21 y 28 días de edad utilizando una misma dosificación.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 Variable independiente

Estudio comparativo entre los hormigones: arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento con una misma dosificación.

CONCEPTO	CATEGORÍA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSRUMENTOS
<i>Hormigón:</i>	Cemento portland	Curado durante el proceso de Fraguado y endurecimiento	¿Qué consideracion es en el curado del hormigón se deberá tener en el proceso de fraguado y endurecimient o?	Observación: NTE INEN 1 576:2011

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, árido fino, árido grueso y agua con o sin aditivos.	Partículas, árido fino, árido grueso.	Gradación y/o granulometría	¿Será adecuado el tamaño de las partículas de los áridos finos y gruesos para la preparación del hormigón?	Observación directa: NTE INEN 872:2011 NTE INEN 694:2010 NTE INEN 1501:2011:
	Agua	Agua potable y no potable	¿Qué tipo de agua se empleará en la preparación del hormigón?	Observación directa: NTE INEN 1108: 2011
	Aditivos	Modifica las propiedades del hormigón	¿Será necesario emplear aditivos en la preparación del concreto?	ASTM C 260 ASTM C 494 ASTM C 1017

Tabla 14: Operacionalización de variable independiente

Fuente: Egda. Diana Peña

3.5.2 Variable dependiente

Incidencia en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.

CONCEPTO	CATEGORIA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Resistencia a la rotura por compresión:</p> <p>Es empleada en el diseño y evaluada de acuerdo con las normas locales y / o extranjeras. Los ensayos de resistencia del hormigón se efectúan para determinar la calidad del hormigón.</p>	Ensayos resistencia de la rotura por compresión	Equipos y especímenes de hormigón	¿Serán adecuados los equipos y especímenes de hormigón para la realización del ensayo de resistencia a la rotura por compresión?	Observación directa: NTE INEN 1 573:2010
	Calidad de hormigón	Procedimiento de preparación de hormigón y muestreo	¿Los procedimientos para la preparación de hormigón y el muestreo permitirán obtener probetas de calidad?	Observación directa: NTE INEN 872:2011 NTE INEN 1 855-1:2001 NTE INEN 694:2010 NTE INEN 1 108 NTE INEN 1 576:2011 NTE INEN 1 763:2010

Tabla 15: Operacionalización de variable dependiente

Fuente: Egda. Diana Peña

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Estudio comparativo entre los hormigones: arena-ripió-cemento, granzón-ripió-cemento, puzolana-ripió-cemento con una misma dosificación y su incidencia en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.
2. ¿De qué personas u objetos?	Normas Técnicas Ecuatorianas INEN para procedimientos de preparación probetas cilíndricas de hormigón.
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none"> - La resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad. - Diferentes tipos de hormigones - Propiedades de los agregados
4. ¿Quién?	Diana Isabel Peña Galván
5. ¿Cuándo?	La recolección de información iniciará en Junio del 2014.
6. ¿Dónde?	Laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato <i>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.</i> Laboratorio de Control de Calidad <i>Holcim planta Quito norte</i>
7. ¿Número necesario de instrumentos aplicados?	Se realizarán 36 probetas cilíndricas de hormigón (12 por cada tipo de concreto)

8. ¿Cómo? ¿Qué técnica e instrumento?	Observación, Normas Técnicas Ecuatorianas INEN, realizar pruebas de laboratorio
9. ¿Cuáles son los instrumentos? Esquema	<ul style="list-style-type: none"> - Observación directa - Cuaderno de notas - Lista de cotejo - Registros específicos

Tabla 16: Plan de recolección de información

Fuente: Egda. Diana Peña

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1 Plan de procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información obtenida mediante el ensayo de resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad, de los tres tipos de hormigones: (arena-ripio-cemento, granzón-ripio-cemento, puzolana-ripio-cemento) con una misma dosificación se realizará un revisión crítica de la información, tabulando y graficando los datos resultantes de las pruebas realizadas a las probetas de concreto.

3.7.2 Plan de análisis e interpretación de resultados

Los resultados obtenidos se analizarán en bases a los objetivos e hipótesis planteadas en el trabajo de investigación, sin obviar los lineamientos de las Normas Técnicas Ecuatorianas del INEN en cuanto a hormigón se refiere.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se detallarán los resultados de ensayos previos realizados en el laboratorio para el agregado fino (puzolana, granzón y arena) y grueso, con la finalidad de tener una base de análisis, con las cuales más adelante se comparará las propiedades mecánicas de los diferentes materiales pétreos en diferentes dosificaciones para la fabricación del hormigón. Adicional a esto se evaluarán las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido.

4.1.1 Ensayos realizados

4.1.1.1 Para los materiales y/o componentes del hormigón.



Figura 6: Ensayos a realizar a los agregados

Fuente: Egda. Diana Peña

a) Análisis granulométrico

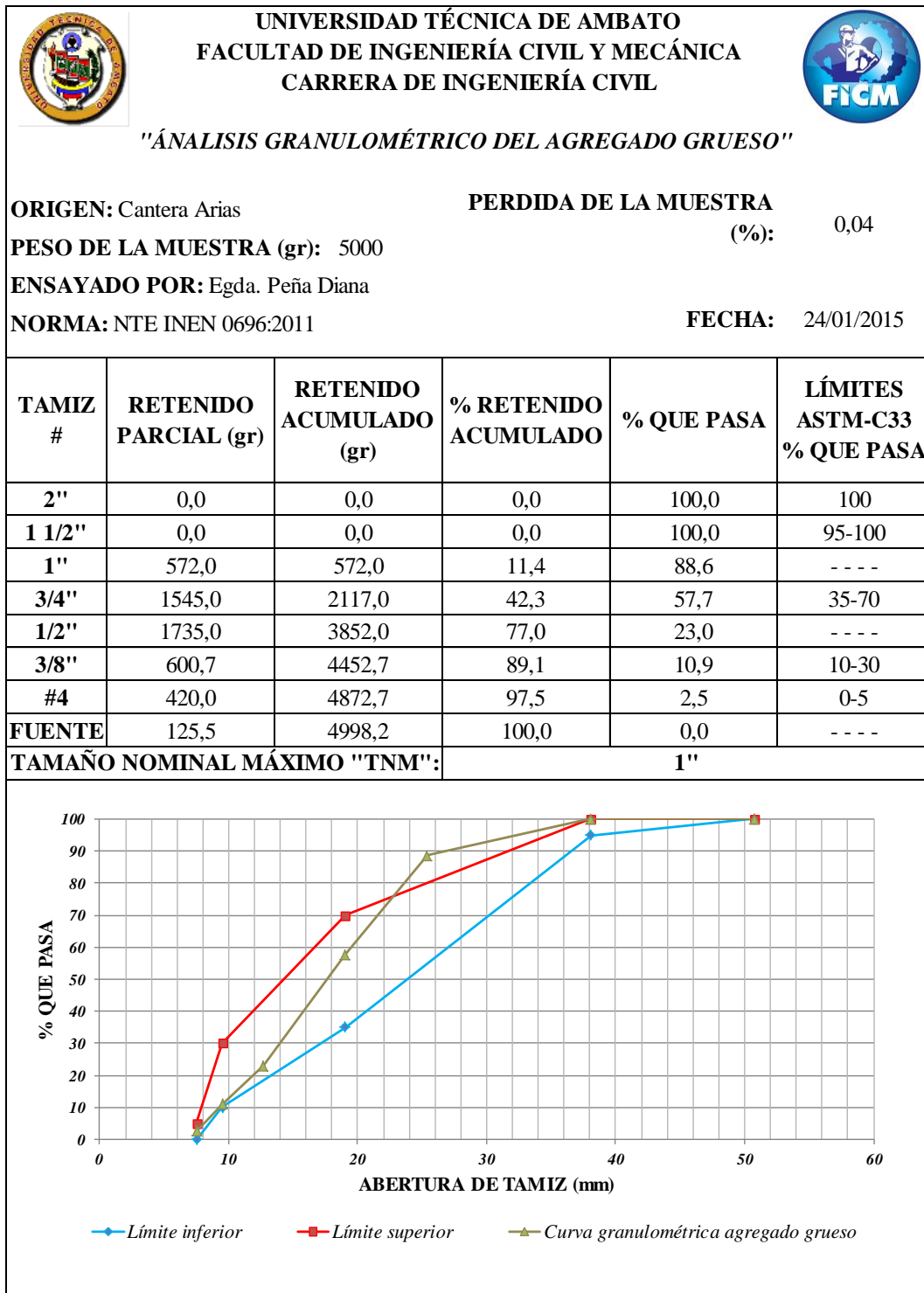


Tabla 17: Análisis granulométrico agregado grueso (Cantera Arias)
Fuente: Egda. Diana Peña



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



"ÁNÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO"
ARENA

ORIGEN: Cantera Arias

PESO DE LA MUESTRA (gr): 400

ENSAYADO POR: Egda. Peña Diana

NORMA: NTE INEN 0696:2011

PERDIDA DE

LA 0,03

MUESTRA

FECHA: 24/01/2015

TAMIZ #	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITES ASTM-C33 % QUE PASA
3/8"	0,0	0,0	0,0	100,0	100
#4	0,0	0,0	0,0	100,0	95-100
#8	74,1	74,1	18,5	81,5	80-100
#16	65,7	139,8	35,0	65,0	50-85
#30	53,1	192,9	48,2	51,8	25-60
#50	74,7	267,6	66,9	33,1	10-30
#100	106,4	374,0	93,5	6,5	2-10
#200	25,5	399,4	99,9	0,1	----
FUENTE	0,5	399,9	100,0	0,0	----

MODULO DE FINURA

2,621

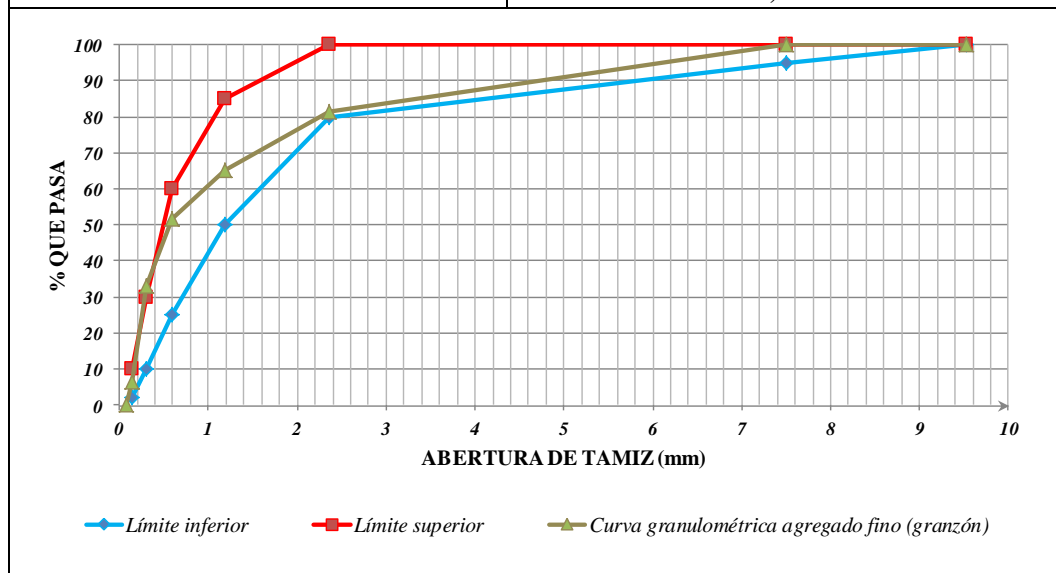


Tabla 18: Análisis granulométrico agregado fino "Arena" (Cantera Arias)

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO"
GRANZON

ORIGEN: Cantera Salache
PESO DE LA MUESTRA (gr): 400
ENSAYADO POR: Egda. Peña Diana
NORMA: NTE INEN 0696:2011

PERDIDA DE LA MUESTRA 0,18
(%):
FECHA: 24/01/2015

TAMIZ #	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITES ASTM-C33 % QUE PASA
3/8"	14,2	14,2	3,5	96,5	100
#4	26,0	40,2	10,1	90,0	95-100
#8	80,1	120,3	30,1	69,9	80-100
#16	70,4	190,7	47,7	52,3	50-85
#30	80,1	270,8	67,7	32,3	25-60
#50	59,6	330,4	82,6	17,4	10-30
#100	29,6	360,0	90,0	10,0	2-10
#200	26,8	386,8	96,7	3,3	----
FUENTE	12,5	399,3	99,8	0,2	----

MODULO DE FINURA

3,316

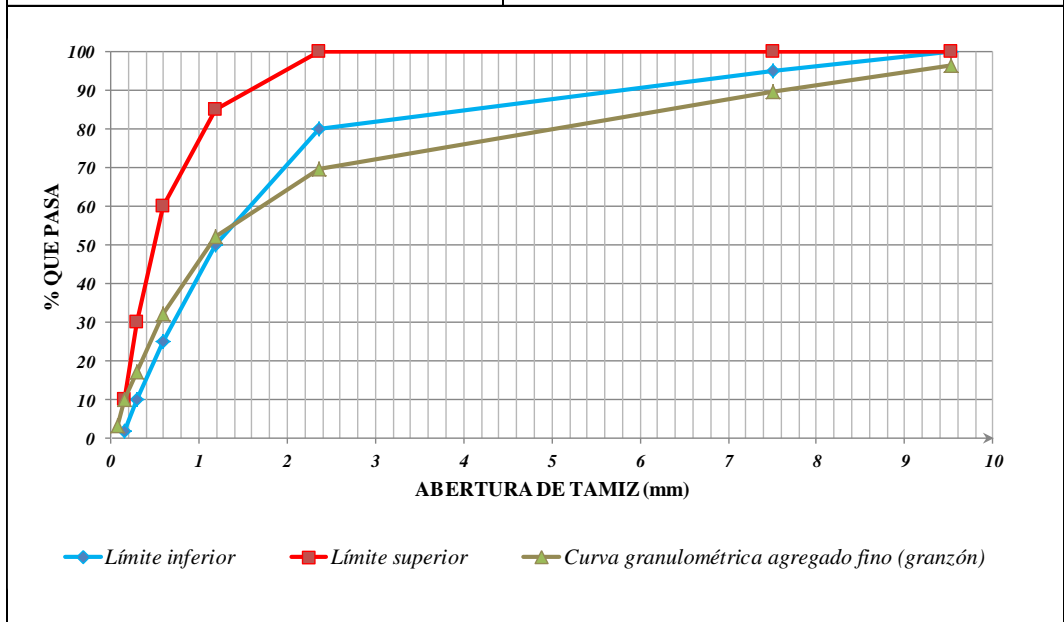


Tabla 19: Análisis granulométrico agregado fino "Granzón" (Cantera Salache)

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO"
PUZOLANA

ORIGEN: Cantera Holcim
PESO DE LA MUESTRA (gr): 400
ENSAYADO POR: Egda. Peña Diana
NORMA: NTE INEN 0696:2011

PERDIDA DE LA MUESTRA: 0,05
FECHA: 24/01/2015

TAMIZ #	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITES ASTM-C33 % QUE PASA
3/8"	1,6	1,6	0,4	99,6	100
#4	18,4	20,0	5,0	95,0	95-100
#8	35,1	55,1	13,8	86,2	80-100
#16	50,7	105,8	26,4	73,6	50-85
#30	59,3	165,1	41,3	58,7	25-60
#50	197,0	362,1	90,5	9,5	10-30
#100	33,6	395,7	98,9	1,1	2-10
#200	3,1	398,7	99,7	0,3	----
FUENTE	1,1	399,8	100,0	0,0	----

MODULO DE FINURA

2,763

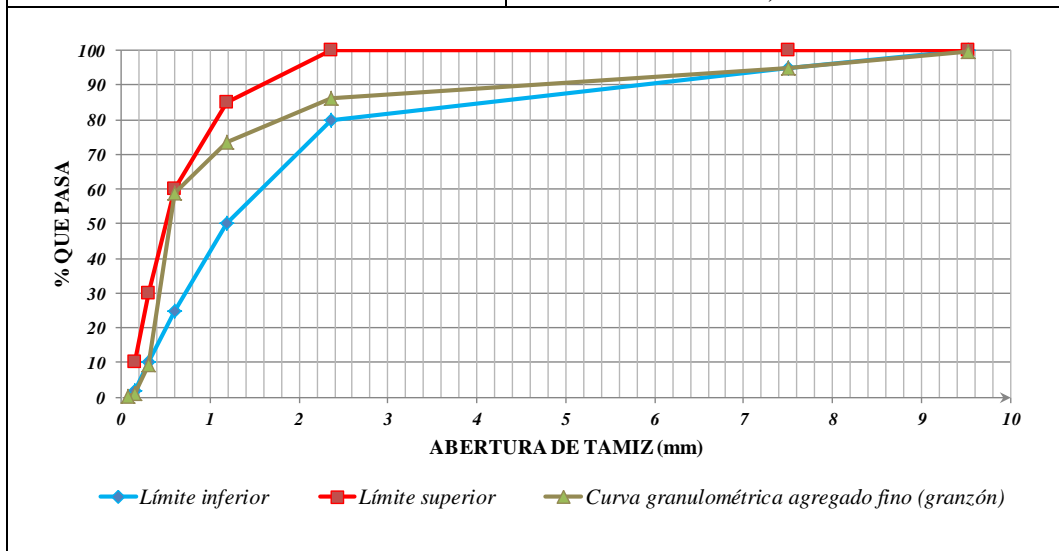


Tabla 20: Análisis granulométrico agregado fino "Puzolana" (Cantera Holcim)

Fuente: Egda. Diana Peña

b) **Peso unitario suelto y compactado**



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL “MASA UNITARIA SUELTA” 				
Origen: Varias		Fecha: 24/01/2015		
Ensayado por: Egda. Peña Diana		Masa del recipiente: 5,182 kg		
Norma: NTE INEN 0858:2010		Volumen del recipiente: 9,504 dm ³		
Descripción	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario (kg/dm ³)	Peso unitario promedio (kg/dm ³)
A. Grueso	18,30	13,12	1,380	1,374
<i>C. Arias</i>	18,19	13,01	1,369	
A. Fino (Arena)	20,00	14,82	1,559	1,558
<i>C. Arias</i>	19,98	14,80	1,557	
A. Fino (Granzón)	17,85	12,67	1,333	1,338
<i>C. Salache</i>	17,95	12,77	1,343	
A. Fino (Puzolana)	14,10	8,92	0,938	0,946
<i>C. Holcim</i>	14,25	9,07	0,954	

Tabla 21: Masa unitaria suelta de los agregados

Fuente: Egda. Diana Peña



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL “MASA UNITARIA COMPACTADA” 				
Origen: Varias		Fecha: 24/01/2015		
Ensayado por: Egda. Peña Diana		Masa del recipiente: 5,182 kg		
Norma: NTE INEN 0858:2010		Volumen del recipiente: 9,504 dm ³		
Descripción	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario (kg/dm ³)	Peso unitario promedio (kg/dm ³)
A. Grueso	19,30	14,12	1,485	1,488
<i>C. Arias</i>	19,35	14,17	1,491	
A. Fino (Arena)	20,85	15,67	1,649	1,651
<i>C. Arias</i>	20,90	15,72	1,654	
A. Fino (Granzón)	18,95	13,77	1,449	1,446
<i>C. Salache</i>	18,90	13,72	1,443	
A. Fino (Puzolana)	15,00	9,82	1,033	1,036
<i>C. Holcim</i>	15,05	9,87	1,038	

Tabla 22: Masa unitaria compactada de los agregados

Fuente: Egda. Diana Peña

c) Gravedad específica y capacidad de absorción


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
“GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO”			
Origen: Cantera Arias		Fecha: 24/01/2015	
Ensayado por: Egda. Peña Diana			
Norma: NTE INEN 0857:2010			
CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA			
1. Masa de la canastilla en el aire (gr)	M_1	1160,00	
2. Masa de la canastilla +agregado en SSS en el aire (gr)	M_2	2364,80	
3. Masa de la canastilla +agregado en SSS en el agua (gr)	M_3	1727,00	
4. Masa de la canastilla en el agua (gr)	M_4	996,00	
5. Masa del agregado en SSS en el aire (gr)	$M_{SSS} = M_2 - M_1$	1204,80	
6. Masa del agregado en SSS en el agua (gr)	$M_{AGUA} = M_3 - M_4$	731,00	
7. Gravedad específica del agregado grueso (gr/cm ³)	$D_{RP} = \frac{M_3 - M_4}{\frac{M_{SSS} - M_{AGUA}}{\gamma_{AGUA}}}$	2,543	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN			
8. Masa del recipiente (gr)	M_5	94,80	95,70
9. Masa del recipiente + muestra SSS (gr)	M_6	206,00	261,10
10. Masa de la muestra SSS (gr)	$M_7 = M_6 - M_5$	111,20	165,40
11. Masa del recipiente + muestra secac (gr)	M_8	203,00	258,10
12. Masa de la muestra seca (gr)	$M_9 = M_8 - M_5$	108,20	162,40
13. Capacidad de absorción (%)	$Ca = \frac{M_7 - M_9}{M_9} * 100$	2,773	1,847
14. Capacidad de absorción promedio (%)	$CA = \frac{Ca_1 - Ca_2}{2}$	2,310	

Tabla 23: Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado grueso (Cantera Arias)

Fuente: Egda. Diana Peña

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
“GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ARENA)”			
Origen: Cantera Arias		Fecha: 31/01/2015	
Ensayado por: Egda. Peña Diana			
Norma: NTE INEN 0856:2010			
CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA			
1. Masa del picnómetro (gr)	M_1	152,50	
2. Masa del picnómetro + agregado fino en SSS (gr)	M_2	432,80	
3. Masa del agregado fino en SSS (gr)	$M_a = M_2 - M_1$	280,30	
4. Masa del picnómetro + agregado fino SSS + Agua (gr)	M_3	822,95	
5. Masa del agua añadida (gr)	$M_4 = M_3 - M_2$	390,15	
6. Masa de 500cm ³ de agua (gr)	M_{H_2O}	500,00	
7. Densidad del agua (gr/cm ³)	∂_{H_2O}	1,00	
8. Masa desalojada (gr)	$M_5 = M_{H_2O} - M_4$	109,85	
9. Volumen desalojado = Volumen arena (cm ³)	$V_a = \frac{M_5}{\partial_{H_2O}}$	109,85	
10. Gravedad específica de la arena (gr/cm ³)	$D_{RA} = \frac{M_a}{V_a}$	2,552	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN			
11. Masa del recipiente (gr)	M_6	30,50	31,00
12. Masa del recipiente + muestra SSS (gr)	M_7	150,00	140,20
13. Masa de la muestra SSS (gr)	$M_8 = M_7 - M_6$	119,50	109,20
14. Masa del recipiente + muestra seca (gr)	M_9	147,70	138,20
15. Masa de la muestra seca (gr)	$M_{10} = M_9 - M_6$	117,20	107,20
16. Capacidad de absorción (%)	$CA = \frac{M_8 - M_{10}}{M_{10}} * 100$	1,962	1,866
17. Capacidad de absorción promedio (%)	$CA_F = \frac{CA_1 - CA_2}{2}$	1,914	

Tabla 24: Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado fino “Arena” (Cantera Arias)

Fuente: Egda. Diana Peña

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
“GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (GRANZON)”					
Origen: Cantera Salache			Fecha: 31/01/2015		
Ensayado por: Egda. Peña Diana					
Norma: NTE INEN 0856:2010					
CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA					
1. Masa del picnómetro (gr)	M_1		160,20		
2. Masa del picnómetro + agregado fino en SSS (gr)	M_2		250,00		
3. Masa del agregado fino en SSS (gr)	$M_a = M_2 - M_1$		89,80		
4. Masa del picnómetro + agregado fino SSS + Agua (gr)	M_3		709,40		
5. Masa del agua añadida (gr)	$M_4 = M_3 - M_2$		459,40		
6. Masa de 500cm ³ de agua (gr)	M_{H_2O}		500,00		
7. Densidad del agua (gr/cm ³)	ρ_{H_2O}		1,00		
8. Masa desalojada (gr)	$M_5 = M_{H_2O} - M_4$		40,60		
9. Volumen desalojado = Volumen arena (cm ³)	$V_a = \frac{M_5}{\rho_{H_2O}}$		40,60		
10. Gravedad específica del granzón (gr/cm ³)	$D_{RA} = \frac{M_a}{V_a}$		2,212		
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN					
11. Masa del recipiente (gr)	M_6	32,00	32,40		
12. Masa del recipiente + muestra SSS (gr)	M_7	120,00	123,10		
13. Masa de la muestra SSS (gr)	$M_8 = M_7 - M_6$	88,00	90,70		
14. Masa del recipiente + muestra seca (gr)	M_9	118,95	121,95		
15. Masa de la muestra seca (gr)	$M_{10} = M_9 - M_6$	86,95	89,55		
16. Capacidad de absorción (%)	$CA = \frac{M_8 - M_{10}}{M_{10}} * 100$	1,208	1,284		
17. Capacidad de absorción promedio (%)	$CA_F = \frac{CA_1 - CA_2}{2}$	1,246			

Tabla 25: Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado fino “Granzón” (Cantera Salache)

Fuente: Egda. Diana Peña



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



**“GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CAPACIDAD
 DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (PUZOLANA)”**

Origen: Cantera Holcim

Fecha: 31/01/2015

Ensayado por: Egda. Peña Diana

Norma: NTE INEN 0856:2010

CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA			
1. Masa del picnómetro (gr)	M_1		152,00
2. Masa del picnómetro + agregado fino en SSS (gr)	M_2		244,55
3. Masa del agregado fino en SSS (gr)	$M_a = M_2 - M_1$		92,55
4. Masa del picnómetro + agregado fino SSS + Agua (gr)	M_3		697,80
5. Masa del agua añadida (gr)	$M_4 = M_3 - M_2$		453,25
6. Masa de 500cm ³ de agua (gr)	M_{H_2O}		500,00
7. Densidad del agua (gr/cm ³)	ρ_{H_2O}		1,00
8. Masa desalojada (gr)	$M_5 = M_{H_2O} - M_4$		46,75
9. Volumen desalojado = Volumen arena (cm ³)	$V_a = \frac{M_5}{\rho_{H_2O}}$		46,75
10. Gravedad específica de puzolana (gr/cm ³)	$D_{RA} = \frac{M_a}{V_a}$		1,980
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN			
11. Masa del recipiente (gr)	M_6	30,50	32,40
12. Masa del recipiente + muestra SSS (gr)	M_7	134,70	131,10
13. Masa de la muestra SSS (gr)	$M_8 = M_7 - M_6$	104,20	98,70
14. Masa del recipiente + muestra secac (gr)	M_9	133,35	129,81
15. Masa de la muestra seca (gr)	$M_{10} = M_9 - M_6$	102,85	97,41
16. Capacidad de absorción (%)	$CA = \frac{M_8 - M_{10}}{M_{10}} * 100$	1,313	1,324
17. Capacidad de absorción promedio (%)	$CA_F = \frac{CA_1 - CA_2}{2}$	1,318	

Tabla 26: Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado fino “Puzolana” (Cantera Holcim)

Fuente: Egda. Diana Peña

d) Masa unitaria compactada de la mezcla

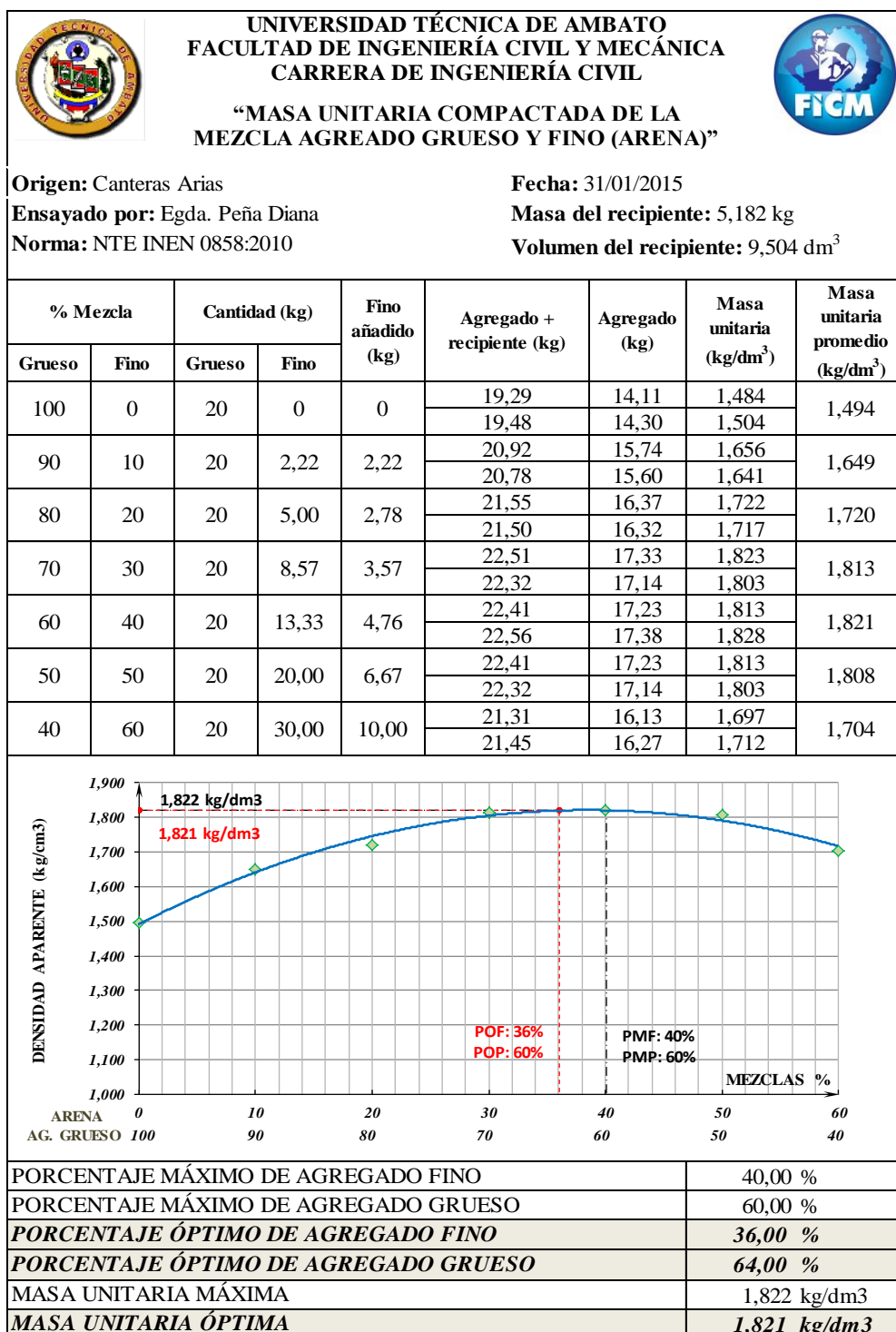


Tabla 27: Masa unitaria compactada de la mezcla “Agregado grueso y fino (arena)” (Cantera Arias)

Fuente: Egda. Diana Peña



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



**“MASA UNITARIA COMPACTADA DE LA
 MEZCLA AGREGADO GRUESO Y FINO (GRANZÓN)”**

Origen: Canteras Varias

Fecha: 31/01/2015

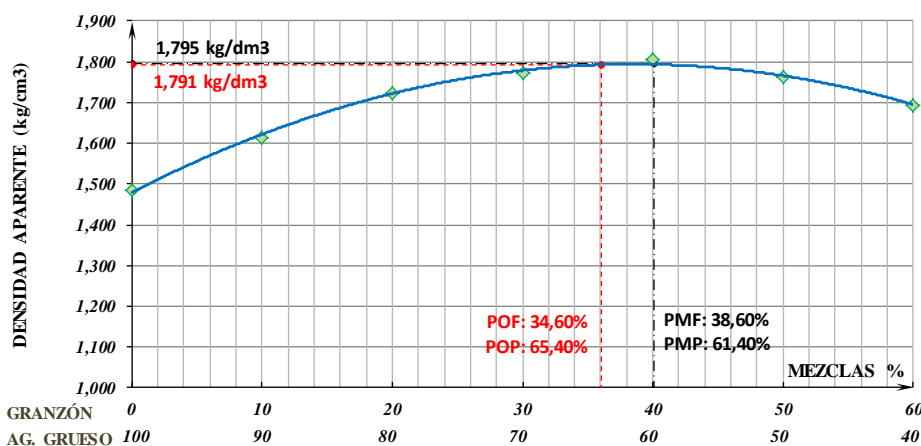
Ensayado por: Egda. Peña Diana

Masa del recipiente: 5,182 kg

Norma: NTE INEN 0858:2010

Volumen del recipiente: 9,504 dm³

% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Masa unitaria (kg/dm ³)	Masa unitaria promedio (kg/dm ³)
Grueso	Fino	Grueso	Fino					
100	0	20	0	0	19,24	14,06	1,479	1,484
					19,34	14,15	1,489	
90	10	20	2,22	2,22	20,54	15,36	1,616	1,613
					20,49	15,31	1,611	
80	20	20	5,00	2,78	21,69	16,51	1,737	1,722
					21,40	16,22	1,707	
70	30	20	8,57	3,57	22,08	16,90	1,778	1,774
					22,01	16,82	1,770	
60	40	20	13,33	4,76	22,32	17,14	1,803	1,806
					22,37	17,18	1,808	
50	50	20	20,00	6,67	22,03	16,85	1,773	1,763
					21,84	16,66	1,752	
40	60	20	30,00	10,00	21,26	16,08	1,692	1,693
					21,28	16,10	1,694	



PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO	40,00 %
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO	60,00 %
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO	36,00 %
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO	64,00 %
MASA UNITARIA MÁXIMA	1,795 kg/dm ³
MASA UNITARIA ÓPTIMA	1,791 kg/dm ³

Tabla 28: Masa unitaria compactada de la mezcla “Agregado grueso y fino (Granzón)” (Cantera Arias - Salache)

Fuente: Egda. Diana Peña

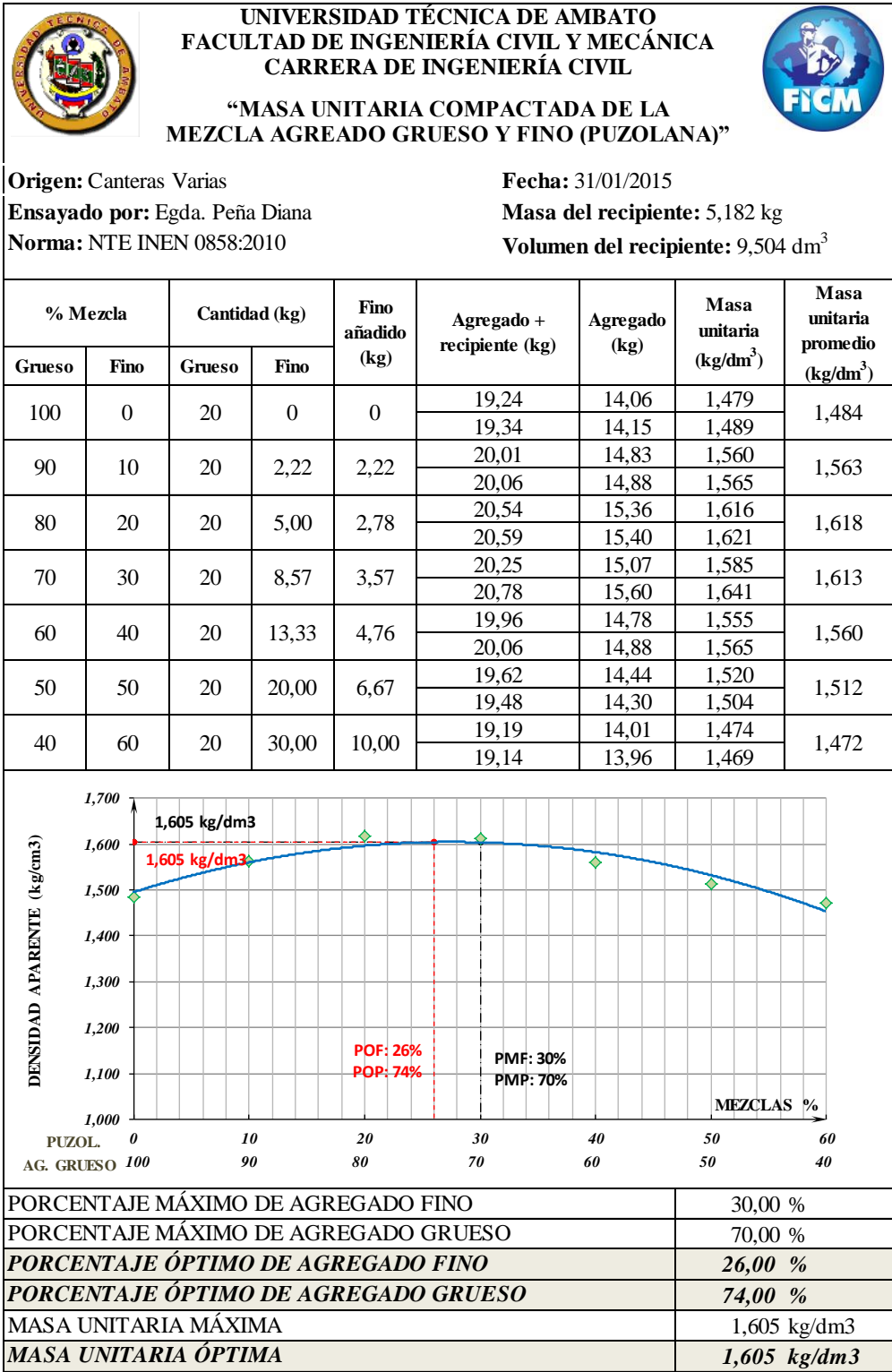


Tabla 29: Masa unitaria compactada de la mezcla “Agregado grueso y fino (Puzolana)” (Cantera Arias - Holcim)
Fuente: Egda. Diana Peña

4.1.1.2 Densidad real del cemento



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO ACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL “DENSIDA REAL DEL CEMENTO” 			
Origen: Cemento Holcim		Fecha: 31/01/2015	
Ensayado por: Egda. Peña Diana			
Norma: NTE INEN 156:2009			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL			
1. Masa del picnómetro (gr)	M_1	150,60	160,80
2. Masa del picnómetro + cemento (gr)	M_2	324,00	318,90
4. Masa del picnómetro + cemento + gasolina (gr)	M_3	644,35	643,70
5. Masa del gasolina añadida (gr)	$M_4 = M_3 - M_2$	320,35	324,80
6. Masa del picnómetro + 500cm ³ de gasolina (gr)	M_5	518,00	528,50
7. Masa de 500cm ³ de gasolina (gr)	$M_6 = M_5 - M_1$	367,40	367,70
8. Densidad del gasolina (gr/cm ³)	$\rho_{ga} = \frac{M_6}{500}$	0,735	0,735
9. Masa gasolina desalojada por el cemento (gr)	$M_7 = M_6 - M_4$	47,05	42,90
10. Masa del cemento (gr)	$M_C = M_2 - M_1$	173,40	158,10
11. Volumen de gasolina desalojado (cm ³)	$V_{dga} = \frac{M_7}{\rho_{ga}}$	64,03	58,34
12. Densidad real del cemento (gr/cm ³)	$D_{RAi} = \frac{M_C}{V_{dga}}$	2,708	2,710
13. Densidad real promedio del cemento (gr/cm ³)	$D_{RA} = \frac{D_{RA1} + D_{RA2}}{2}$	2,709	

Tabla 30: Densidad real del cemento Holcim

Fuente: Egda. Diana Peña

4.1.1.3 Dosificación del hormigón



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA) - CEMENTO			
Origen: Canteras Arias		Fecha: 2/02/2015	
Realizado por: Egda. Peña Diana			
DATOS DE TABLAS			
w/c =	0,58	CP en %:	%OV + 2% + 11% (OV)
DATOS DE ENSAYO		CÁLCULOS	
f'c :	210 kg/cm ²		
Asent. :	10 cm	DRAg :	2,547 kg/dm ³
DRC :	2,709 kg/dm ³	POV :	28,596 %
DRF :	2,552 kg/dm ³	CP :	337,412 dm ³
DRP :	2,543 kg/dm ³	C :	355,492 dm ³
DOAg :	1,819 kg/dm ³	W :	206,185 kg
POF:	49,59313 %	F :	838,583 kg
POP :	50,40687 %	P :	849,337 kg
DOSIFICACIÓN AL PESO			
Material	Cantidad en (kg) por cada m ³ hormigón	Dosificación al peso	Cantidad (kg) por saco de cemento de 50 kg
<i>Agua</i>	206,19	0,58	29,00
<i>Cemento</i>	355,49	1,00	50,00
<i>Arena</i>	838,58	2,36	117,95
<i>Piedra</i>	849,34	2,39	119,46
Total	2249,60		
NOMECLATURA:			
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	<i>f'c</i>	Densidad real de los agregados (kg/dm ³)	<i>DRAg</i>
Asentamiento (cm)	<i>Asent.</i>	Porcentaje óptimo de vacíos (%)	<i>POV</i>
Densidad real del cemento (g/cm ³)	<i>DRC</i>	Cantidad de pasta (kg)	<i>CP</i>
Densidad real agregado fino (kg/dm ³)	<i>DRF</i>	Cantidad de cemento (kg)	<i>C</i>
Densidad real del agregado grueso (kg/dm ³)	<i>DRP</i>	Cantidad de agua (kg)	<i>W</i>
Densidad óptima de los agregados (kg/dm ³)	<i>DOAg</i>	Cantidad de agregado fino (kg)	<i>F</i>
Porcentaje óptimo del agregado fino (%)	<i>POF</i>	Cantidad del agregado grueso (kg)	<i>P</i>
Porcentaje óptimo del agregado grueso (%)	<i>POP</i>		

Tabla 31: Dosificación de la MEZCLA 1 Ag. Grueso – Ag. Fino (Arena) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA
AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN) - CEMENTO

Origen: Varias canteras

Fecha: 2/02/2015

Realizado por: Egda. Peña Diana

DATOS DE TABLAS

w/c = 0,58 **CP en %: %OV + 2% + 11% (OV)**

DATOS DE ENSAYO		CÁLCULOS	
f'c :	210 kg/cm ²		
Asent. :	10 cm	DRAg :	2,427 kg/dm ³
DRC :	2,709 kg/dm ³	POV :	26,208 %
DRF :	2,221 kg/dm ³	CP :	310,905 dm ³
DRP :	2,543 kg/dm ³	C :	327,565 dm ³
DOAg :	1,791 kg/dm ³	W :	189,987 kg
POF :	36 %	F :	550,973 kg
POP :	64 %	P :	1121,517 kg

DOSIFICACIÓN AL PESO

Material	Cantidad en (kg) por cada m ³ hormigón	Dosificación al peso	Cantidad (kg) por saco de cemento de 50 kg
<i>Agua</i>	189,99	0,58	29,00
<i>Cemento</i>	327,56	1,00	50,00
<i>Granzón</i>	550,97	1,68	84,10
<i>Piedra</i>	1121,52	3,42	171,19
<i>Total</i>	2190,04		

NOMECLATURA:

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	<i>f'c</i>	Densidad real de los agregados (kg/dm ³)	<i>DRAg</i>
Asentamiento (cm)	<i>Asent.</i>	Porcentaje óptimo de vacíos (%)	<i>POV</i>
Densidad real del cemento (g/cm ³)	<i>DRC</i>	Cantidad de pasta (kg)	<i>CP</i>
Densidad real agregado fino (kg/dm ³)	<i>DRF</i>	Cantidad de cemento (kg)	<i>C</i>
Densidad real del agregado grueso (kg/dm ³)	<i>DRP</i>	Cantidad de agua (kg)	<i>W</i>
Densidad óptima de los agregados (kg/dm ³)	<i>DOAg</i>	Cantidad de agregado fino (kg)	<i>F</i>
Porcentaje óptimo del agregado fino (%)	<i>POF</i>	Cantidad del agregado grueso (kg)	<i>P</i>
Porcentaje óptimo del agregado grueso (%)	<i>POP</i>		

Tabla 32: Dosificación de la MEZCLA 2
 Ag. Grueso – Ag. Fino (Granzón) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA
AG. GRUESO - AG. FINO (PUZOLANA) - CEMENTO

Origen: Varias canteras

Fecha: 2/02/2015

Realizado por: Egda. Peña Diana

DATOS DE TABLAS

w/c = 0,58 **CP en %: %OV + 2% + 11% (OV)**

DATOS DE ENSAYO		CÁLCULOS	
f'c :	210 kg/cm ²		
Asent. :	10 cm	DRAg :	2,397 kg/dm ³
DRC :	2,709 kg/dm ³	POV :	33,031 %
DRF :	1,980 kg/dm ³	CP :	386,641 dm ³
DRP :	2,543 kg/dm ³	C :	407,359 dm ³
DOAg :	1,605 kg/dm ³	W :	236,268 kg
POF :	26 %	F :	315,757 kg
POP :	74 %	P :	1154,232 kg

DOSIFICACIÓN AL PESO

Material	Cantidad en (kg) por cada m ³ hormigón	Dosificación al peso	Cantidad (kg) por saco de cemento de 50 kg
<i>Agua</i>	236,27	0,58	29,00
<i>Cemento</i>	407,36	1,00	50,00
<i>Puzolana</i>	315,76	0,78	38,76
<i>Piedra</i>	1154,23	2,83	141,67
Total	2113,62		

NOMECLATURA:

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	f'c	Densidad real de los agregados (kg/dm ³)	DRAg
Asentamiento (cm)	Asent.	Porcentaje óptimo de vacíos (%)	POV
Densidad real del cemento (g/cm ³)	DRC	Cantidad de pasta (kg)	CP
Densidad real agregado fino (kg/dm ³)	DRF	Cantidad de cemento (kg)	C
Densidad real del agregado grueso (kg/dm ³)	DRP	Cantidad de agua (kg)	W
Densidad óptima de los agregados (kg/dm ³)	DOAg	Cantidad de agregado fino (kg)	F
Porcentaje óptimo del agregado fino (%)	POF	Cantidad del agregado grueso (kg)	P
Porcentaje óptimo del agregado grueso (%)	POP		

Tabla 33: Dosificación de la MEZCLA 3
 Ag. Grueso – Ag. Fino (Puzolana) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña

4.1.1.4 Corrección de la dosificación

En la dosificación del hormigón se considera el árido en estado SSS (superficie saturada seca), pero al momento de preparar la mezcla, sea por las condiciones en obra (intemperie y/o condiciones climáticas, colocación de material nuevo, etc.), o por el tiempo transcurrido desde la caracterización de los materiales se debe realizar una corrección de humedades a la dosificación original, y de ese modo no alterar los cálculos realizados inicialmente.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN				f 'c = 210 kg/cm²				
Origen: Varias canteras				Fecha: 2/02/2015				
Realizado por: Egda. Peña Diana								
DATOS				ARENA	GRANZÓN	PUZOLANA		
Vol. de hormigón para cilindros (m ³) "C: 10x20 cm"				0,022	0,022	0,022		
Cant. de cemento para 1m ³ de hormigón (kg)				355,09	327,56	407,36		
Cant. de cemento para las probetas de hormigón (kg)				7,808	7,203	8,958		
CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN								
Material	Dosif. al	Peso	C.A. %	C.H. %	Corrección		Cantidades	Dosificación
					%	kg.		
Agua	0,58	4,53	---	---	---	-0,13	4,39	0,56
Cemento	1,00	7,81	---	---	---	---	7,81	1,00
Arena	1,72	13,43	1,91	4,95	-3,04	-0,41	13,02	1,67
Ag. Grueso	3,04	23,74	2,31	1,16	1,15	0,27	24,01	3,07
Material	Dosif. al	Peso	C.A. %	C.H. %	Corrección		Cantidades	Dosificación
					%	kg.		
Agua	0,58	4,18	---	---	---	-0,34	3,84	0,53
Cemento	1,00	7,20	---	---	---	---	7,20	1,00
Granzón	1,68	12,12	1,25	6,38	-5,13	-0,62	11,49	1,60
Ag. Grueso	3,42	24,66	2,31	1,16	1,15	0,28	24,95	3,46
Material	Dosif. al	Peso	C.A. %	C.H. %	Corrección		Cantidades	Dosificación
					%	kg.		
Agua	0,58	5,20	---	---	---	-0,61	4,59	0,51
Cemento	1,00	8,96	---	---	---	---	8,96	1,00
Puzolana	0,78	6,94	1,32	14,29	-12,97	-0,90	6,04	0,67
Ag. Grueso	2,83	25,38	2,31	1,16	1,15	0,29	25,67	2,87
NOMECLATURA:								
Capacidad de absorción (%)			C.A.	Contenido de Humedad (%)			C.H.	

Tabla 34: Corrección de la dosificación de las mezclas 1, 2 y 3.

Fuente: Egda. Diana Peña

4.1.1.5 Propiedad del hormigón en estado fresco



 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> <div style="text-align: right;">  </div>										
"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO" AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA) - CEMENTO (MEZCLA 1)										
Origen: Cantera Arias Realizado por: Egda. Peña Diana			Fecha: 03/02/2015 Relación A/C: 0,55			Temperatura: 18,8 °C				
Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m3)	Peso específico medio (kg/m3)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA) - CEMENTO	03-feb-15	100,1	6,300	0,00281	Muy buena	10	Muy buena	2241,993	2241,934
2		03-feb-15	100,1	6,295	0,00281				2240,214	
3		03-feb-15	100,1	6,305	0,00281				2243,772	
4		03-feb-15	100,1	6,300	0,00281				2241,993	
5		03-feb-15	100,1	6,298	0,00281				2241,281	
6		03-feb-15	100,1	6,301	0,00281				2242,349	
7		03-feb-15	100,1	6,300	0,00281				2241,993	
8		03-feb-15	100,1	6,297	0,00281				2240,925	
9		03-feb-15	100,1	6,302	0,00281				2242,705	
10		03-feb-15	100,1	6,300	0,00281				2241,993	
11		03-feb-15	100,1	6,301	0,00281				2242,349	
12		03-feb-15	100,1	6,299	0,00281				2241,637	

Tabla 35: Propiedades del hormigón en estado fresco de la MEZCLA 1.

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO"
AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN) - CEMENTO (MEZCLA 2)

Origen: Varias canteras
Realizado por: Egda. Peña Diana

Fecha: 03/02/2015
Relación A/C: 0,53

Temperatura: 17,9 °C

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m3)	Peso específico medio (kg/m3)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN) - CEMENTO	03-feb-15	100,1	6,350	0,00281	Mala	10	Buena	2259,786	2259,994
2		03-feb-15	100,1	6,351	0,00281				2260,142	
3		03-feb-15	100,1	6,349	0,00281				2259,431	
4		03-feb-15	100,1	6,350	0,00281				2259,786	
5		03-feb-15	100,1	6,348	0,00281				2259,075	
6		03-feb-15	100,1	6,351	0,00281				2260,142	
7		03-feb-15	100,1	6,352	0,00281				2260,498	
8		03-feb-15	100,1	6,347	0,00281				2258,719	
9		03-feb-15	100,1	6,351	0,00281				2260,142	
10		03-feb-15	100,1	6,355	0,00281				2261,566	
11		03-feb-15	100,1	6,353	0,00281				2260,854	
12		03-feb-15	100,1	6,350	0,00281				2259,786	

Tabla 36: Propiedades del hormigón en estado fresco de la MEZCLA 2.

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO"
AG. GRUESO - AG. FINO (PUZOLANA) - CEMENTO (MEZCLA 2)

Origen: Varias canteras
Realizado por: Egda. Peña Diana

Fecha: 03/02/2015
Relación A/C: 0,51

Temperatura: 17,8 °C

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m3)	Peso específico medio (kg/m3)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (PUZOLANA) - CEMENTO	03-feb-15	100,1	5,285	0,00281	Muy Buena	10	Muy buena	1880,783	1880,694
2		03-feb-15	100,1	5,284	0,00281				1880,427	
3		03-feb-15	100,1	5,281	0,00281				1879,359	
4		03-feb-15	100,1	5,283	0,00281				1880,071	
5		03-feb-15	100,1	5,287	0,00281				1881,495	
6		03-feb-15	100,1	5,285	0,00281				1880,783	
7		03-feb-15	100,1	5,286	0,00281				1881,139	
8		03-feb-15	100,1	5,288	0,00281				1881,851	
9		03-feb-15	100,1	5,283	0,00281				1880,071	
10		03-feb-15	100,1	5,286	0,00281				1881,139	
11		03-feb-15	100,1	5,285	0,00281				1880,783	
12		03-feb-15	100,1	5,284	0,00281				1880,427	

Tabla 37: Propiedades del hormigón en estado fresco de la MEZCLA 3.

Fuente: Egda. Diana Peña

4.1.2 Propiedades en estado endurecido.



<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO" AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA) - CEMENTO (MEZCLA 1)</p> </div>  </div>											
Origen: Cantera Arias			Fecha: 03/02/2015			f 'c: 210 kg/cm ²					
Realizado por: Egda. Peña Diana			Relación A/C: 0,55								
Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA) - CEMENTO	03-feb-15	7	10-feb-15	100,1	112,80	11502,44	146,16	149,70	2332,968	2365,08
2		03-feb-15		10-feb-15	100,1	119,00	12134,67	154,19		2397,189	
3		03-feb-15		10-feb-15	100,1	114,80	11706,39	148,75		2365,074	
4		14	03-feb-15	17-feb-15	100,1	148,10	15102,05	191,90	190,56	2336,005	2368,16
5			03-feb-15	17-feb-15	100,1	150,00	15295,80	194,36		2400,309	
6			03-feb-15	17-feb-15	100,1	143,10	14592,19	185,42		2368,152	
7		21	03-feb-15	24-feb-15	100,1	156,80	15989,21	203,17	204,51	2336,940	2369,10
8			03-feb-15	24-feb-15	100,1	159,60	16274,73	206,80		2401,270	
9			03-feb-15	24-feb-15	100,1	157,10	16019,80	203,56		2369,100	
10		28	03-feb-15	03-mar-15	100,1	164,60	16784,59	213,28	215,14	2348,625	2380,95
11			03-feb-15	03-mar-15	100,1	165,60	16886,56	214,58		2413,276	
12			03-feb-15	03-mar-15	100,1	167,90	17121,10	217,56		2380,946	

Tabla 38: Propiedades del hormigón en estado endurecido de la MEZCLA 1.

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO"
AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN) - CEMENTO (MEZCLA 2)

Origen: Varias canteras

Fecha: 03/02/2015

f 'c: 210 kg/cm²

Realizado por: Egda. Peña Diana

Relación A/C: 0,53

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN) - CEMENTO	03-feb-15	7	10-feb-15	100,1	122,800	12522,16	159,12	154,63	2389,562	2386,68
2		03-feb-15		10-feb-15	100,1	115,300	11757,37	149,40		2383,832	
3		03-feb-15		10-feb-15	100,1	119,900	12226,44	155,36		2386,647	
4		03-feb-15	14	17-feb-15	100,1	152,000	15499,74	196,95	193,59	2392,673	2389,79
5		03-feb-15		17-feb-15	100,1	146,300	14918,50	189,57		2386,935	
6		03-feb-15		17-feb-15	100,1	149,900	15285,60	194,23		2389,754	
7		03-feb-15	21	24-feb-15	100,1	161,200	16437,89	208,88	207,90	2393,630	2390,74
8		03-feb-15		24-feb-15	100,1	159,800	16295,13	207,06		2387,890	
9		03-feb-15		24-feb-15	100,1	160,340	16350,19	207,76		2390,710	
10		03-feb-15	28	03-mar-15	100,1	168,600	17192,48	218,46	216,69	2405,598	2402,70
11		03-feb-15		03-mar-15	100,1	165,200	16845,77	214,06		2399,829	
12		03-feb-15		03-mar-15	100,1	167,900	17121,10	217,56		2402,664	

Tabla 39: Propiedades del hormigón en estado endurecido de la MEZCLA 2.

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO"
AG. GRUESO - AG. FINO (PUZOLANA) - CEMENTO (MEZCLA 3)

Origen: Varias canteras

Fecha: 03/02/2015

f 'c: 210 kg/cm²

Realizado por: Egda. Peña Diana

Relación A/C: 0,51

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA) - CEMENTO	03-feb-15	7	10-feb-15	100,1	45,800	4670,32	59,35	64,36	1976,885	1989,47
2		03-feb-15		10-feb-15	100,1	53,700	5475,90	69,58		2004,208	
3		03-feb-15		10-feb-15	100,1	49,500	5047,61	64,14		1987,317	
4		03-feb-15	14	17-feb-15	100,1	62,000	6322,26	80,34	84,44	1979,458	1992,06
5		03-feb-15		17-feb-15	100,1	68,000	6934,10	88,11		2006,817	
6		03-feb-15		17-feb-15	100,1	65,500	6679,17	84,87		1989,904	
7		03-feb-15	21	24-feb-15	100,1	74,200	7566,32	96,14	99,28	1980,250	1992,86
8		03-feb-15		24-feb-15	100,1	79,200	8076,18	102,62		2007,620	
9		03-feb-15		24-feb-15	100,1	76,450	7795,76	99,06		1990,700	
10		03-feb-15	28	03-mar-15	100,1	83,200	8484,07	107,81	111,15	1990,151	2002,82
11		03-feb-15		03-mar-15	100,1	88,900	9065,31	115,19		2017,658	
12		03-feb-15		03-mar-15	100,1	85,230	8691,07	110,44		2000,654	

Tabla 40: Propiedades del hormigón en estado endurecido de la MEZCLA 3.

Fuente: Egda. Diana Peña

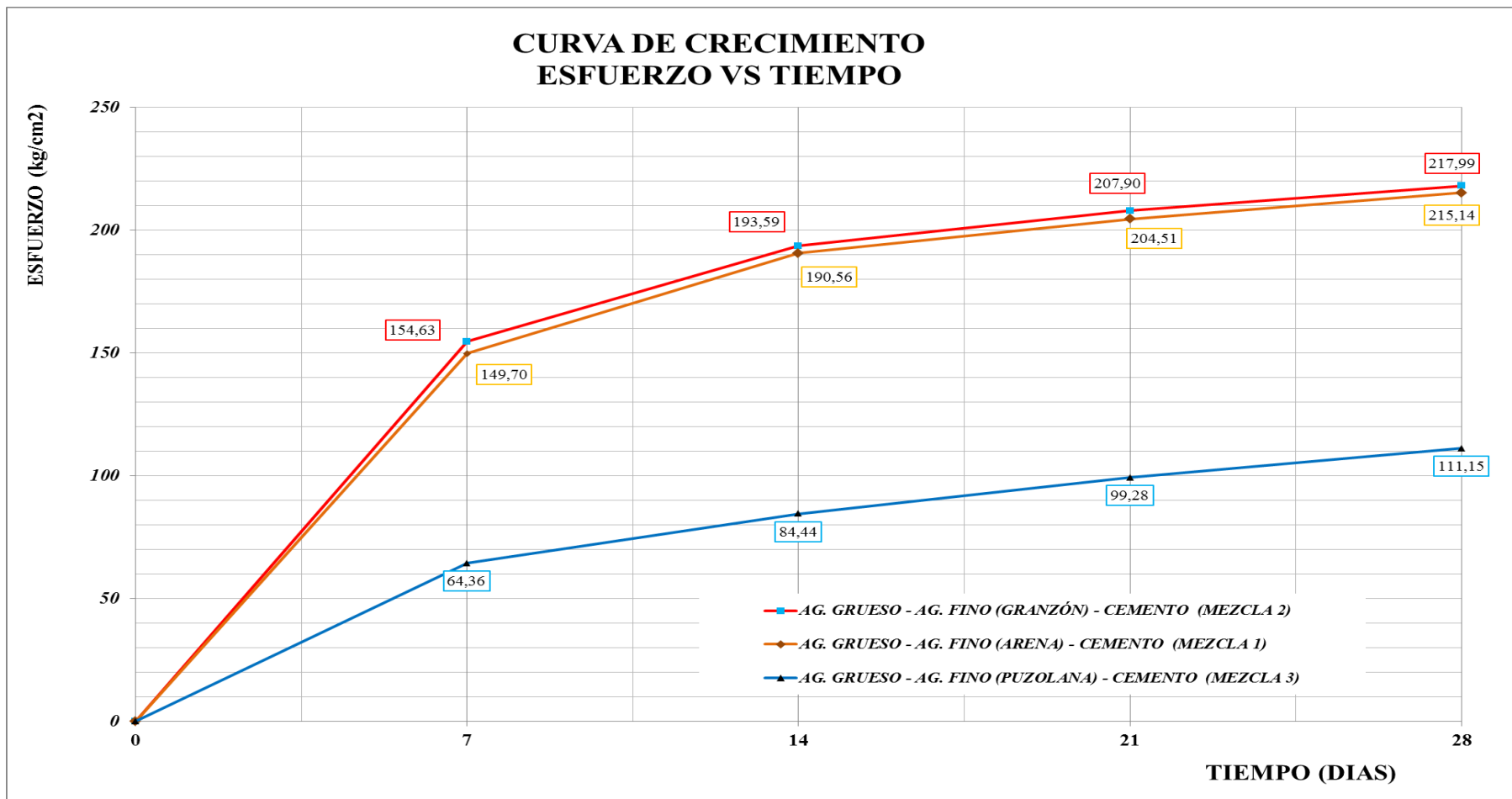


Figura 7: Curva de crecimiento del Esfuerzo vs Tiempo de las mezclas 1, 2 y 3.

Fuente: Egda. Diana Peña

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.2.1 Ensayos realizados a los agregados

Luego de haber realizado los ensayos de laboratorio a los materiales pétreos de las diferentes canteras se pudo determinar las propiedades mecánicas tanto del agregado fino y del grueso, y aunque no cumplan en su totalidad con límites establecidos en las normas técnicas especificadas, serán empleados en la preparación del hormigón, debido a que son materia de uso frecuente en las construcciones de la ciudad de Latacunga.



		 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
"PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS"					
Origen: Varias canteras		Fecha: 12/03/2015			
Realizado por: Egda. Peña Diana					
AGREGADOS					
Propiedad mecánica	Unidad	Agredado grueso	Agredado fino		
		Cantera Arias	Cantera Arias	Cantera Salache	Cantera Holcim
		Piedra	Arena	Granzón	Puzolana
Tamaño Nominal Máximo	plg.	1	--	--	--
Módulo definura	-	--	2,621	3,316	2,763
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³	1,374	1,558	1,338	0,946
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1,488	1,651	1,446	1,036
Peso Específico	gr/cm ³	2,543	2,552	2,212	1,980
Capacidad de Absorción	%	2,310	1,914	1,246	1,318
MEZCLA DE AGREGADOS					
Propiedad mecánica	Unidad	Piedra (Cantera Arias) +			
		Cantera Arias	Cantera Salache	Cantera Holcim	
		Arena	Granzón	Puzolana	
Peso Unitario Máximo	gr/cm ³	1,822	1,795	1,605	
Peso Unitario Óptimo	gr/cm ³	1,821	1,791	1,605	
Porcentaje Óptimo de Piedra	%	64	64	74	
Porcentaje Óptimo de Arena	%	36	36	26	

Tabla 41: Resumen de las propiedades mecánicas de los materiales
Fuente: Egda. Diana Peña

4.2.2 Ensayos realizados al cemento

Se determinó la densidad de real del cemento Holcim por el método del picnómetro establecido en la norma NTE INEN 156:2009, los valores obtenidos son acordes para el uso en el hormigón.

4.2.3 Ensayos realizados a las probetas de hormigón.

Se elaboraron y ensayaron las probetas de hormigón según las especificaciones de la norma NTE INEN 1763:2010 para el muestreo de los especímenes y la NTE INEN 1 573:2010 para determinar la resistencia de concreto.

De los hormigones preparados, tanto de la mezcla 1 y 2, cumplieron con la resistencia para las cuales fueron diseñadas, mientras que la mezcla 3, llegó únicamente al 52,93% del diseño requerido.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPOTÉISIS

Luego del estudio y los ensayos realizados, se verificó que la variación de las propiedades mecánicas de los diferentes materiales empleados, influyen en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Del material pétreo que se estudió y empleó en la elaboración del hormigón los que cumplieron con los límites granulométricos según la norma NTE INEN 872:2011 fueron la arena y puzolana, pero la puzolana al ser un material muy fino y absorbente no se lo puede considerar para emplearlo como único agregado fino en el hormigón, ya que este influye directamente y no le permite llegar a la resistencia de diseño.
- Se verificó que la mejor mezcla es la N° 1, la del Ag grueso – Ag. fino (arena) – Cemento, ya que las propiedades mecánicas de los materiales cumplen con los requerimientos de: gradación y módulo de finura; de la norma NTE INEN 872:2011 (Áridos para el hormigón).
- La puzolana no cumplió con uno de los requerimientos establecidos en la NTE INEN 872:2011 para su uso como árido fino, ya que el 49,25% del material fue retenido en el tamiz #50. Con lo mencionado anteriormente se descarta el hormigón de la mezcla 3, del Ag. grueso – Ag. fino (puzolana) – Cemento.
- EL granzón no cumple con los parámetros granulométricos y módulo de finura establecida en la NTE INEN 872:2011, ya que por su constitución se lo puede clasificar como un material grueso, lo que dificulta la trabajabilidad del hormigón, debido a la poca homogeneidad que se da por la falta del agregado fino.

- El método utilizado para la dosificación del hormigón fue el de la Densidad Máxima, desarrollado por la Universidad Central del Ecuador presentada en el texto de Dosificación de mezclas del Ing. Raúl Camaniero, ya que este método se basa en las características de los materiales que se pueden encontrar localmente.

5.2 RECOMENDACIONES

- Cuidar del proceso de curado de las probetas, ya que esto es de vital importancia para el desarrollo potencial de la resistencia a la compresión del hormigón en condiciones adecuadas de humedad y temperatura.
- De igual forma se debe tener mucho cuidado al transportar y almacenar las muestras, se lo debe realizar de tal forma que no se golpeen entre sí, para evitar daños en la etapa del fraguado inicial, garantizando así los resultados de resistencia a la compresión.
- Antes de analizar las propiedades mecánicas de los materiales y emplearlos en el hormigón se debe verificar que estén libres de impurezas y así garantizar la efectividad de los resultados obtenidos.
- La puzolana, debido a sus propiedades mecánicas, se la podría emplear en hormigones livianos de baja densidad con la finalidad de disminuir el peso muerto de la estructura.
- La mezcla 2 analizada en el presente proyecto se la podría emplear como un hormigón de descarga directa, por ejemplo en contrapisos, aceras, etc., o en elementos con poco armado de acero, a fin de evitar la porosidad del elemento a fundir.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

“DETERMINACIÓN DE LA MEZCLA ÓPTIMA DE AGREGADOS FINOS PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES CON UNA MISMA DOSIFICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA POR COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS DE EDAD.”

6.1 DATOS INFORMATIVOS

En este capítulo se diseñaran las dosificaciones con mezclas de agregados finos a fin de mejorar las propiedades mecánicas del material y a su vez las del hormigón. Se utilizarán los materiales provenientes de las Canteras Arias, Salache y Holcim.

6.1.1 Cantera Arias

La cantera Arias (Constructora Arias) es una planta de trituración de materiales pétreos ubicada a las afueras de la ciudad de Ambato en la provincia de Tungurahua, en el sector de las Viñas, cerca del 90% de los agregados procesados en este lugar son provenientes de la cantera Kumochi.

En la ciudad de Ambato y alrededor del centro del país es considerado como uno de los principales distribuidores de materia prima (agregados) para la elaboración del hormigón y varios usos en la construcción. El material extraído de este lugar fue la arena con un módulo de finura de 2,621 y el agregado grueso (ripio) con el TNM de 1”.

Las coordenadas de la planta de trituración de agregados obtenidas del Google Earth (2014) son:

S: 1°14'14,62"

O: 78°34'54,84"

Elevación: 2377m



Figura 8: Ubicación de la cantera Arias (Cantera Kumochi)

Fuente: Google Earth (2014)

6.1.2 Cantera Salache

La cantera Salache se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, a las afueras de ciudad de Latacunga en la parroquia de Mulaló, desde estas minas se distribuyen el granzón y el cascajo para la fabricación de bloques al sector de San Felipe y la Calera localizadas en la misma región entre otros lugares alrededor de

la ciudad. El material que se extrae de este lugar fue el granzón con un módulo de finura de 3,316.

Las coordenadas de la cantera de agregados obtenidas del Google Earth (2014) son:

S: 0°45'43,90"

O: 78°34'27,78"

Elevación: 3053m



Figura 9: Ubicación de la cantera Salache (Mulaló)

Fuente: Google Earth (2014)

6.1.3 Cantera Holcim

La cantera Holcim (Cementera Holcim) se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, en la parroquia de San Rafael de la ciudad de Latacunga. Aquí se realiza la explotación del material pétreo conocido como puzolana, ya que es parte de la materia prima para la elaboración del cemento.

De esta cantera se abastece de puzolana a las dos cementeras de Holcim que se encuentran en nuestro país: la planta de Latacunga y de Guayaquil. La puzolana que se extrajo de este lugar tiene un módulo de finura de 2,763.

Las coordenadas de la planta Holcim Latacunga obtenidas del Google Earth (2014) son:

S: 0°56'46,75"

O: 78°37'48,52"

Elevación: 2836m



Figura 10: Ubicación de la cantera Holcim (Planta Latacunga)

Fuente: Google Earth (2014)

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Herrera B., “Hormigón liviano estructural y su aplicación en edificios: Tecnología, Control y Diseño.” tesis de grado de la Universidad San Francisco de

Quito, (2009). Expresa que “El agregado fino representa en una mezcla una cantidad que puede ayudar a reducir el peso unitario del hormigón hasta en un 10%. Por ello es necesario evaluar las propiedades y los resultados en el hormigón para concluir de forma adecuada en la correcta selección del mismo.”

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Áridos para hormigón. Requisitos: NTE INEN 872:2011. Expresa que “El árido fino no debe tener más de 45% pasante en cualquier tamiz y retenido en el siguiente consecutivo de aquellos indicados en el numeral 5.1.2.1 y su módulo de no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1.

El árido que no cumple estos requisitos de gradación puede ser aceptado siempre que el proveedor pueda demostrar al comprador o a quien prepara las especificaciones que el hormigón de la clase especificada, elaborado con el árido fino en consideración, tiene sus propiedades relevantes al menos iguales a las del hormigón elaborado con los mismos ingredientes. El árido fino de referencia debe ser seleccionado de una fuente que tenga un registro de desempeño aceptable en construcciones de hormigones similares (ver nota 5)

El árido grueso debe consistir en grava, grava triturada, piedra triturada escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado (ver nota 7), o una combinación de estos, conforme los requisitos de esta norma”

González E., “Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico” tesis de grado de la Universidad Veracruzana de Xalapa-Enríquez, México, (2011). Expresa que “Con respecto a los ensayos de resistencia mecánica, se encontró que la sustitución parcial de CBCA por agregado fino, no fue benéfica, ya que los concretos con el 5 y 10% de CBCA alcanzaron resistencias menores con respecto a un concreto convencional. Sin embargo, el concreto con un 5% de CBCA a los 60 días desarrolló una resistencia casi a la de diseño (335 kg/cm²).”

6.3 JUSTIFICACIÓN

El diseño de estructuras de hormigón se las realiza en base a las características del material, ya que la durabilidad del concreto está ligada a la durabilidad individual de sus materiales, por ello es importante conocer las propiedades mecánicas del mismo.

Además, como se mencionó en capítulos anteriores, al tener una concentración de puzolana en el cantón de Latacunga, es conveniente aprovechar este material como un sustituto porcentual de árido fino en la elaboración del concreto al igual que el granzón, ya que por las pruebas realizadas anteriormente se determinó que la puzolana no podrá ser utilizada como agregado fino para la elaboración del hormigón.

Con estas mezclas se busca mejorar las características del concreto, a base de la utilización un material liviano como lo es la puzolana utilizada únicamente para la elaboración del cemento, y por otro lado el uso del granzón, un material relativamente grueso que al mezclarlo con la arena o puzolana se espera corregir su gradación mejorando la trabajabilidad del hormigón.

Con estas alternativas se busca un beneficio tanto en el sector económico, social y ambiental.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo general

- Determinar la mezcla óptima de agregados finos para la elaboración de hormigones con una misma dosificación y su incidencia en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.

6.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades del hormigón tanto en estado fresco como endurecido en la preparación de las diferentes mezclas.
- Determinar en qué porcentaje se puede realizar las mezclas de los agregados finos a fin de obtener un hormigón que cumpla con la resistencia a la compresión para la cual fue diseñada.
- Comparar las propiedades del hormigón convencional con las del hormigón realizado con las diferentes mezclas.

6.5 ANÁLISIS DE FACTILIDAD

La presente investigación se realizará con la mezcla de diferentes agregados finos, provenientes de la Canteras Arias, Salache y Holcim, mediante los ensayos de laboratorio se determinaron la calidad, características y propiedades mecánicas a fin de analizar las propiedades del hormigón tanto en estado fresco como endurecido de cada mezcla que se prepare.

La propuesta es aplicable, ya que en nuestro país se tiene una variedad de materiales pétreos, a los que se les puede dar un uso favorable, si se los combinara en porcentajes adecuados para la elaboración del hormigón, ya que de ellos el 40% se emplea en la reparación y mantenimiento, mientras tanto que el 60% en la ejecución de la nueva construcción.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Propiedades del hormigón

El evaluar las propiedades y particularidades del hormigón tanto en estado como fresco como endurecido, permiten determinar y caracterizar su buen uso y desempeño según la aplicación que se le dé en la construcción.

6.6.1.1 Propiedades del hormigón en estado fresco

a) Trabajabilidad

La trabajabilidad, se define como la facilidad de manipulación y/o movilidad de la mezcla de hormigón durante su preparación y distribución dentro de los encofrados. La trabajabilidad se la asocia con la consistencia, para lo cual afectarán: la cantidad de agua, la forma y medida de los áridos, la cantidad de Cemento, la existencia de aditivos, y la presencia de cenizas.



Figura 11: Trabajabilidad del hormigón

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/wsdot/with/3998117399/>

b) Consistencia

El ensayo para la determinación de la consistencia o también conocida como asentamiento, es mediante uso del cono de Abrams especificado en la norma NTE INEN 1578:2010.

A continuación se describe el procedimiento para realizar el ensayo¹⁷:

- Colocar el cono sobre una bandeja o placa rígida.
- Llenar el cono en tres capas, compactando cada una de ellas con una varilla metálica de 16 mm de punta redonda, dando 25 golpes por capa.
- Enrasar la superficie retirando el exceso de hormigón.
- Sacar el molde con cuidado en dirección vertical. Esta operación debe realizarse en 5 ± 2 segundos sin mover el hormigón en ningún momento.
- El asentamiento se mide como indica el gráfico # 7. Si la superficie del cono es irregular, el asentamiento se determina midiendo la diferencia de altura del molde y la del punto medio de la parte superior de la muestra después del ensayo.

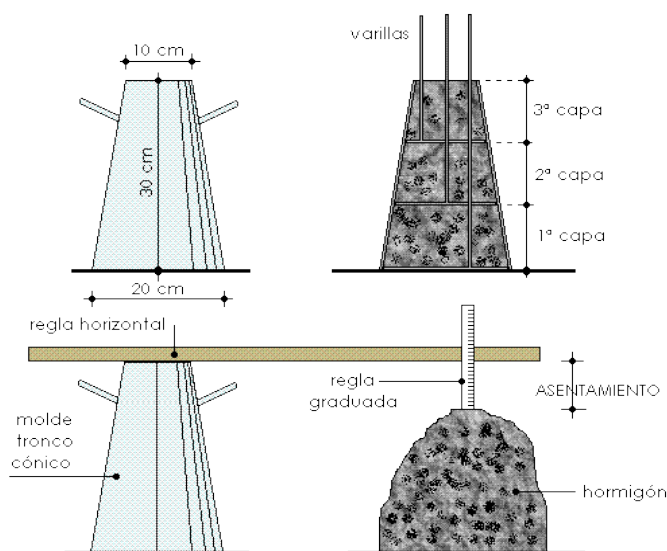


Figura 12: Determinación del asentamiento con el cono de Abrams

Fuente: <http://www.lorenzoservidor.com.ar/facu01/modulo6/modulo6.htm>

c) Homogeneidad

La homogeneidad del hormigón hace referencia a la distribución de los materiales que lo componen, obteniendo las mismas propiedades en todos los puntos, se consigue mediante un buen amasado y a su vez afectan al hormigón endurecido.

¹⁷ NTE INEN 1 578:2010. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del Asentamiento.

La mezcla puede perder homogeneidad durante el transporte, vertido y compactado, dando lugar a que los elementos constitutivos del hormigón tiendan a separarse unos de otros y a decantarse de acuerdo con su tamaño y densidad.

Por otro lado también se perderá homogeneidad entre menor sea la cohesividad del hormigón, es decir, cuanto menos adecuada sea la relación arena/grava, mayor el tamaño máximo del árido, mayor el contenido de agua, etc.

Dentro los problemas de homogeneidad tenemos¹⁸:

- *La segregación del hormigón*, denominada así la separación de los elementos, lo cual puede originar a hormigones con superficies mal acabadas con coqueas o, por el contrario, con exceso de mortero, con una gran repercusión negativa en la durabilidad y resistencias mecánicas del hormigón.
- *La exudación del hormigón*, es otra forma de segregación en la que el agua tiende a elevarse hacia la superficie de la mezcla de hormigón como consecuencia de la incapacidad de los áridos de arrastrarla con ellos al irse compactando. Esta agua crea en la superficie del hormigón una capa delgada, débil y porosa que no tiene resistencias ni es durable.

d) Densidad del hormigón fresco

La densidad del hormigón es la relación entre la masa fresca y el volumen ocupado. Se puede medir con el hormigón compactado o sin compactar. La densidad del hormigón fresco compactado es una medida del grado de eficacia del método de compactación empleado.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la densidad, rendimiento y contenido de aire (Método gravimétrico): NTE INEN 1579:2013. Expresa que “Este método de

¹⁸ <http://www.ingeniero-de-caminos.com/2010/04/hormigon-homogeneidad.html>

ensayo se aplica a hormigones con densidades que están entre 1.850 kg/m³ y 2480 kg/m³. Este método de ensayo no es aplicable a hormigones utilizados en la fabricación de tuberías y unidades para albañilería.

Densidad. Calcular la masa neta del hormigón en kilogramos, restando la masa del recipiente, M_m , de la masa del recipiente lleno con hormigón, M_c . Calcular la densidad, D , dividiendo la masa neta de hormigón para el volumen del recipiente, V_m , de la siguiente manera:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Rendimiento. Calcular el rendimiento de la siguiente manera:

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

Rendimiento relativo. El rendimiento relativo es el cociente entre el volumen real del hormigón obtenido respecto al volumen de diseño de la amasada (ver nota 9), calculado de la siguiente manera:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d}$$

Contenido de cemento. Calcular el contenido real de cemento de la siguiente manera:

$$C = \frac{Cb}{Y}$$

Contenido de aire. Calcular el contenido de aire de la siguiente manera:

$$A = \frac{T - D}{T} \times 100$$

ó

$$A = \frac{Y - V}{Y} \times 100$$

Simbología:

A = Contenido de aire en el hormigón (porcentaje de vacíos)

C = Contenido real de cemento, (kg/m³)

C_b= Masa del cemento en la amasada, (kg)

D = Densidad del hormigón, (kg/m³)

M = Masa total de todos los materiales en la amasada, (kg) (ver nota 1)

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

M_m= Masa del recipiente de medición, (kg)

R_y= Rendimiento relativo

T = Densidad teórica del hormigón calculada en una condición libre de aire, (kg/m³) (ver nota 2),

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

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

Y_f= Volumen del hormigón producido por amasada, (m³)

V = volumen absoluto total de los ingredientes que componen la amasada, (m³)

V_m= Volumen del recipiente de medición, (m³)”

6.6.1.2 Propiedades del hormigón en estado endurecido

a) Resistencia a la compresión del hormigón

La resistencia característica f'_c de un hormigón es el valor que se adopta para la resistencia a compresión en los cálculos del proyecto. En la práctica, en la obra se realizan ensayos estadísticos de resistencias de los hormigones que se colocan y el 95 % de los mismos debe ser superior a f'_c , considerándose que con el nivel actual de la tecnología del hormigón, una fracción defectuosa del 5 % es perfectamente aceptable.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico. NTE INEN 1

573:2010, expresa que “los procedimientos que establecen la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón elaborado con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, métodos de muestreo, moldeado o fabricación y de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen.

Precisión dentro del ensayo: La tabla 4 proporciona la precisión dentro del ensayo en ensayos de cilindros de 150mm por 300mm y de 100mm por 200mm moldeados de una muestra de hormigón correctamente mezclada en condiciones de laboratorio y en condiciones de campo (ver el numeral 4.7.1.2.)”

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

Tabla 42: Precisión dentro del ensayo

Fuente: NTE INEN 1 573:2010

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo. NTE INEN 1 576:2011, expresa que: “*Moldeo de cilindros:* Seleccionar la varilla de compactación adecuada según el numeral 5.2.4 y la tabla 1 o el vibrador apropiado según el numeral 5.2.5. De la tabla 2 determinar el método de

compactación, a menos que otro método este especificado. Si el método de compactación es por varillado, de la tabla 3 determinar los requisitos de moldeo. Si el método de compactación es por vibración, de la tabla 4, determinar los requisitos para el moldeo. Seleccionar un cucharón del tamaño descrito en el numeral 5.2.7. Mientras se coloca el hormigón en el molde, mover el cucharón alrededor del perímetro de la abertura del molde para asegurar una distribución del hormigón con la mínima segregación. Cada capa de hormigón debe ser compactada según se requiera. Al colocar la última capa, adicionar una cantidad de hormigón para asegurar que, después de la compactación, el molde quede lleno.

<i>Tipo de espécimen y tamaño</i>	<i>Número de capas de aproximadamente igual altura</i>	<i>Número de golpes con varilla por capa</i>
Cilindros: Diámetro (mm)		
100	2	25
150	3	25
225	4	50
Vigas: Ancho (mm)		
De 150 a 200	2	Ver numeral 5.6.3
>200	3 o más capas de igual altura, cada una no debe de exceder de 150mm	Ver numeral 5.6.3

Tabla 43: Requisitos para el moldeo mediante el varillado

Fuente: NTE INEN 1 576:2011

Curado inicial. Inmediatamente después del moldeo y terminado, el espécimen debe ser almacenado por un período de hasta 48 horas a una temperatura entre 16°C y 27°C, en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de hormigón con una resistencia especificada de 40 MPa o mayor, la temperatura de curado inicial debe estar entre 20 °C y 6 °C. Se permite utilizar varios procedimientos capaces de mantener las condiciones de humedad y temperatura especificadas durante el periodo de curado inicial, se debe utilizar un procedimiento apropiado o una combinación de procedimientos (ver

nota 5). Proteger todos los especímenes de los rayos directos del sol y de cualquier radiación calórica, si se utiliza. La temperatura de almacenamiento debe ser controlada utilizando dispositivos de calefacción y enfriamiento, según sea necesario. Registrar la temperatura utilizando un termómetro de máximas y mínimas. Si se utilizan moldes de cartón, proteger las superficies exteriores de los moldes de su contacto con paños húmedos o cualquier fuente de agua.

Curado final

Cilindros. Una vez concluido el curado inicial y dentro de 30 minutos después de remover los especímenes de los moldes, curarlos a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre, utilizando tanques de almacenamiento o cámaras de curado, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 2 528, excepto cuando se los refrenta con mortero de azufre inmediatamente antes del ensayo. Cuando se refrenta con mortero de azufre, se deben secar las superficies superior e inferior del cilindro para prevenir la formación de paquetes de vapor espuma mayores de 6 mm, debajo o dentro del refrentado, como se describe en la norma ASTM C 617. Para un periodo que no exceda de 3 horas inmediatamente antes del ensayo, no se requieren temperaturas de curado normalizado, a condición de que se mantenga en los cilindros la humedad libre y la temperatura ambiente esté entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Transporte de los especímenes al laboratorio. Antes del transporte, curar y proteger los especímenes como se indica en el numeral 5.7. Los especímenes no deben ser transportados dentro de las primeras 8 horas después del fraguado final (Ver nota 7). Durante el transporte, proteger los especímenes con un material de amortiguación adecuado para prevenir daños por golpes. Durante el clima frío, proteger los especímenes de la congelación con un material aislante adecuado. Prevenir la pérdida de humedad durante el transporte, envolviéndolos en plástico, mantas húmedas, rodeándolos de arena húmeda o en moldes impermeables con tapas herméticas. El tiempo de transporte no debe exceder de 4 horas.”

6.7 METODOLOGÍA

6.7.1 Determinación de las mezclas de los agregados

Para realizar la mezcla de los agregados finos se utilizó un software especializado (programa Excel), donde se formuló una tabla con los datos iniciales de las granulometrías de los agregados finos para posteriormente realizar una combinación entre dos agregados con un porcentaje de cada material a fin de que el resultado obtenido este dentro de la curva granulométrica de los límites establecidos por la ASTM-C33.

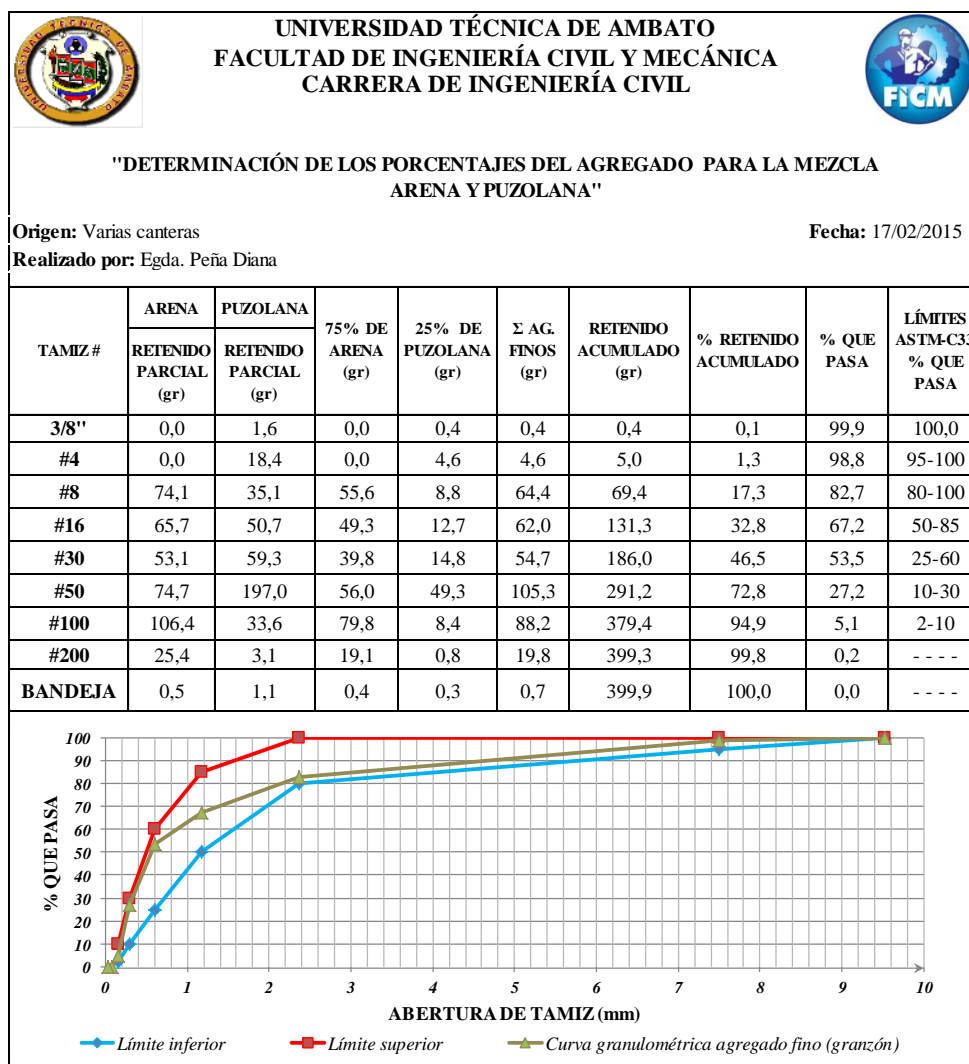


Tabla 44: Determinación del porcentaje de agregados finos (Arena – Puzolana)

Fuente: Egda. Diana Peña

Para la mezcla de la Tabla 44, se determinó que con el 75% de arena y el 25% de puzolana se podría obtener una mezcla óptima, cuya granulometría cumpla con los límites establecidos en la ASTM- C33.

En la siguiente tabla, se realizará una mezcla del 40% de granzón y un 60% de puzolana.

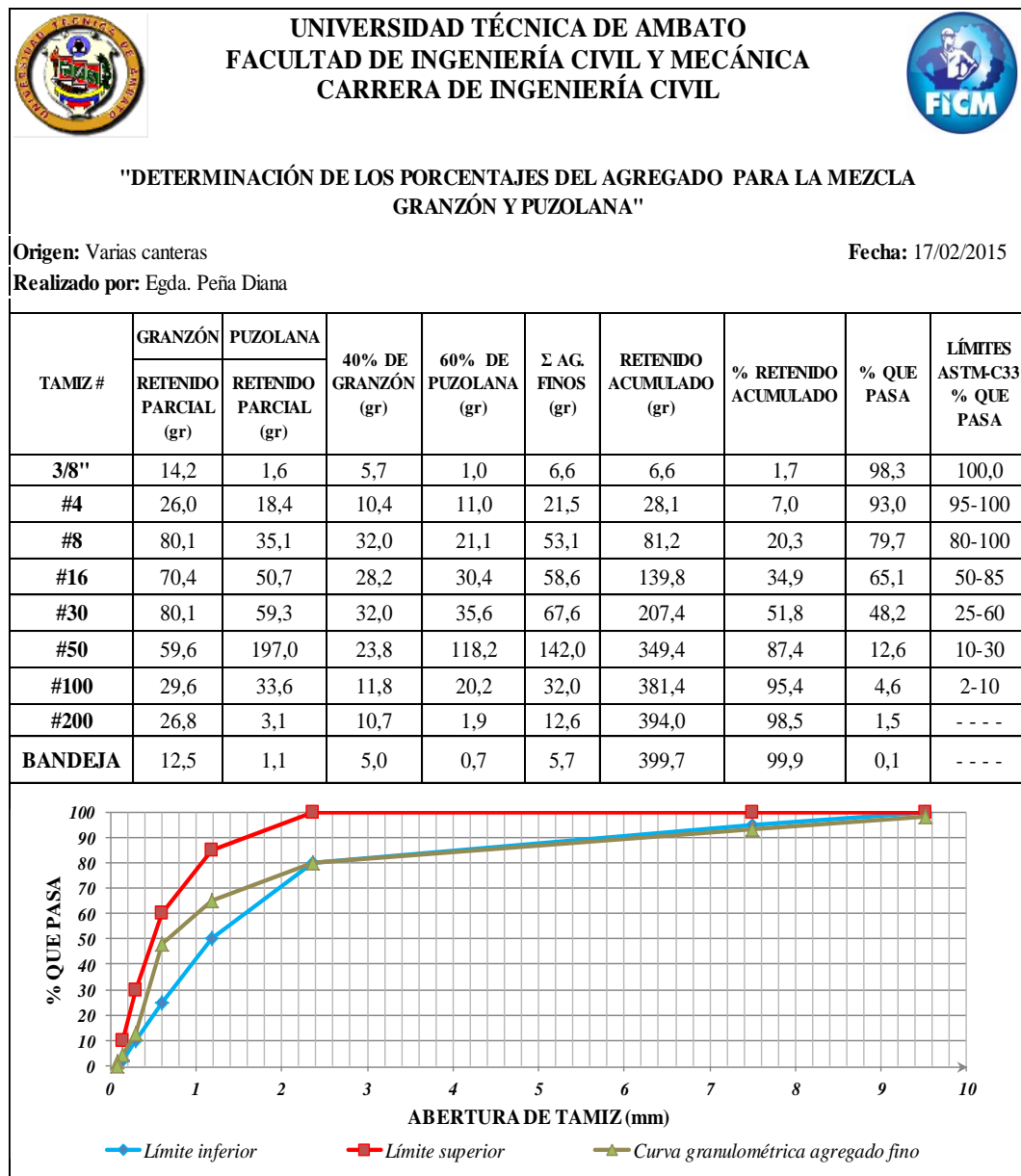


Tabla 45: Determinación del porcentaje de agregados finos (Granzón – Puzolana)
Fuente: Egda. Diana Peña

Para esta última mezcla se determinó que con el 70% de arena y el 30% de granzón se podrá obtener una granulometría que cumpla con los límites establecidos en la ASTM-C33.

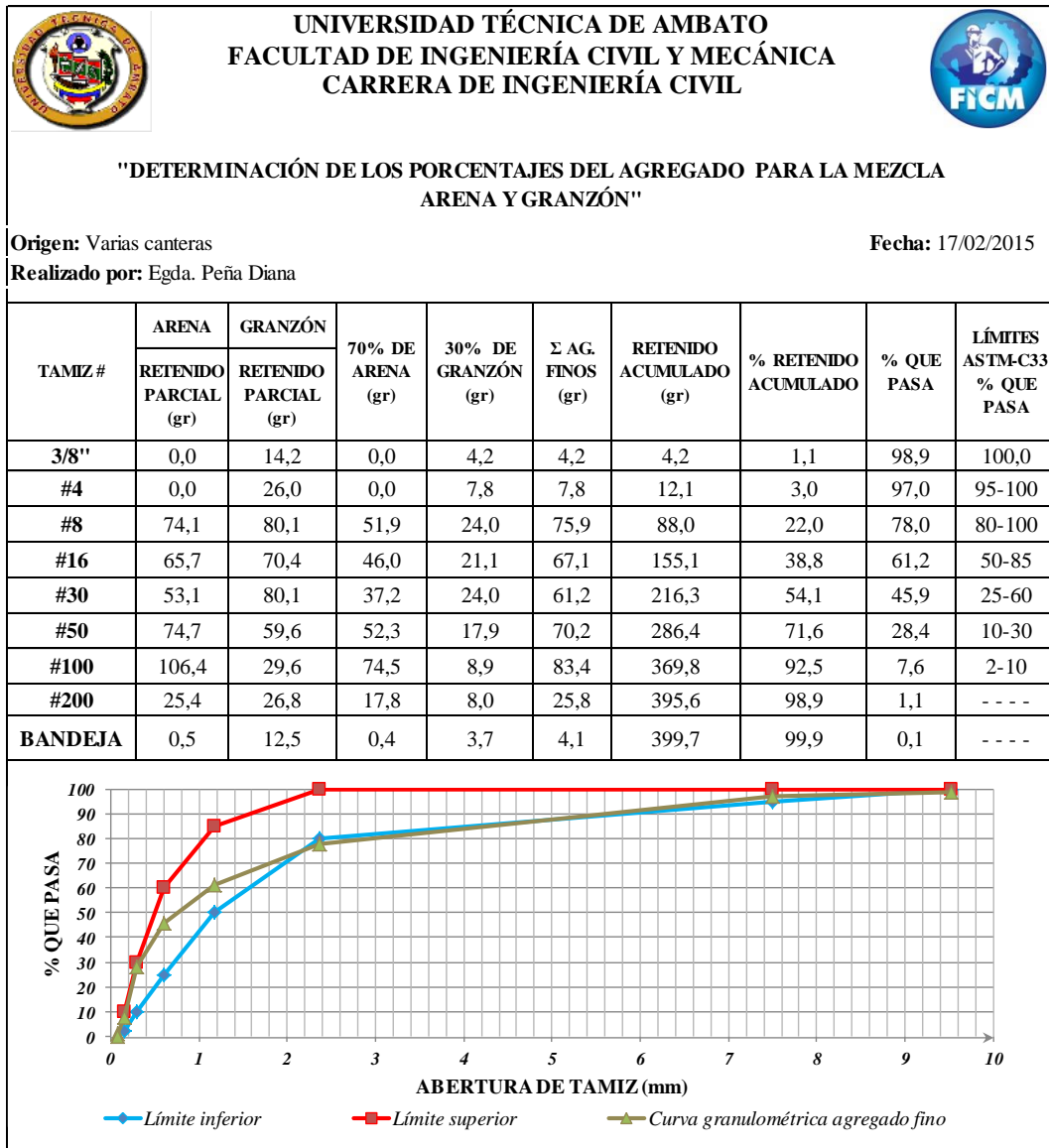


Tabla 46: Determinación del porcentaje de agregados finos (Arena – Granzón)

Fuente: Egda. Diana Peña

El método utilizado anteriormente nos servirá como una guía para posteriormente realizar las mezclas en la proporción indicada y verificar mediante el ensayo granulométrico que los resultados obtenidos sean iguales o similares a los calculados.

6.7.2 Granulometrías de las mezclas

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la mezcla del 75% de la arena y 25% de puzolana.

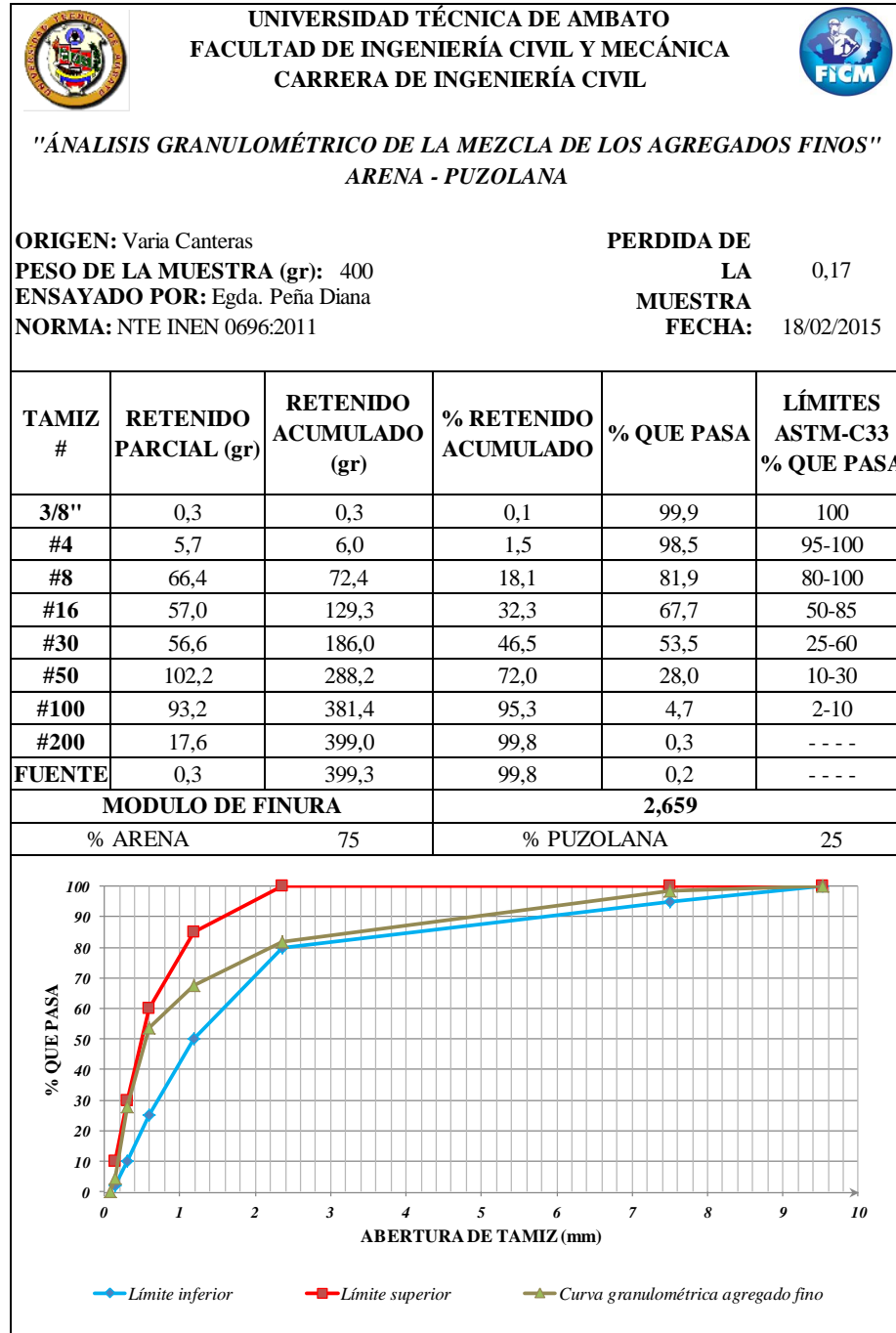


Tabla 47: Granulometría de la mezcla de agregados finos (Arena – Puzolana)

Fuente: Egda. Diana Peña

La mezcla para la siguiente tabla es del 40% de granzón y 60 % de puzolana.

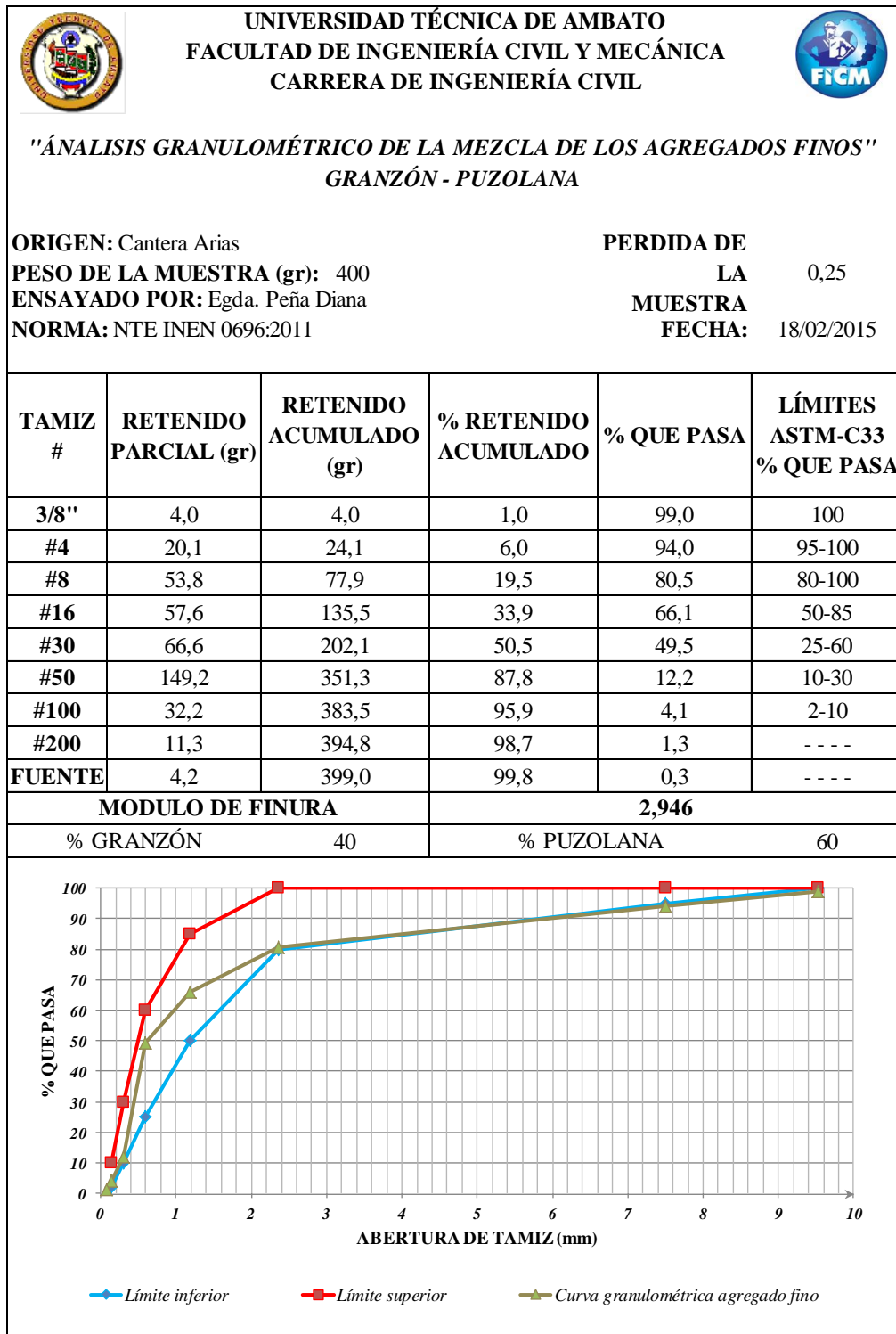


Tabla 48: Granulometría de la mezcla de agregados finos (Granzón – Puzolana)

Fuente: Egda. Diana Peña

En esta última mezcla se empleara el 70% de arena y 30 % de granzón.

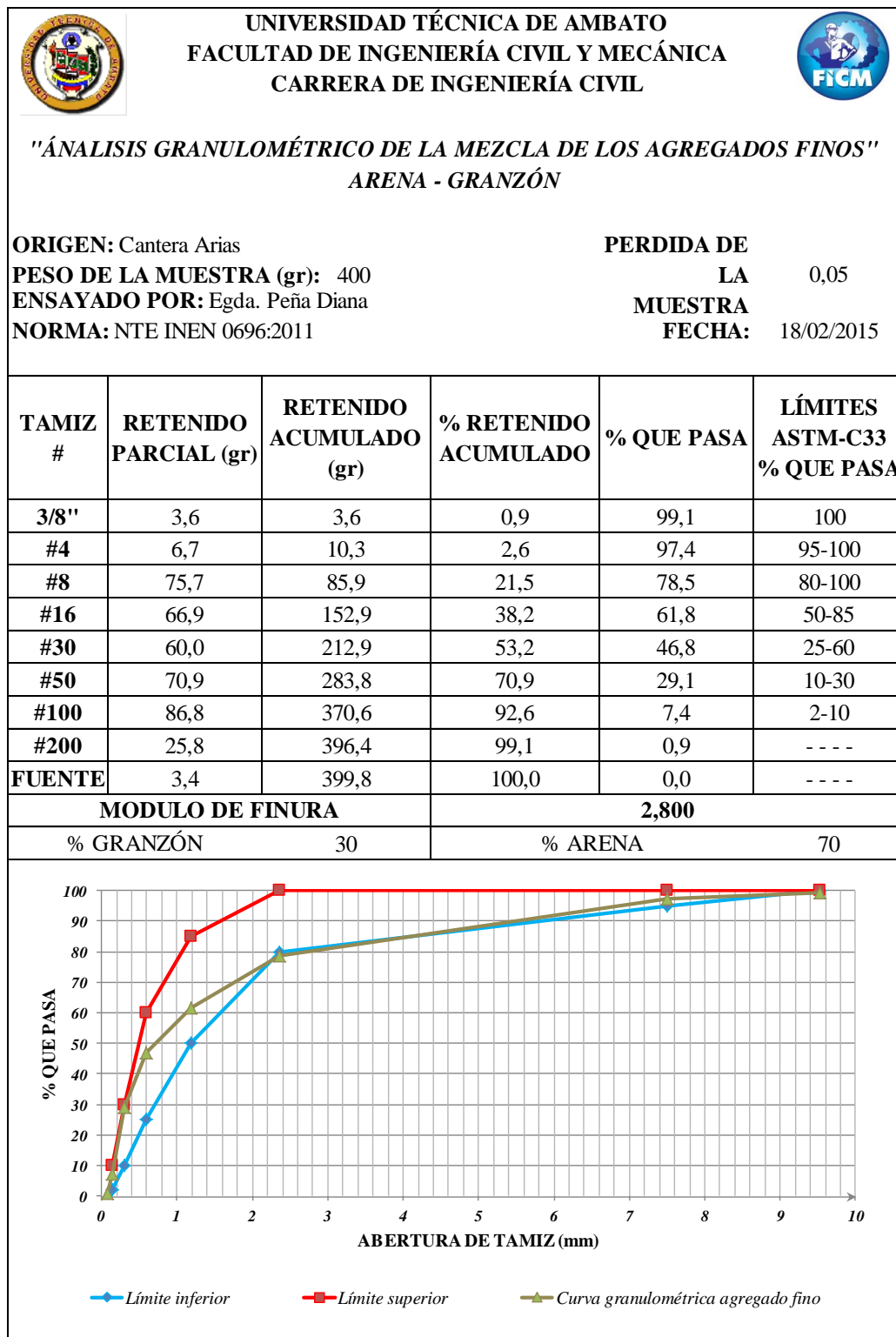


Tabla 49: Granulometría de la mezcla de agregados finos (Arena – Granzón)

Fuente: Egda. Diana Peña

6.7.3 Masa unitaria compactada de la mezcla

Esta tabla es el resultado de la mezcla del agregado fino, arena y puzolana en un 75% y 25% respectivamente.

% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario (kg/dm ³)	Peso unitario promedio (kg/dm ³)
Grueso	Fino	Grueso	Fino					
100	0	20	0	0	19,29	14,09	1,483	1,492
					19,48	14,26	1,501	
90	10	20	2,22	2,22	20,92	15,51	1,632	1,627
					20,78	15,42	1,622	
80	20	20	5,00	2,78	21,55	16,11	1,696	1,694
					21,50	16,09	1,693	
70	30	20	8,57	3,57	22,51	16,76	1,764	1,763
					22,32	16,75	1,763	
60	40	20	13,33	4,76	22,41	16,62	1,749	1,756
					22,56	16,75	1,763	
50	50	20	20,00	6,67	22,41	16,54	1,740	1,734
					22,32	16,43	1,728	
40	60	20	30,00	10,00	21,31	15,60	1,641	1,646
					21,45	15,69	1,651	

PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO	36,00 %
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO	64,00 %
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO	32,00 %
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO	68,00 %
MASA UNITARIA MÁXIMA	1,765 kg/dm ³
MASA UNITARIA ÓPTIMA	1,761 kg/dm³

Tabla 50: Masa unitaria compactada de la mezcla Ag. grueso – Ag. fino (Arena–Puzolana)

Fuente: Egda. Diana Peña

En el siguiente ensayo se mezcló el granzón y la puzolana, en un 40% y 60% respectivamente.

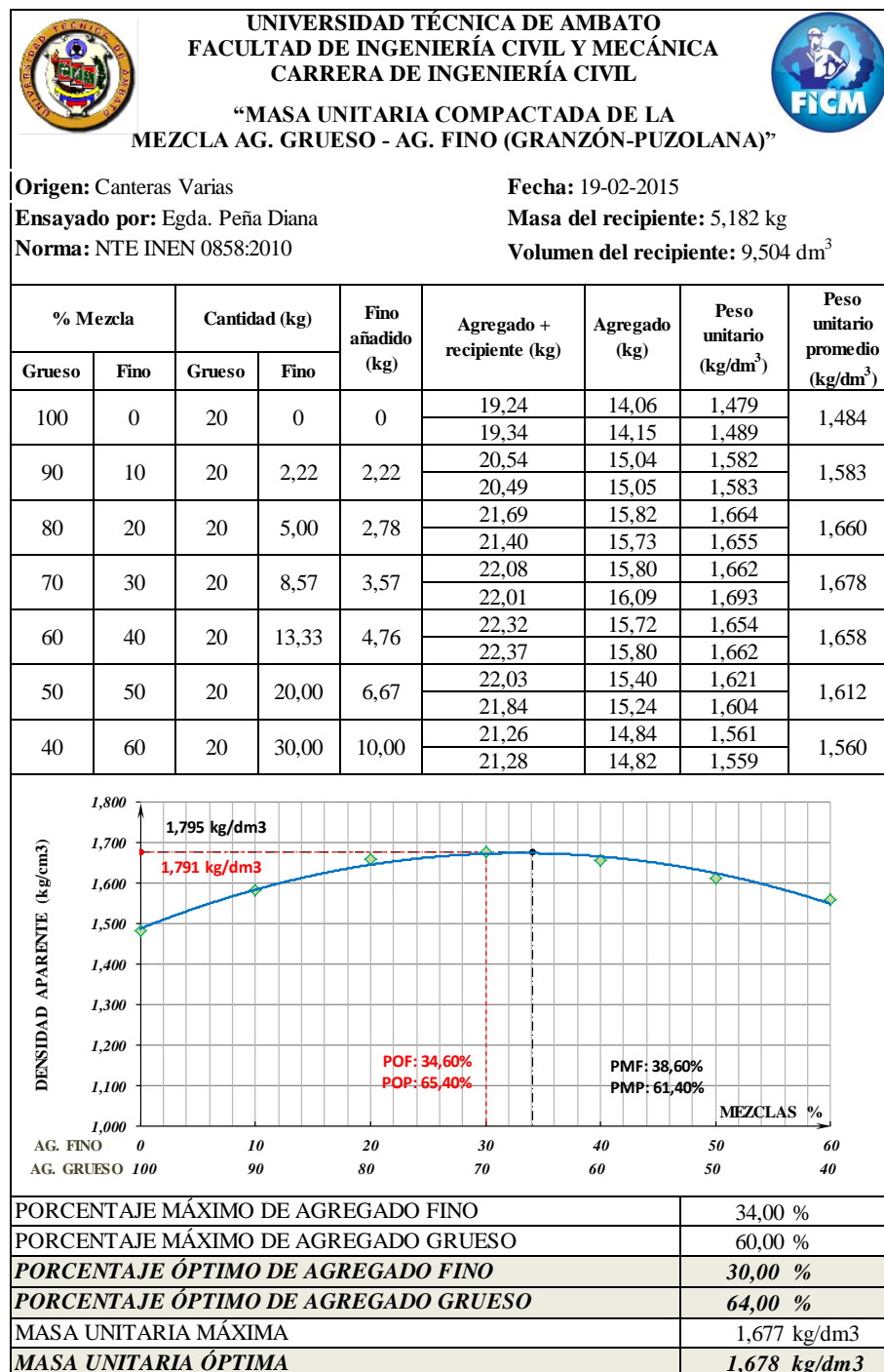


Tabla 51: Masa unitaria compactada de la mezcla Ag. grueso – Ag. fino (Granzón–Puzolana)

Fuente: Egda. Diana Peña

Por último se mezcló el granzón y arena, en un 30% y 70% respectivamente.

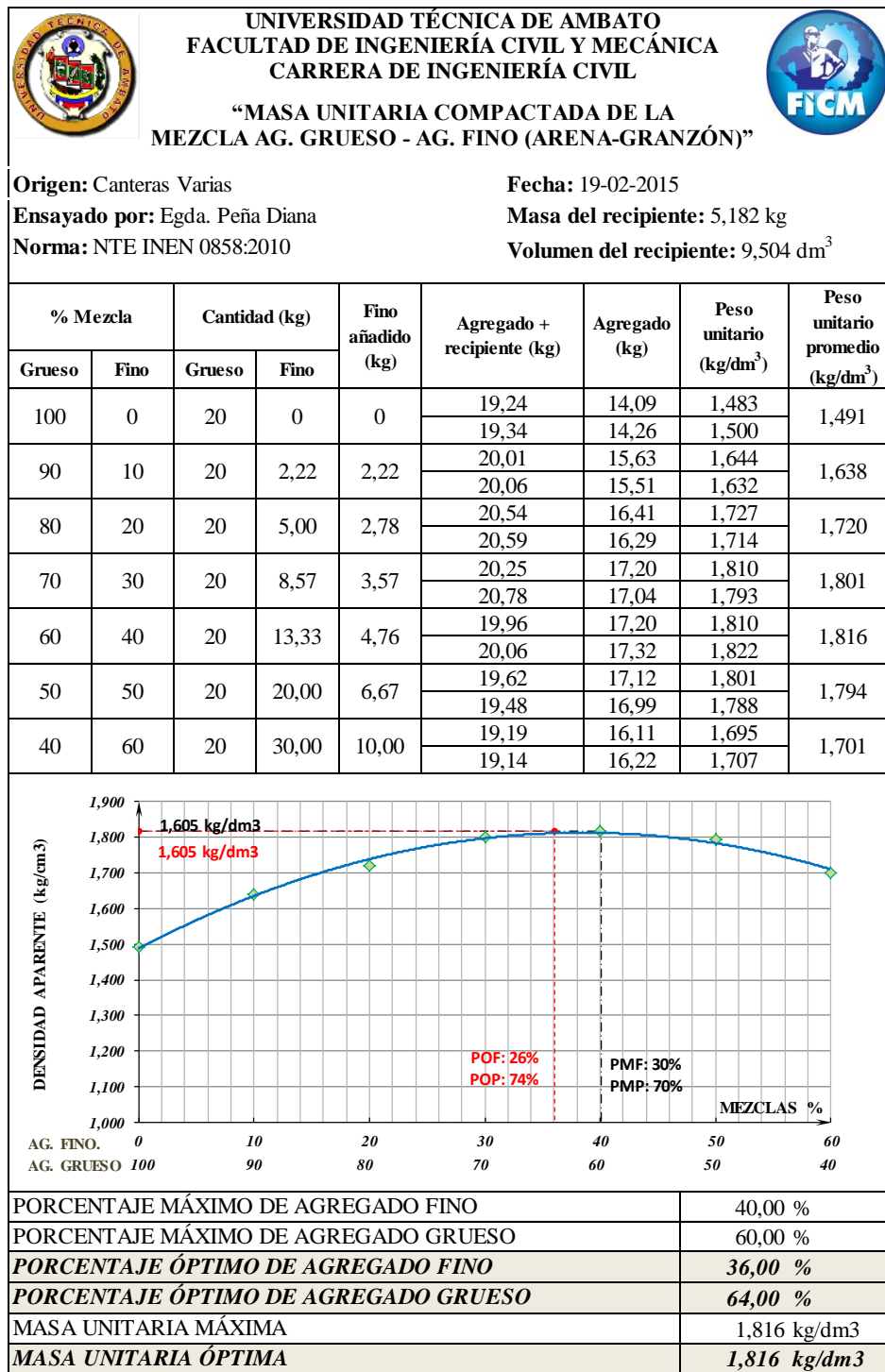


Tabla 52: Masa unitaria compactada de la mezcla Ag. grueso – Ag. fino (Arena–Granzón)

Fuente: Egda. Diana Peña

6.7.4 Dosificación del hormigón



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA- PUZOLANA) - CEMENTO					
Origen: Canteras Arias			Fecha: 20/02/2015		
Realizado por: Egda. Peña Diana					
DATOS DE TABLAS					
w/c =		0,58		CP en %:	
				%OV + 2% + 11% (OV)	
DATOS DE ENSAYO			CÁLCULOS		
f'c :		210 kg/cm²			
Asent. :	10 cm	DRAg :	2,500 kg/dm ³		
DRC :	2,709 kg/dm ³	POV :	29,563 %		
DRF :	2,409 kg/dm ³	CP :	348,154 dm ³		
DRP :	2,543 kg/dm ³	C :	366,809 kg		
DOAg :	1,761 kg/dm ³	W :	212,750 kg		
POF :	32 %	Ag. F :	502,495 kg		
POP :	68 %	Ag. G :	1127,199 kg		
DOSIFICACIÓN AL PESO					
Material	Cantidad en (kg) por cada m³ hormigón	Dosificación al peso	Cantidad (kg) por saco de cemento de 50 kg		
Agua	212,75	0,58	29,00		
Cemento	366,81	1,00	50,00		
Arena-Puzolana	502,50	1,37	68,50		
Ag. grueso	1127,20	3,07	153,65		
Total	2209,25				
NOMECLATURA:					
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	f'c	Densidad real de los agregados (kg/dm ³)	DRAg		
Asentamiento (cm)	Asent.	Porcentaje óptimo de vacíos (%)	POV		
Densidad real del cemento (g/cm ³)	DRC	Cantidad de pasta (kg)	CP		
Densidad real agregado fino (kg/dm ³)	DRF	Cantidad de cemento (kg)	C		
Densidad real del agregado grueso (kg/dm ³)	DRP	Cantidad de agua (kg)	W		
Densidad óptima de los agregados (kg/dm ³)	DOAg	Cantidad de agregado fino (kg)	Ag. F		
Porcentaje óptimo del agregado fino (%)	POF	Cantidad del agregado grueso (kg)	Ag. G		
Porcentaje óptimo del agregado grueso (%)	POP				

Tabla 53: Dosificación de la MEZCLA 4.
Ag. grueso – Ag. fino (Arena–Puzolana) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA
AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN-PUZOLANA) - CEMENTO

Origen: Varias canteras

Fecha: 20/02/2015

Realizado por: Egda. Peña Diana

DATOS DE TABLAS

w/c =	0,58	CP en %:	%OV + 2% + 11% (OV)
DATOS DE ENSAYO		CÁLCULOS	
f'c :	210 kg/cm²		
Asent. :	10 cm	DRAg :	2,249 kg/dm ³
DRC :	2,709 kg/dm ³	POV :	25,401 %
DRF :	2,0728 kg/dm ³	CP :	301,951 dm ³
DRP :	2,543 kg/dm ³	C :	318,131 kg
DOAg :	1,678 kg/dm ³	W :	184,516 kg
POF:	30 %	Ag. F:	434,075 kg
POP :	64 %	Ag. G :	1136,088 kg

DOSIFICACIÓN AL PESO

<i>Material</i>	<i>Cantidad en (kg) por cada m³ hormigón</i>	<i>Dosificación al peso</i>	<i>Cantidad (kg) por saco de cemento de 50 kg</i>
<i>Agua</i>	184,52	0,58	29,00
<i>Cemento</i>	318,13	1,00	50,00
<i>Granzón - Puzolana</i>	434,07	1,36	68,22
<i>Ag. grueso</i>	1136,09	3,57	178,56
Total	2072,81		

NOMECLATURA:

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	f'c	Densidad real de los agregados (kg/dm ³)	DRAg
Asentamiento (cm)	Asent.	Porcentaje óptimo de vacíos (%)	POV
Densidad real del cemento (g/cm ³)	DRC	Cantidad de pasta (kg)	CP
Densidad real agregado fino (kg/dm ³)	DRF	Cantidad de cemento (kg)	C
Densidad real del agregado grueso (kg/dm ³)	DRP	Cantidad de agua (kg)	W
Densidad óptima de los agregados (kg/dm ³)	DOAg	Cantidad de agregado fino (kg)	Ag. F
Porcentaje óptimo del agregado fino (%)	POF	Cantidad del agregado grueso (kg)	Ag. G
Porcentaje óptimo del agregado grueso (%)	POP		

Tabla 54: Dosificación de la MEZCLA 5.
 Ag. grueso – Ag. fino (Granzón–Puzolana) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA
AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA- GRANZÓN) - CEMENTO

Origen: Varias canteras

Fecha: 20/02/2015

Realizado por: Egda. Peña Diana

DATOS DE TABLAS

w/c = 0,58 **CP en %:** **%OV + 2% + 11% (OV)**

DATOS DE ENSAYO		CÁLCULOS	
f'c :	210 kg/cm²		
Asent. :	10 cm	DRAg :	2,510 kg/dm ³
DRC :	2,709 kg/dm ³	POV :	27,636 %
DRF :	2,450 kg/dm ³	CP :	326,755 dm ³
DRP :	2,543 kg/dm ³	C :	344,264 kg
DOAg :	1,816 kg/dm ³	W :	199,673 kg
POF:	36 %	Ag. F:	593,802 kg
POP :	64 %	Ag. G :	1095,720 kg

DOSIFICACIÓN AL PESO

Material	Cantidad en (kg) por cada m ³ hormigón	Dosificación al peso	Cantidad (kg) por saco de cemento de 50 kg
<i>Agua</i>	199,67	0,58	29,00
<i>Cemento</i>	344,26	1,00	50,00
<i>Arena - Granzón</i>	593,80	1,72	86,24
<i>Ag. grueso</i>	1095,72	3,18	159,14
Total	2233,46		

NOMECLATURA:

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	f'c	Densidad real de los agregados (kg/dm ³)	DRAg
Asentamiento (cm)	Asent.	Porcentaje óptimo de vacíos (%)	POV
Densidad real del cemento (g/cm ³)	DRC	Cantidad de pasta (kg)	CP
Densidad real agregado fino (kg/dm ³)	DRF	Cantidad de cemento (kg)	C
Densidad real del agregado grueso (kg/dm ³)	DRP	Cantidad de agua (kg)	W
Densidad óptima de los agregados (kg/dm ³)	DOAg	Cantidad de agregado fino (kg)	Ag. F
Porcentaje óptimo del agregado fino (%)	POF	Cantidad del agregado grueso (kg)	Ag. G
Porcentaje óptimo del agregado grueso (%)	POG		

Tabla 55: Dosificación de la MEZCLA 6.
 Ag. grueso – Ag. fino (Arena–Granzón) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña

6.7.5 Corrección de la dosificación



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN f' c = 210 kg/cm²								
Origen: Varias canteras				Fecha: 20/02/2015				
Realizado por: Egda. Peña								
DATOS					ARENA - PUZOLANA	GRANZÓN - PUZOLANA	GRANZÓN - ARENA	
Vol. de hormigón para cilindros (m ³) "C: 10x20 cm"					0,022	0,022	0,022	
Cant. de cemento para 1m ³ de hormigón (kg)					366,81	434,07	344,26	
Cant. de cemento para las probetas de hormigón (kg)					8,066	9,545	7,570	
CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN								
Material	Dosif. al peso	Peso	C.A. %	C.H. %	Corrección		Cantidades	Dosificación
					%	kg.		
Agua	0,58	4,68	---	---	---	-0,49	4,19	0,52
Cemento	1,00	8,07	---	---	---	---	8,07	1,00
Arena - Puzolana	1,37	11,05	1,76	8,79	-7,02	-0,78	10,27	1,27
Piedra	3,07	24,79	2,31	1,16	1,15	0,29	25,07	3,11
Material	Dosif. al peso	Peso	C.A. %	C.H. %	Corrección		Cantidades	Dosificación
					%	kg.		
Agua	0,58	5,54	---	---	---	-0,89	4,65	0,49
Cemento	1,00	9,55	---	---	---	---	9,55	1,00
Granzón - Puzolana	1,36	13,02	1,29	11,13	-9,84	-1,28	11,74	1,23
Piedra	3,57	34,09	2,31	1,16	1,15	0,39	34,48	3,61
Material	Dosif. al peso	Peso	C.A. %	C.H. %	Corrección		Cantidades	Dosificación
					%	kg.		
Agua	0,58	4,39	---	---	---	-0,38	4,01	0,53
Cemento	1,00	7,57	---	---	---	---	7,57	1,00
Arena - Granzón	1,72	13,06	1,71	6,78	-5,07	-0,66	12,40	1,64
Piedra	3,18	24,09	2,31	1,16	1,15	0,28	24,37	3,22
NOMECLATURA:								
Capacidad de absorción (%)			C.A.	Contenido de Humedad (%)			C.H.	

Tabla 56: Corrección de la dosificación de la mezcla
Fuente: Egda. Diana Peña

6.7.6 Propiedad del hormigón en estado fresco



 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> <div style="text-align: right;">  </div>										
"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO" AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA-PUZOLANA) - CEMENTO (MEZCLA 4)										
Origen: Varias canteras			Fecha: 24/02/2015			Temperatura: 18,3°C				
Realizado por: Egda. Peña Diana			Relación A/C: 0,52							
Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m3)	Peso específico medio (kg/m3)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA-PUZOLANA) - CEMENTO	24-feb-15	100,1	5,965	0,00281	Muy buena	10	Muy buena	2122,776	2122,212
2		24-feb-15	100,1	5,960	0,00281				2120,996	
3		24-feb-15	100,1	5,963	0,00281				2122,064	
4		24-feb-15	100,1	5,962	0,00281				2121,708	
5		24-feb-15	100,1	5,967	0,00281				2123,488	
6		24-feb-15	100,1	5,961	0,00281				2121,352	
7		24-feb-15	100,1	5,962	0,00281				2121,708	
8		24-feb-15	100,1	5,961	0,00281				2121,352	
9		24-feb-15	100,1	5,965	0,00281				2122,776	
10		24-feb-15	100,1	5,964	0,00281				2122,420	
11		24-feb-15	100,1	5,966	0,00281				2123,132	
12		24-feb-15	100,1	5,965	0,00281				2122,776	

Tabla 57: Propiedades en estado fresco de la MEZCLA 4, Ag. grueso – Ag. fino (Arena-Puzolana) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO"
AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN-PUZOLANA) - CEMENTO (MEZCLA 5)

Origen: Varias canteras
Realizado por: Egda. Peña Diana

Fecha: 24/02/2015
Relación A/C: 0,49

Temperatura: 17,1 °C

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m3)	Peso específico medio (kg/m3)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN-PUZOLANA) - CEMENTO	24-feb-15	100,1	5,520	0,00281	Muy buena	10	Muy buena	1964,413	1963,968
2		24-feb-15	100,1	5,518	0,00281				1963,701	
3		24-feb-15	100,1	5,521	0,00281				1964,769	
4		24-feb-15	100,1	5,520	0,00281				1964,413	
5		24-feb-15	100,1	5,517	0,00281				1963,345	
6		24-feb-15	100,1	5,521	0,00281				1964,769	
7		24-feb-15	100,1	5,519	0,00281				1964,057	
8		24-feb-15	100,1	5,517	0,00281				1963,345	
9		24-feb-15	100,1	5,521	0,00281				1964,769	
10		24-feb-15	100,1	5,520	0,00281				1964,413	
11		24-feb-15	100,1	5,515	0,00281				1962,633	
12		24-feb-15	100,1	5,516	0,00281				1962,989	

Tabla 58: Propiedades en estado fresco de la MEZCLA 5, Ag. grueso – Ag. fino (Granzón-Puzolana) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO"
AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA - GRANZÓN) - CEMENTO (MEZCLA 6)

Origen: Varias canteras
Realizado por: Egda. Peña Diana

Fecha: 24/02/2015
Relación A/C: 0,53

Temperatura: 15,5 °C

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m3)	Peso específico medio (kg/m3)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA - GRANZÓN) - CEMENTO	24-feb-15	100,1	6,320	0,00281	Muy Buena	10	Muy buena	2249,110	2248,754
2		24-feb-15	100,1	6,319	0,00281				2248,754	
3		24-feb-15	100,1	6,317	0,00281				2248,043	
4		24-feb-15	100,1	6,321	0,00281				2249,466	
5		24-feb-15	100,1	6,320	0,00281				2249,110	
6		24-feb-15	100,1	6,319	0,00281				2248,754	
7		24-feb-15	100,1	6,321	0,00281				2249,466	
8		24-feb-15	100,1	6,317	0,00281				2248,043	
9		24-feb-15	100,1	6,318	0,00281				2248,399	
10		24-feb-15	100,1	6,320	0,00281				2249,110	
11		24-feb-15	100,1	6,319	0,00281				2248,754	
12		24-feb-15	100,1	6,317	0,00281				2248,043	

Tabla 59: Propiedades en estado fresco de la MEZCLA 6, Ag. grueso – Ag. fino (Arena-Granzón) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña

6.7.7 Propiedades en estado endurecido.



 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> <div style="text-align: right;">  </div>											
"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO" AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA-PUZOLANA) - CEMENTO (MEZCLA 4)											
Origen: Varias canteras			Fecha: 24/02/2015			f'c: 210 kg/cm ²					
Realizado por: Egda. Peña Diana			Relación A/C: 0,52								
Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (ARENA-PUZOLANA) - CEMENTO	24-feb-15	7	03-mar-15	100,1	118,20	12053,09	153,16	154,06	2226,810	2235,71
2		24-feb-15		03-mar-15	100,1	119,60	12195,85	154,97		2244,600	
3		24-feb-15		03-mar-15	100,1	118,90	12124,47	154,06		2235,705	
4		24-feb-15	14	10-mar-15	100,1	139,48	14222,65	180,73	181,80	2237,944	2246,88
5		24-feb-15		10-mar-15	100,1	141,13	14391,10	182,87		2255,823	
6		24-feb-15		10-mar-15	100,1	140,30	14306,88	181,80		2246,884	
7		24-feb-15	21	17-mar-15	100,1	153,42	15644,91	198,80	199,98	2249,134	2258,12
8		24-feb-15		17-mar-15	100,1	155,24	15830,21	201,15		2267,102	
9		24-feb-15		17-mar-15	100,1	154,33	15737,56	199,98		2258,118	
10		24-feb-15	28	24-mar-15	100,1	165,70	16896,50	214,70	215,97	2260,379	2269,41
11		24-feb-15		24-mar-15	100,1	167,66	17096,63	217,25		2278,438	
12		24-feb-15		24-mar-15	100,1	166,68	16996,57	215,97		2269,409	

Tabla 60: Propiedades en estado endurecido de la MEZCLA 4, Ag. grueso – Ag. fino (Arena-Puzolana) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO"
AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN-PUZOLANA) - CEMENTO (MEZCLA 5)

Origen: Varias canteras

Fecha: 24/02/2015

f 'c: 210 kg/cm²

Realizado por: Egda. Peña Diana

Relación A/C: 0,49

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN-PUZOLANA) - CEMENTO	24-feb-15	7	03-mar-15	100,1	99,000	10095,23	128,28	130,42	2083,230	2093,08
2		24-feb-15		03-mar-15	100,1	102,300	10431,74	132,56		2102,920	
3		24-feb-15		03-mar-15	100,1	100,65	10263,48	130,42		2093,075	
4		14	24-feb-15	10-mar-15	100,1	116,82	11912,37	151,37	153,89	2093,646	2103,54
5			24-feb-15	10-mar-15	100,1	120,71	12309,45	156,42		2113,435	
6			24-feb-15	10-mar-15	100,1	118,77	12110,91	153,89		2103,540	
7		21	24-feb-15	17-mar-15	100,1	128,50	13103,61	166,51	169,28	2104,114	2114,06
8			24-feb-15	17-mar-15	100,1	132,79	13540,39	172,06		2124,002	
9			24-feb-15	17-mar-15	100,1	130,64	13322,00	169,28		2114,058	
10		28	24-feb-15	24-mar-15	100,1	138,78	14151,89	179,83	182,82	2114,635	2124,63
11			24-feb-15	24-mar-15	100,1	143,41	14623,62	185,82		2134,622	
12			24-feb-15	24-mar-15	100,1	141,10	14387,76	182,82		2124,628	

Tabla 61: Propiedades en estado endurecido de la MEZCLA 5, Ag. grueso – Ag. fino (Granzón-Puzolana) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña



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



"PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO"
AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN-ARENA) - CEMENTO (MEZCLA 6)

Origen: Varias cantera

Fecha: 24/02/2015

f 'c: 210 kg/cm²

Realizado por: Egda. Peña Diana

Relación A/C: 0,53

Probeta N° 1	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)
1	AG. GRUESO - AG. FINO (GRANZÓN-ARENA) - CEMENTO	24-feb-15	7	03-mar-15	100,1	145,200	14806,33	188,14	189,96	2389,140	2376,75
2		24-feb-15		03-mar-15	100,1	148,000	15091,86	191,77		2364,360	
3		24-feb-15		03-mar-15	100,1	146,60	14949,10	189,96		2376,750	
4		14	24-feb-15	10-mar-15	100,1	171,34	17471,47	222,01	224,15	2401,086	2388,63
5			24-feb-15	10-mar-15	100,1	174,64	17808,39	226,29		2376,182	
6			24-feb-15	10-mar-15	100,1	172,99	17639,93	224,15		2388,634	
7		21	24-feb-15	17-mar-15	100,1	188,47	19218,62	244,21	246,56	2413,091	2400,58
8			24-feb-15	17-mar-15	100,1	192,10	19589,23	248,92		2388,063	
9			24-feb-15	17-mar-15	100,1	190,29	19403,93	246,56		2400,577	
10		28	24-feb-15	24-mar-15	100,1	203,55	20756,11	263,75	266,29	2425,157	2412,58
11			24-feb-15	24-mar-15	100,1	207,47	21156,37	268,83		2400,003	
12			24-feb-15	24-mar-15	100,1	205,51	20956,24	266,29		2412,580	

Tabla 62: Propiedades en estado endurecido de la MEZCLA 6, Ag. grueso – Ag. fino (Arena-Granzón) – Cemento

Fuente: Egda. Diana Peña

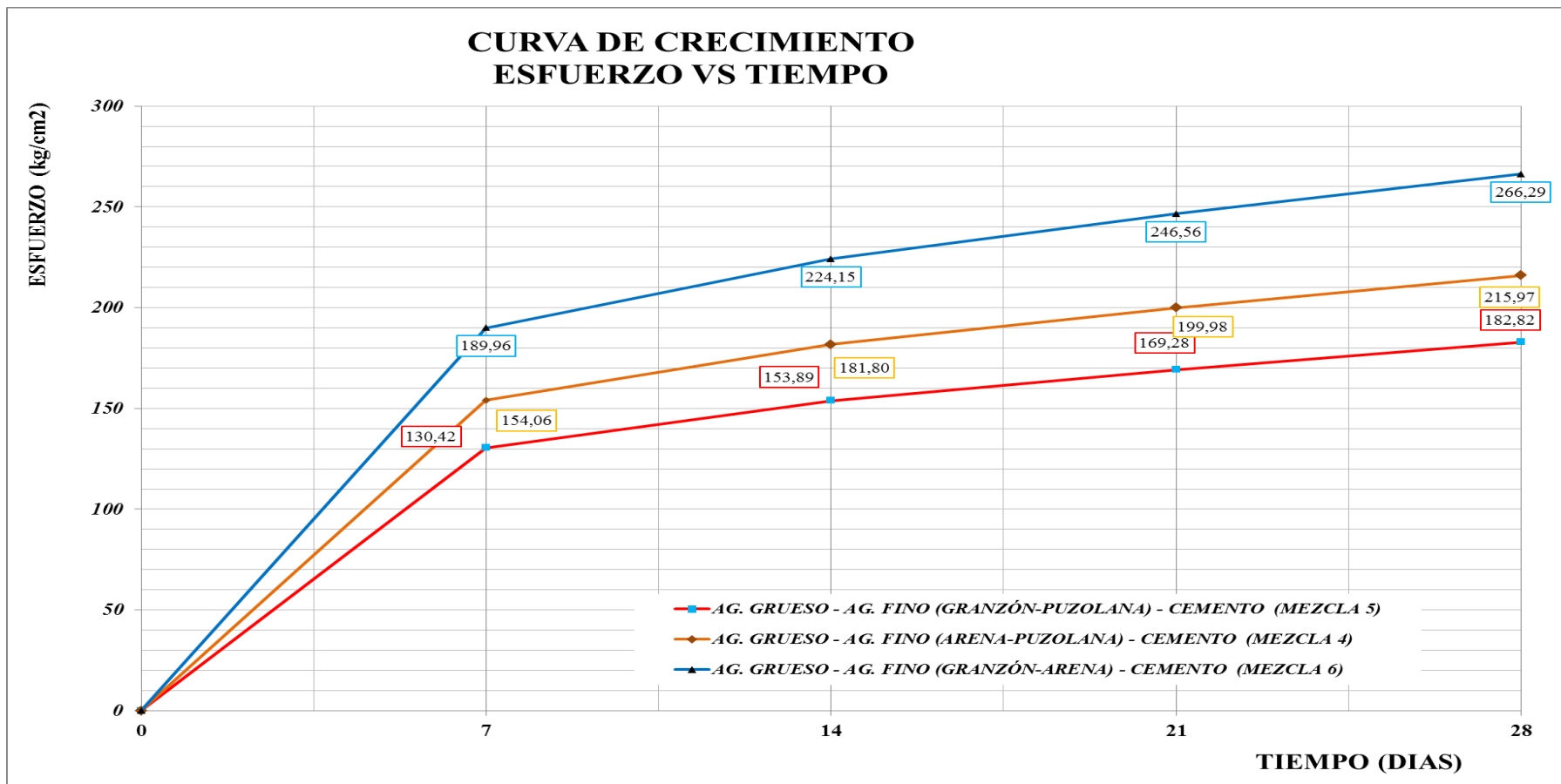


Figura 13: Curva de crecimiento del Esfuerzo vs Tiempo de las mezclas 4, 5 y 6

Fuente: Egda. Diana Peña

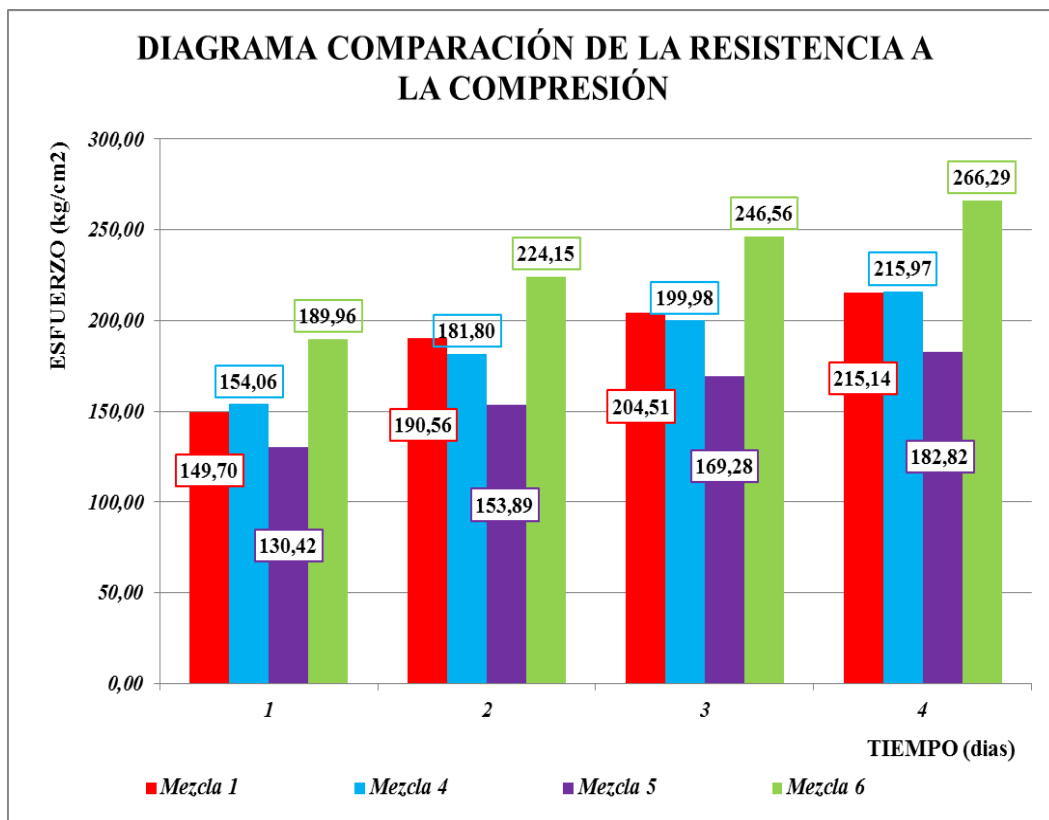


Figura 14: Diagrama comparativo de la resistencia a la compresión en cilindros de hormigón

Fuente: Egda. Diana Peña

Interpretación de los resultados:

Una vez realizado los ensayos a compresión de las muestras de hormigón con una resistencia característica de 210 kg/cm², se puede apreciar que el hormigón de la mezcla 6, elaborado con arena y granzón como material fino obtuvo mejores resultados, que las muestras 5 y 4, cuyas combinaciones son arena-granzón y arena-puzolana respectivamente.

La mezcla 5, compuesta por 40% de granzón y 60% de puzolana obtuvo una resistencia a la compresión de 182,82 kg/cm², valor correspondiente al 87% con respecto al f'_c de diseño, adicional a esto, si revisan la Tabla 61 podrán verificar la densidad del material en estado endurecido de 2124,63 kg/cm², menor a las mezclas 4 y 6.

6.7.8 Conclusiones

- En base a los límites granulométricos establecidos en el NTE INEN 858:2010, se determinaron los porcentajes adecuados del agregado fino componente del hormigón y así obtener una mezcla óptima; de los cuales se obtiene lo siguiente:

N° DE MEZCLA	ARENA	GRANZÓN	PUZOLANA
4	75%	--	25%
5	--	40%	60%
6	70%	30%	--

Tabla 63: Porcentaje de agregados finos en el hormigón

Fuente: Egda. Diana Peña

- Al evaluar las propiedades del hormigón en estado fresco, se observó una excelente trabajabilidad y homogeneidad en las tres mezclas realizadas, cuyos resultados se pueden observar las Tablas 57 – 62.
- De las tres mezclas preparadas, al evaluar la resistencia a la compresión, la mezcla 6 alcanzó un promedio del 126% con respecto al f^c de diseño, mientras que la mezcla 4 y 5 obtuvieron un valor promedio de 102% y 87% respectivamente. La mezcla 5 se descarta por no cumplir con la resistencia de diseño (Tablas 58 – 60)
- Las densidades del hormigón, tanto en estado fresco como endurecido, muestran la misma tendencia, cuyos pueden verificar en las Tablas. El valor máximo obtenido es el de la mezcla 6.
- Comparando las propiedades del hormigón convencional (mezcla 1), con las mezclas propuestas, se determina que la resistencia a la compresión obtenida es mucho menor a la de la mezcla 6, cuyos valores son para la mezcla 1 215,14kg/cm² y 266,29kg/cm² para la mezcla 6. E incluso la densidad de la

mezcla 6 en estado endurecido, es mayor que la de la mezcla 1; esto indica que la mezcla 6 presenta mejores propiedades que el hormigón convencional.

6.7.9 Recomendaciones

- Con estos resultados se puede recomendar su preparación y aplicación en la construcción, ya que al encontrarse en abundancia este material en la ciudad de Latacunga, mejoraría la relación el costo-beneficio.

- Debido a la composición de la puzolana, se le puede dar otros usos como material para una base en suelos cementos.

- Antes de realizar la preparación de la muestra verificar el estado de los agregados, con la finalidad de separar materias orgánicas o aplicar las correcciones de humedad en la dosificación, ya que esto es decisivo en la resistencia final que se desea adquirir en el concreto. Recordemos la influencia de la relación agua cemento en el hormigón.

6.8 ADMINISTRACIÓN

El desarrollo del proyecto para la “Determinación de la mezcla óptima de agregados finos para la elaboración de hormigones con una misma dosificación y su incidencia en la resistencia a la rotura por compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de edad”, queda a cargo de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, la misma que será portadora del estudio y sabrá dar a conocer a futuros proyectos.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

La presente investigación se realizó con la finalidad que sirva como guía para la elaboración de nuevos hormigones utilizando los agregados que dispone la región céntrica del país, de igual forma se buscó con este proyecto, dar una pauta para la mezcla de agregados finos con diferentes propiedades, a fin de conformar uno solo mejorando el comportamiento mecánico y por ende sea apto para el empleo en el concreto.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

Fuentes legales:

- Normas Técnicas de Ecuatorianas del INEN
- Código ACI
- SÁNCHEZ, Jorge. “La resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el módulo de elasticidad estático en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.” Universidad Técnica de Ambato (2013).
- BARROS V., RAMÍREZ C., “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Pifo.” Universidad Central del Ecuador (2012).
- ORTEGA, Alberto. “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles.” Universidad Técnica de Ambato (2013).
- CAMANIERO, Raúl. “Dosificación de Mezclas” Universidad Central del Ecuador.
- Garzón, M.,(2010). “Seminario de Graduación, Anexos: Ensayos para la investigación”, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Fuentes de internet:

- http://www.holcim.com.ec/fileadmin/templates/EC/doc/Archivos_varios/Folleto_Cemento_Holcim_GU.pdf

- <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/?out put=pdf>
- <http://www.inecyc.org.ec/index.php/notas-tecnicas>
- <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/?output=pdf>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_civil
- <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema8.Materiales.Construccion.Hormigon.pdf>
- <http://www.construaprende.com/docs/lab/336-practica-contenido-humedad-agregados>
- http://www.lanamme.ucr.ac.cr/riv/index.php?option=com_content&view=article&id=228
- <http://www.imcyc.com/revista/2000/octubre2000/concreto.htm>
- <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
- <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/25641/3/Tema%2003%20-%20Componentes%20del%20hormig%C3%B3n.pdf>
- <http://www.eloficial.com.ec/modulo-4-hormigon-caracteristicas-de-sus-componentes/#.UnhgSe-HfIU>
- <http://www.uae.edu.sv/DOC%20BIBLIOTECA/Documentos/T-168CRE.pdf>

2. ANEXOS

2.1. IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

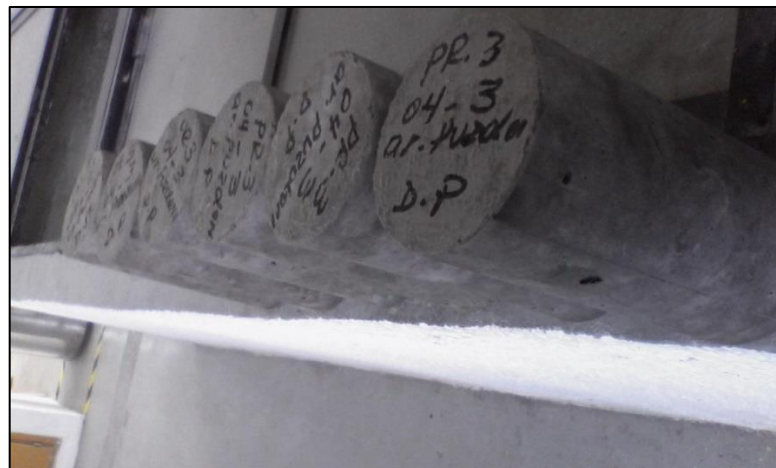
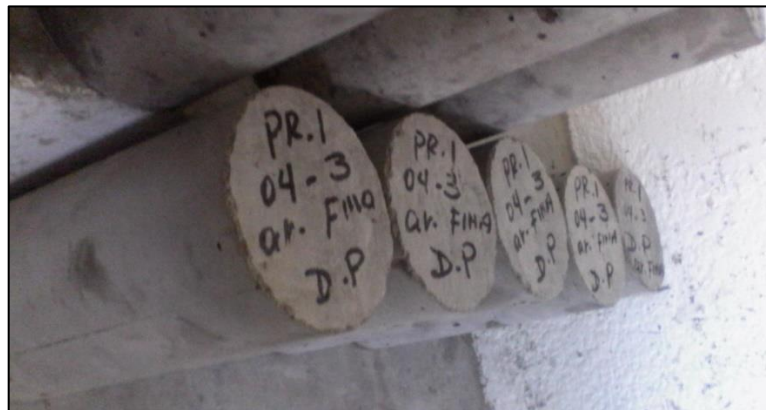
Ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados.

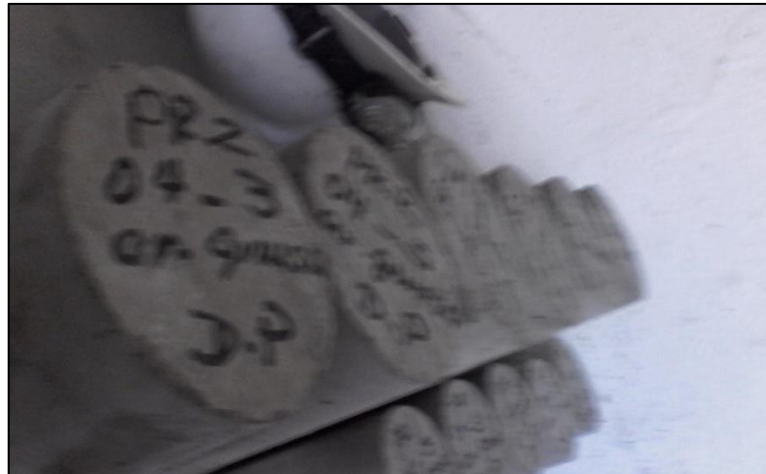


Ensayos para determinar el asentamiento del hormigón.



Probetas de hormigón.





Ensayo a compresión de las probetas de hormigón

