



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**

COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN.**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**Análisis de la influencia del tipo de agregados pétreos en las propiedades
físico-mecánicas del hormigón producido con la aplicación de súper e
híper-plastificantes**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

Autor:

Edwin Vinicio Salinas Tenesaca

Director:

Ing M. Sc César David Cajamarca Zúñiga

CUENCA-ECUADOR

Septiembre - 2019



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN:

Yo, Edwin Vinicio Salinas Tenesaca, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Edwin Vinicio Salinas Tenesaca

TESISTA



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Yo, César David Cajamarca Zúñiga, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el estudiante Edwin Vinicio Salinas Tenesaca, bajo mi supervisión.

ING. M.Sc. César David Cajamarca Zúñiga

DIRECTOR.



DEDICATORIA

A Dios por haberme llenado de amor, salud, confianza y fortaleza acompañada de una inmensa sabiduría que me han permitido llegar a este momento muy especial en mi vida acompañado por el amor y la bendición de una familia maravillosa.

A mis queridos padres Jaime y Rosa quienes con su amor, esfuerzo y confianza me impulsaron para terminar mi formación profesional, siempre pendientes de mí.

A mis hermosos hijos Dominic y Jazmín quienes hacen de mí una persona capaz de cumplir los sueños y metas quienes junto a mi esposa Alejandra me alentaron y me brindaron un apoyo incondicional durante toda mi carrera gracias por ser una familia maravillosa.

A mis hermanos Alexandra, Henry, Édison, Elizabeth, y Darwin quienes con su apoyo y comprensión hicieron posible concluir este trabajo de titulación.

A mis sobrinos amigos y a todas aquellas personas que me han aconsejado durante todos estos años y en especial me han brindado un apoyo moral les agradezco infinitamente.

Edwin Vinicio.



AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme concluir con éxito este trabajo y por estar conmigo en los buenos y malos momentos, en especial en los momentos adversos y complicados llenándome de fortaleza y fuerza de voluntad a lo largo de mi existencia.

A mis padres Jaime y Rosa siempre por ser los promotores principales de mis estudios académicos, por confiar y creer en mi enseñándome los valores y principios morales durante toda mi vida.

A mi maravillosa familia que a pesar de las adversidades me han alentado para afrontar los retos propuestos al inicio de mi carrera.

A los docentes de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación como profesional.

A la institución, Universidad Católica de Cuenca y en especial a la facultad de Ingeniería Civil, por haberme dado la oportunidad de aprender y comprender este maravilloso mundo de la ingeniería y ejercerla para el solucionar los problemas sociales y aportar para el desarrollo del país.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. M. Sc. César David Cajamarca Zúñiga, principal colaborador durante todo este trabajo, le agradezco infinitamente por las orientaciones, recomendaciones, la supervisión de este trabajo, y sobre todo por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al encargado del laboratorio de Mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería civil al Ing. Luis Mario Almache por su apoyo constante. Y a los laboratoristas Ing Marco González y Atanasio Jara.

Edwin Vinicio.



ÍNDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPITULO I: GENERALIDADES	- 1 -
ANTECEDENTES	- 1 -
OBJETIVOS.....	- 2 -
OBJETIVO GENERAL	- 2 -
OBJETIVOS ESPECIFICOS	- 2 -
JUSTIFICACION.....	- 3 -
DEFINICIONES	- 4 -
ALCANCE.....	- 4 -
METODOLOGIA	- 5 -
CAPITULO II: MATERIALES.....	- 8 -
2.1 AGREGADOS	- 8 -
2.1.1 AGREGADO FINO:	- 8 -
2.1.2 AGREGADO GRUESO:	8
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.....	9
2.2 ADITIVOS	11
2.2.1 TIPOS DE ADITIVOS:	11
2.2.2 ADITIVO REDUCTOR DE AGUA	11
2.2.3 ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO.....	11
2.2.4 SIKAMENT N100.....	12
2.2.5 SIKA VISCOCRETE 4100	13
2.2.6 SIKA VISCOCRETE 20 HE	13
2.3 MICROSILICE	14
2.3.1 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS (SIKAFUME).....	14
2.4 CEMENTO PORTLAND.....	15
DEFINICIÓN:	15
CLASIFICACIÓN	15
2.4.1 Cemento portland tipo GU:	15
2.4.2 Cemento Atenas Tipo GU:	15
2.5 PROPORCIONES DE LOS ADITIVOS	16
2.6 RELACION AGUA-CEMENTO	16
2.6.1 CONSIDERACIONES:	16



2.7 HORMIGÓN	17
DEFINICIÓN	17
2.7.1 COMPONENTES DEL HORMIGÓN:.....	17
2.7.2 CURADO DEL HORMIGÓN:	17
Definición:	17
CAPITULO III: DOSIFICACION Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN.....	21
3.1 ANÁLISIS FÍSICO MECÁNICOS DE LOS AGREGADOS.	21
3.1.1 GRANULOMETRÍA GRAVA.	21
3.1.2 GRANULOMETRÍA ARENA.	24
3.3 DISEÑO MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 1) F'C=210 KG/CM ² “MÉTODO DE FULLER Y THOMPSON”	30
3.3.1 Selección de la consistencia del hormigón.	30
3.3.2 Estimación de los Asentamientos Recomendados.	30
3.3.3 Estimación del Tamaño máximo del Agregado.	30
3.3.4 Agua en la mezcla.	31
3.3.5 Resistencia de diseño f'_{cr}	31
3.3.6 Calculo de la relación Agua-Cemento.....	31
3.3.7 Cálculo del contenido de cemento	32
3.3.8 Proporción de los Agregados (Método Gráfico o Tanteos)	32
3.3.9 Dosificación de la mezcla por metro cúbico.	34
3.3.10 Corrección por humedad y Absorción de los Agregados.	35
3.4 DOSIFICACIÓN MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 2) F'C=210 KG/CM ² “MÉTODO ACI 211”	38
3.4.1 Materiales:	38
3.4.2 Secuencia de Diseño:.....	39
3.5 DOSIFICACIÓN MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 3) F'C=500 KG/CM ² “MÉTODO DEL VOLUMEN ABSOLUTO PROPUESTO EN EL COMITÉ ACI 211-4R Y ACI 363-2R-98”	43
3.5.1 Selección del Asentamiento	43
3.5.2 Selección de la resistencia requerida	43
3.5.3 Selección del volumen óptimo de agregado grueso.....	44
3.5.4 Calculo del agua de mezclado	44
Calculo de la relación agua/cemento	45
3.5.6 Calculo del Contenido de Cemento	46
3.5.7 Calculo de Volúmenes Absolutos.....	46
3.5.8 Contenido de Agregado Fino.....	46
3.5.9 Contenido de Microsílice (SIKA-FUME)	46
3.5.10 Resumen de los Valores de diseño en kg para 1m ³ de hormigón.....	47
3.6 DOSIFICACIÓN MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 4) F'C=500 KG/CM ² “MÉTODO DEL VOLUMEN ABSOLUTO PROPUESTO EN EL COMITÉ ACI 211-4R Y ACI 363-2R-98”	48
3.7 DOSIFICACIÓN MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 5) F'C=750 KG/CM ²	49
3.8 APLICACIÓN DE ADITIVOS SÚPER E HÍPER PLASTIFICANTES:.....	50
3.8.1 Diseño del hormigón con aditivo Sika ViscoCrete 20 he	50



3.8.2	<i>Diseño del hormigón con aditivo Sika ViscoCrete 4100.</i>	55
3.8.3	<i>Diseño del hormigón con aditivo Sikament N100.</i>	57
3.9	RESUMEN CLASIFICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES SEGÚN LA RESISTENCIA Y EL TIPO DE ADITIVO EMPLEADO PARA SU FABRICACIÓN...	59
CAPITULO IV: COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN CON EL ADITIVO SIKA VISCOCRETE 20 HE (SUPERPLASTIFICANTE), SIKA VISCOCRETE 4100 (HIPERPLASTIFICANTE) Y SIKAMENT N100 (SUPERPLASTIFICANTE)...		60
4.1	ENSAYOS Y RESULTADOS	60
4.1.1	<i>PROPIEDADES MECANICAS DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.</i>	60
4.1.2	<i>PROPIEDADES MECANICAS DEL HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO.</i>	63
4.2	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	83
4.2.1	<i>Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.</i>	83
4.2.2	<i>Hormigón $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$.</i>	86
4.2.3	<i>Hormigón $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$.</i>	88
4.2.4	<i>GENERALIDADES.</i>	89
4.2.5	<i>INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN.</i>	90
4.2.6	CALCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD CONFORME INDICA EL ACI EN SU COMITÉ 318.	94
4.3	ANÁLISIS DE COSTOS	97
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		100
5.1	CONCLUSIONES	100
5.2	RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA		102
13	ANEXOS DE LABORATORIO	104
14	ANEXOS FOTOGRAFICOS	114



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 ESQUEMA METODOLÓGICO MESCLA PATRÓN $F'_{C}=21$ MPA.	5 -
TABLA 2 ESQUEMA METODOLÓGICO MEZCLA PATRÓN $F'_{C}=50$ MPA.	6 -
TABLA 3 ESQUEMA METODOLÓGICO MEZCLA PATRÓN $F'_{C}=75$ MPA.	7 -
TABLA 4 REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA EL AGREGADO FINO, ASTM C 33.....	10
TABLA 5 REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA AGREGADOS GRUESOS (ASTM C 33, AASHTO M80, IRAM 1531).....	10
TABLA 6 TIPOS DE ADITIVOS QUÍMICOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 494.	11
TABLA 7 ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA UTILIZADOS.	12
TABLA 8 DATOS TÉCNICOS SIKAMENT N100.	12
TABLA 9 DATOS TÉCNICOS SIK VISCOCRETE 4100.....	13
TABLA 10 DATOS TÉCNICOS SIK VISCOCRETE 20HE.....	14
TABLA 11 DOSIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ADITIVO SEGÚN EL FABRICANTE (SIKA- ECUATORIANA).	16
TABLA 12 DESCRIPCIÓN GENERAL CURADOS MÁS USADOS.....	18
TABLA 13 ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83).....	21
TABLA 14 ANALISIS GRANULOMETRICO CUARZO NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83).....	22
TABLA 15 ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA SILICE NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83).....	24
TABLA 16 ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA PAUTE NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83).....	26
TABLA 17 ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA DE LA TRONCAL NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83).....	28
TABLA 18 SELECCIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN.....	30
TABLA 19 ASENTAMIENTOS PARA DIFERENTES CONSISTENCIAS DEL HORMIGÓN.	30
TABLA 20 CANTIDAD DE AGUA EN KGF POR METRO CÚBICO DE HORMIGÓN.	31
TABLA 21 RELACIÓN ENTRE F'_{CR} Y (A/C). VIBRACIÓN NORMAL. MEZCLAS SIN ADICIONES..	31
TABLA 22 DESCRIPCIÓN DE AGREGADOS SEGÚN EL ESPÉCIMEN.	32



TABLA 23 CURVA DE FULLER PARA UN TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO DE 38.1MM VS % ACUMULADO QUE PASAN LOS AGREGADOS A USAR.	33
TABLA 24 CALCULO EN VOLUMEN Y PESO DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN.	34
TABLA 25 DOSIFICACIÓN HORMIGÓN PATRÓN F'C 210 PARA EL ESPÉCIMEN 1.	36
TABLA 26 VOLÚMENES ABSOLUTOS PARA 1 M3 (ESPÉCIMEN 2).	40
TABLA 27 DOSIFICACIÓN HORMIGÓN PATRÓN F'C 210 PARA EL ESPÉCIMEN 2.	42
TABLA 28 ASENTAMIENTO RECOMENDADO PARA HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA CON Y SIN ADITIVO REDUCTOR DE AGUA.	43
TABLA 29 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE HORMIGÓN (PARA DIVERSOS MÓDULOS DE FINURA).	44
TABLA 30 REQUERIMIENTO APROXIMADO DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE DEL HORMIGÓN.	45
TABLA 31 3RELACIÓN AGUA/CEMENTO PARA HORMIGONES SIN SUPERPLASTIFICANTES TABLA (A), CON SUPERPLASTIFICANTES TABLA (B).	45
TABLA 32 VOLÚMENES ABSOLUTOS PARA 1 M3 (ESPÉCIMEN 3).	46
TABLA 33 VALORES DE DISEÑO ESPÉCIMEN 3.	47
TABLA 34 CANTIDAD EN KG PARA ELABORAR 12 PROBETAS CILÍNDRICAS DE 10*20CM CORRESPONDIENTES AL ESPÉCIMEN 3.	47
TABLA 35 VALORES DE DISEÑO ESPÉCIMEN 4.	48
TABLA 36 CANTIDAD EN KG PARA ELABORAR 12 PROBETAS CILÍNDRICAS DE 10*20CM CORRESPONDIENTES AL ESPÉCIMEN 4.	48
TABLA 37 DOSIFICACIÓN PARA 1M ³ DE HORMIGÓN DE F'C=750KG/CM ²	54
TABLA 38 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES.	59
TABLA 39 CORRESPONDENCIA DEL TIPO DE ADITIVOS.	59
TABLA 40 ENSAYO DE ASENTAMIENTO PARA DETERMINAR LA VARIACIÓN DE LA CONSISTENCIA F'C=210KG/CM ²	62
TABLA 41 ENSAYO DE ASENTAMIENTO PARA DETERMINAR LA VARIACIÓN DE LA CONSISTENCIA F'C=500KG/CM ²	63
TABLA 42 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN F'C= (21MPa) VS EDAD EN DÍAS (3DIAS).	66



TABLA 43 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN CON ADITIVOS $f'c = (21\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (3DÍAS).....	67
TABLA 44 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (21\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (7DÍAS).....	68
TABLA 45 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN CON ADITIVOS $f'c = (21\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (7DÍAS).....	69
TABLA 46 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (21\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (14DÍAS).....	70
TABLA 47 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN CON ADITIVOS $f'c = (21\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (14 DÍAS)	71
TABLA 48 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (21\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (28DÍAS).....	72
TABLA 49 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (21\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (28DÍAS).....	73
TABLA 50 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (50\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (3 DÍAS).....	74
TABLA 51 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (50\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (7 DÍAS).....	75
TABLA 52 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (50\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (14 DÍAS).....	76
TABLA 53 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (50\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (28 DÍAS).....	77
TABLA 54 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (75\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (3 DÍAS).....	78
TABLA 55 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (75\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (7 DÍAS).....	79
TABLA 56 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (75\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (14 DÍAS).....	80
TABLA 57 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA, HORMIGÓN PATRÓN $f'c = (75\text{MPa})$ VS EDAD EN DÍAS (28 DÍAS).....	81



TABLA 58 RESUMEN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS OBTENIDAS PARA LOS HORMIGONES ESTABLECIDOS.	82
TABLA 59 VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO HORMIGÓN $F'c=21$ MPa, CON LA APLICACIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES.....	85
TABLA 60 RESUMEN DE LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y DENSIDAD DEL HORMIGÓN DE $F'c=210$ KG/CM ²	90
TABLA 61 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA RESPECTO AL ESPÉCIMEN 1 Y 2 (HORMIGÓN PATRÓN).	90
TABLA 62 AGREGADOS QUE MAYOR RESISTENCIA FINAL APORTAN AL HORMIGÓN.	91
TABLA 63 RESUMEN DE LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y DENSIDAD DEL HORMIGÓN DE $F'c=500$ KG/CM ²	91
TABLA 64 AGREGADOS QUE CONFORMAN EL ESPÉCIMEN 2.	92
TABLA 65 RESUMEN DE LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y DENSIDAD DEL HORMIGÓN DE $F'c=750$ KG/CM ²	93
TABLA 66 CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESPÉCIMEN 1 Y 2 CON LA APLICACIÓN DE ADITIVOS.....	94
TABLA 67 CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESPÉCIMEN 1 Y 2, SIN ADITIVOS.	95
TABLA 68 CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESPÉCIMEN 3 Y 4 CON LA APLICACIÓN DE ADITIVOS.....	95
TABLA 69 CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESPÉCIMEN 5 CON LA APLICACIÓN DE ADITIVOS.....	96



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 CEMENTO UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.	15
ILUSTRACIÓN 2 CURADO POR ASPERSIÓN.	18
ILUSTRACIÓN 3 CURADO POR INMERSIÓN.	18
ILUSTRACIÓN 4 CURADO CON TELA DE ARPILLERA.	18
ILUSTRACIÓN 5 CURADO CON HOJAS DE POLIPROPILENO.	19
ILUSTRACIÓN 6 CURADO CON PAPEL IMPERMEABLE.	19
ILUSTRACIÓN 7 MEMBRANA DE CURADO.	19
ILUSTRACIÓN 8 CURADO A VAPOR DE DOVELAS DE CONCRETO.	19
ILUSTRACIÓN 9 AUTOCLAVE PARA HORMIGÓN CELULAR.	20
ILUSTRACIÓN 10 GRANULOMETRÍA FINAL DE AGREGADOS COMBINADOS.	34
ILUSTRACIÓN 11 DESCRIPCIÓN GRAFICA COMPONENTES DEL ESPÉCIMEN 1.	37
ILUSTRACIÓN 12 DESCRIPCIÓN GRAFICA COMPONENTES DEL ESPÉCIMEN 2.	42
ILUSTRACIÓN 13 DESCRIPCIÓN GRAFICA COMPONENTES DEL ESPÉCIMEN 3.	47
ILUSTRACIÓN 14 DESCRIPCIÓN GRÁFICA COMPONENTES DEL ESPÉCIMEN 5.	49
ILUSTRACIÓN 15 COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ SIN ADITIVOS.	50
ILUSTRACIÓN 16 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN CON LA APLICACIÓN DE SIKA VISCOCRETE 20HE.	51
ILUSTRACIÓN 17 COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$, SIN ADITIVOS.	52
ILUSTRACIÓN 18 ENSAYO DEL ANILLO.	52
ILUSTRACIÓN 19 MEZCLA PARA ELABORACIÓN DE 12 PROBETAS CILÍNDRICAS.	52
ILUSTRACIÓN 20 VIGA DE HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA.	53
ILUSTRACIÓN 21 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$, CON LA APLICACIÓN DE SIKA VISCOCRETE 20HE.	53
ILUSTRACIÓN 22 MEZCLA CON ADITIVO AL 2.8% IZQUIERDA Y 3% DERECHA.	54
ILUSTRACIÓN 23 DOSIFICACIÓN FINAL HORMIGÓN PATRÓN $f'c=750 \text{ kg/cm}^2$	55
ILUSTRACIÓN 24 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN CON LA APLICACIÓN DE SIKA VISCOCRETE 4100.	56
ILUSTRACIÓN 25 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN CON LA APLICACIÓN DE SIKA VISCOCRETE 4100.	56
ILUSTRACIÓN 26 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN CON LA APLICACIÓN DE SIKAMENT N100. $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	57



ILUSTRACIÓN 27 MEZCLA CON LA APLICACIÓN DEL 2,8 % DE ADITIVO (IZQUIERDA) 3,2 % DE VISCOCRETE 20HE DERECHA.	57
ILUSTRACIÓN 28 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN CON LA APLICACIÓN DE SIKAMENT N100. $F'C=500 \text{ KG/CM}^2$	58
ILUSTRACIÓN 29 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN PATRÓN CON LA APLICACIÓN DE SIKAMENT N100. $F'C=750 \text{ KG/CM}^2$	58
ILUSTRACIÓN 30 ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y PORCENTAJE DE VARIACIÓN RESPECTO AL HORMIGÓN PATRÓN. $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$	62
ILUSTRACIÓN 31 VARIACIÓN DE RESISTENCIAS TÍPICAS PARA RELACIONES AGUA CEMENTO PORTLAND BASADAS EN MÁS DE 100 DIFERENTES MEZCLAS DE CONCRETO MOLDEADAS ENTRE 1985-1999.....	63
ILUSTRACIÓN 32 CURVAS ESFUERZO VS EDAD (DÍAS) ESPÉCIMEN 1).....	83
ILUSTRACIÓN 33 CURVAS ESFUERZO VS EDAD (DÍAS) ESPÉCIMEN 2).....	83
ILUSTRACIÓN 34 PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS RESPECTO AL HORMIGÓN PATRÓN (ESPÉCIMEN 1).	84
ILUSTRACIÓN 35 PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS RESPECTO AL HORMIGÓN PATRÓN (ESPÉCIMEN 2).	84
ILUSTRACIÓN 36 VARIACIÓN DE LA DENSIDAD DE ACUERDO AL TIPO DE ADITIVO EMPLEADO DE ACUERDO AL ESPÉCIMEN 1 Y 2.....	85
ILUSTRACIÓN 37 CURVAS ESFUERZO VS EDAD (DÍAS) ESPÉCIMEN 3).....	86
ILUSTRACIÓN 38 CURVAS ESFUERZO VS EDAD (DÍAS) ESPÉCIMEN 4).....	86
ILUSTRACIÓN 39 PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS RESPECTO AL (ESPÉCIMEN 3 Y 4). $F'C=500 \text{ KG/CM}^2$	87
ILUSTRACIÓN 40 VARIACIÓN DE LA DENSIDAD ESPÉCIMEN 3 VS ESPÉCIMEN 4. $F'C=500 \text{ KG/CM}^2$.	87
ILUSTRACIÓN 41 CURVAS ESFUERZO VS EDAD (DÍAS) ESPÉCIMEN 5. $F'C=750 \text{ KG/CM}^2$	88
ILUSTRACIÓN 42 PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS RESPECTO AL (ESPÉCIMEN 5). $F'C=750 \text{ KG/CM}^2$	88
ILUSTRACIÓN 43 VARIACIÓN DE LA DENSIDAD ESPÉCIMEN 5. $F'C=750 \text{ KG/CM}^2$	89
ILUSTRACIÓN 44 ESPÉCIMEN 4C. (ARENA DE PAUTE + GRAVA TRITURADA + SIKAMENT N-100)	92
ILUSTRACIÓN 45 ESPÉCIMEN 3B (ARENA DE LA TRONCAL + GRAVA TRITURADA+ SIKAMENT VISCOCRETE 4100).....	92



INTRODUCCIÓN

El hormigón de alta resistencia tiene un problema particular que radica en la disminución de la reducción de la relación (Agua/Cemento) A/C, por lo que su uso se ve limitado para cierto tipo de obras de ingeniería ya que su elaboración es compleja por tal motivo esta investigación estudia la aplicación de aditivos súper e hiper-plastificantes (reductores de agua de alto rango) y microsilíce disponibles en el mercado Ecuatoriano, este hormigón tendrá la particularidad de estar equipado con partículas de agregados pétreos que previos a su análisis en el laboratorio presenten buenas características físicas.

El objetivo de esta tesis engloba el análisis de la influencia del tipo de agregados en las propiedades mecánicas del Hormigón producido con la aplicación de súper e hiper plastificantes. Trabajando con relaciones A/C que varíen de 0.4 hasta 0.2 se analizará también la influencia del tipo de material cementante ya que se trabajará con cemento portland tipo GU, y agregados pétreos naturales tales como: arena de sílice, cuarzo y piedra de río. Con la metodología planteada se espera obtener dosificaciones óptimas en cuanto a cemento, aditivos y agregados pétreos se refiere, para elaborar hormigón de resistencias iguales a 21 Mpa $\approx$ 210 kg/cm², 50 Mpa $\approx$ 500 kg/cm² y 75 Mpa $\approx$ 750 kg/cm² con los aditivos que muestren una mejor aportación a las características y propiedades físico-mecánicas del hormigón.

En la actualidad el hormigón sigue siendo uno de los materiales más usados en la industria de la construcción conjuntamente con el acero, sin embargo es necesario la actualización de conocimientos y ensayos que permitan intensificar el uso de ciertos materiales y aditivos provenientes de las grandes industrias del mundo con la finalidad de obtener mezclas con asentamientos deseados, trabajabilidad adecuada, relaciones Agua/Cemento bajas con la finalidad de incrementar las resistencias del esfuerzo a compresión a los 28 días con el uso de aditivos que según las especificaciones técnicas de los fabricantes se obtendrán reducciones de agua de hasta un 30 al 40% del agua original de la mezcla patrón, lo cual se comprobaba en este trabajo de investigación.

La motivación primordial de la realización de este trabajo ha sido la gran variedad de aditivos para la fabricación de morteros y hormigones, por lo que el autor ha visto la necesidad de hacer una comparación, por un lado, la variabilidad en el uso de agregados y por otro lado la reciente incorporación de aditivos al mercado ecuatoriano.

RESUMEN

Esta investigación presenta un estudio detallado de la aplicación de aditivos súper e hiperplastificantes añadidos a la mezcla como (reductores de agua de alto rango), siendo el foco principal de investigación analizar la variación de las propiedades mecánicas del hormigón con agregados de diferentes características tales como: módulo de finura, granulometría, y tamaño máximo del agregado grueso. El proyecto parte del diseño y elaboración de un hormigón patrón de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando el método de fuller & Thompson y el método del ACI. Así mismo se diseña un hormigón de $f'_c=500 \text{ kg/cm}^2$ tomando como referencia el método del volumen absoluto propuesto en el comité ACI 211-4R con la aplicación de aditivos plastificantes y finalmente se toma como referencia bibliográfica un hormigón de $f'_c=750 \text{ kg/cm}^2$ a estos tres diseños de mezclas se aplican aditivos (reductores de agua) tales como: ViscoCrete 20HE (superplastificante), ViscoCrete 4100 (hiperplastificante) y Sika Ment N-100 (Superplastificante). Se usó cemento portland tipo GU para cada diseño con relaciones Agua/Cemento iguales a 0.49 para el hormigón convencional, 0.27 y 0.25 para los de alta resistencia respectivamente.

Esta investigación nace, por la escasa bibliografía disponible en el medio acerca de la aplicación de aditivos (reductores de agua de alto rango) tanto en hormigones convencionales de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, como en los de alta resistencia $f'_c=500 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=750 \text{ kg/cm}^2$.

De los aditivos utilizados en la presente investigación, se logró determinar que el aditivo **Sika Viscocrete-4100** a base de (polímeros policarboxilatos) es el que mejores características y propiedades brinda al hormigón, obteniéndose resistencias máximas a los 28 días en condiciones de humedad constante de 292 kg/cm^2 para el espécimen-1A (Arena de la Troncal + Grava Triturada + Viscocrete-4100), 603.33 kg/cm^2 para el espécimen 3B (Arena de la Troncal + Grava Triturada + Viscocrete-4100), y 777 kg/cm^2 para el espécimen-5B (Arena de sílice + Grava Triturada "Cuarzo" + Viscocrete-4100).

PALABRAS CLAVE: AGREGADOS, ADITIVOS, REDUCTORES DE AGUA, SUPERPLASTIFICANTE, HIPERPLASTIFICANTE, HORMIGÓN.

ABSTRACT

This research presents a detailed study about the application of a super additive and hyper-plasticizers added to the mixture such as high-range water reducers, being the main objective to analyze the concrete mechanical properties variation with aggregates of different characteristics such as: modulus of fineness, granulometry, and maximum size of coarse aggregate. The research is based on the design and development of a standard concrete of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ using the Fuller & Thompson method and the ACI method. Likewise, a concrete of $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ is designed taking as reference the absolute volume method proposed in the ACI 211-4R committee with the application of plasticizing additives and, finally, a concrete of $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$ is taken as a bibliographic reference, additives (water reducers) are applied to these three mix designs such as ViscoCrete 20HE (superplasticizer), ViscoCrete 4100 (hyper plasticizer) and Sika Ment N-100 (superplasticizer), to reduce the water content up to 12% and fluidize the mixture in a better way by improving the cohesion of the particles. GU type Portland cement was used for each design with Water / Cement ratios equal to 0.49 for conventional concrete, 0.27 and 0.25 for high strength respectively.

This research comes out, due to the poor bibliography available about additive application (high-range water reducers) both in conventional concrete of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, and in those of high resistance $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ and $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$.

From the additives used in the present investigation, it was possible to determine that the Sika Viscocrete-4100 additive based on (polycarboxylate polymers) is the one that offers the best characteristics and properties to the concrete, obtaining maximum strengths at 28 days in conditions of constant humidity of 292 kg/cm^2 for the specimen-1A (Sand from “La Troncal”+ Crushed Gravel + Viscocrete-4100), 603.33 kg/cm^2 for the 3B specimen (Sand from “La Troncal” + Crushed Gravel + Viscocrete-4100), and 777 kg/cm^2 for the specimen-5B (Silica sand + Crushed Gravel “Quartz” + Viscocrete-4100).

KEY WORDS: AGGREGATE, ADDITIVES, WATER REDUCERS, SUPERPLASTICIZER, HYPER PLASTICIZER, CONCRETE.



CAPITULO I: GENERALIDADES

ANTECEDENTES

Algunas investigaciones científicas, trabajos de titulación, y tesis doctorales indican que la aplicación de ciertos aditivos químicos aumenta la trabajabilidad del hormigón y mejoran sus características brindando mayor fluidez y alta plasticidad además trabajando con relaciones agua/cemento se obtienen hormigones menos permeables por ende más durables.

El uso de aditivos permite una gran disminución del porcentaje de vacíos en la mezcla de hormigón, dando como resultado mayor resistencia a la compresión. Además, el diseño del concreto con aditivo súper-plastificante y microsilica mantiene la trabajabilidad de la mezcla del concreto en estado fresco. Lográndose obtener una resistencia de 498.9 kg/cm^2 a los 28 días de curado (Torres, 2013, pág. 123)

El aditivo superplastificante, aumenta la trabajabilidad del concreto, retrasa brevemente el tiempo de fraguado, además se obtienen resistencias a la compresión por encima del 70% respecto al concreto patrón (referente 28 días) en 3 días, para dosis de 650 ml del aditivo súper-plastificante) (Rojas, 2014, pág. 15)

Para hormigones de alta resistencia que tienen bajas relaciones a/mc (agua/materiales cementantes), es necesario la utilización de aditivos, ya que sin éstos sería imposible la manipulación de las mezclas (CHILUISA, 2014, pág. 163)

El humo de sílice se usa en cantidades que varían del 5% al 10% de la masa total de material cementante. Y se emplea donde sea necesario un alto grado de impermeabilidad y alta resistencia del concreto (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011, pág. 80).

La influencia de la adición de aditivos sobre el comportamiento del hormigón, permite concluir que se puede obtener una buena trabajabilidad similar o mejor que el diseño patrón, lo que facilita la colocación para el caso en el que sea usado (Sánchez, Sánchez, & Tapia, 2014)

En los ensayos realizados, para adición de superplastificante mayores al 2% se observó que el concreto diseñado pierde trabajabilidad ya que la resistencia de compresión deja de incrementarse (López, 2017, pág. 91)



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia del tipo de agregados pétreos en las propiedades físico-mecánicas del hormigón producido con la aplicación de súper e híper plastificantes.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la dosificación de agregados pétreos que mejores bondades y características brinde al hormigón con determinado aditivo súper-plastificante o híper-plastificante.
- Determinar que aditivo Súper o Híper Plastificante preste mejores bondades y brinda la mayor resistencia al Hormigón.
- Determinar la dosificación de aditivos que mejores propiedades y características conceda al hormigón.
- Comparar los resultados de resistencia de los hormigones elaborados con cada aditivo súper e híper plastificante empleado.
- Determinar la influencia del tipo de agregados en las propiedades mecánicas del hormigón.
- Aplicar aditivos súper e híper-plastificantes disponibles en el mercado ecuatoriano en hormigones que contengan partículas de materiales pétreos con gran dureza.
- Determinar los parámetros físico-mecánicos de los agregados pétreos a utilizar.
- Exponer los mejores diseños para las mezclas patrón empleadas.
- Exponer conclusiones y recomendaciones.



JUSTIFICACIÓN

Esta investigación estudia la influencia del tipo de agregados con la aplicación de aditivos químicos (reductores de agua de alto rango) súper e híper-plastificantes en las propiedades mecánicas del hormigón y se justifica porque en la parte práctica no se encuentra bibliografía al respecto, así que la información con la que se cuenta es escasa, en la parte teórica se justifica porque esta investigación sirve para enriquecer el conocimiento humano en la elaboración de Hormigones de alta resistencia, y en la metodología este trabajo se justifica porque servirá como una fuente de información y /o antecedentes para futuros investigadores que se involucren de lleno en la elaboración de Hormigones de alta resistencia, además en la aplicación de aditivos súper e híper-plastificantes disponibles en el mercado ecuatoriano. Adicionalmente, por otras instancias, esta Tesis dará la oportunidad al cumplimiento de requisitos previos para la obtención del título, de ingeniero civil.



DEFINICIONES

ALCANCE

El alcance del presente trabajo consta del diseño y la elaboración de un hormigón patrón con una resistencia al esfuerzo de compresión de $f'_c=21 \text{ MPa} \approx 210 \text{ kg/cm}^2$, a la cual se incorporara 3 tipos de aditivos superplastificante. Y se analizara la variación de sus propiedades mecánicas usando 3 tipos de aditivos (reductores de agua de alto rango)

Así también la elaboración de un hormigón de $f'_c=50 \text{ MPa} \approx 500 \text{ kg/cm}^2$ y se asumirá también la bibliografía o una referencia para una mezcla de $f'_c=75 \text{ MPa} \approx 750 \text{ kg/cm}^2$, a las cuales se incorporaran 3 tipos de aditivos, y se analizara la variación de las propiedades mecánicas variando los agregados y el tipo de aditivo a usar sin considerar un hormigón patrón para las mezclas de 500 kg/cm^2 y 750 kg/cm^2 .

El alcance de acuerdo al objetivo principal de este proyecto será encontrar la influencia del tipo de agregados pétreos en las propiedades físico-mecánicas del hormigón con la aplicación de un determinado tipo de aditivo, siendo lo más importante y el punto esencial de esta tesis, encontrar los agregados y el tipo de aditivo que me permita obtener las mejores características y/o propiedades para el hormigón con cierta resistencia planteada.

Para los especímenes 1 y 2 de $f'_c=21 \text{ MPa} \approx 210 \text{ kg/cm}^2$, se variará el tipo de agregados pétreos para los cuales se trabajará con los siguientes:

Agregado Fino:	Agregado Grueso:
<i>Arena de la Troncal</i>	Grava triturada
<i>Arena de Paute</i>	

Para los especímenes 3 y 4 de $f'_c=50 \text{ MPa} \approx 500 \text{ kg/cm}^2$ los agregados pétreos con los que se trabajara serán los siguientes:

Agregado Fino:	Agregado Grueso:
<i>Arena de la Troncal</i>	Grava triturada
<i>Arena de Paute</i>	

Para el espécimen 5 de $f'_c=75 \text{ MPa} \approx 750 \text{ kg/cm}^2$ los agregados serán:

Agregado Fino:	Agregado Grueso:
<i>Arena de sílice</i>	Grava triturada de (Cuarzo)
<i>Arena de la Troncal</i>	Grava triturada

Por ultimo como parte final del alcance será analizar todos los resultados y establecer las conclusiones y recomendaciones.



METODOLOGIA

Se partirá de una dosificación patrón para el Hormigón de $f'c = 21 \text{ MPa}$, posteriormente se diseñara una mezcla patrón de $f'c = 50 \text{ Mpa}$ con la aplicación de aditivos y finalmente se tomara una referencia bibliográfica para obtener un hormigón de $f'c = 75 \text{ Mpa}$, cada una de estas dosificaciones serán analizadas hasta obtener un hormigón que mayor resistencia de como resultado a los 28 días.

Tabla 1 Esquema metodológico mezcla patrón $f'c=21 \text{ Mpa}$.

Espécimen 1 Arena de la Troncal + Grava triturada.	Dosificación A Aditivo Sika Viscocrete 20 HE	Probeta 1	Media Dosificación A
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación B Aditivo Sika Viscocrete 4100	Probeta 1	Media Dosificación B
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación C Aditivo Sika Ment N-100	Probeta 1	Media Dosificación C
		Probeta 2	
		Probeta 3	
Espécimen 2 Arena de Paute + Grava triturada.	Dosificación A Aditivo Sika Viscocrete 20 HE	Probeta 1	Media Dosificación A
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación B Aditivo Sika Viscocrete 4100	Probeta 1	Media Dosificación B
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación C Aditivo Sika Ment N-100	Probeta 1	Media Dosificación C
		Probeta 2	
		Probeta 3	

Fuente: El Autor.

Se realizará un análisis de la influencia de los agregados pétreos en las propiedades físico-mecánicas del Hormigón con la fundición de cilindros de hormigón de $f'c = 21 \text{ Mpa}$, $f'c = 50 \text{ Mpa}$ y $f'c = 75 \text{ Mpa}$, en los cuales tendrán en cuenta 2 parámetros.



Los parámetros que se analizarán son:

1. *Modificación de la dosificación de Agregado Fino.*
2. *Modificación del tipo de Aditivo.*

Tabla 2 Esquema metodológico mezcla patrón $f'c=50$ Mpa.

Espécimen 3 Arena de la Troncal + Grava triturada.	Dosificación A Aditivo Sika Viscocrete 20 HE	Probeta 1	Media Dosificación A
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación B Aditivo Sika Viscocrete 4100	Probeta 1	Media Dosificación B
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación C Aditivo Sika Ment N-100	Probeta 1	Media Dosificación C
		Probeta 2	
		Probeta 3	
Espécimen 4 Arena de Paute + Grava triturada.	Dosificación A Aditivo Sika Viscocrete 20 HE	Probeta 1	Media Dosificación A
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación B Aditivo Sika Viscocrete 4100	Probeta 1	Media Dosificación B
		Probeta 2	
		Probeta 3	
	Dosificación C Aditivo Sika Ment N-100	Probeta 1	Media Dosificación C
		Probeta 2	
		Probeta 3	

Fuente: El Autor.



Para el hormigón de $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$, se empleará como agregados arena de sílice debido a que esta arena presenta menor módulo de fineza y grava de cuarzo porque según el ACI 211 el tamaño máximo nominal del agregado sugerido para hormigones con resistencias superiores a 62.1 Mpa debe variar de 0,95 a 1,27 cm.

Tabla 3 esquema metodológico mezcla patrón $f'c=75 \text{ Mpa}$.

Espécimen 5 Arena de sílice+ Grava triturada (Cuarzo).	Dosificación A Aditivo Sika Viscocrete 20 HE	Probeta 1	Media
		Probeta 2	Dosificación
		Probeta 3	A
	Dosificación B Aditivo Sika Viscocrete 4100	Probeta 1	Media
		Probeta 2	Dosificación
		Probeta 3	B
	Dosificación C Aditivo Sika Ment N-100	Probeta 1	Media
		Probeta 2	Dosificación
		Probeta 3	C
	N-A	Probeta 1	Media
		Probeta 2	Dosificación
		Probeta 3	

Fuente: El Autor.



CAPITULO II: MATERIALES

2.1 AGREGADOS

Definición: Son partículas inorgánicas, las cuales son añadidas voluntariamente a la mezcla de tal manera que solidificados de manera uniforme con la pasta de material cementante adquieran las propiedades características propias de un hormigón, brinden las resistencias mecánicas deseadas y condiciones hidráulicas preestablecidas. Además, Representan alrededor del 75% del total de la muestra.

Origen: Los agregados pueden ser de obtenidas de manera natural o artificial originados por procesos sedimentarios y metamórfico. De este atributo en particular depende gran parte de su calidad ya que la dureza de un agregado depende de manera directa de su origen.

Clasificación: Según su tamaño se clasifican en agregado **fino** y **grueso**.

2.1.1 AGREGADO FINO:

Definición: “radica en arenas de origen natural o de la manufacturación de las rocas con dimensiones de partículas que pasan el tamiz N°. 4 (4,75 mm) y son retenidas en el tamiz N°.200 (0,075 mm).

Clasificación:

- Arena Fina.
- Arena Gruesa.

2.1.2 AGREGADO GRUESO:

Definición: Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) procedente de la disgregación natural o mecánica de las rocas y a su cumplen con los límites normados en la norma NTE INEN 872, o alternativamente con la norma ASTM C33, siendo los tamaños más comúnmente usados los que comprenden entre los **9,5 y 37,5 mm**

Clasificación:

1. Grava.
2. Ripio.
3. Piedra.



2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1.3.1 Módulo de finura:

Definición: El módulo de finura es un criterio a aplicarse tanto al agregado grueso (grava), como al agregado fino (arena), y nos permite conocer la gradación del material a utilizar un módulo de finura bajo indica una gradación de material muy fino, en cuanto que un módulo de finura alto me indica una gradación de material grueso.

2.1.3.2 CONSIDERACIONES:

- la norma ASTM C33, establece que el agregado fino (arena) debe tener como módulo de finura un valor adimensional que varía entre 2.30 y 3.10, donde un valor cercano a 3.10 señala una gradación más gruesa.
- El módulo de finura es un numero obtenido mediante la suma de los porcentajes de agregados en la muestra, de los tamices descritos a continuación (porcentajes retenidos acumulados): 150 μ m (No. 100), 300 μ m (No. 50), 600 μ m (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), 9,5 mm, 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ "), 37,5 mm ($1\frac{1}{2}$ "), 75 mm (3"), 150 mm (6") y dividiendo la suma para 100.
- El módulo de finura no puede ser menor a 2,3 o mayor a 3,1
- Las partículas tienen que estar completamente lavadas, libres de limos y arcillas, polvo, materia orgánica, sales minerales o cualquier agente químico dañino, con la finalidad de añadir a la mezcla agregados estables y libres de impurezas a razón de obtener un material de calidad y con la resistencia deseada.

2.1.3.3 GRANULOMETRÍA

El análisis granulométrico permite conocer la distribución del tamaño de las partículas y se lo realiza por medio de un ensayo a través de tamices los cuales están estandarizados por la norma ASTM C 33, y se sustentan en función de la clasificación del agregado, por ejemplo para tamizar materiales finos se cuenta con una serie de 7 tamices los cuales cuentan con aberturas desde 0.15mm hasta 9.5 mm; seguidamente el material grueso la serie estandarizada engloba 13 tamices que van desde los 1.18mm a 100mm.

La granulometría y los límites granulométricos se exponen de forma general en porcentaje de material que pasa a través de cada tamiz. El agregado fino tiene únicamente un rango de tamaño de partículas para la construcción de estructuras ingenieriles. Los números de tamaño (tamaño de granulometría) de los agregados gruesos se aplican a las cantidades de agregado (en masa), en porcentaje que pasa a través de un conjunto de tamices.



Tabla 4 Requisitos Granulométricos para el Agregado Fino, ASTM C 33

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
0.6 mm	25 a 60
0.3 mm	5 a 30
0.15 mm	0 a 10

Fuente: *Diseño y Control de Mezclas de Hormigón. En S. H. Koshmata, B. Kerkhoff, W. C. Panarese, & J. Tanesi. Skokie: Portland Cement Association.*

2.1.3.4 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

El factor que afecta el aspecto económico de las mezclas de hormigón es la elección del tamaño máximo del agregado. Habitualmente, se necesita más volumen de agua y cemento en hormigones mezclados con materiales granulares gruesos de tamaño máximo menor, esto se justifica por el aumento del área superficial total del agregado, el tamaño máximo del agregado grueso debe ser determinado de acuerdo a los siguientes criterios.

1. 3/4 del espaciado entre las varillas de refuerzo, entre el acero de confinamiento y el encofrado.
2. 1/3 de la altura de las losas.
3. 1/5 de la magnitud más pequeña del elemento de hormigón.

Estos criterios pueden ser ignorados salvo, el criterio del profesional responsable de la obra, con la premisa de que la mezcla que va a ser utilizada posee la trabajabilidad, asentamiento y calidad deseada para determinado elemento de tal forma que se evite la formación de agujeros y/o vacíos.

En la Tabla 5 se detallará de forma parcial la clasificación del agregado grueso descrita en la norma ASTM C 33; considerándose los tamaños más comúnmente usados.

Tabla 5 Requisitos granulométricos para Agregados Gruesos (ASTM C 33, AASHTO M80, IRAM 1531)

Nº del tamaño	Tamaño nominal	Porcentaje que pasa (%)							
		37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
4	37.5 a 19mm	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---
467	37.5 a 4.75mm	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---
5	25.0 a 12.5 mm	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---
56	25.0 a 9.5 mm	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---
57	25.0 a 4.75 mm	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---
6	19.0 a 9.5 mm	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---
67	19.0 a 4.75 mm	---	100	90 a 100	---	25 a 55	0 a 10	0 a 5	---
7	12.5 a 4.75 mm	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---
8	9.5 a 2.36 mm	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: *Diseño y Control de Mezclas de Hormigón. En S. H. Koshmata, B. Kerkhoff, W. C. Panarese, & J. Tanesi. Skokie: Portland Cement Association.*



2.2 ADITIVOS

2.2.1 TIPOS DE ADITIVOS:

Los aditivos plastificantes, superplastificantes e hiperplastificantes se clasifican según la norma ASTM C-494, donde se hallan combinados con la acción de aditivos reductores y aceleradores de agua, en la Tabla 6 se observan los distintos tipos de aditivos:

Tabla 6 Tipos de Aditivos químicos según la norma ASTM C 494.

Tipo	Características
A	Actúan como reductores de agua.
B	Actúan como retardadores del tiempo de Fraguado.
C	Actúan como acelerantes.
D	Actúan como reductores de agua y retardadores de fraguado.
E	Actúan como reductores de agua y acelerantes.
F	Actúan como reductores de agua de alto rango.
G	Actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Hormigón. En S. H. Koshmata, B. Kerkhoff, W. C. Panarese, & J. Tanesi. Skokie: Portland Cement Association.

2.2.2 ADITIVO REDUCTOR DE AGUA

El Aditivo reductor de agua es aquel que permite incrementar el asentamiento en mezclas de mortero u hormigón frescos, sin aumentar el contenido de agua o que mantiene el asentamiento con una menor cantidad de agua debido a diversos factores que no sean el incremento de aire. (NTE 0694, 2010, pág. 1)

2.2.3 ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO

Un Aditivo reductor de agua de alto rango, es un aditivo reductor de agua capaz de producir al menos un 12% de reducción del contenido de agua cuando es ensayado de conformidad



con la norma ASTM C 494 y cumple los requisitos aplicables de dicha norma. (NTE 0694, 2010, pág. 2)

Los aditivos que se utilizaron para esta investigación se describen en la siguiente tabla.

Tabla 7 Aditivos Reductores de agua utilizados.

Aditivo	Clasificación según la ASTM c 494.
Sikament-N 100	Tipo A y F
Sika ViscoCrete 4100	Tipo A y F
Sika ViscoCrete-20 HE	Tipo A y F

Fuente: El Autor.

2.2.4 SIKAMENT N100

Sika Ment N-100 es un aditivo líquido, color café, compuesto por resinas sintéticas. Superplastificante, reductor de agua de alto poder y economizador de cemento. No contiene Cloruros, además está diseñado para cumplir con la norma ASTM C-494, ASTM C-1017 y NTC 1299 como aditivo A y F. (Sika, 2019)

Ventajas:

- Brinda alta trabajabilidad a la mezcla.
- Facilita el bombeo y colocación del Hormigón a mayores alturas y Luces más largas.
- Mejora considerablemente el acabado del Hormigón.
- Evita de Segregación y disminuye la exudación del Hormigón.
- Puede redosificarse hasta completar una dosis similar al 2% del peso del cemento.
- Incrementa la resistencia inicial y final hasta en un 40% aproximadamente.
- Reduce la permeabilidad del Hormigón, por lo que protege el acero y mejora su adherencia.

2.2.4.1 Consumo/Dosis Recomendada:

Como superplastificante: 0,5 al 1,0% del peso del cemento, como reductor de agua de alto poder: 1,0 al 2,0% del peso del cemento.

Tabla 8 Datos Técnicos Sikament N100.

DATOS TECNICOS	
TIPO	Resinas sintéticas
ASPECTO	Líquido Color Café.
DENSIDAD	1.22 Kg/Lt aproximadamente.
PH	4 Aproximadamente.
ALMACENAMIENTO	24 meses en sitio Fresco, bajo techo.
PRESENTACION	Plástico 10 KG, Tambores de 230 Kg. IBC Y Granel.

Fuente: (Sika Ecuatoriana, sika-concrete-technology, 2019)

2.2.5 SIKA VISCOCRETE 4100

“Sika Viscocrete 4100 es un aditivo reductor de agua de alto rango e hiperplastificante, fabricado con polímeros policarboxilatos de tecnología Sika Viscocrete. Diseñados para cumplir con todos los requerimientos de la norma ASTM C-494 (Sika Ecuatoriana, 2019)

Ventajas:

- Proporciona excelente plasticidad mientras mantiene la trabajabilidad por más de 1 hora.
- Ideal para la producción de hormigones Auto compactados.
- Alcanza reducciones de agua de hasta el 45%, con una relación de A/C=0,25
- Mantiene la cohesión evitando de esta manera sangrado o la segregación.
- Mantiene los tiempos de Fraguado Normales.

2.2.5.1 Consumo/Dosis Recomendada:

“Se recomienda usar dosis entre 0,19% a 0,9% del peso del cemento. Dosis mayores a las recomendadas pueden usarse cuando están especificados los materiales, tales como microsilica, condiciones ambientales extremas (Sika Ecuatoriana, 2019)

Tabla 9 Datos Técnicos Sika ViscoCrete 4100.

DATOS TECNICOS	
TIPO	Policarboxilato modificado en base a acuosa.
ASPECTO	Líquido Translúcido
DENSIDAD	1.1 gr/cc aproximadamente.
PH	4 Aproximadamente.
ALMACENAMIENTO	12 meses en su envase original bien sellado, bajo techo.
PRESENTACION	Tambores de 230 Kg. Y Granel

Fuente: (Sika Ecuatoriana, sika-concrete-technology, 2019)

2.2.6 SIKA VISCOCRETE 20 HE

“Sika Viscocrete es un superplastificante de altas prestaciones y de tercera generación para hormigones además está exento de cloruros (Sika Ecuatoriana, 2019)

Ventajas:

- Pronunciada aptitud de auto compactación.
- Disminución importante de agua de amasado dando hormigones de altas resistencias y gran impermeabilidad.
- Altas resistencias iniciales.
- Reducción de la Retracción.
- Reduce el riesgo de la carbonatación de del hormigón.
- Evita la corrosión del acero ya que no posee cloruros.



2.2.6.1 Consumo/Dosis Recomendada:

Para obtener una trabajabilidad media añadir del 0.2 - 0.8% del peso del cemento. Para hormigones de alta trabajabilidad, muy baja relación agua/ cemento y para lograr un hormigón auto-compactante aplicar una dosis que varía de 1.0 - 2.0% del peso del material cementante (Sika Ecuatoriana, 2019)

Tabla 10 Datos técnicos Sika ViscoCrete 20HE.

DATOS TECNICOS	
TIPO	Policarboxilato modificado en base a acuosa.
ASPECTO	Líquido amarillo.
DENSIDAD	1.08 Kg/Lt aproximadamente.
PH	4 Aproximadamente.
ALMACENAMIENTO	6 meses en su envase original bien sellado, bajo techo.
PRESENTACION	Tambores de 200 Kg.

Fuente: (Sika Ecuatoriana, sika-concrete-technology, 2019)

2.3 MICROSILICE

El humo de sílice, también llamado como microsilíce, es un subproducto que se usa como una puzolana. Este sub-producto es el resultado de la reducción del cuarzo de alta pureza con carbón en hornos eléctricos durante la producción de liga de silicio o ferrosilicio. El humo de sílice sube como un vapor oxidado de los hornos a 2000°C (3620°F). Cuando se enfría, el humo se condensa y se colecta en bolsas de tela enormes. El humo de sílice condensado se procesa para removerle las impurezas y para controlar el tamaño de las partículas (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011, pág. 80)

2.3.1 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS (SIKAFUME)

Es una adición en polvo fino, color gris, con base en microsilíce, que permite aumentar las resistencias mecánicas y químicas de hormigones y morteros endurecidos. Su doble efecto puzolánico y granular, mejora las características de la matriz del hormigón o mortero, disminuyendo la porosidad y creando mediante su reacción con la cal libre, una estructura densa y resistente al ataque de aguas y ambientes agresivos. No contiene cloruros. Diseñado para cumplir con los requerimientos de la Norma ASTM C-1240 (Sika Ecuatoriana, 2019)

2.4 CEMENTO PORTLAND

Definición: Es el producto de la calcinación de una mezcla ínfima de materiales sílico-calcareos (caliza, marga, esquisto, arcilla, arena, o mineral de hierro) finamente molidos, los cuales son sometidos a temperaturas de 1400 y 1600 °C, para producir clínker; este clínker es finamente molido con la adición de yeso para obtener por ultimo lo que comúnmente conocemos como cemento portland.

Clasificación:

2.4.1 Cemento portland tipo GU:

El cemento tipo GU es de uso general y es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos no se requieren. Su uso en hormigones incluye pavimentos, suelos, edificaciones en hormigón armado, puentes, tubería, productos de hormigón prefabricado y otras aplicaciones donde se usa el cemento tipo I.

2.4.2 Cemento Atenas Tipo GU:

Está diseñado para todo tipo de construcción, y sus principales características son su resistencia, durabilidad y desempeño, el cual cumple y excede los estándares de la NTE INEN 2380 (Cemento Atenas, 2019)



Ilustración 1 Cemento Utilizado en la Investigación.

Fuente: <http://www.cementoatenas.com/producto/>



2.5 PROPORCIONES DE LOS ADITIVOS

Las proporciones recomendadas por el fabricante SIKA-ECUATORIANA para sus aditivos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11 Dosificación del contenido de Aditivo según el Fabricante (SIKA-ECUATORIANA).

Aditivo	Dosificación.
Sikament-N 100	Como superplastificante: 0,5 al 1,0% del peso del cemento.
	Como reductor de agua de alto poder: 1,0 al 2,0% del peso del cemento.
Sika ViscoCrete 4100	Sika Ecuatoriana recomienda usar dosis entre 0,19% a 0,9% del peso del cemento.
Sika ViscoCrete-20 HE	Entre 0.5 y el 1.5% del peso del cemento

Fuente: (Sika Ecuatoriana, 2019).

2.6 RELACION AGUA-CEMENTO

Relación entre la masa de agua, excluyendo la absorbida por el agregado, y la masa de materiales cementantes en una mezcla (ACI, 2014).

2.6.1 CONSIDERACIONES:

- La resistencia del hormigón está en función de la relación agua/cemento, cuanto menor sea la relación A/C mayor será su resistencia a compresión.
- Otro aspecto importante que se gana con una menor relación A/C, es la durabilidad del hormigón endurecido.
- A menor relación a/c, menor será la permeabilidad del hormigón.
- Aumentar la cantidad de cemento para reducir la relación agua-cemento es una acción antieconómica porque el cemento es el material de mayor valor comercial de todos los elementos que conforman el hormigón.



2.7 HORMIGÓN

Definición: es un material que se obtiene de la mezcla de dos componentes esenciales, agregados y pastal, los cuales deben ser dosificados de acuerdo al uso, exposición y resistencia requeridas.

2.7.1 COMPONENTES DEL HORMIGÓN:

- Agregados usados: arena (natural o artificial) y ripio o grava (piedra triturada).
- La pasta o material aglutinante se compone de materiales cementantes, agua y aire atrapado o aire incluido (intencionalmente incorporado).
- Con relaciones agua/material cementante bajas, es necesario el uso de aditivos reductores de agua (superplastificantes o hiperplastificantes)

2.7.2 CURADO DEL HORMIGÓN:

Definición: Es un proceso que se inicia usualmente 24 horas después del fraguado del hormigón, dependiendo de los materiales cementantes usados, en este proceso se proporciona de una humedad optima, para la hidratación del hormigón por cualquiera de los métodos descritos en la Tabla 12, con la finalidad de evitar al máximo la retracción del hormigón que generalmente provoca agrietamientos y fisuras en superficies estructurales.

2.7.2.1 CONSIDERACIONES:

- Se necesita del curado para garantizarse la continuidad de la hidratación y del desarrollo de la resistencia, y la mínima contracción por secado.
- El éxito de un buen curado depende estrictamente de 2 factores; 1) Humedad, 2) Temperatura adecuada.

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 26 °C. (NTE INEN 1576, 2011).

Curado final: Después del curado inicial y dentro de 30 min después de remover el espécimen de su molde mantener todo el tiempo la superficie del espécimen con agua libre a una temperatura de 20°C a 30°C en cámaras de curado o en tanques de almacenamiento.

2.7.2.2 TIPOS DE CURADO:

Tabla 12 Descripción General Curados más Usados.

Tipo de Curado	Métodos de acuerdo al tipo de curado	Descripción	Foto
Hidratación Continua	Rociadores de niebla o Aspersión	Normalmente, se aplica un rocío o llovizna fina a mediante un sistema de aspersores con la finalidad de incrementar la humedad relativa del aire, disminuyendo la evaporación del agua encontrada en la superficie.	<i>Ilustración 2 Curado por Aspersión.</i>  Fuente: http://infobasicingcivil.blogspot.com/2019/02/lo-que-necesitas-saber-sobre-el-curado.html
	Anegamiento o inmersión	Es el método de curado más completo y consiste en la inmersión total del elemento de hormigón. Es usado generalmente en laboratorio para el curado de especímenes (probetas) de ensayo, además en áreas planas, como pavimentos y losas, estas superficies pueden curarse por inundación dejando una capa de por lo menos 2cm.	<i>Ilustración 3 Curado por inmersión.</i>  Fuente: http://www.hormiblocknews.com/manera-de-confeccionar-conservar-las-probetas-cilindricas-de-hormigon/
	Coberturas saturadas de Agua	Por lo general en este tipo de curado, se aplican telas saturadas con agua, como las arpilleras, esteras de algodón, mantas u otras telas sobre la superficie del hormigón con la finalidad de mantener la humedad por más tiempo.	<i>Ilustración 4 Curado con tela de Arpillera.</i>  Fuente: https://www.deyute.com/sec/es/news/utilizacion-del-tejido-de-yute-para-el-curado-del-hormigon/40

Materiales Selladores	Aplicación de película plástica	Hojas de polipropileno de 0.1mm de espesor, blancas, transparentes, negras. Colocadas sobre la superficie mojada de concreto fresco.	<i>Ilustración 5 Curado con hojas de polipropileno.</i>  Fuente: http://www.arquitectogustavo.com.ar/Archs/curado_del_hormigon-ICPA.pdf
	Papel Impermeable	Conformado por 2 hojas de papel kraft, unidas con un aditivo bituminoso, es un método eficiente para superficies horizontales y estructuras sencillas	<i>Ilustración 6 Curado con Papel Impermeable.</i>  Fuente: http://www.arquitectogustavo.com.ar/Archs/curado_del_hormigon-ICPA.pdf
	Compuestos formadores de membranas	Los compuestos líquidos formadores de membranas a base de parafinas, resinas, hules (gomas) coloradas y otros materiales se pueden usar para impedir o reducir la evaporación de la humedad del concreto (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011).	<i>Ilustración 7 Membrana de Curado.</i>  Fuente: https://www.dificonsa.com/membrana-de-curado/
Suministro de Calor y Humedad	Vapor	Ideal en clima frío, y eficaz para ganancia temprana de resistencia, : se lo realiza mediante los siguientes pasos: (1) atraso inicial antes de la aplicación del vapor, (2) etapa de incremento de la temperatura, (3) fase de mantenimiento constante de la temperatura máxima y (4) ciclo de reducción de la temperatura.	<i>Ilustración 8 Curado a vapor de dovelas de concreto.</i>  Fuente: https://www.obrasurbanas.es/dovelas-hormigon-tuneles/



	Autoclave	Consiste en la aplicación de vapor a alta presión.	<i>Ilustración 9 Autoclave para Hormigón Celular.</i>  Fuente: http://project-solutions.com.ar/1-3-autoclaved-aerated-concrete-curing-equipment.html
--	-----------	--	---

Fuente: El Autor



CAPITULO III: DOSIFICACION Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN

3.1 ANÁLISIS FÍSICO MECÁNICOS DE LOS AGREGADOS.

3.1.1 GRANULOMETRÍA GRAVA.

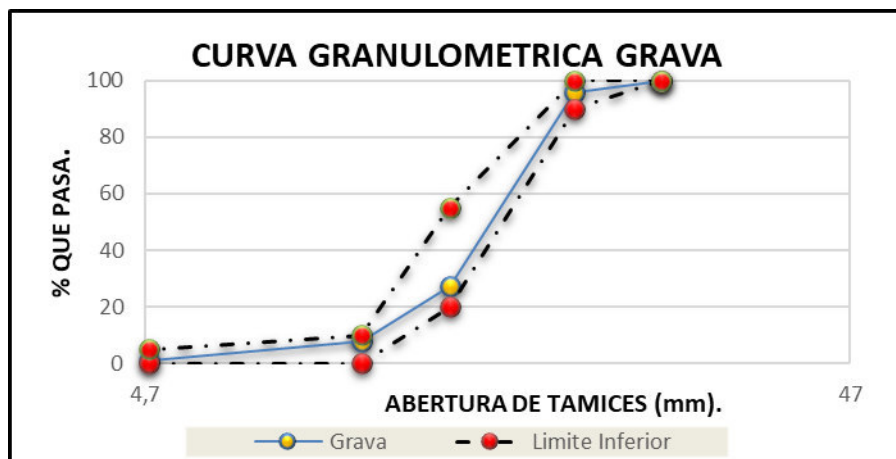
- **Tamaño máximo:** Dimensión del tamiz de menor abertura de la serie de tamices que concede el paso del 100% del material. (Hernandez, 2010)
- **Tamaño máximo nominal:** Dimensión del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. (Hernandez, 2010)

Tabla 13 ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA TRITURADA NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

TAMIZ N°	ABERTURA mm	PESO RET gr	RET. ACUM. gr	% RETENIDO	% PASA	% LIM-ESPECIF	%
3"	76.2						
2 1/2"	63.5						
2"	50.8						
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	100	100
1"	25.4	23.5	23.5	0.22	99.78	90	100
3/4"	19.1	446.5	470	4.40	95.60	20	55
1/2"	12.7	7300.5	7770.5	72.67	27.33	0	10
3/8"	9.52	2059.5	9830	91.93	8.07	0	5
N°4	4.76	769.5	10599.5	99.13	0.87	-	-
PASA N°4		93	93	-	-	-	-
PESO ANTES DEL ENSAYO=		10711					
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		10692.5					

OBSERVACIONES:	TAMAÑO MAXIMO=	38.1	mm
	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL=	19.1	mm
	El Agregado a usarse cumple con la normativa ASTM C-136		

Fuente: El Autor



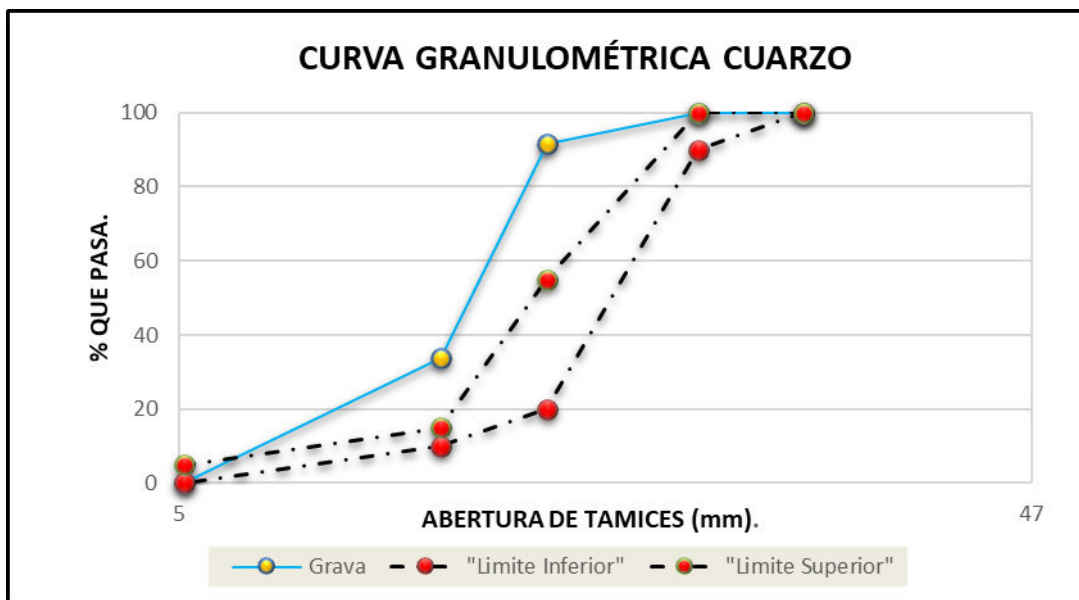
Fuente: El Autor

Tabla 14 ANALISIS GRANULOMETRICO CUARZO NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

TAMIZ N°	ABERTURA	PESO RET	RET. ACUM.	%	%	%	%
	mm	gr	gr	RETENIDO	PASA	LIM-ESPECIF	
3"	76.2						
2 1/2"	63.5						
2"	50.8						
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	100	100
1"	25.4	0	0	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.1	0	0	0.00	100.00	90	100
1/2"	12.7	730	730	8.51	91.49	20	55
3/8"	9.52	4950	5680	66.21	33.79	10	15
N°4	4.76	2869.5	8549.5	99.66	0.34	0	5
PASA N°4		29.5	8579	-	-	-	-
PESO ANTES DEL ENSAYO=		8580					
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		8579					

OBSERVACIONES:	TAMAÑO MAXIMO=	19.1	mm
	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL=	12.7	mm
	El Agregado a usarse no cumple con la normativa ASTM C-136		

Fuente: El Autor



Fuente: el Autor



3.1.2 GRANULOMETRÍA ARENA.

Tabla 15 ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA SILICE NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

	ABERTURA	PESO RET	RET. ACUM.	%	%	%	%
TAMIZ N°	mm	gr	gr	RETENIDO	PASA	LIM-ESPECIF	
3/8"	9.52	0	0	0	100	100	100
N°4	4.76	0	0	0.00	100.00	95	100
8	2.38	0.7	0.7	0.07	99.93	80	100
16	1.19	10.9	11.6	1.16	98.84	50	85
30	0.58	310.8	322.4	32.34	67.66	25	60
50	0.3	495.9	818.3	82.08	17.92	10	30
100	0.15	147.7	966	96.89	3.11	2	10
200	0.07	24.2	990.2	99.32	0.68	-	-
PASA N°200		3.9	3.9	-	-	-	-

PESO ANTES DEL ENSAYO=	1000 gr	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO=	1000 gr																				
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		PESO SECO ANTES DEL LAVADO=	996.99 gr																				
% DE HUMEDAD	5.3 %	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO=	986.2 gr																				
<table> <tr> <td>MODULO DE FINURA =</td><td></td><td>2.13</td><td></td></tr> <tr> <td>G</td><td>=</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr> <td>S</td><td>=</td><td>99.32</td><td></td></tr> <tr> <td>F</td><td>=</td><td>0.68</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>100.00 %</td><td></td></tr> </table>				MODULO DE FINURA =		2.13		G	=	0.00		S	=	99.32		F	=	0.68				100.00 %	
MODULO DE FINURA =		2.13																					
G	=	0.00																					
S	=	99.32																					
F	=	0.68																					
		100.00 %																					

Fuente: El Autor.

El Agregado a usarse no cumple con la normativa ASTM C-136

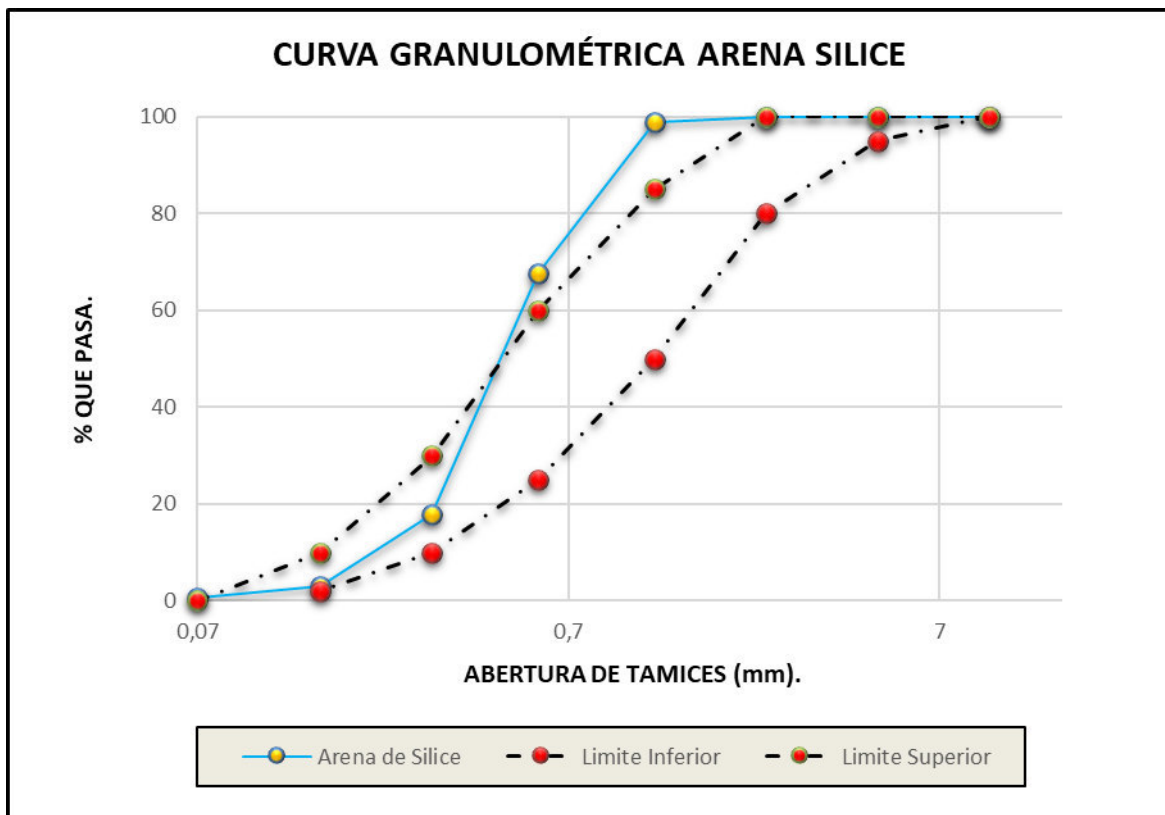




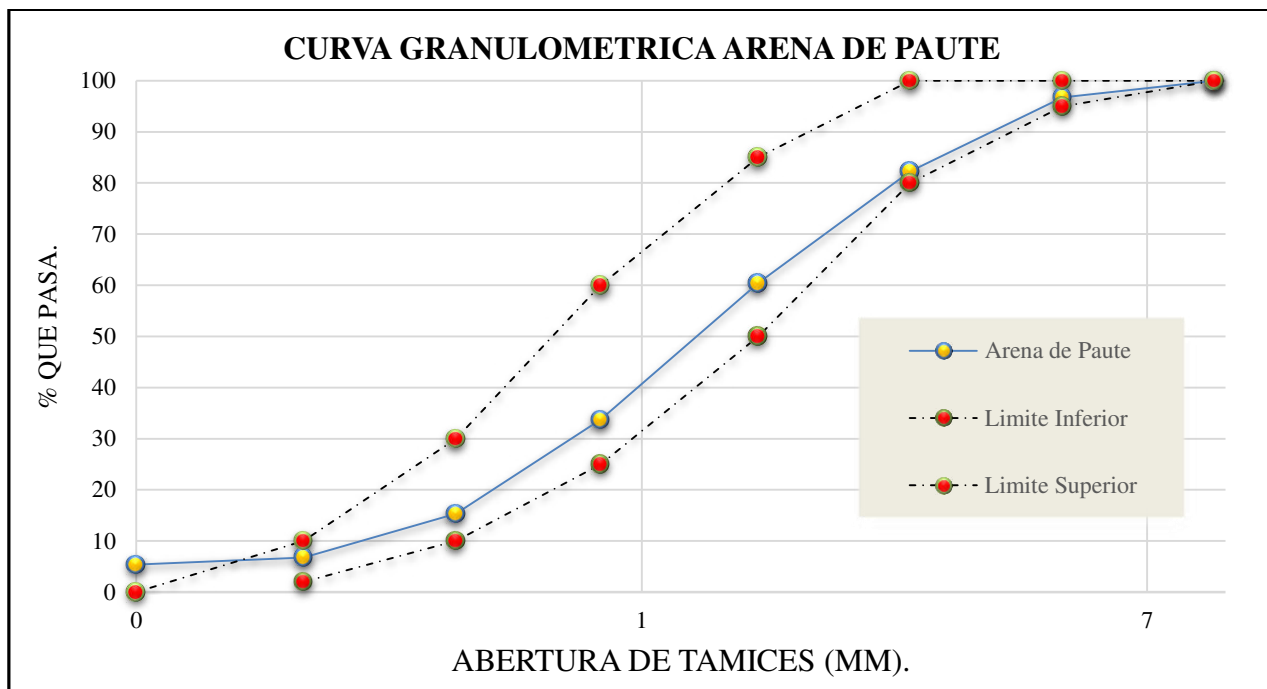
Tabla 16 ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA PAUTE NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RET (gr)	RET. ACUM (gr).	% RETENIDO	% PASA	% LIM-ESPECIF	
3/8"	9.52	0	0	0	100	100	100
N°4	4.76	30.9	30.9	3.25	96.75	95	100
8	2.38	137.7	168.6	17.75	82.25	80	100
16	1.19	207	375.6	39.55	60.45	50	85
30	0.58	253.7	629.3	66.27	33.73	25	60
50	0.3	174.6	803.9	84.65	15.35	10	30
100	0.15	81.3	885.2	93.21	6.79	2	10
200	0.07	13.5	898.7	94.63	5.37	-	-
PASA N°200		1.5	1.5	-	-	-	-

PESO ANTES DEL ENSAYO=	1000 gr	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO=	1000 gr
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		PESO SECO ANTES DEL LAVADO=	949.66 gr
% DE HUMEDAD	5.3 %	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO=	899.6 gr
MODULO DE FINURA = 3.05			
G = 3.25			
S = 91.38			
F = 5.37			
100.00 %			

Fuente: El Autor

El Agregado a usarse cumple con la normativa ASTM C-136



Fuente: El Autor

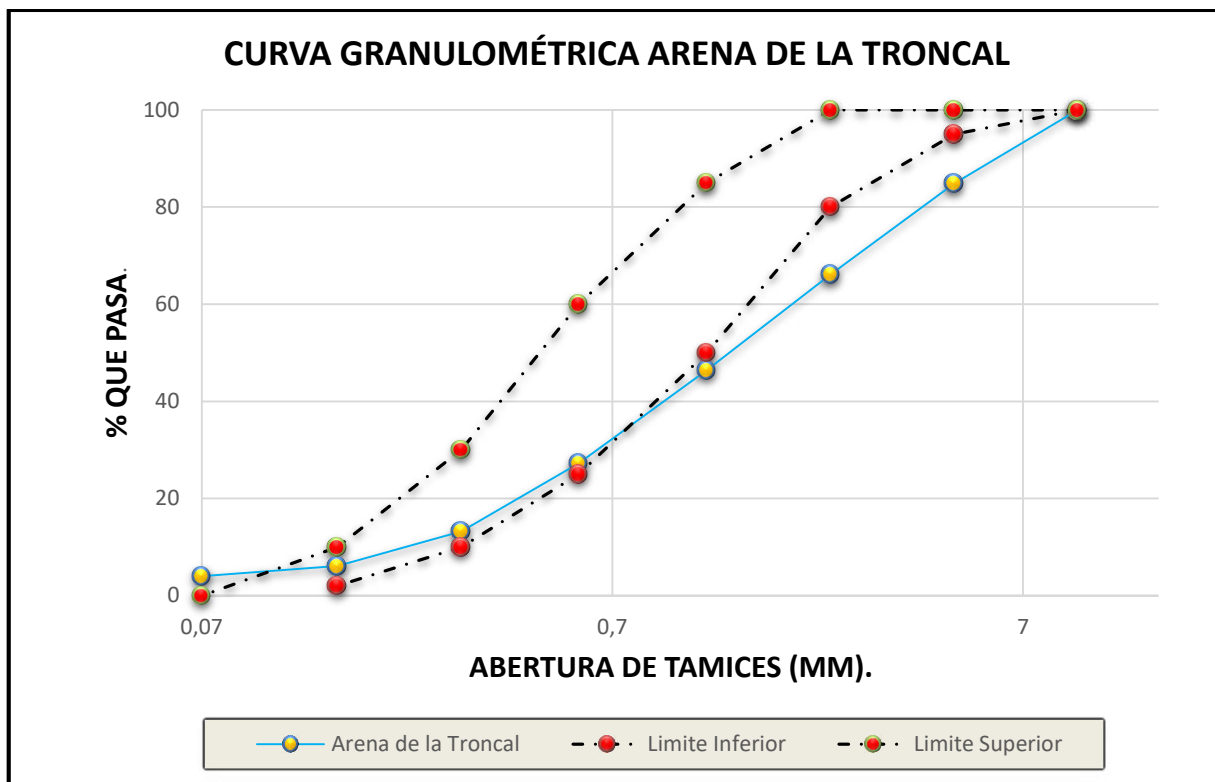


Tabla 17 ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA DE LA TRONCAL NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RET (gr)	RET. ACUM (gr)	% RETENIDO	% PASA	% LIM- ESPECIF	
3/8"	9.52	0	0	0	100	100	100
N°4	4.76	145	145	15.17	84.83	95	100
8	2.38	178.8	323.8	33.88	66.12	80	100
16	1.19	188.4	512.2	53.59	46.41	50	85
30	0.58	183.2	695.4	72.75	27.25	25	60
50	0.3	134.2	829.6	86.79	13.21	10	30
100	0.15	68	897.6	93.91	6.09	2	10
200	0.07	19.9	917.5	95.99	4.01	-	-
PASA N°200		5.2	5.2	-	-	-	-

PESO ANTES DEL ENSAYO=	1000 gr	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO=	1000 gr
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		PESO SECO ANTES DEL LAVADO=	955.84 gr
% DE HUMEDAD	4.621 %	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO=	922.2 gr
MODULO DE FINURA = 3.56 G = 15.17 S = 80.82 F = 4.01 100.00 %			

El Agregado a usarse no cumple con la normativa ASTM C-136





En esta investigación una vez realizados los análisis físico mecánicos de los agregados pétreos y teniendo la certeza que algunos de ellos no cumplen con la normativa ASTM C-136, se utilizó el método de fuller y Thompson para la dosificación correcta de cada componente del hormigón, y el método ACI para dosificar los agregados que si cumplieron con los requerimientos de la ASTM C-136.

3.3 DISEÑO MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 1) $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ “MÉTODO DE FULLER Y THOMPSON”

3.3.1 Selección de la consistencia del hormigón.

Tabla 18 Selección de la Consistencia del Hormigón.

TABLA 16. Selección de la consistencia del hormigón según la compactación.		
Tipo Compactación	Consistencia	Utilización
Picado con barra	Blanda y fluída	Bombeo y hormigón fuertemente armado
Vibrocompactación	Seca	Prefabricados, estructuras masivas
Vibración normal	Plástica	Hormigón normal

Fuente: Tabla 16, página 136 Libro Fuller y Thompson.

La consistencia a usarse será Blanda correspondiente a un hormigón normal, con vibración normal.

3.3.2 Estimación de los Asentamientos Recomendados.

Tabla 19 Asentamientos para diferentes consistencias del Hormigón.

Consistencia	Asentamiento (cm)	Fluidez (%)
Seca	0 - 2	0 - 40
Plástica	2 - 5	40 - 70
Blanda	5 - 11	70 - 100
Fluida	11 - 20	100 - 130

Fuente: Tabla 17, página 136 Libro Fuller y Thompson.

El asentamiento seleccionado varia de **5 a 11 cm** con una fluidez del 70-100%

3.3.3 Estimación del Tamaño máximo del Agregado.

El tamaño máximo del Agregado corresponde a 38.1 mm

3.3.4 Agua en la mezcla.

Tabla 20 Cantidad de agua en kgf por metro cúbico de hormigón.

Tamaño Máximo del Agregado mm (pulg)	Agua en Kgf para diferentes agregados	
	Agregado Redondeado Kg	Agregado Triturado Kg
12,7 (1/2")	199	214
19,1 (3/4")	184	199
25,4 (1")	178	193
38,1 (3/2")	166	181
50,8 (2")	157	172
76,2 (3")	148	163
152,4 (6")	131	145

Fuente: Tabla 18, página 137 Libro Fuller y Thompson.

Se selecciona 181 Kg/m³

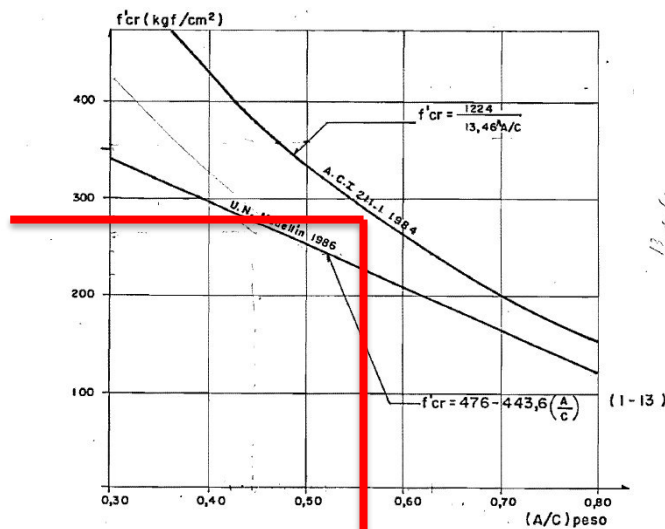
3.3.5 Resistencia de diseño f'_{cr}

$$\text{si } \rightarrow 210 < f'_c \leq 350 \text{ " } f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$\text{Luego } f'_{cr} = 210 + 84 \rightarrow f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

3.3.6 Calculo de la relación Agua-Cemento.

Tabla 21 Relación entre f'_{cr} y (A/C). Vibración normal. Mezclas sin Adiciones.



Fuente: Pagina 71 Libro de fuller y Thompson.

A/C = 0.56



3.3.7 Cálculo del contenido de cemento

$$C = 181 \text{ Kg}/0,56 = 323.21 \text{ Kg}/m^3$$

3.3.8 Proporción de los Agregados (Método Gráfico o Tanteos)

Este método combina los agregados con relación a la siguiente ecuación:

$$Y = 100(d/D)^{0.5}$$

Donde:

- D → Tamaño máximo de los agregados.
- d → Aberturas de las mallas
- Y → % De material acumulado que pasa la serie de tamices.

3.3.8.1 Procedimiento para la combinación de Agregados

- a) Dibujar la Granulometría de los agregados a mezclar en una misma hoja de papel semilogarítmica, las abscisas corresponden al valor de **d**, las ordenadas al porcentaje acumulado que pasan (**Y**).
- b) Unir con una recta los tamaños máximos y mínimos de los agregados consecutivos.
- c) Determinar el punto donde esta recta interseca con la curva de fuller.
- d) Trazamos una perpendicular al eje de las ordenadas del punto de intersección.

En este método el % en volumen a combinar está determinado por el punto de intersección entre la curva de fuller y la recta que une los puntos máximos y mínimos de los agregados.

Tabla 22 Descripción de Agregados según el Espécimen.

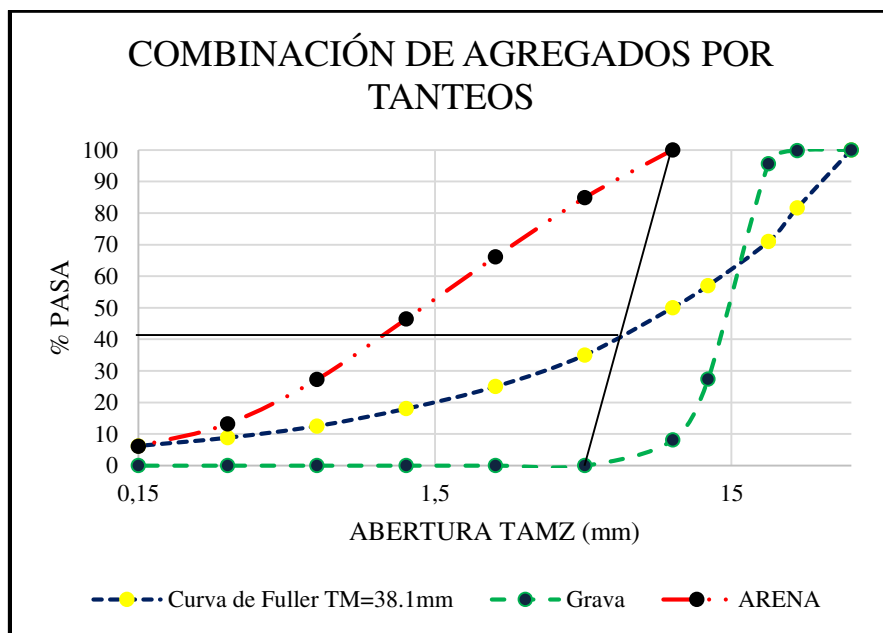
Espécimen	Descripción de Materiales.
Espécimen 1	Arena de la Troncal + Grava Triturada
Espécimen 2	Arena de Paute + Grava Triturada



Tabla 23 Curva de Fuller para un tamaño máximo de agregado grueso de 38.1mm vs % acumulado que pasan los agregados a usar.

Tamiz (mm)	% PASA		
	Fuller	Grava	Arena
38	100	100	
25	81.6	99.78	
20	71	95.6	
12.5	57	27.33	
9.5	50	8.07	100
4.8	35	0	84.83
2.4	25	0	66.12
1.2	18	0	46.41
0.6	12.5	0	27.25
0.3	8.8	0	13.21
0.15	6.2	0	6.09

Fuente: El Autor.



Fuente: El Autor.

% ARENA=	42	% GRAVA=	58
----------	----	----------	----

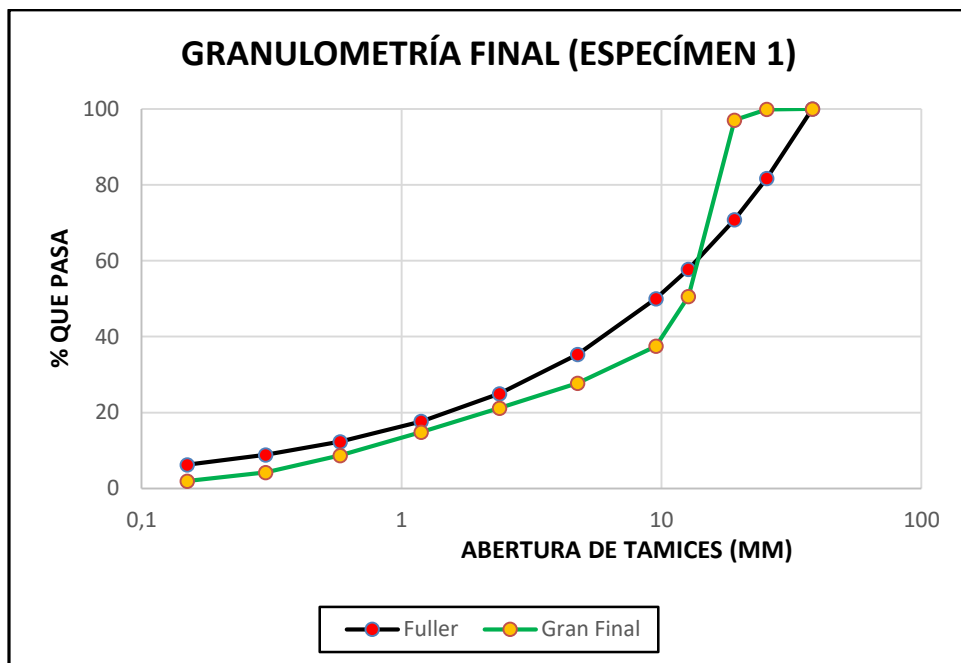


Ilustración 10 Granulometría final de Agregados combinados.

Fuente: El Autor.

3.3.9 Dosificación de la mezcla por metro cúbico.

Tabla 24 Calculo en volumen y peso de los componentes del hormigón.

Peso específico del cemento (kg/m^3)	3150
Peso específico del Agua (kg/m^3)	1000
Peso específico de la grava sss (kg/m^3)	2697.4
Peso específico de la Arena (kg/m^3)	2695.4
Volumen del cemento (m^3)	0.103
Volumen del Agua (m^3)	0.181
Volumen absoluto de los Agregados (m^3)	0.741
Volumen absoluto de la Grava (m^3)	0.43
Volumen absoluto de la Arena (m^3)	0.31
Peso de la Grava (kg)	1159.07
Peso de la Arena (kg)	838.8

Fuente: El Autor



Para el cálculo del volumen de cada uno de los componentes se parte de la fórmula general de la densidad indicada en la **Ecuación 2**. Y además se considera un volumen total de agregados igual a **1,025**. Luego el volumen absoluto de agregados será igual a:
 $V = 1.025 - (0.103 + 0.181) \rightarrow 0.741 \text{ m}^3$

Ecuación 1 Calculo Densidad

$$\delta = P/V$$

Ecuación 2 Calculo del Volumen

$$V = P/\delta$$

$$\text{El volumen absoluto de la Grava} = 0.741 * \frac{58}{100} = 0.4297 \text{ m}^3$$

$$\text{El volumen absoluto de la Arena} = 0.741 * \frac{42}{100} = 0.3112 \text{ m}^3$$

$$\text{El peso de la Grava SSS} = 2697.4 \text{ kg} * 0.4297 \text{ m}^3 = 1159.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{El peso de la Arena SSS} = 2695.4 \text{ kg} * 0.3112 \text{ m}^3 = 838.15 \text{ kg/m}^3$$

DOSIFICACIONES	VOLUMEN (m3)	PESO (Kg)
AGUA	0.181	181
CEMENTO	0.103	323.21
GRAVA	0.43	1159.71
ARENA	0.31	838.15
TOTAL	1.025	2502.08

3.3.10 Corrección por humedad y Absorción de los Agregados.

PROBETA		VOLUMEN (cm ³)	Nº PROBETAS	VOLUMEN TOTAL (m ³)
D(cm)=	10	1570.8	12	0.01885
H (cm)=	20			



% Humedad de la Grava	1.18
% Humedad de la Arena	8.82
% Absorción de la Grava	1.525
% Absorción de la Arena	1.42
Peso Agua Grava (kg)	-0.075
Peso de Agua Arena (kg)	1.16

$$\text{Peso del agua contenida en la Grava} = \frac{21.861 * (1.18 - 1.525)}{100} = -0.075 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del agua contenida en la Arena} = \frac{15.799 * (8.82 - 1.42)}{100} = 1.16 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo de la Grava} = 21.861 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.18}{100}\right) = 22.119 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo de la Arena} = 15.799 * \left(1 + \frac{8.82}{100}\right) = 17.192 \text{ kg}$$

Tabla 25 Dosificación hormigón patrón f'c 210 para el Espécimen 1.

DOSIFICACIONES	PESO SECO (kg)	PESO CORREGIDO (kg)	
AGUA	3.412	2.327	
CEMENTO	6.093	-	1
GRAVA	21.861	22.119	3.5
ARENA	15.799	17.192	2.5

Fuente: El Autor

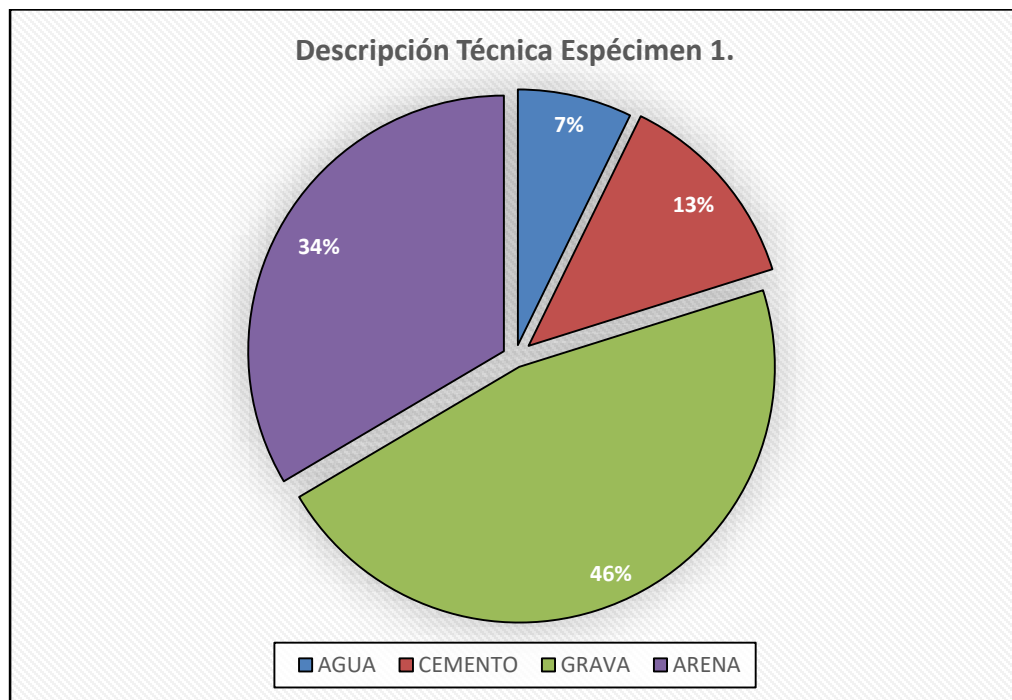


Ilustración 11 Descripción Grafica componentes del Espécimen 1.

Fuente: El Autor.



3.4 DOSIFICACIÓN MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 2) $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ “MÉTODO ACI 211”

Especificaciones:

- La Resistencia de diseño del esfuerzo a compresión a los 28 días será de 210 kg/cm^2
- Para el diseño de esta mezcla se considera el método ACI del comité 211 porque los agregados a usarse cumplen con la normativa ASTM C-33.

3.4.1 Materiales:

3.4.1.1 Cemento Portland tipo GU

La norma 156 (Le Chatelier), indica que por lo general los valores de la densidad para el Cemento Pórtland oscilan de 3 - 3,15 g/cm^3

3.4.1.2 Agregado fino (Arena Gruesa)

Peso Específico	2715.1	kg/m^3
Absorción	0.90	%
Contenido de Humedad	6.15	%
Módulo de Finura	3.05	

3.4.1.3 Agregado Grueso (Grava Triturada)

Peso Específico	2769.2	Kg/m^3
Absorción	1.52	%
Contenido de Humedad	1.18	%
Módulo de Fineza	3.05	

3.4.1.4 Agua (potable de la zona)

Peso Específico	1000	Kg/m^3
-----------------	------	-----------------



3.4.2 Secuencia de Diseño:

3.4.2.1 Selección de la Resistencia Requerida ($f'c$):

$$f'cr = 210 + 84$$
$$f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

3.4.2.2 Selección del tamaño máximo nominal:

El tamaño máximo nominal es de 3/4" → 19,1 mm

3.4.2.3 Selección del Asentamiento:

Por condiciones de trabajabilidad y por facilidad de colocación se trabajará con un asentamiento de 3" a 4".

3.4.2.4 Volumen Unitario de Agua

Una mezcla de hormigón de 3" a 4" de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", le corresponde un volumen unitario de agua de:

Volumen de Agua **205 lt/m³**

Fuente: (Tabla A1.5.3.3 – “Diseño de concretos de peso normal ACI 211)

3.4.2.5 Contenido de Aire atrapado.

Para este diseño se considera un 2% de aire atrapado por las características de los agregados.

Fuente: (Tabla A1.5.3.3 – “Diseño de concretos de peso normal ACI 211)

3.4.2.6 Calculo de la relación Agua/Cemento

A una resistencia de diseño de esfuerzo a compresión de $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$ sin aire incorporado, le corresponde una relación agua - cemento igual a: **$A/C = 0.56$**

(Tabla A1.5.3.4 – “Diseño de concretos de peso normal ACI 211)

3.4.2.7 *Calculo de la cantidad de cemento*

$$\frac{A}{C} = 0.56$$

$$\frac{205}{C} = 0.56$$

$$\frac{205}{0.56} = 366.07 \text{ Kg/m}^3$$

3.4.2.8 *Contenido de Agregado Grueso*

Para un módulo de finura de 3.05 y un tamaño máximo nominal de 3/4" le concierne un volumen unitario de **0.60 m³** de material granular grueso varillado por unidad de volumen de hormigón. (Tabla 6.3.6 - "Diseño de concretos de peso normal ACI 211").

$$\text{Peso del agregado grueso} = 0.6 * 1669.76 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = \mathbf{1001.86 \text{ kg}}$$

3.4.2.9 *Cálculo de volúmenes Absolutos*

Tabla 26 Volúmenes Absolutos para 1 m³ (Espécimen 2).

Cemento	$\frac{366,07}{3150} =$	0.118 m ³
Agua	$\frac{205}{1000}$	0.205 m ³
Aire Atrapado	2%	0.02 m ³
Agregado Grueso	$\frac{1001.86}{2769.2} =$	0.3618 m ³
Total		0.705 m ³

Fuente: El Autor

3.4.2.10 *Contenido de Agregado Fino*

$$\text{Volumen Absoluto de Agregado Fino} = 1 - 0.705$$

$$\text{Volumen Absoluto de Agregado Fino} = 0.295 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de Agregado Fino} = 0.295 \text{ m}^3 * 2715.1 \text{ kg/m}^3 = 800.95 \text{ kg/m}^3$$



3.4.2.11 Valores de Diseño

Cemento 366.07 kg/m³

Agua 205 lt/m³

Agregado Fino 800.95 kg/m³

Agregado Grueso 1001.86 kg/m³

3.4.2.12 Corrección por Humedad

PROBETA		VOLUMEN (cm ³)	Nº PROBETAS	VOLUMEN TOTAL (m ³)
D(cm)=	10	1570.8	12	0.01885
H (cm)=	20			

% Humedad de la Grava	1.18
% Humedad de la Arena	6.15
% Absorción de la Grava	1.525
% Absorción de la Arena	0.9
Peso Agua Grava (kg)	0.51
Peso de Agua Arena (kg)	0.79

$$\text{Peso del agua contenida en la Grava} = \frac{18.88 * (1.18 - 1.525)}{100} = 0.51 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del agua contenida en la Arena} = \frac{15.097 * (6.15 - 0.9)}{100} = 0.79 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo de la Grava} = 18.88 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.18}{100}\right) = 19.10 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo de la Arena} = 15.097 * \left(1 + \frac{6.15}{100}\right) = 16.025 \text{ kg}$$

Tabla 27 Dosificación hormigón patrón f'c 210 para el Espécimen 2.

DOSIFICACIONES	PESO SECO (kg)	PESO CORREGIDO (kg)	
AGUA	3.86	2.56	
CEMENTO	6.9	-	1
GRAVA	18.88	19.10	2.7
ARENA	15.097	16.025	2.1

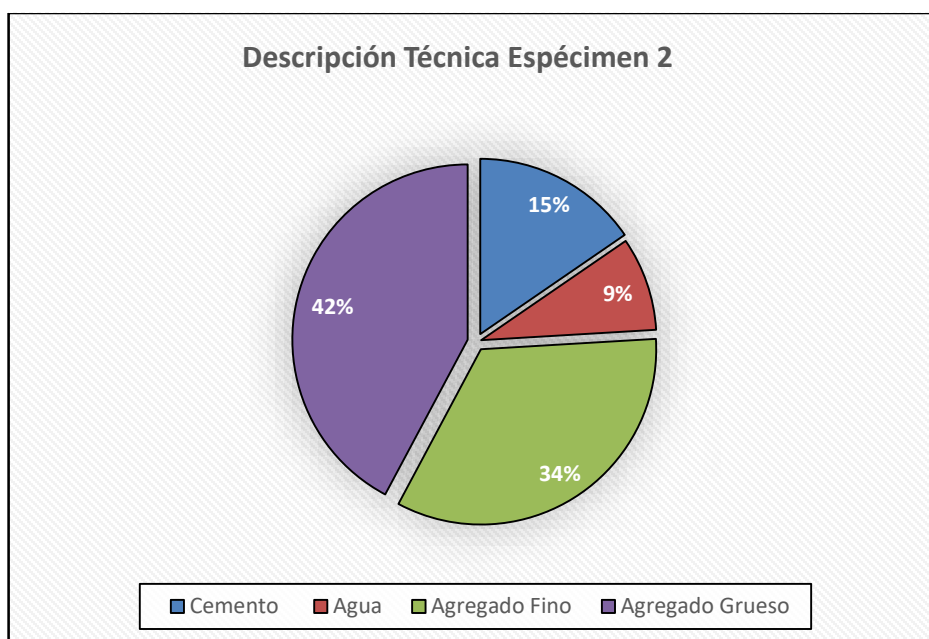


Ilustración 12 Descripción Gráfica componentes del Espécimen 2.

Fuente: El Autor.



3.5 DOSIFICACIÓN MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 3) $F'C=500 \text{ KG/CM}^2$ “MÉTODO DEL VOLUMEN ABSOLUTO PROPUESTO EN EL COMITÉ ACI 211-4R Y ACI 363-2R-98”

Especimen 3 → Arena de la Troncal + Grava Triturada + cemento Atenas

Este método es muy útil para el diseño de hormigones de altas resistencias con la adición de aditivos químicos y minerales, este método proporciona cantidades específicas de los agregados para una determinada resistencia, por medio del uso de tablas elaboradas con la experticia en el laboratorio, sin embargo, los materiales a usarse deben tener un estricto control de calidad para poder ser empleados en la fabricación de hormigones.

3.5.1 Selección del Asentamiento

El asentamiento se medirá con el cono de Abrams

Tabla 28 Asentamiento recomendado para hormigones de alta resistencia con y sin aditivo reductor de agua.

Hormigón elaborado con HRWR*	
Asentamiento antes de añadir HRWR	2.5 a 5 cm
Hormigón elaborado sin HRWR*	
Asentamiento	5 a 10 cm
Ajustar el Asentamiento al que se desea en el campo a través de la adición de HRWR	

Fuente: ACI 211.4R-93 “Guía para la selección de las proporciones de hormigón de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes.

3.5.2 Selección de la resistencia requerida

$$f'_{cr} = (f'c + 1400)/0.9$$

Donde:

$f'_{cr} \rightarrow$ Resistencia promedio Requerida.

$f'c \rightarrow$ Resistencia Especificada.

$f'c \rightarrow 50 \text{ Mpa} \approx 7252 \text{ PSI}$

$f'_{cr} = (7252 + 1400)/0.9$

$f'_{cr} = 9613 \text{ PSI} \approx 66 \text{ Mpa}$

3.5.3 Selección del volumen óptimo de agregado grueso

El volumen unitario del material granular grueso, se encuentra definido por el tamaño máximo nominal y el módulo de finura del material granular fino (arena) de 2.5 a 3.20 y es determinado mediante la Tabla 30 siendo igual a **0.72 m³** y el peso es calculado por medio de la siguiente ecuación.

$$\text{Peso del agregado grueso} = \text{Volumen optimo de agregado grueso} * DAC.$$

Donde: DAC. → Densidad aparente compactada.

$$\text{Peso del Agregado grueso} = 0.72 * 1669.76 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del Agregado grueso} = \mathbf{1202.23 \text{ kg}}$$

Se considera una reducción del 10% del peso del agregado grueso porque la mezcla de hormigón obtenida presenta una segregación considerable luego la masa de agregado grueso empleado será de 1082 kg.

Tabla 29 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón (para diversos módulos de finura).

Contenido optimo total de agregado grueso de tamaño máximo nominal para ser utilizado con arena con módulo de finura entre 2,5 a 3,2.				
Tamaño máximo nominal, cm.	0,95	1,25	1,9	2,5
El volumen de agregado grueso secado al horno como fracción del peso unitario compactado.	0,65	0,68	0,72	0,75

Fuente: ACI 211.4R-93 “Guía para la selección de las proporciones de hormigón de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes.

3.5.4 Calculo del agua de mezclado

Considerando la Tabla 31 3Relación Agua/Cemento para hormigones sin Superplastificantes Tabla (a), con Superplastificantes Tabla (b).Tabla 31 de acuerdo al asentamiento usado y al tamaño máximo del agregado grueso, la cantidad de agua corresponde a 285 lb/yd³ ≈ **169.08 kg/m³**. Siguiendo el procedimiento el contenido de aire será de **1.5%**



Tabla 30 Requerimiento aproximado de agua de mezclado y contenido de aire del hormigón.

		Agua de mezclado, Lb/yd ³			
Asentamiento en cm.		Tamaño máximo de agregado grueso, cm.			
		0,95	1,25	1,9	2,5
2,5 a 5	cm	310	295	285	280
5 a 7,5	cm	320	310	295	290
7,5 a 10	cm	330	320	305	300
Contenido de Aire atrapado.	Sin HRWR	3	2,5	2	1,5
	Con HRWR	2,5	2	1,5	1

Fuente: ACI 211.4R-93 “Guía para la selección de las proporciones de hormigón de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes.

Calculo de la relación agua/cemento

De acuerdo a la resistencia f'_{cr} y el tamaño máximo del agregado grueso de la Tabla 32 (a) seleccionamos la relación $A/C=0,29$.

Tabla 31 3Relación Agua/Cemento para hormigones sin Superplastificantes Tabla (a), con Superplastificantes Tabla (b).

Resistencia Promedio f'_{cr} , MPa.		w/(c + p)			
		Tamaño máximo del agregado grueso, cm.			
		0,95	1,25	1,9	2,5
48,3	28-días	0,42	0,41	0,40	0,39
	56-días	0,46	0,45	0,44	0,43
55,2	28-días	0,35	0,34	0,33	0,33
	56-días	0,38	0,37	0,36	0,35
62,1	28-días	0,30	0,29	0,29	0,28
	56-días	0,33	0,32	0,31	0,30
68,9	28-días	0,26	0,26	0,25	0,25
	56-días	0,29	0,28	0,27	0,26

Tabla (a).

Resistencia Promedio f'_{cr} , MPa.		w/(c + p)			
		Tamaño máximo del agregado grueso, cm			
		0,95	1,25	1,9	2,5
48,3	28-días	0,50	0,48	0,45	0,43
	56-días	0,55	0,52	0,48	0,46
55,2	28-días	0,44	0,42	0,40	0,38
	56-días	0,48	0,45	0,42	0,40
62,1	28-días	0,38	0,36	0,35	0,34
	56-días	0,42	0,39	0,37	0,36
68,9	28-días	0,33	0,32	0,31	0,30
	56-días	0,37	0,35	0,33	0,32
75,8	28-días	0,30	0,29	0,27	0,27
	56-días	0,33	0,31	0,29	0,29
82,7	28-días	0,27	0,26	0,25	0,25
	56-días	0,30	0,28	0,27	0,26

tabla (b).

Fuente: ACI 211.4R-93 “Guía para la selección de las proporciones de hormigón de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes.

3.5.6 Calculo del Contenido de Cemento

$$\text{Contenido de Cemento} = \frac{169.08}{0.29} = 583 \text{ Kg}$$

Para incorporar microsilíce a los 583 Kg de cemento se le debe restar el 7%, debido a que el microsilíce también funciona como material cementante y ocupa el volumen restado. Los valores de diseño así obtenidos se muestran en la Tabla 33

3.5.7 Calculo de Volúmenes Absolutos

Una vez obtenidas las cantidades en volumen y peso de los agregados a excepción de la arena se prosigue a calcular el contenido de los materiales en volumen como se muestra en la Tabla 32:

Tabla 32 Volúmenes Absolutos para 1 m³ (Espécimen 3).

Cemento	$\frac{583}{3150} =$	0.185 m ³
Agua	$\frac{169.08}{1000}$	0.169 m ³
Aire Atrapado	1.5%	0.015 m ³
Agregado Grueso	$\frac{1082}{2769.2} =$	0.39 m ³
Total		0.76 m ³

Fuente: El Autor.

3.5.8 Contenido de Agregado Fino

$$\text{Volumen Absoluto de Agregado Fino} = 1 - 0.76$$

$$\text{Volumen Absoluto de Agregado Fino} = 0.24 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de Agregado Fino} = 0.24 \text{ m}^3 * 2715.1 \text{ kg/m}^3 = 652.36 \text{ kg/m}^3$$

3.5.9 Contenido de Microsilíce (SIKA-FUME)

El humo de sílice se usa en cantidades que varían del 5% al 10% de la masa total de material cementante. Se emplea donde sea necesario un alto grado de impermeabilidad y alta resistencia del concreto (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011, pág. 80)

Para esta investigación el contenido de humo de sílice se tomó como el 7% del peso del cemento.

3.5.10 Resumen de los Valores de diseño en kg para 1m³ de hormigón

Tabla 33 Valores de diseño espécimen 3.

Cemento	542.19	Kg/m ³
Agua	169.08	lt/m ³
Agregado Fino	652.36	Kg/m ³
Agregado Grueso	1082	Kg/m ³
Microsílice	40.81	Kg/m ³

Fuente: El Autor.

Tabla 34 Cantidad en Kg para elaborar 12 probetas cilíndricas de 10*20cm correspondientes al Espécimen 3.

Cemento	10.22	Kg
Agua	3.187	lt
Agregado Fino	12.49	Kg
Agregado Grueso	20.39	Kg
Microsílice	0.77	Kg

Fuente: El Autor.

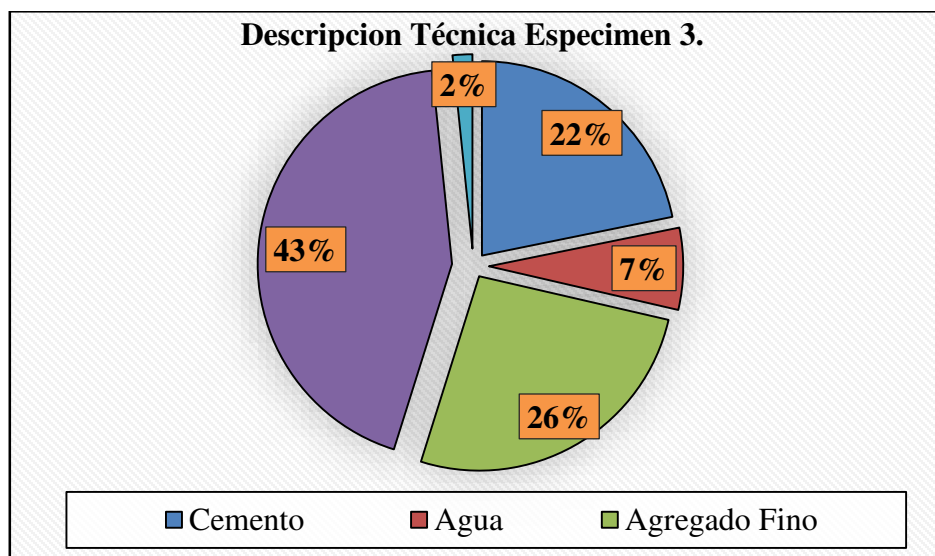


Ilustración 13 Descripción Gráfica componentes del Especimen 3.

Fuente: El Autor.



3.6 DOSIFICACIÓN MEZCLA PATRÓN (ESPÉCIMEN 4) $F'C=500 \text{ KG/CM}^2$ “MÉTODO DEL VOLUMEN ABSOLUTO PROPUESTO EN EL COMITÉ ACI 211-4R Y ACI 363-2R-98”

Especimen 4 → Arena de Paute + Grava Triturada + cemento Atenas

Para esta dosificación varía únicamente el contenido de arena debido a la variación de la densidad aparente real, con respecto a la dosificación anterior.

$$\text{Volumen Absoluto de Agregado Fino} = 0.24 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de Agregado Fino} = 0.24 \text{ m}^3 * 2761. \frac{9 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 662.86 \text{ kg/m}^3$$

La grava será la misma que en el caso anterior, en este caso no varía la cantidad de agregado grueso, debido a que el módulo de finura es $MF \approx 3$ y su tamaño máximo es igual a $TM = 19.1 \text{ mm}$, luego se obtiene una dosificación por metro cubico como se indica en la *Tabla N°35*

Tabla 35 Valores de diseño espécimen 4.

Cemento	542.19 kg/m^3
Agua	169.08 lt/m^3
Agregado Fino	662.86 kg/m^3
Agregado Grueso	1082 kg/m^3
Microsílice	40.81 kg/m^3

Fuente: El Autor.

El volumen total para fundir 12 probetas cilíndricas de 10 *20cm corresponde a $V = 0.01885 \text{ m}^3$, La Tabla 36 indica las cantidades de los agregados en kg para elaborar estos especímenes.

*Tabla 36 Cantidad en Kg para elaborar 12 probetas cilíndricas de 10*20cm correspondientes al Especimen 4.*

Cemento	10.22 Kg
Agua	3.187 Lt
Agregado Fino	12.49 Kg
Agregado Grueso	20.39 Kg
Microsílice	0.77 Kg

Fuente: El Autor.

3.7 Dosificación mezcla patrón (espécimen 5) $f'c=750 \text{ kg/cm}^2$

Agua	135	Lt
Cemento	500	kg
Agregado Fino (Arena Gruesa)	700	kg
Agregado Grueso (Piedra Triturada)	1100	kg
Humo de sílice	35	kg
Relación Agua/Cemento	0.27	

Fuente: (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011)

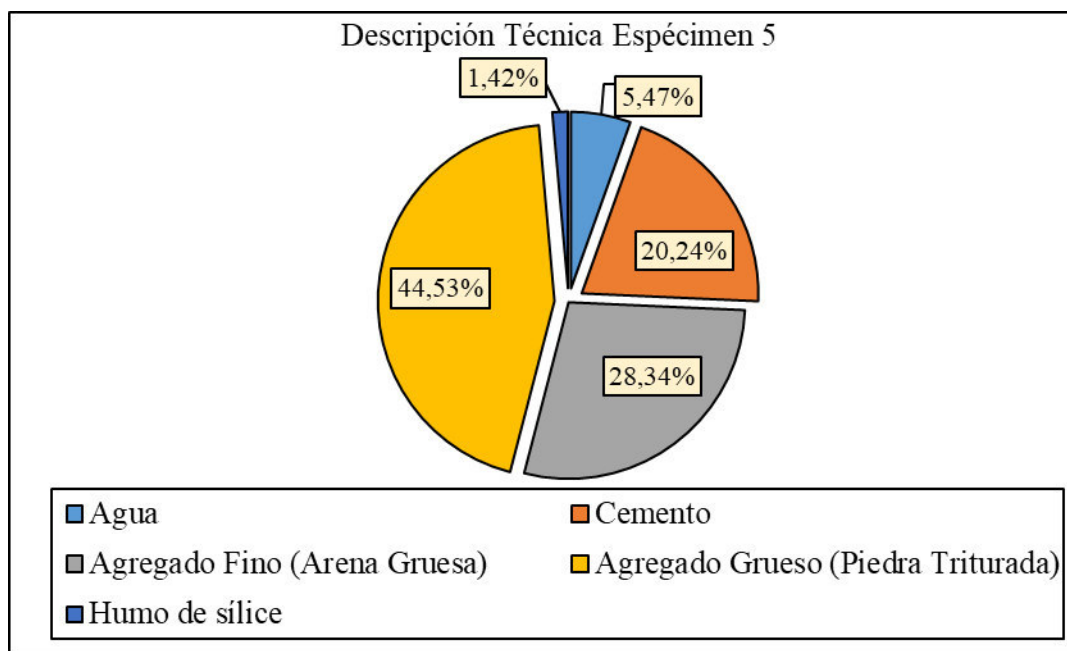


Ilustración 14 Descripción Gráfica componentes del espécimen 5

3.8 APLICACIÓN DE ADITIVOS SÚPER E HÍPER PLASTIFICANTES:

3.8.1 Diseño del hormigón con aditivo Sika ViscoCrete 20 he

3.8.1.1 Variación de los componentes del hormigón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

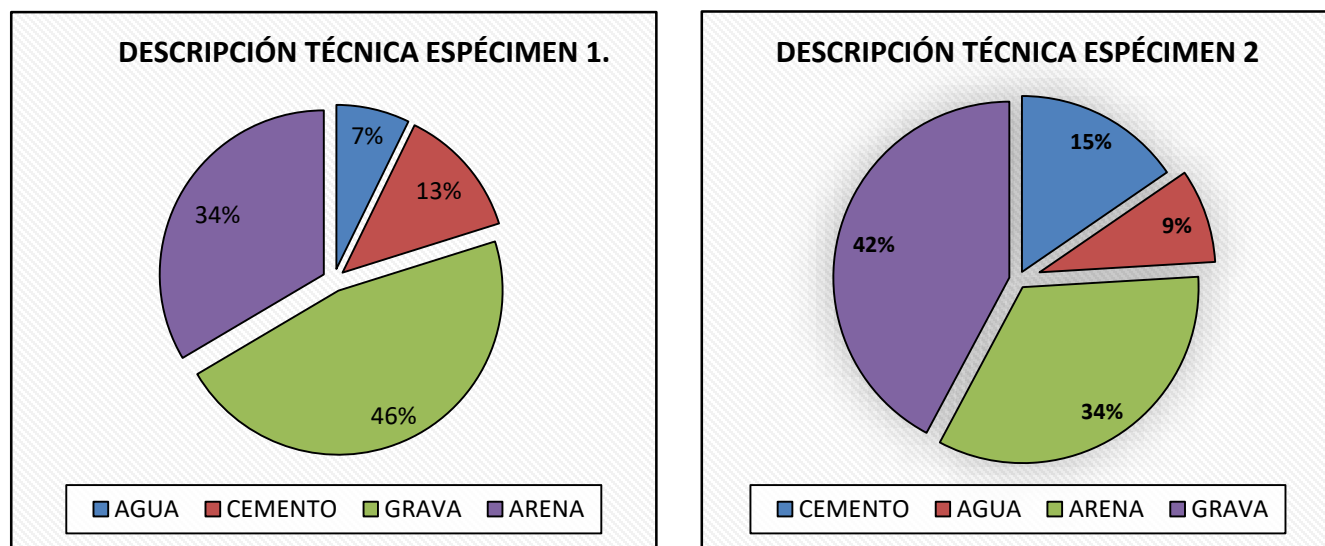


Ilustración 15 Componentes del hormigón patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ sin Aditivos.

Espécimen	Descripción de Materiales.
Espécimen 1	Arena de la Troncal + Grava Triturada
Espécimen 2	Arena de Paute + Grava Triturada

Fuente: El Autor.

3.8.1.1.1 Dosificación del aditivo Sika ViscoCrete 20 he.

La **ASTM C 494** indica que se puede reducir agua hasta un 12% según el superplastificante o reductor de agua para aditivos tipo D y F.

Los aditivos superplastificantes normalmente son más eficientes para producir concretos fluidos que los aditivos reductores de agua regulares y de medio rango. El efecto de ciertos superplastificantes en el aumento de la trabajabilidad o en la producción de concretos fluidos es corto, de 30 a 60 minutos, siendo que a este periodo se sigue una pérdida rápida de trabajabilidad o pérdida de revenimiento (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011, pág. 141)

Según (Sika Ecuatoriana) se recomienda usar una dosis de **0.5 a 1.5** del peso del cemento dependiendo si se usa como superplastificante o gran reductor de agua. Si es necesario puede incrementarse dicha dosificación. La **ilustración 14** indica la dosificación final con la aplicación **Sika Viscocrete 20HE**.

En esta investigación el Autor busca la influencia que provoca en el concreto la aplicación de aditivos superplastificantes e hiperplastificantes por lo que es necesario trabajar con hormigos fluidos la ASTM C 1017 define a un concreto fluido como un hormigón que tiene un asentamiento mayor que 190 mm $\approx 7 \frac{1}{2}$ pulgadas, pero que a su vez conserva sus propiedades cohesivas. Para esta investigación se ha tomado una dosificación correspondiente al **0.9% del peso del cemento** para la mezcla patrón espécimen 1 y 2 respectivamente, de $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$, observándose en el laboratorio una consistencia blanda con asentamientos de 2" a 3".

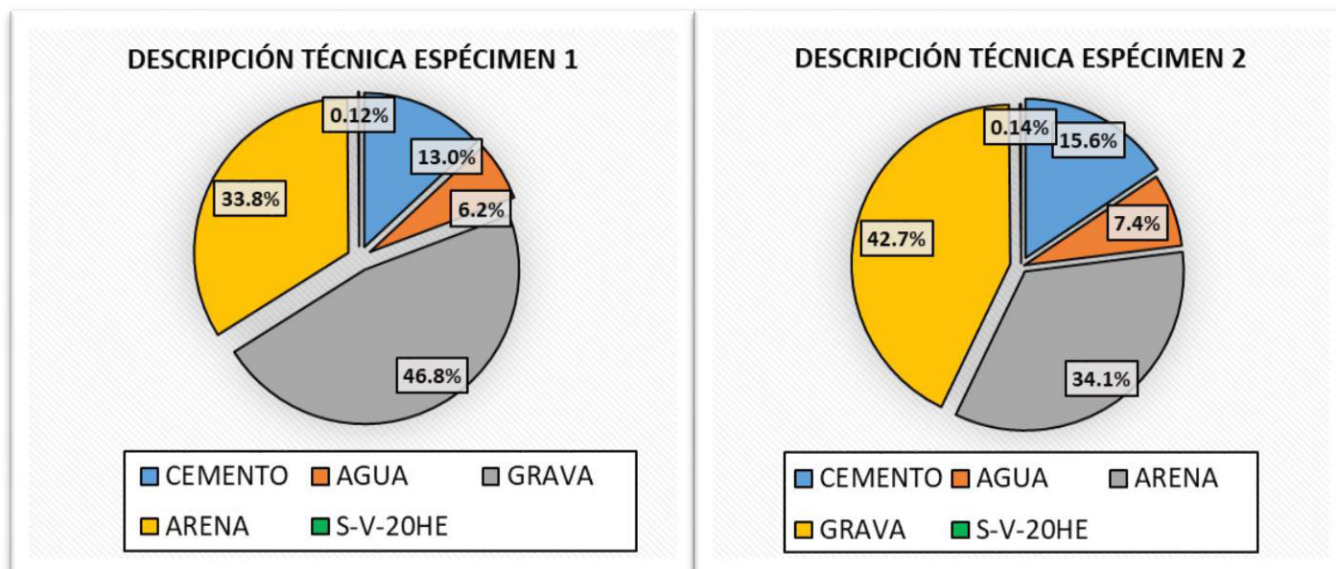


Ilustración 16 Variación de los componentes del hormigón patrón con la aplicación de Sika Viscocrete 20HE.

Fuente: El Autor.

3.8.1.2 Variación de los componentes del hormigón $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$.

Espécimen	Descripción de Materiales.
Espécimen 3	Arena de la Troncal + Grava Triturada
Espécimen 4	Arena de Paute + Grava Triturada

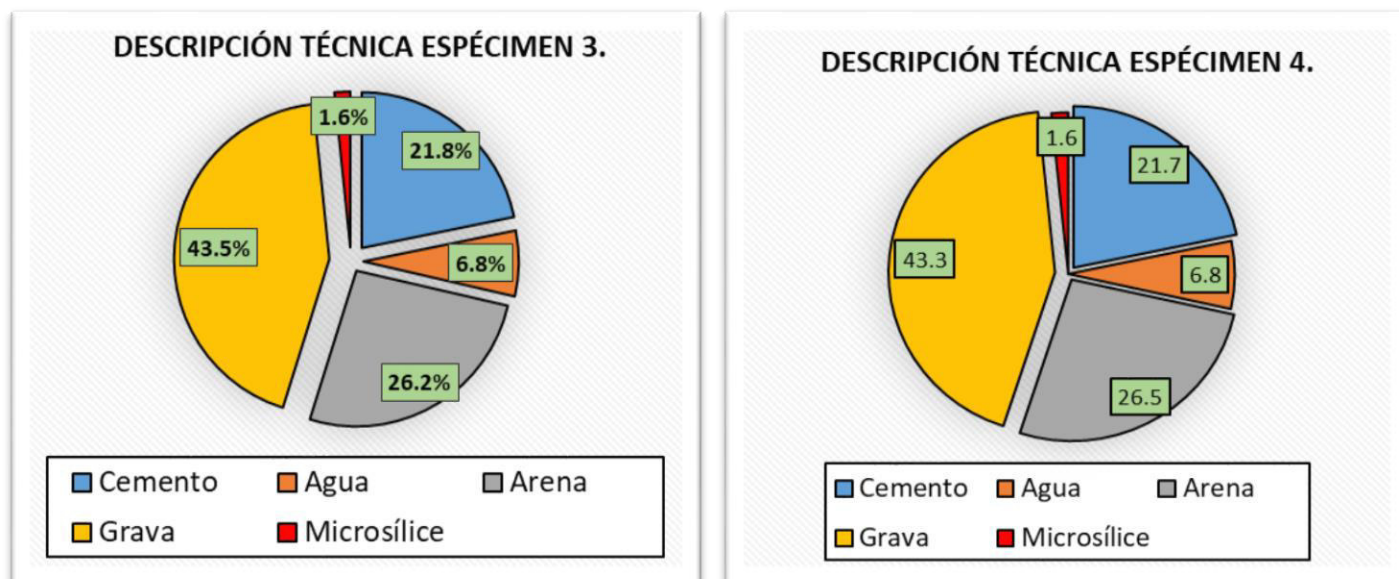


Ilustración 17 Componentes del hormigón patrón $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$, sin Aditivos.

Fuente: El Autor.

Para el hormigón de $f'c=500\text{kg/cm}^2$, el autor ha visto necesario incrementar el contenido de superplastificante a 2.8% del peso del cemento con la finalidad de mejorar las propiedades del hormigón en su estado fresco, y poseer una trabajabilidad adecuada.

La **ilustración 16** presenta la mezcla con la aplicación del Sika Viscocrete 20HE al 2.8% del peso del cemento, resultando fácil de trabajar con una consistencia Blanda-Fluida con asentamiento de hasta 2" $\approx 5\text{cm}$.

La aplicación de los aditivos químicos como los reductores de agua de alto rango, mejoran la eficiencia y bondades que prestan los hormigones con altos contenidos de material cementante y ayudan a trabajar con relaciones agua/cemento lo más bajo posible de hasta 0,20.



Ilustración 19 Mezcla para elaboración de 12 probetas cilíndricas.



Ilustración 18 Ensayo del Anillo.

Para medir el asentamiento se añade al ensayo de revenimiento (asentamiento de cono de Abrams) Ilustración 18. Se debe ajustar el número de varas, dependiendo del tamaño máximo del agregado en la mezcla. El hormigón debe pasar a través de los obstáculos en el anillo sin separación de la pasta y de los agregados gruesos. la superficie de prueba debe tener, por lo menos, un diámetro de 1000 mm (40 pulgadas) (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011, pág. 369)

Las bajas relaciones Agua/Cemento mejoran las características del hormigón notablemente con las aplicación de aditivos súper e híper-plastificantes mostrando un buen acabado de superficies Ilustración 20, además son ambientalmente amigables ya que generalmente no requieren vibración y/o varillado ya que presentan facilidad para producir un hormigón autocompactante manteniendo la trabajabilidad por más tiempo.



Ilustración 20 Viga de hormigón de alta resistencia.

Fuente: El Autor.

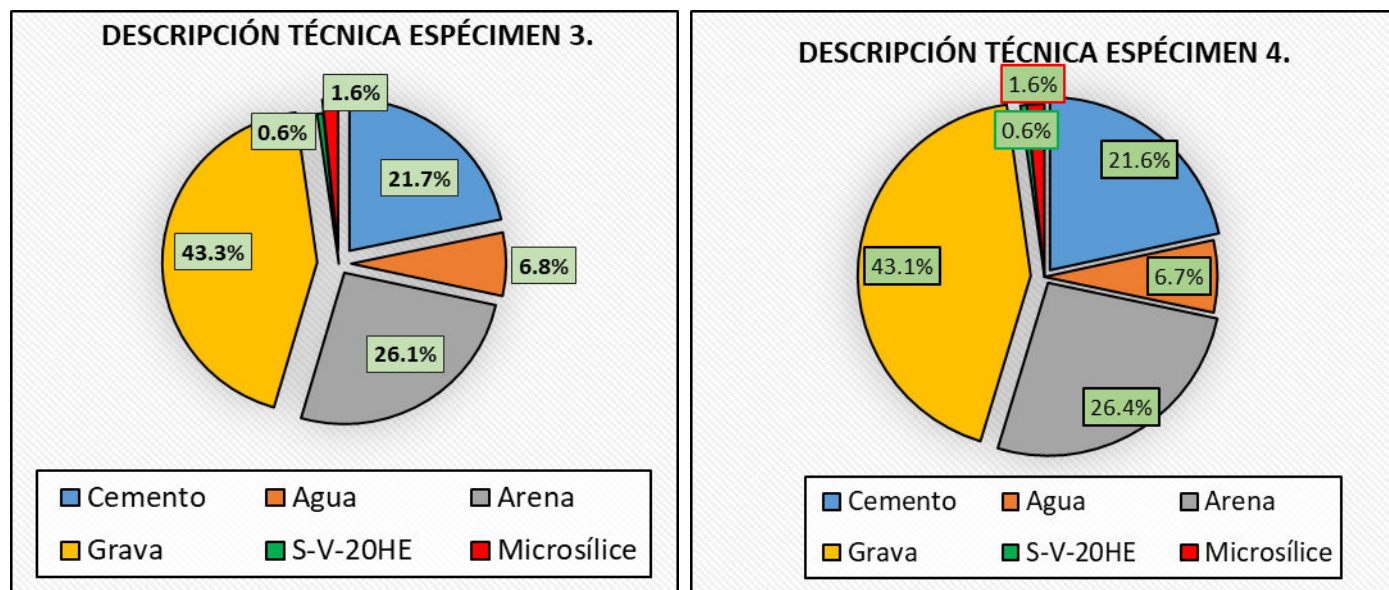


Ilustración 21 Variación de los componentes del hormigón patrón $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$, con la aplicación de Sika Viscocrete 20HE.

Fuente: EL Autor.

3.8.1.3 Variación de los componentes del hormigón $f'c=750 \text{ kg/cm}^2$.

Para mantener una trabajabilidad adecuada, con una fluidez de entre un 70%-100% con asentamientos de 2" a 3", el autor optó por modificar el contenido de aditivo reductor de agua de alto rango (Sika-Viscocrete 20HE) a razón de 3% del contenido en peso del cemento, a que con el 2.8% la mezcla presentaba una consistencia seca muy cercana a ser plástica lejos de ser fluida como se pretende en esta investigación, la Ilustración 22 indica la variación de la aplicación del 3% de Superplastificante respecto a 2.8%.



Ilustración 22 Mezcla con aditivo al 2.8% izquierda y 3% derecha.

Fuente: El Autor.

Tabla 37 Dosificación para 1m^3 de hormigón de $f'c=750\text{kg/cm}^2$

	% Peso Total		
Agua	135 Lt		5.44%
Cemento	500 Kg		20.16%
Agregado Fino (Arena Gruesa)	700 Kg		28.23%
Agregado Grueso (Piedra Triturada)	1100 Kg		44.35%
Humo de Sílice	30 Kg		1.21%
Viscocrete 20-HE	15 lt		0.60%

Fuente: (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011)

Para este diseño se ha considerado como agregado grueso triturado de cuarzo, por el tamaño máximo del agregado (**TMN=12,7mm**), el ACI 211.4R-98 "Guía para la selección de las proporciones de hormigón de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes." indica que para resistencias superiores a **62.1 MPa** el tamaño máximo del agregado debe estar comprendido entre **9.5 a 12.7 mm**.

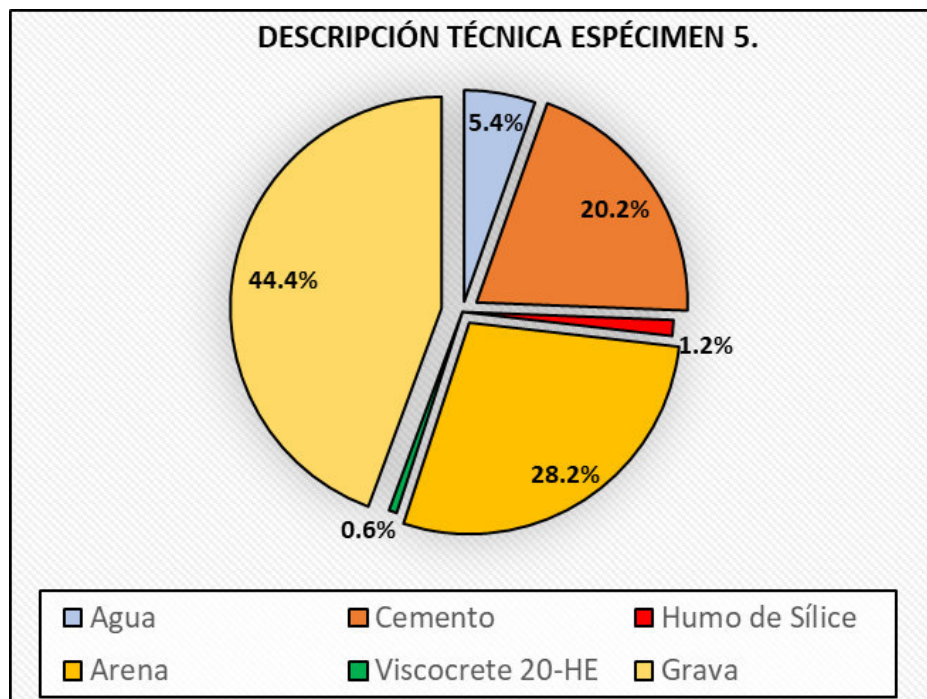


Ilustración 23 Dosificación Final hormigón patrón $f'c=750 \text{ kg/cm}^2$.

3.8.2 Diseño del hormigón con aditivo Sika ViscoCrete 4100.

3.8.2.1 Variación de los componentes del hormigón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para el diseño con el aditivo Sika Viscocrete, para lograr las resistencias propuestas en esta investigación se tomará las mismas dosificaciones que con el aditivo Viscocrete 20HE porque las características presentadas en las mezclas son similares tanto de consistencia como de asentamientos. **La Ilustración 22** indica la codificación de los componentes del hormigón patrón para los especímenes 1 y 2 respectivamente.

Para el hormigón patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, se ha considerado un **0.9%** del peso del cemento de aditivo **Sika Viscocrete 4100**, y un ahorro del **12%** del contenido de agua en la mezcla.

La acción superplastificante de Sika Viscocrete 4100 permite obtener altos asentamientos, hormigones fluidos con alto mantenimiento de la trabajabilidad que facilitan la colocación con el mínimo vibrado aun cuando las relaciones agua/cemento sean tan bajas como 0,25. **Sika-Viscocrete 4100** es un aditivo reductor de agua de alto rango e hiperplastificante que plastifica el hormigón dando alta fluidez, pero manteniendo la cohesión, evitando de esta manera la segregación. (Sika Ecuatoriana, sika-concrete-technology, 2019)

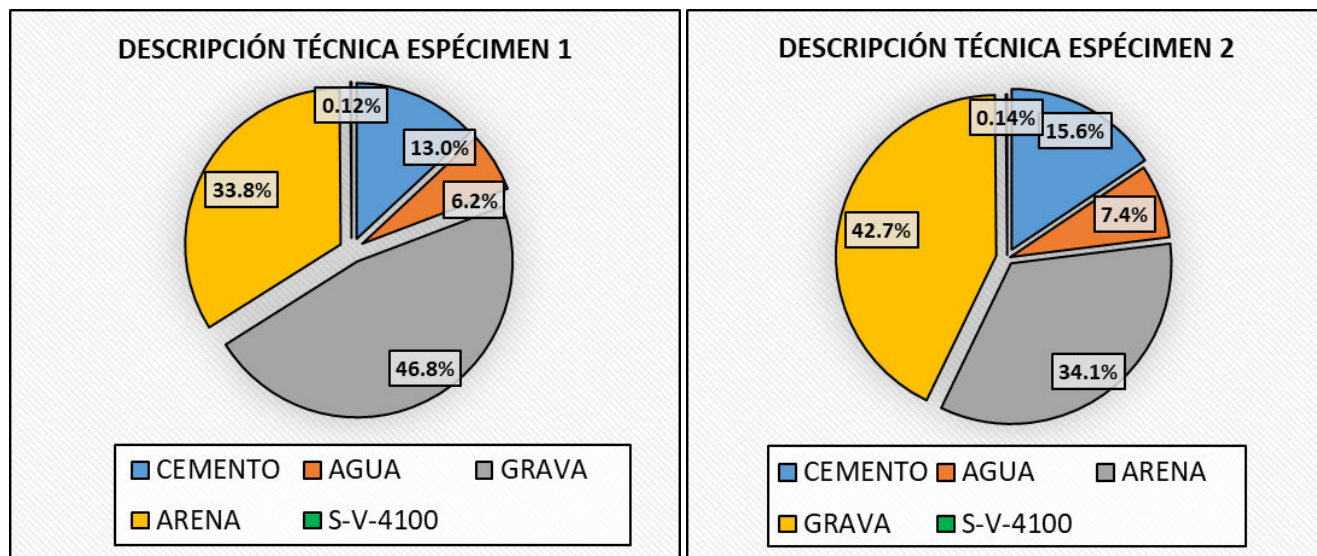


Ilustración 24 Variación de los componentes del hormigón patrón con la aplicación de Sika Viscocrete 4100.

Fuente: El Autor.

3.8.2.2 Variación de los componentes del hormigón $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$ y 750 kg/cm^2 .

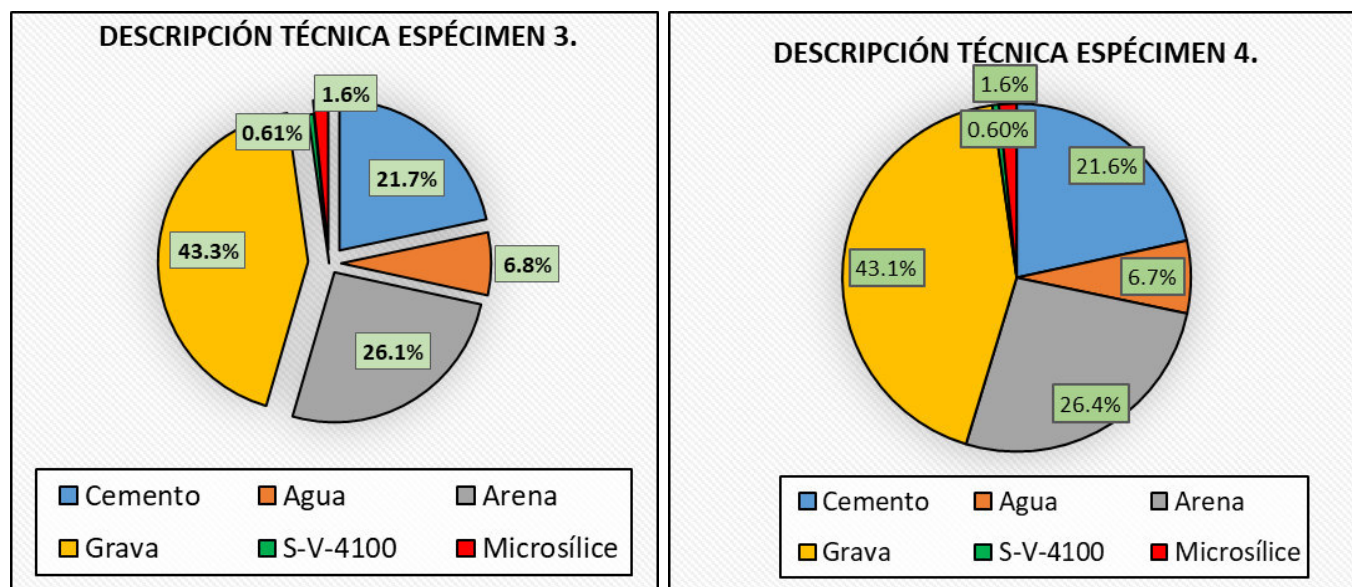


Ilustración 25 Variación de los componentes del hormigón patrón con la aplicación de Sika Viscocrete 4100.

Fuente: El Autor.

Para el hormigón de $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$, y 750 kg/cm^2 , tampoco se ha realizado ninguna modificación respecto al anterior aditivo esto con la finalidad de encontrar la variación de las propiedades mecánicas del hormigón en iguales condiciones.

3.8.3 Diseño del hormigón con aditivo Sikament N100

3.8.3.1 Variación de los componentes del hormigón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para este tipo de aditivo se vio la necesidad de incrementar el contenido de Sikament N100 ya que la mezcla no presentaba la misma consistencia que los anteriores esto, por ser un superplastificante de alto poder únicamente y por estar clasificado como tipo A y F según la ASTM C-494.

la dosificación final considerada en esta investigación para el espécimen 1 y 2 de 210 kg/cm^2 , se ha considerado la aplicación de Sikament N100 al 1% del peso del cemento.

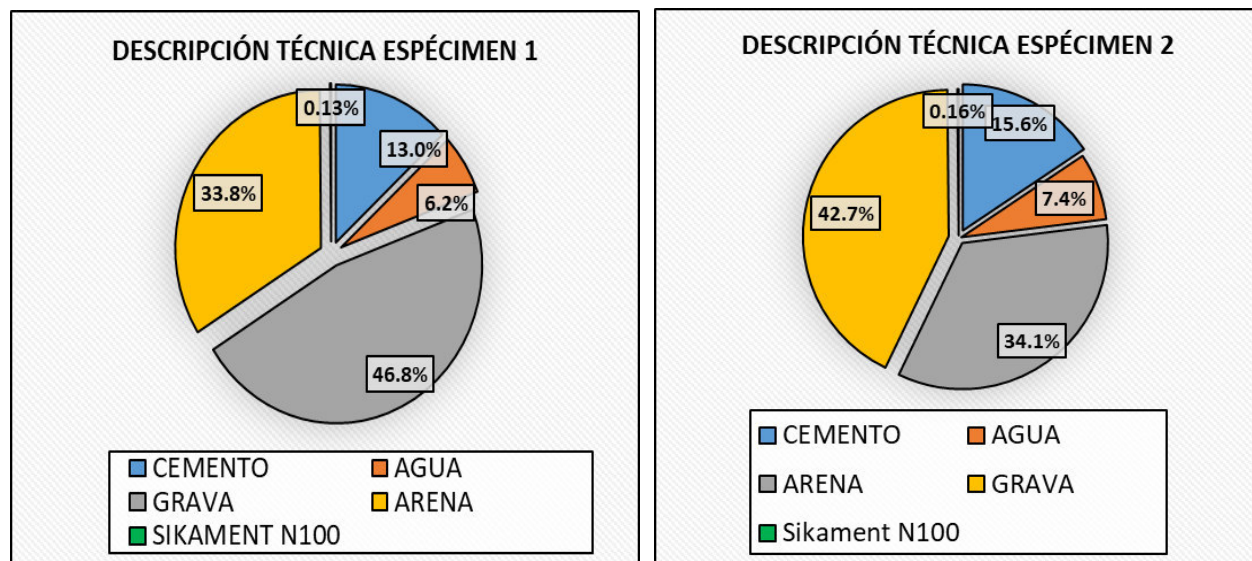


Ilustración 26 Variación de los componentes del hormigón patrón con la aplicación de Sikament N100. $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

3.8.3.2 Variación de los componentes del hormigón $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$ y 750 kg/cm^2 .

Para el caso del hormigón de 500 kg/cm^2 y 750 kg/cm^2 , se la dosificación del aditivo Sikament N100, tuvo que modificarse a razón de 3,2% del peso del cemento la razón se observa en la (Ilustración 27) izquierda donde se observa un asentamiento de 0cm correspondiente a una consistencia seca, que dificulta en gran medida la elaboración de especímenes por lo que el autor vio la necesidad de realizar un aumento del contenido de aditivo al 3.2% que mejora la consistencia del hormigón a una más plástica dando un asentamiento $\approx 4\text{cm}$ (Ilustración 27) derecha.



Ilustración 27 Mezcla con la aplicación del 2,8 % de aditivo (izquierda) 3,2 % de Viscocrete 20HE derecha.

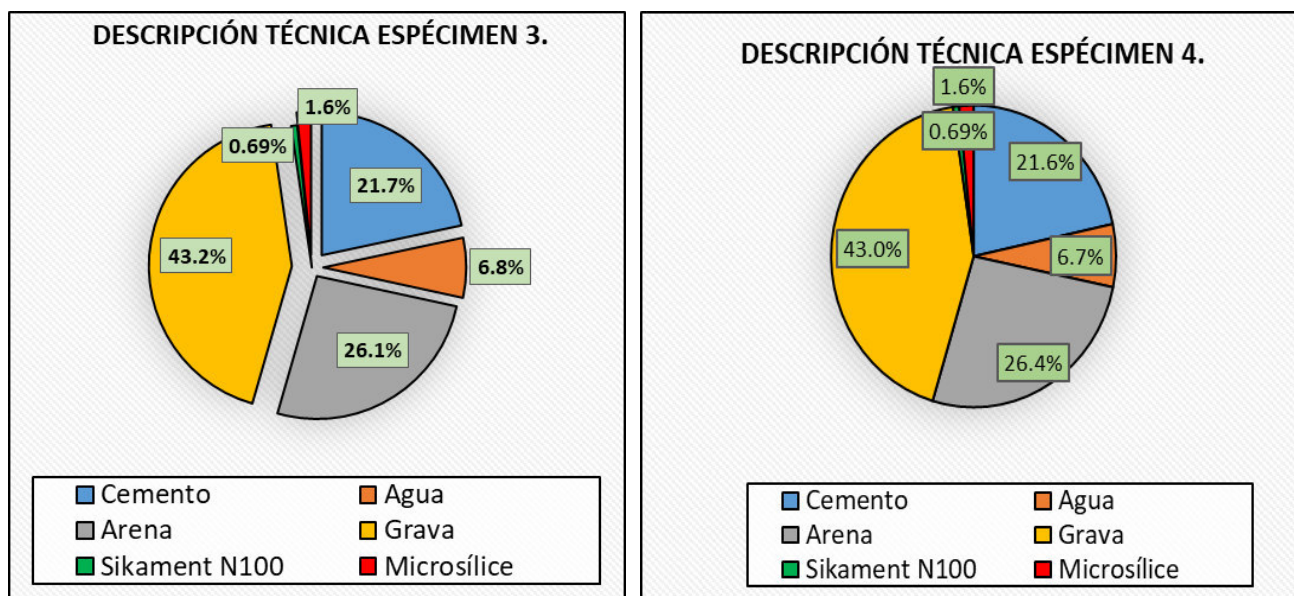


Ilustración 28 Variación de los componentes del hormigón patrón con la aplicación de Sikament N100. $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$

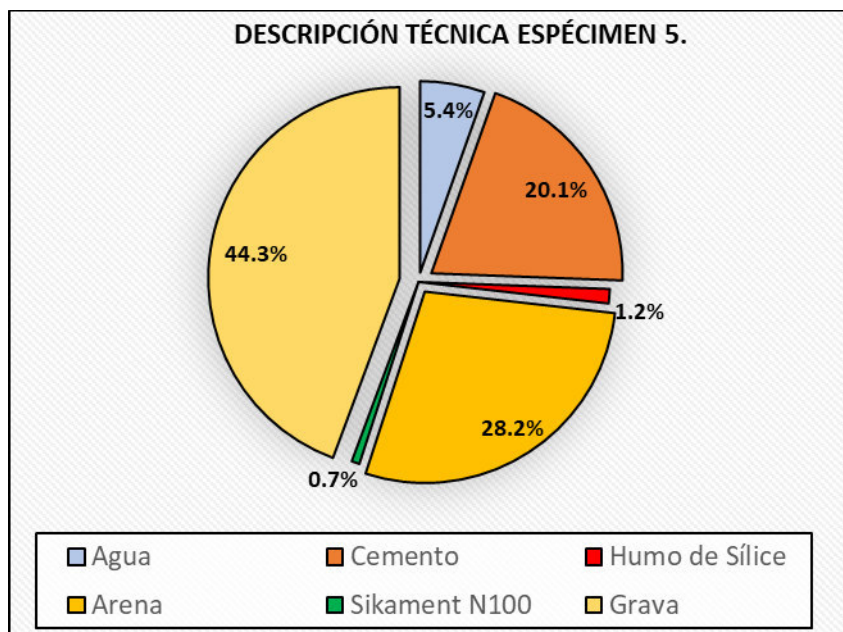


Ilustración 29 Variación de los componentes del hormigón patrón con la aplicación de Sikament N100. $f'c=750 \text{ kg/cm}^2$



3.9 RESUMEN CLASIFICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES SEGÚN LA RESISTENCIA Y EL TIPO DE ADITIVO EMPLEADO PARA SU FABRICACIÓN.

Tabla 38 Clasificación de los Especímenes.

Resistencia	Especimen	Aditivo
kg/cm ²		
210	1	A
		B
		C
	2	A
		B
		C
500	3	A
		B
		C
	4	A
		B
		C
750	5	A
		B
		C

Tabla 39 Correspondencia del tipo de Aditivos.

A	B	C
Sika Viscocrete 20 HE	Sika Viscocrete 4100	Sikament N100

Las Tablas 39 y 40 describen de manera simplificada la elaboración de los especímenes para el desarrollo de esta investigación con la finalidad de encontrar la variación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón con la aplicación de los aditivos A, B, C y su influencia en las resistencias a la compresión a los 3, 7, 14 y 28 días de edad.



CAPITULO IV: COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN CON EL ADITIVO SIKA VISCOCRETE 20 HE (SUPERPLASTIFICANTE), SIKA VISCOCRETE 4100 (HIPERPLASTIFICANTE) Y SIKAMENT N100 (SUPERPLASTIFICANTE).

4.1 ENSAYOS Y RESULTADOS

4.1.1 PROPIEDADES MECANICAS DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.

4.1.1.1 Consistencia:

Esta propiedad del hormigón es considerada como la facilidad que posee el hormigón en su estado fresco para moldearse y deformarse según su molde establecido, esto ocurre cuando las partículas que conforman la pasta de cemento se han hidratado por completo adquiriendo cierto grado de plasticidad. Este proceso depende de parámetros preestablecidos como; volumen de agua utilizado, tamaño máximo de la grava, distribución granulométrica y la forma de los agregados. La Tabla 40 indica el asentamiento y su variación con respecto al concreto patrón, espécimen 1 y 2 respectivamente.

4.1.1.2 Fluidez:

Esta característica determina la consistencia del hormigón medida por medio del ensayo de asentamiento con el cono de Abrams y es la capacidad que tiene el hormigón de comportarse de manera líquida, para medir la fluidez de un hormigón es necesario el ensayo a través de la mesa de caídas, o mesa de sacudidas.

La fluidez está determinada por la siguiente formula:

$$F = \frac{D - 25}{25} * 100$$

Donde:

F: Porcentaje de Fluidez

D: Diámetro promedio en cm.



4.1.1.3 Exudación:

Según la (ASTM C232), la exudación es un tipo de segregación del concreto por el cual parte del agua de diseño se separa de la masa y fluye desde el interior de la mezcla hacia la superficie del concreto.

La (NTE INEN 694, 2010, pág. 4) señala que la exudación es el flujo autógeno o aparición del agua interna de mezcla en el hormigón o mortero recién colocados, causada por arreglo de los materiales sólidos dentro de la masa, también conocido como sangrado.

4.1.1.4 Tiempo de Fraguado:

La (ASTM C403) define al tiempo de fraguado como la propiedad que representa el tiempo mediante el cual el hormigón fresco cambia de su consistencia moldeable a una sólida e indeformable.

4.1.1.4.1 Periodos del tiempo de fraguado:

- **Tiempo de fraguado inicial:** el tiempo de fraguado inicial se considera cuando la resistencia de penetración mediante el ensayo en pasta usando la aguja Vicat alcanza $500 \text{ lb/in}^2 \approx 35 \text{ kg/cm}^2$ y se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla, así como en la pérdida inicial de la plasticidad. (NTE INEN 1576, 2011, pág. 7)
- **Tiempo de fraguado final:** Se considera cuando la pasta de hormigón alcanza una resistencia a la penetración de $400 \text{ lb/in}^2 \approx 28 \text{ kg/cm}^2$ y el hormigón ya no presenta capacidad de deformación, como consecuencia de su capacidad de resistencia. (NTE INEN 1576, 2011, pág. 7)

Tabla 40 Ensayo de Asentamiento para determinar la variación de la consistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Espécimen	Asentamiento (cm)	Variación con respecto al concreto patrón	Consistencia
Espécimen 1	7.5	100%	Blanda
Espécimen 2	8.5	100%	Blanda
Espécimen 1 A	9	120%	Blanda
Espécimen 1 B	10	133.3%	Blanda
Espécimen 1 C	9	120%	Blanda
Espécimen 2 A	10	117.6%	Blanda
Espécimen 2 B	11.5	135.3%	Fluida
Espécimen 2 C	11	129.4%	Fluida

Fuente: (Fuller y Thompson).

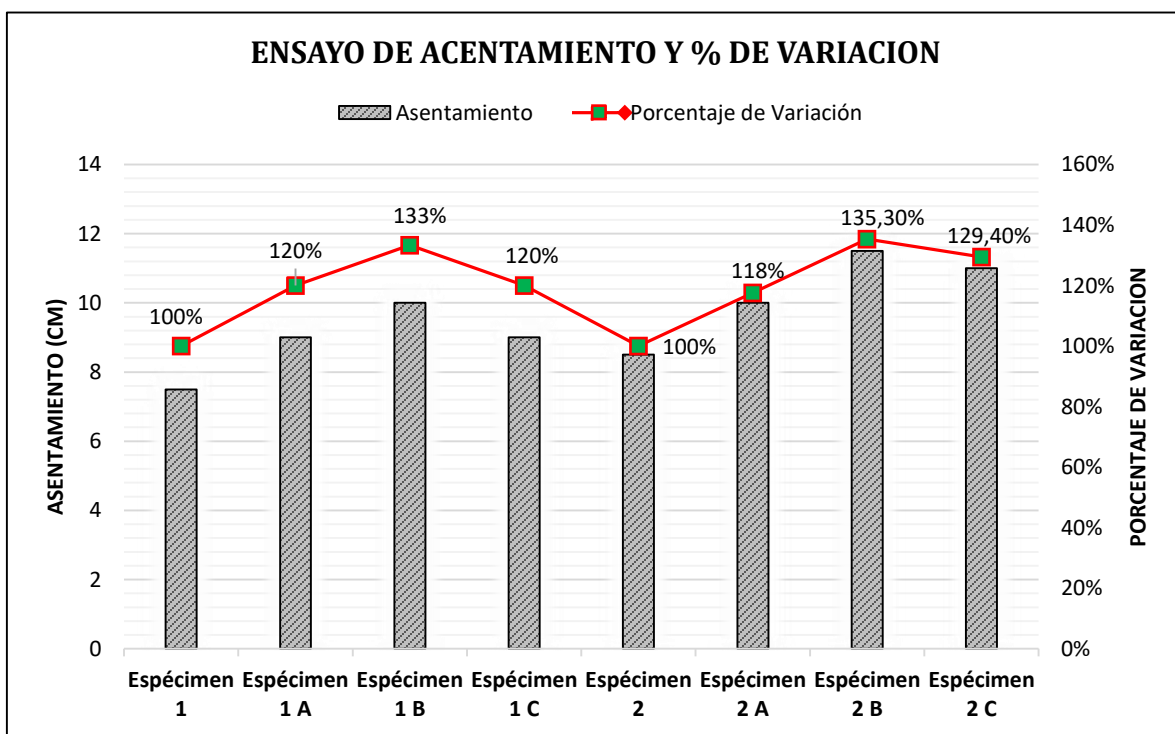


Ilustración 30 Ensayo de Asentamiento y Porcentaje de Variación Respecto al hormigón patrón. $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Tabla 41 Ensayo de Asentamiento para determinar la variación de la consistencia $f'c=500\text{kg/cm}^2$

Espécimen	Asentamiento (cm)	Consistencia
Espécimen 3 A	3	Plástica
Espécimen 3 B	3.5	Plástica
Espécimen 3 C	2.5	Plástica
Espécimen 4 A	5	Plástica
Espécimen 4 B	4	Plástica
Espécimen 4 C	2.5	Plástica

Fuente: (Fuller y Thompson)

4.1.2 PROPIEDADES MECANICAS DEL HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO.

4.1.2.1 Resistencia a la compresión.

La resistencia del esfuerzo a compresión es la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de hormigón, comúnmente expresada en kg/cm^2 según el sistema de medición empleado, y esta está en función de los agregados, el tipo de cemento empleado y estrictamente de la relación agua/cemento.

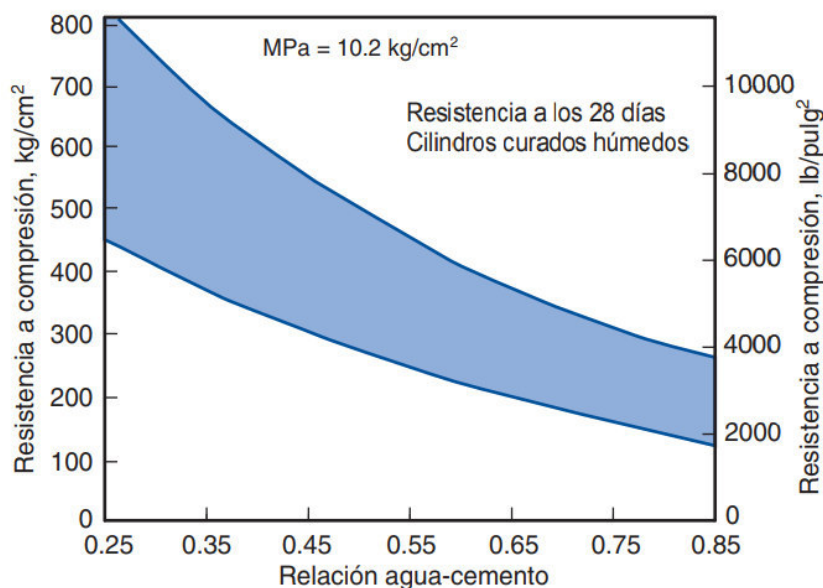


Ilustración 31 Variación de resistencias típicas para relaciones agua cemento portland basadas en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985-1999.

Fuente: (Portland Cement Association, Kerkhoff, Panarese, & Skokie, 2011)



El esfuerzo admisible a compresión del hormigón es una propiedad física y comúnmente usada para cálculos ingenieriles tanto para el diseño de puentes, edificios y otras estructuras porque en esta condición de carga el hormigón evidencia mayor capacidad para soportar esfuerzos.

4.1.2.2 Densidad:

La densidad del hormigón es la razón de dividir la masa por unidad de volumen esta varia del estado fresco ha endurecido dependiendo de las condiciones de la naturaleza; las características físicas de los agregados utilizados y específicamente del método de compactación sobre encofrados, cilindros etc. La densidad puede variar de 2200 a 2400 kg/m³ en hormigón convencional de (*peso normal*). En concretos de alta resistencia la densidad puede ser mayor a **2400** kg/m³ dependiendo de los agregados y su método de compactación.



4.1.2.2.1 Clasificación del hormigón según su Densidad.

Clasificación del hormigón por su Densidad	
Baja Densidad	La masa de estos hormigones oscila entre los 300 hasta los 800 kg/m ³ , son usados para aislamiento térmico y acústico además poseen una resistencia al esfuerzo de compresión muy baja de 70 kg/cm ²
Ligero Intermedio	Estos hormigones tienen un peso de 800 hasta 1400 kg/m ³ , y su resistencia puede llegar hasta los 175 kg/cm ² aproximadamente
Ligero Estructural	La máxima resistencia del esfuerzo a compresión de estos hormigones varia en un rango de 175 a 500 kg/cm ² es principalmente de uso estructural y son considerados de peso ligero de 1400 a 1900 kg/m ³
Peso Normal	Se consideran hormigones normales, de mayor uso cuyo peso varia de 2200 a 2500 kg/m ³ el cual puede o no ser de uso estructural su resistencia al esfuerzo de compresión puede ser $\geq$ a 1200 kg/cm ²
Hormigón Pesado	Son hormigones para usos especiales tales como protección contra radiaciones, sistemas de contrapesos para puentes, y donde se requiera un alto grado de impermeabilidad, su peso varia de 2600 a 5500 kg/m ³ y su resistencia al esfuerzo de compresión puede variar de 1200 a 2500 kg/cm ² inclusive más.

Fuente: El Autor.

4.1.2.3 Permeabilidad:

Esta característica indica la capacidad que presta el hormigón para ser atravesado por un fluido “normalmente el hormigón tiene un coeficiente de permeabilidad entre 10^{-6} , y 10^{-10} cm/s. (CHILUISA, 2014, pág. 13) para lograr un hormigón lo menos permeable posible se debe trabajar con una relación Agua/Cemento muy baja.



4.1.2.4 Propiedades físicas obtenidas en el laboratorio de la Universidades Católica de Cuenca

Tabla 42 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (21 \text{ Mpa})$ vs Edad en Días (3 días).

Espécimen	Probeta Nº	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Asentamiento	Consistencia	Densidad	Promedio Densidad	$f'c$	$f'c$ Promedio	
				(días)	(cm)		kg/m ³	kg/m ³	(kg/m ²)	(kg/m ²)	
1	1	4-jun-19	7-jun-19	3	7.5	Blanda	2407	2408.7	88.92	90.64	43.2
	2	4-jun-19	7-jun-19	3	7.5	Blanda	2418		90.65		
	3	4-jun-19	7-jun-19	3	7.5	Blanda	2401		92.34		
2	1	4-jun-19	7-jun-19	3	8.5	Blanda	2287	2300.0	77.85	80.68	38.4
	2	4-jun-19	7-jun-19	3	8.5	Blanda	2302		80.71		
	3	4-jun-19	7-jun-19	3	8.5	Blanda	2311		83.47		

Fuente: **El Autor.**

ESPÉCIMEN 1	ARENA DE LA TRONCAL + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU
ESPÉCIMEN 2	ARENA DE PAUTE + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU



Tabla 43 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón con aditivos $f'c = (21\text{Mpa})$ vs Edad en Días (3días)

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Asentamiento	Consistencia	Densidad	Promedio Densidad	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	(cm)		kg/m³	kg/m³	(kg/m²)	(kg/m²)	
1	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	7-jun-19	3	9.0	Blanda	2461	2451.0	87.33	87.17	41.5
		2	4-jun-19	7-jun-19	3	9.0	Blanda	2452		83.52		
		3	4-jun-19	7-jun-19	3	9.0	Blanda	2440		90.65		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	7-jun-19	3	10.0	Blanda	2468	2466.3	82.47	90.80	43.2
		2	4-jun-19	7-jun-19	3	10.0	Blanda	2460		91.8		
		3	4-jun-19	7-jun-19	3	10.0	Blanda	2471		98.12		
	C Sika Ment N-100	1	4-jun-19	7-jun-19	3	9.0	Blanda	2377	2407.7	72.44	77.41	36.9
		2	4-jun-19	7-jun-19	3	9.0	Blanda	2388		80.56		
		3	4-jun-19	7-jun-19	3	9.0	Blanda	2458		79.24		
2	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	7-jun-19	3	10.0	Blanda	2328	2320.0	75.18	76.66	32.2
		2	4-jun-19	7-jun-19	3	10.0	Blanda	2288		81.31		
		3	4-jun-19	7-jun-19	3	10.0	Blanda	2344		73.5		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	7-jun-19	3	11.5	Blanda	2281	2276.3	79.58	82.22	34.9
		2	4-jun-19	7-jun-19	3	11.5	Blanda	2235		86.82		
		3	4-jun-19	7-jun-19	3	11.5	Blanda	2313		80.25		
	C Sika Ment N-100	1	4-jun-19	7-jun-19	3	11.0	Blanda	2309	2319.7	66.37	69.30	28.7
		2	4-jun-19	7-jun-19	3	11.0	Blanda	2328		69.43		
		3	4-jun-19	7-jun-19	3	11.0	Blanda	2322		72.1		

Fuente: El Autor.



ESPÉCIMEN 1	ARENA DE LA TRONCAL + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU
ESPÉCIMEN 2	ARENA DE PAUTE + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU

Tabla 44 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (21\text{Mpa})$ vs Edad en Días (7días)

Espécimen	Aditivo	Probeta Nº	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Fuerza	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m ³	kg/m ³	Kg	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
1	N-A	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2410	2410.7	11488.8	149.25	150.56	71.7
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2422		11554.2	150.1		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2400		11725.1	152.32		
2	N-A	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2298	2309.7	9922.3	128.9	131.81	62.8
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2291		10069.3	130.81		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2340		10448.1	135.73		

Fuente: **El Autor.**



Tabla 45 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón con aditivos $f'c = (21\text{Mpa})$ vs Edad en Días (7días)

Especimen	Aditivo	Probeta Nº	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
1	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2425	2449.0	14440.9	187.6	184.32	87.8
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2461		13895.1	180.51		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2461		14228.4	184.84		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2465	2460.3	15189.8	197.33	194.53	92.6
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2447		14657.9	190.42		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2469		15074.4	195.83		
	C Sika Ment N- 100	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2405	2420.7	13097.6	170.15	171.38	81.6
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2425		12762.8	165.8		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2432		13717.3	178.2		
2	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2412	2405.0	12905.9	167.66	167.67	79.8
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2405		13173.8	171.14		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2398		12639.6	164.2		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2397	2395.7	13109.9	170.31	173.43	82.6
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2388		13056.0	169.61		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2402		13884.3	180.37		
	C Sika Ment N- 100	1	4-jun-19	11-jun-19	7	2325	2343.3	11557.3	150.14	156.95	74.7
		2	4-jun-19	11-jun-19	7	2360		12109.2	157.31		
		3	4-jun-19	11-jun-19	7	2345		12578.0	163.4		

Fuente: **El Autor.**



ESPÉCIMEN 1	ARENA DE LA TRONCAL + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU
ESPÉCIMEN 2	ARENA DE PAUTE + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU

Tabla 46 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (21\text{Mpa})$ vs Edad en Días (14días)

Espécimen	Aditivo	Probeta Nº	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m ³	kg/m ³	Kg	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
1	N-A	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2431	2425.0	14567.9	189.25	190.56	90.7
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2425		14633.3	190.1		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2419		14804.2	192.32		
2	N-A	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2311	2321.7	13001.4	168.9	171.81	81.8
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2306		13148.4	170.81		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2348		13527.1	175.73		

Fuente: **El Autor.**



Tabla 47 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón con aditivos $f'c = (21\text{Mpa})$ vs Edad en Días (14 días)

Especimen	Aditivo	Probeta Nº	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
1	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2450	2443.3	20167.9	262	256.83	122.3
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2445		18859.3	245		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2435		20283.4	263.5		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2426	2461.0	21476.5	279	269.33	128.3
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2464		19937.0	259		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2493		20783.8	270		
	C Sika Ment N-100	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2436	2427.7	17396.8	226	227.00	108.1
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2429		15934.2	207		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2418		19090.3	248		
2	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2441	2397.0	15934.2	207	220.33	104.9
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2361		16627.0	216		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2389		18320.5	238		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2398	2393.0	17165.8	223	229.00	109.0
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2352		19090.3	248		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2429		16627.0	216		
	C Sika Ment N-100	1	4-jun-19	18-jun-19	14	2336	2349.0	16011.2	208	205.67	97.9
		2	4-jun-19	18-jun-19	14	2382		15241.4	198		
		3	4-jun-19	18-jun-19	14	2329		16242.1	211		

Fuente: **El Autor.**



ESPÉCIMEN 1	ARENA DE LA TRONCAL + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU
ESPÉCIMEN 2	ARENA DE PAUTE + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU

Tabla 48 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (21 \text{ Mpa})$ vs Edad en Días (28 días)

Espécimen	Aditivo	Probeta Nº	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	
					(días)	kg/m ³	kg/m ³	Kg	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	%
1	N-A	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2438	2421.3	16982.6	220.62	217.70	103.7
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2411		16575.4	215.33		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2415		16714.8	217.14		
2	N-A	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2318	2311.0	16203.6	210.5	210.41	100.2
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2301		16537.7	214.84		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2314		15849.5	205.9		

Fuente: **El Autor.**



Tabla 49 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (21\text{Mpa})$ vs Edad en Días (28días)

Espécimen	Aditivo	Probeta Nº	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
1	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2461	2443.7	21784.5	283	279.17	132.9
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2442		20629.8	268		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2428		22053.9	286.5		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2484	2464.7	23093.1	300	292.00	139.0
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2431		21399.6	278		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2479		22939.1	298		
	C Sika Ment N- 100	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2403	2419.0	19013.3	247	248.00	118.1
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2433		17550.7	228		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2421		20706.8	269		
2	A Viscocrete 20HE	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2389	2394.3	18243.5	237	250.00	119.0
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2405		19398.2	252		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2389		20091.0	261		
	B Viscocrete 4100	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2408	2396.3	19706.1	256	259.50	123.6
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2391		21168.6	275		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2390		19051.8	247.5		
	C Sika Ment N- 100	1	4-jun-19	2-jul-19	28	2318	2343.0	18436.0	239.5	237.00	112.9
		2	4-jun-19	2-jul-19	28	2378		17666.2	229.5		
		3	4-jun-19	2-jul-19	28	2333		18628.4	242		

Fuente: **El Autor.**



Tabla 50 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (50\text{Mpa})$ vs Edad en Días (3 días)

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Asentamiento	Consistencia	Densidad	Promedio Densidad	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	(cm)		kg/m³	kg/m³	(kg/m²)	(kg/m²)	
3	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	17-jun-19	3	5.0	Plástica	2503	2521.3	233	245.67	49.1
		2	14-jun-19	17-jun-19	3	5.0	Plástica	2522		248		
		3	14-jun-19	17-jun-19	3	5.0	Plástica	2539		256		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	17-jun-19	3	4.0	Plástica	2541	2543.7	284	280.67	56.1
		2	14-jun-19	17-jun-19	3	4.0	Plástica	2529		268		
		3	14-jun-19	17-jun-19	3	4.0	Plástica	2561		290		
	C Sika Ment N-100	1	14-jun-19	17-jun-19	3	2.5	Plástica	2478	2472.7	207	222.33	44.5
		2	14-jun-19	17-jun-19	3	2.5	Plástica	2495		241		
		3	14-jun-19	17-jun-19	3	2.5	Plástica	2445		219		
4	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	17-jun-19	3	5.5	Blanda	2465	2449.0	230	234.33	46.9
		2	14-jun-19	17-jun-19	3	5.5	Blanda	2429		242		
		3	14-jun-19	17-jun-19	3	5.5	Blanda	2453		231		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	17-jun-19	3	5.0	Plástica	2464	2461.3	246	255.00	51.0
		2	14-jun-19	17-jun-19	3	5.0	Plástica	2470		252		
		3	14-jun-19	17-jun-19	3	5.0	Plástica	2450		267		
	C Sika Ment N-100	1	14-jun-19	17-jun-19	3	2.0	Seca	2400	2391.0	173	198.67	39.7
		2	14-jun-19	17-jun-19	3	2.0	Seca	2412		209		
		3	14-jun-19	17-jun-19	3	2.0	Seca	2361		214		

Fuente: El Autor.



Tabla 51 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (50\text{Mpa})$ vs Edad en Días (7 días)

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
3	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	21-jun-19	7	2514	2511.7	29097.3	378	374.67	74.9
		2	14-jun-19	21-jun-19	7	2501		31560.5	410		
		3	14-jun-19	21-jun-19	7	2520		25864.2	336		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	21-jun-19	7	2526	2530.3	29174.2	379	423.33	84.7
		2	14-jun-19	21-jun-19	7	2539		35024.5	455		
		3	14-jun-19	21-jun-19	7	2526		33561.9	436		
	C Sika Ment N-100	1	14-jun-19	21-jun-19	7	2481	2501.3	29559.1	384	345.00	69.0
		2	14-jun-19	21-jun-19	7	2591		24247.7	315		
		3	14-jun-19	21-jun-19	7	2432		25864.2	336		
4	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	21-jun-19	7	2459	2452.3	27018.9	351	372.67	74.5
		2	14-jun-19	21-jun-19	7	2438		30713.8	399		
		3	14-jun-19	21-jun-19	7	2460		28327.5	368		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	21-jun-19	7	2450	2463.0	29097.3	378	405.33	81.1
		2	14-jun-19	21-jun-19	7	2473		36102.2	469		
		3	14-jun-19	21-jun-19	7	2466		28404.5	369		
	C Sika Ment N-100	1	14-jun-19	21-jun-19	7	2373	2369.0	22862.1	297	314.67	62.9
		2	14-jun-19	21-jun-19	7	2379		21784.5	283		
		3	14-jun-19	21-jun-19	7	2355		28019.6	364		

Fuente: **El Autor.**



Tabla 52 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (50\text{Mpa})$ vs Edad en Días (14 días)

Especimen	Aditivo	Probeta Nº	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
3	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	28-jun-19	14	2522	2509.3	37795.6	491	479.33	95.9
		2	14-jun-19	28-jun-19	14	2510		39720.1	516		
		3	14-jun-19	28-jun-19	14	2496		33177.0	431		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	28-jun-19	14	2518	2516.0	37025.9	481	539.00	107.8
		2	14-jun-19	28-jun-19	14	2530		45955.2	597		
		3	14-jun-19	28-jun-19	14	2500		41490.5	539		
	C Sika Ment N- 100	1	14-jun-19	28-jun-19	14	2452	2521.3	36871.9	479	452.33	90.5
		2	14-jun-19	28-jun-19	14	2647		34023.8	442		
		3	14-jun-19	28-jun-19	14	2465		33561.9	436		
4	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	28-jun-19	14	2433	2444.3	33715.9	438	463.00	92.6
		2	14-jun-19	28-jun-19	14	2457		37333.8	485		
		3	14-jun-19	28-jun-19	14	2443		35871.2	466		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	28-jun-19	14	2469	2455.3	38488.4	500	472.67	94.5
		2	14-jun-19	28-jun-19	14	2446		35255.4	458		
		3	14-jun-19	28-jun-19	14	2451		35409.4	460		
	C Sika Ment N- 100	1	14-jun-19	28-jun-19	14	2380	2354.7	30636.8	398	419.67	83.9
		2	14-jun-19	28-jun-19	14	2341		31945.4	415		
		3	14-jun-19	28-jun-19	14	2343		34331.7	446		

Fuente: **El Autor.**



Tabla 53 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (50\text{Mpa})$ vs Edad en Días (28 días)

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
3	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	12-jul-19	28	2527	2515.7	42414.3	551	541.33	108.3
		2	14-jun-19	12-jul-19	28	2518		44030.8	572		
		3	14-jun-19	12-jul-19	28	2502		38565.4	501		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	12-jul-19	28	2521	2519.3	40412.9	525	603.33	120.7
		2	14-jun-19	12-jul-19	28	2536		51343.6	667		
		3	14-jun-19	12-jul-19	28	2501		47571.7	618		
	C Sika Ment N- 100	1	14-jun-19	12-jul-19	28	2454	2525.0	42260.3	549	524.33	104.9
		2	14-jun-19	12-jul-19	28	2648		39720.1	516		
		3	14-jun-19	12-jul-19	28	2473		39104.3	508		
4	A Viscocrete 20HE	1	14-jun-19	12-jul-19	28	2439	2456.0	39335.2	511	530.00	106.0
		2	14-jun-19	12-jul-19	28	2459		41028.7	533		
		3	14-jun-19	12-jul-19	28	2470		42029.4	546		
	B Viscocrete 4100	1	14-jun-19	12-jul-19	28	2483	2465.0	42953.1	558	537.33	107.5
		2	14-jun-19	12-jul-19	28	2450		39643.1	515		
		3	14-jun-19	12-jul-19	28	2462		41490.5	539		
	C Sika Ment N- 100	1	14-jun-19	12-jul-19	28	2387	2378.3	36794.9	478	498.00	99.6
		2	14-jun-19	12-jul-19	28	2398		38565.4	501		
		3	14-jun-19	12-jul-19	28	2350		39643.1	515		

Fuente: **El Autor.**



Tabla 54 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (75\text{Mpa})$ vs Edad en Días (3 días)

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Asentamiento	Consistencia	Densidad	Promedio Densidad	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	(cm)		kg/m³	kg/m³	(kg/m²)	(kg/m²)	
5	A Viscocrete 20HE	1	18-jun-19	21-jun-19	3	2,5	Plástica	2491	2482,7	332	335,33	44,7
		2	18-jun-19	21-jun-19	3	2,5	Plástica	2477		376		
		3	18-jun-19	21-jun-19	3	2,5	Plástica	2480		298		
	B Viscocrete 4100	1	18-jun-19	21-jun-19	3	3,0	Plástica	2498	2507,0	330	364,67	48,6
		2	18-jun-19	21-jun-19	3	3,0	Plástica	2533		388		
		3	18-jun-19	21-jun-19	3	3,0	Plástica	2490		376		
	C Sika Ment N- 100	1	18-jun-19	21-jun-19	3	2,0	Seca	2452	2486,0	292	303,67	40,5
		2	18-jun-19	21-jun-19	3	2,0	Seca	2487		317		
		3	18-jun-19	21-jun-19	3	2,0	Seca	2519		302		
	N-A	1	18-jun-19	21-jun-19	3	1,0	Seca	2386	2389,0	142	155,67	20,8
		2	18-jun-19	21-jun-19	3	1,0	Seca	2410		165		
		3	18-jun-19	21-jun-19	3	1,0	Seca	2371		160		

Fuente: El Autor.

ESPÉCIMEN 5

ARENA DE SILICE + GRAVA TRITURADA DE (CUARZO) + CEMENTO
ATENAS TIPO GU



Tabla 55 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (75\text{Mpa})$ vs Edad en Días (7 días)

Espécimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
5	A Viscocrete 20HE	1	18-jun-19	28-jun-19	7	2493	2478,7	37795,6	491	505,33	67,4
		2	18-jun-19	28-jun-19	7	2469		41259,6	536		
		3	18-jun-19	28-jun-19	7	2474		37641,7	489		
	B Viscocrete 4100	1	18-jun-19	28-jun-19	7	2488	2498,3	36794,9	478	537,33	71,6
		2	18-jun-19	28-jun-19	7	2494		45262,4	588		
		3	18-jun-19	28-jun-19	7	2513		42029,4	546		
	C Sika Ment N-100	1	18-jun-19	28-jun-19	7	2430	2467,7	35024,5	455	471,33	62,8
		2	18-jun-19	28-jun-19	7	2477		36564,0	475		
		3	18-jun-19	28-jun-19	7	2496		37256,8	484		
	N-A	1	18-jun-19	28-jun-19	7	2380	2394,7	18551,4	241	237,67	31,7
		2	18-jun-19	28-jun-19	7	2398		18936,3	246		
		3	18-jun-19	28-jun-19	7	2406		17396,8	226		

Fuente: **El Autor.**

ESPÉCIMEN 5

ARENA DE SILICE + GRAVA TRITURADA DE (CUARZO) + CEMENTO
ATENAS TIPO GU



Tabla 56 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (75\text{Mpa})$ vs Edad en Días (14 días)

Espécimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
5	A Viscocrete 20HE	1	18-jun-19	5-jul-19	14	2473	2483,0	48649,4	632	645,33	86,0
		2	18-jun-19	5-jul-19	14	2496		53345,0	693		
		3	18-jun-19	5-jul-19	14	2480		47032,9	611		
	B Viscocrete 4100	1	18-jun-19	5-jul-19	14	2530	2475,3	51574,5	670	667,67	89,0
		2	18-jun-19	5-jul-19	14	2458		52883,1	687		
		3	18-jun-19	5-jul-19	14	2438		49727,1	646		
	C Sika Ment N- 100	1	18-jun-19	5-jul-19	14	2416	2455,3	42876,1	557	592,33	79,0
		2	18-jun-19	5-jul-19	14	2449		46032,2	598		
		3	18-jun-19	5-jul-19	14	2501		47879,6	622		
	N-A	1	18-jun-19	5-jul-19	14	2388	2398,0	22708,2	295	293,67	39,2
		2	18-jun-19	5-jul-19	14	2390		23247,0	302		
		3	18-jun-19	5-jul-19	14	2416		21861,4	284		

Fuente: **El Autor.**

ESPÉCIMEN 5

ARENA DE SILICE + GRAVA TRITURADA DE (CUARZO) + CEMENTO
ATENAS TIPO GU



Tabla 57 Ensayos para determinar la curva de resistencia, hormigón patrón $f'c = (75\text{Mpa})$ vs Edad en Días (28 días)

Espécimen	Aditivo	Probeta N°	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	Densidad	Promedio Densidad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$ Promedio	%
					(días)	kg/m³	kg/m³	Kg	(kg/cm²)	(kg/cm²)	
5	A Viscocrete 20HE	1	18-jun-19	19-jul-19	28	2472	2481,3	56885,9	739	758,33	101,1
		2	18-jun-19	19-jul-19	28	2495		60503,8	786		
		3	18-jun-19	19-jul-19	28	2477		57732,7	750		
	B Viscocrete 4100	1	18-jun-19	19-jul-19	28	2472	2496,7	58656,4	762	777,00	103,6
		2	18-jun-19	19-jul-19	28	2568		61273,6	796		
		3	18-jun-19	19-jul-19	28	2450		59503,1	773		
	C Sika Ment N- 100	1	18-jun-19	19-jul-19	28	2443	2482,3	53729,9	698	672,00	89,6
		2	18-jun-19	19-jul-19	28	2498		50650,8	658		
		3	18-jun-19	19-jul-19	28	2506		50804,7	660		
	N-A	1	18-jun-19	19-jul-19	28	2408	2400,3	24170,7	314	328,00	43,7
		2	18-jun-19	19-jul-19	28	2395		26788,0	348		
		3	18-jun-19	19-jul-19	28	2398		24786,6	322		

Fuente: **El Autor.**

ESPÉCIMEN 5

ARENA DE SILICE + GRAVA TRITURADA DE (CUARZO) + CEMENTO
ATENAS TIPO GU



Tabla 58 Resumen de propiedades físicas y mecánicas obtenidas para los hormigones establecidos.

Resistencia de diseño	Espécimen	Aditivo Sika	Peso por metro cubico						Propiedades en Estado fresco		Propiedades en Estado Endurecido		
			Aditivo en % del peso del cemento	Agua	Microsilice	Cemento	Agregado Grueso	Agregado Fino	Asentamiento	Consistencia	Resistencia a los 28 días	Densidad	Módulo de Elasticidad
Kg/cm2				lt	kg	kg	kg	kg	cm		kg/cm2	kg/m³	kg/cm2
210	1	Viscocrete 20 HE	0,9	159,28	-	323,21	1159,71	838,15	9	Blanda	279.17	2443.7	252268,76
		Viscocrete 4100	0,9						10	Blanda	292.00	2464.7	257991,13
		Ment N-100	1						9	Blanda	248.00	2419.0	237659,5
		N/A	-	181	-	323,21			7.5	Blanda	217.70	2421.3	222790,84
	2	Viscocrete 20 HE	0,9	180,4	-	366,07	1001,86	800,95	10	Blanda	250.00	2394.3	238704,87
		Viscocrete 4100	0,9						11,5	Blanda	259.50	2396.3	243186,79
		Ment N-100	1						11	Blanda	237.00	2343.0	232446,35
		N/A	-	205	-	366,07			8.5	Blanda	210.41	2311.0	219026,78
500	3	Viscocrete 20 HE	2,8	169,08	40,81	542,19	1082	652,36	5	Plástica	541.33	2515.7	351190,46
		Viscocrete 4100	2,8						4	Plástica	603.33	2519.3	370447,43
		Ment N-100	3,2						2,5	Plástica	524.33	2525.0	345715,70
	4	Viscocrete 20 HE	2,8	169,08	40,81	542,19	1082	662,86	5,5	Plástica	530.00	2456.0	347595,68
		Viscocrete 4100	2,8						5	Plástica	537.33	2465.0	349977,78
		Ment N-100	3,2						2	Seca	498.00	2378.3	336930,59
750	5	Viscocrete 20 HE	3	135		500	1100	700	2,5	Plástica	758.33	2481.3	415785,42
		Viscocrete 4100	3						3	Plástica	777.00	2496.7	420890,84
		Ment N-100	3,2						2	Seca	672.00	2482.3	391400,38

4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

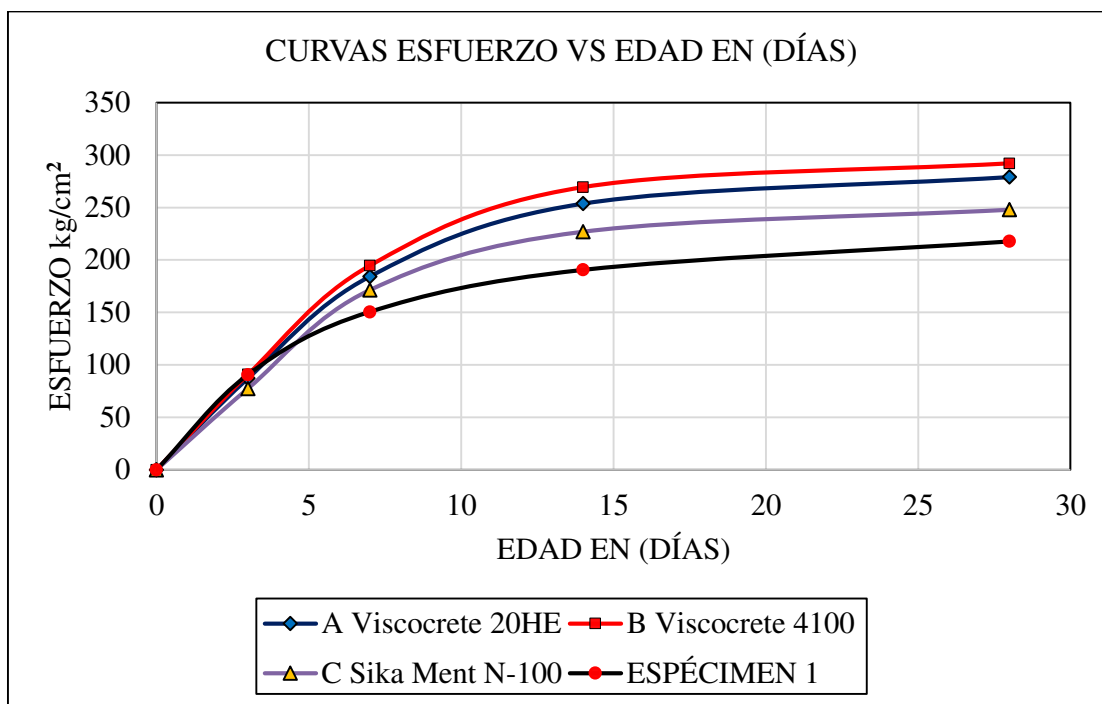


Ilustración 32 Curvas esfuerzo vs edad (días) Espécimen 1)

Fuente: **El Autor.**

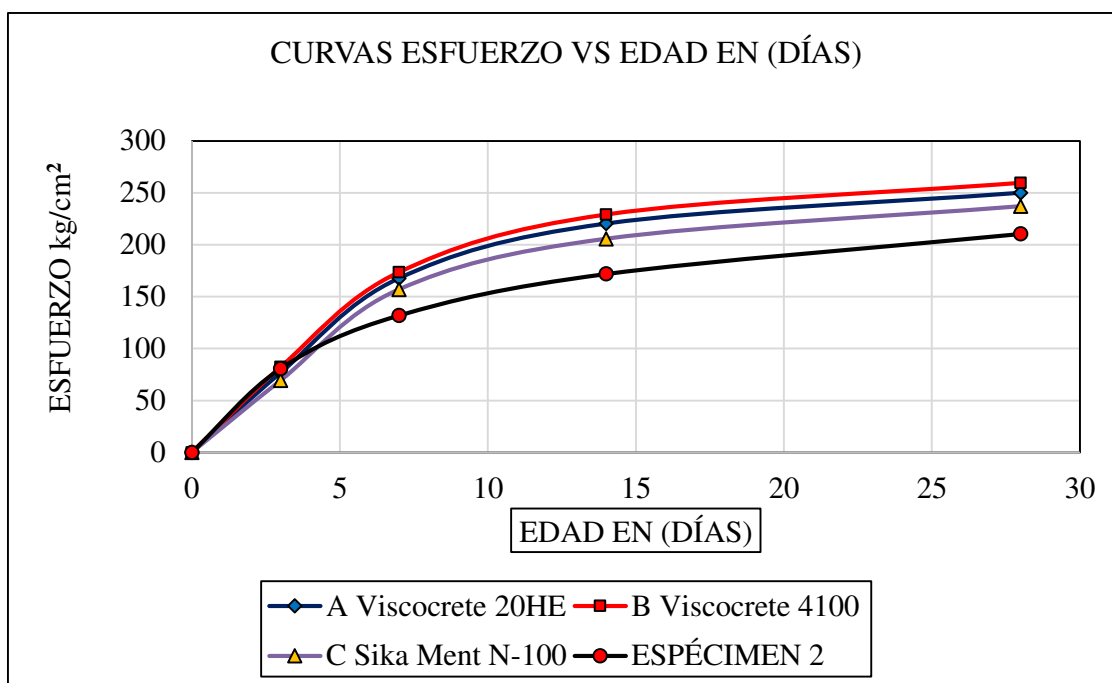


Ilustración 33 Curvas esfuerzo vs edad (días) Espécimen 2)

Fuente: **El Autor.**

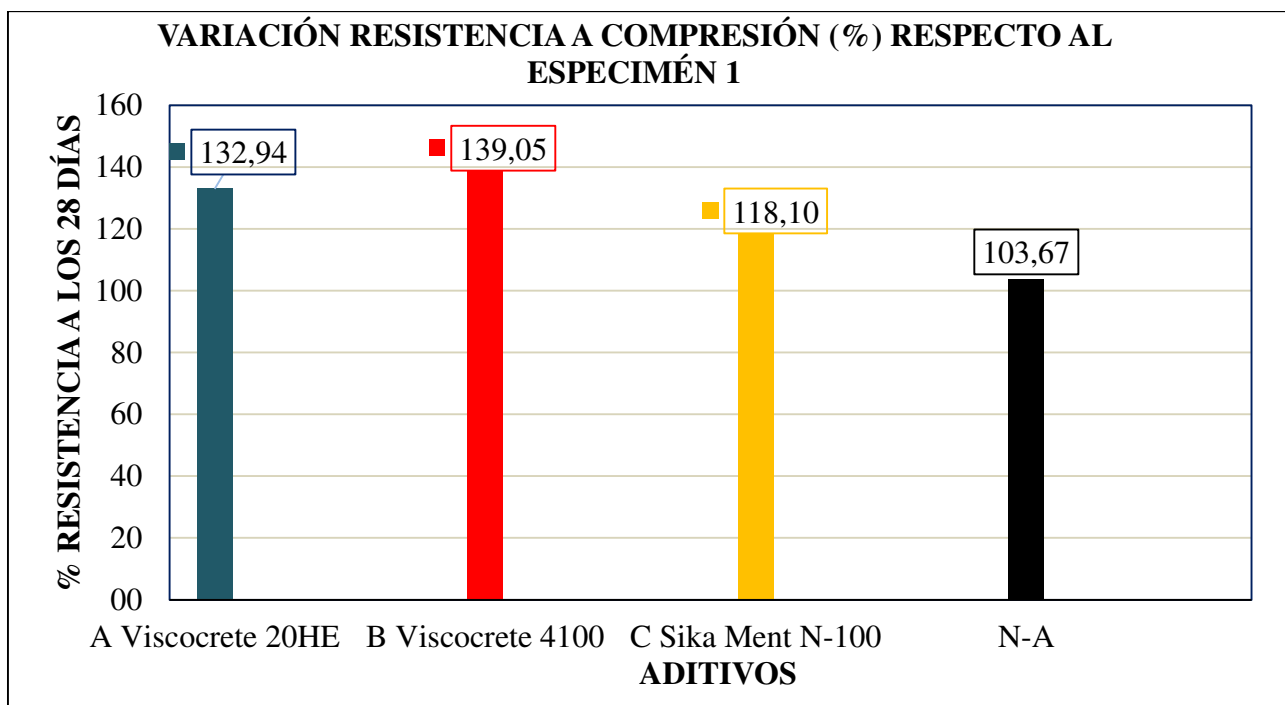


Ilustración 34 Porcentaje de variación de resistencia a los 28 días respecto al hormigón patrón (Especimen 1).

Fuente: El Autor.

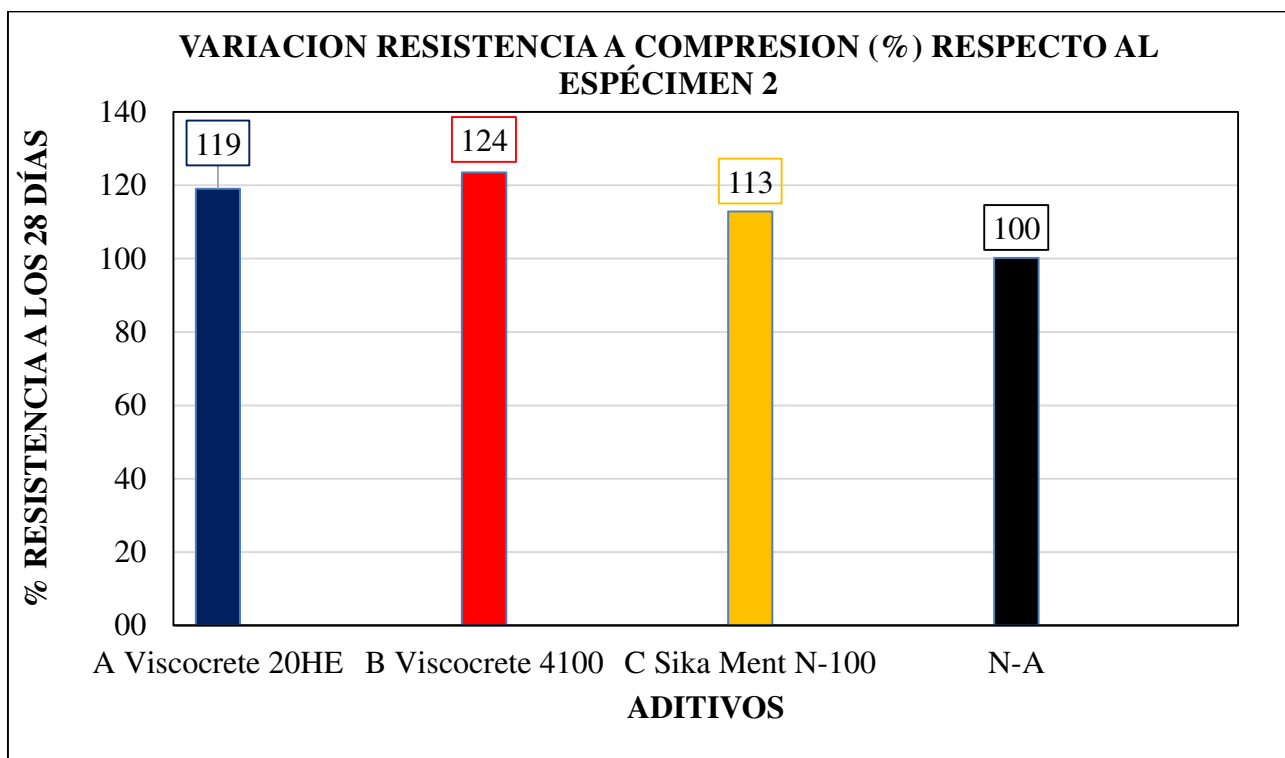


Ilustración 35 Porcentaje de variación de resistencia a los 28 días respecto al hormigón patrón (Especimen 2).

Fuente: El Autor.

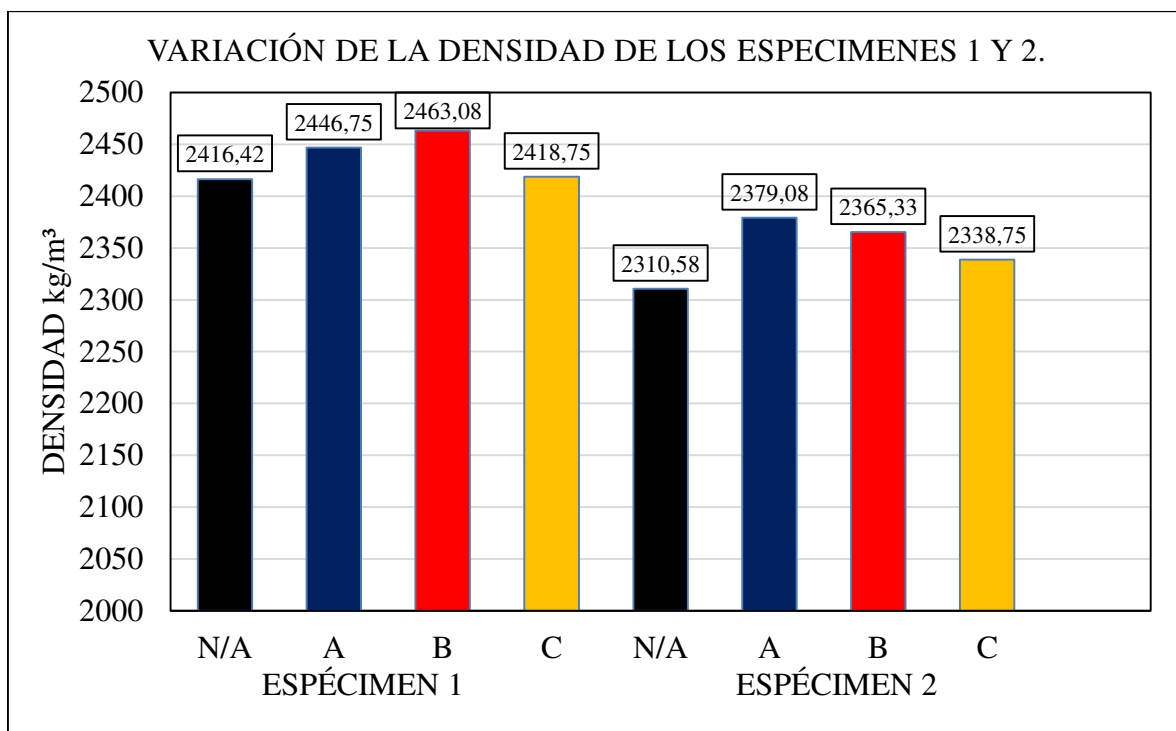


Ilustración 36 Variación de la Densidad de acuerdo al tipo de aditivo empleado de acuerdo al Especímen 1 y 2.

Fuente: **El Autor.**

Tabla 59 Variación de la relación Agua/Cemento Hormigón $f'c=21$ Mpa, con la aplicación de aditivos Superplastificantes.

Especímen	Aditivo	Relación A/C	Ahorro de Agua
A	Viscocrete 20 HE	0.49	12%
B	Viscocrete 4100	0.49	12%
C	Sikament N-100	0.49	12%
1	N/A	0.56	0%
2	N/A	0.56	0%

Fuente: **El Autor.**

ESPÉCIMEN 1	ARENA DE LA TRONCAL + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU
ESPÉCIMEN 2	ARENA DE PAUTE + GRAVA TRITURADA + CEMENTO ATENAS TIPO GU

4.2.2 Hormigón $f'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$

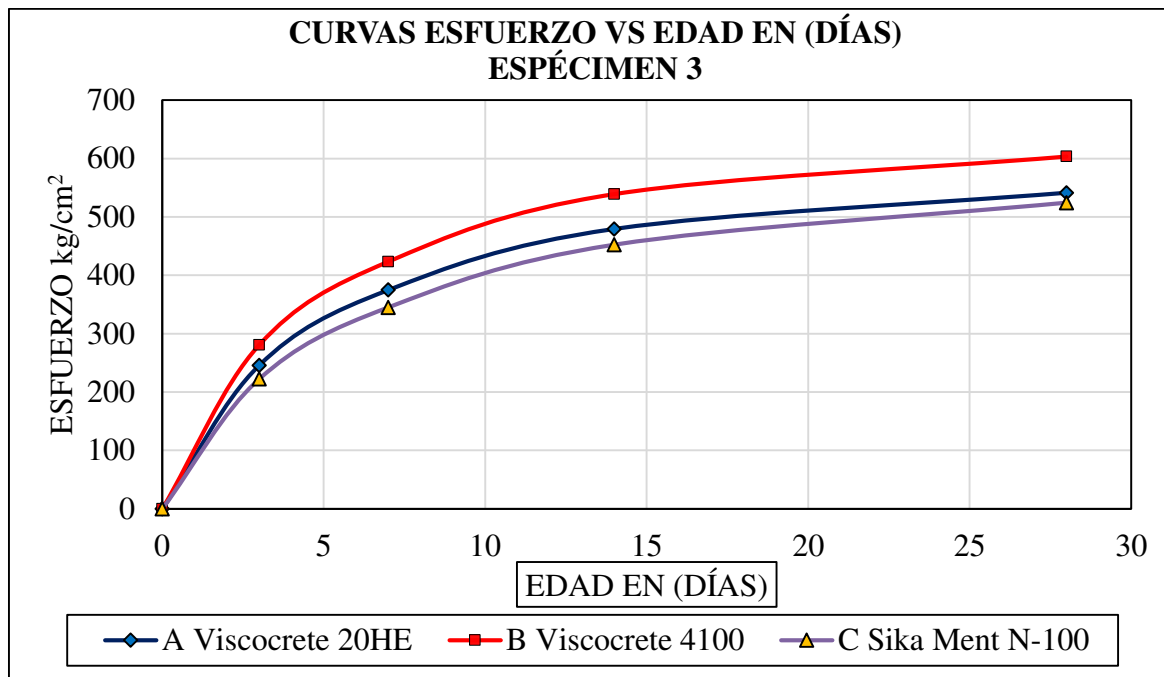


Ilustración 37 Curvas esfuerzo vs edad (días) Espécimen 3)

Fuente: **El Autor.**

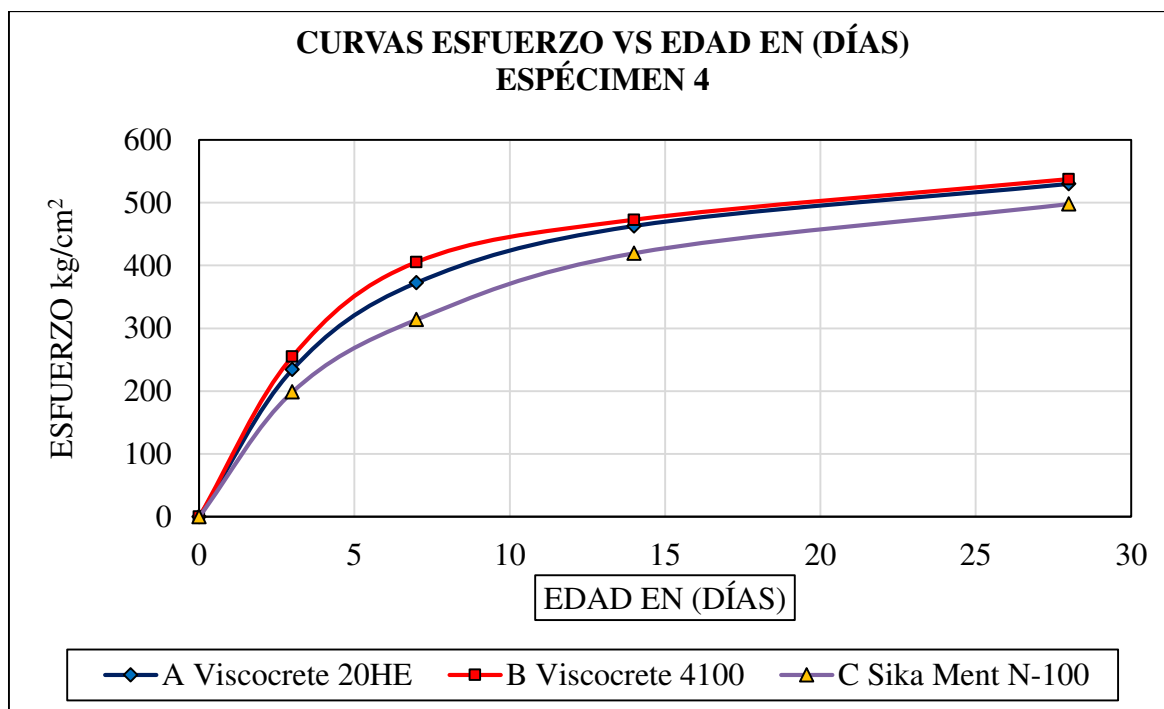


Ilustración 38 Curvas esfuerzo vs edad (días) Espécimen 4)

Fuente: **El Autor.**

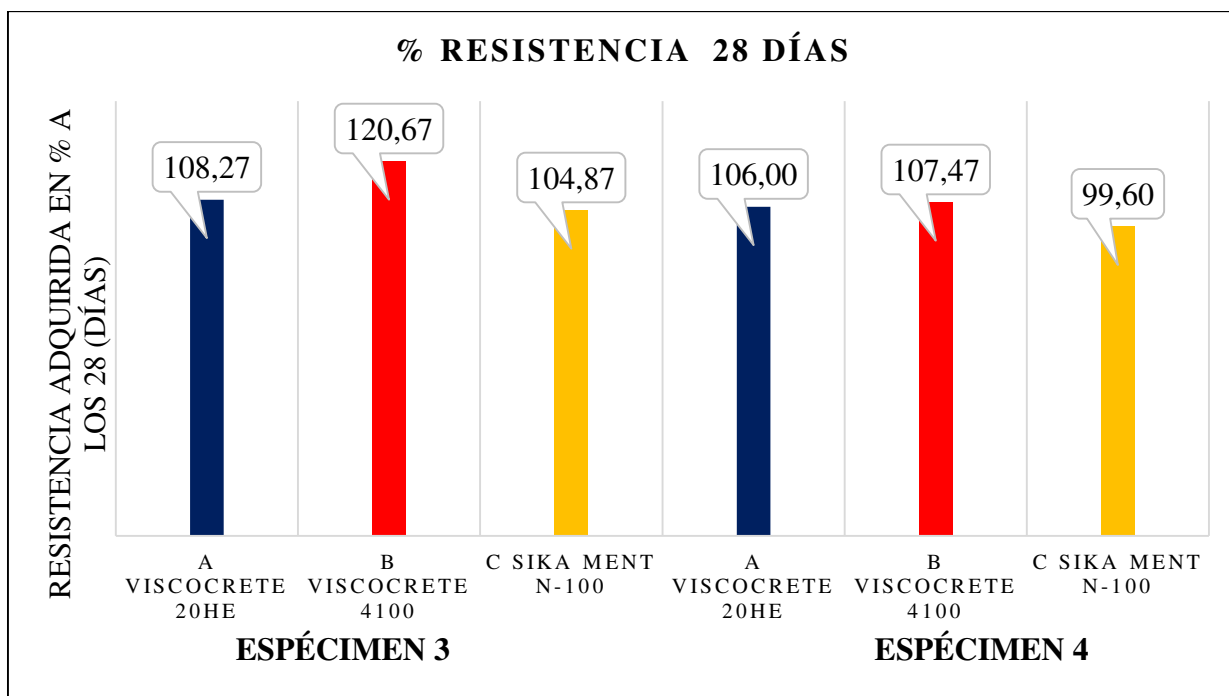


Ilustración 39 Porcentaje de variación de resistencia a los 28 días respecto al (Especimen 3 y 4). $f'c=500\text{kg/cm}^2$

Fuente: El Autor.

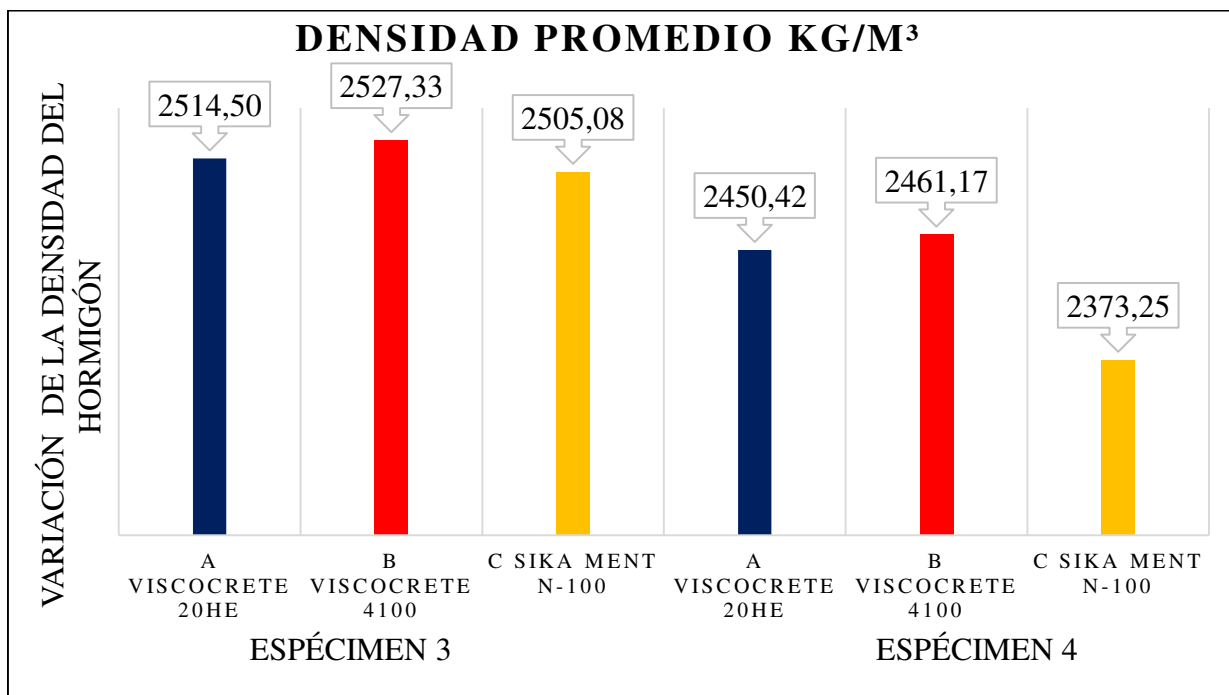


Ilustración 40 Variación de la densidad Especimen 3 vs Especimen 4. $f'c=500\text{kg/cm}^2$

Fuente: El Autor.

4.2.3 Hormigón $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$

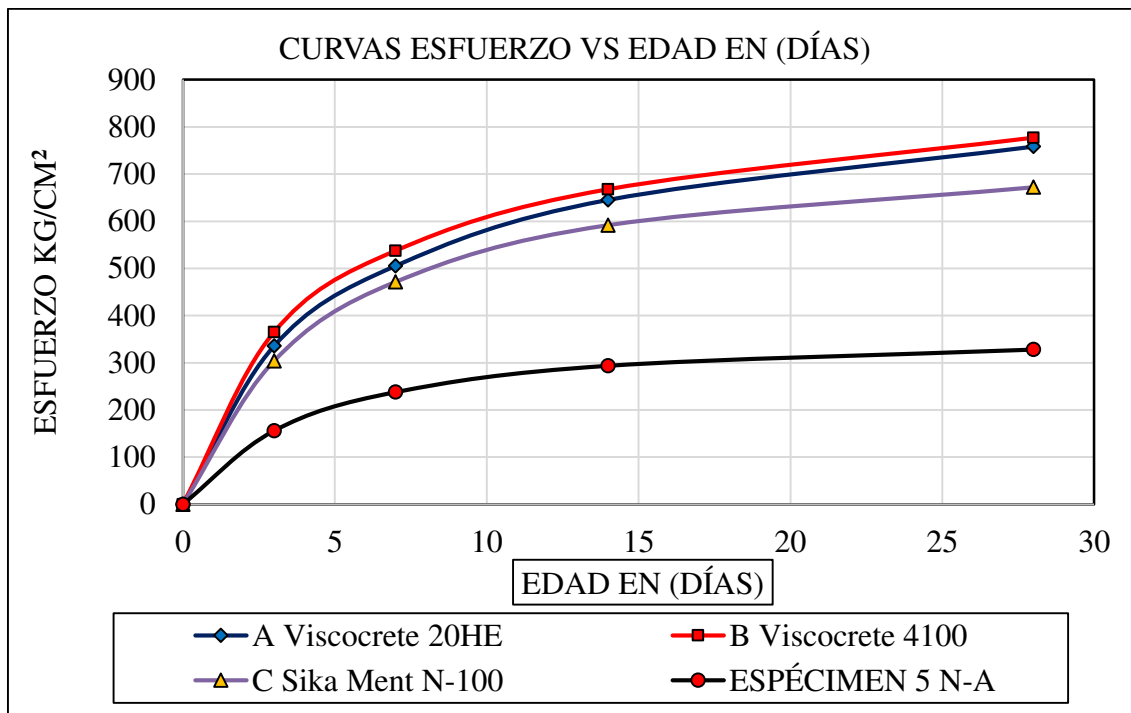
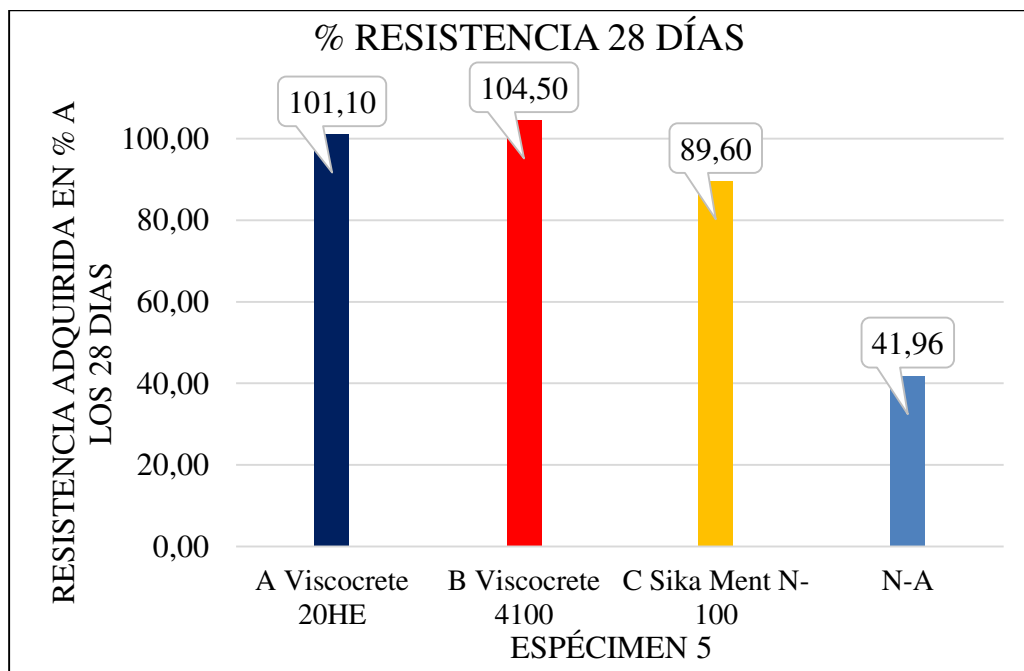


Ilustración 41 Curvas esfuerzo vs edad (días) Espécimen 5. $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: **El Autor.**

Ilustración 42 Porcentaje de variación de resistencia a los 28 días respecto al (Espécimen 5). $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: **El Autor.**

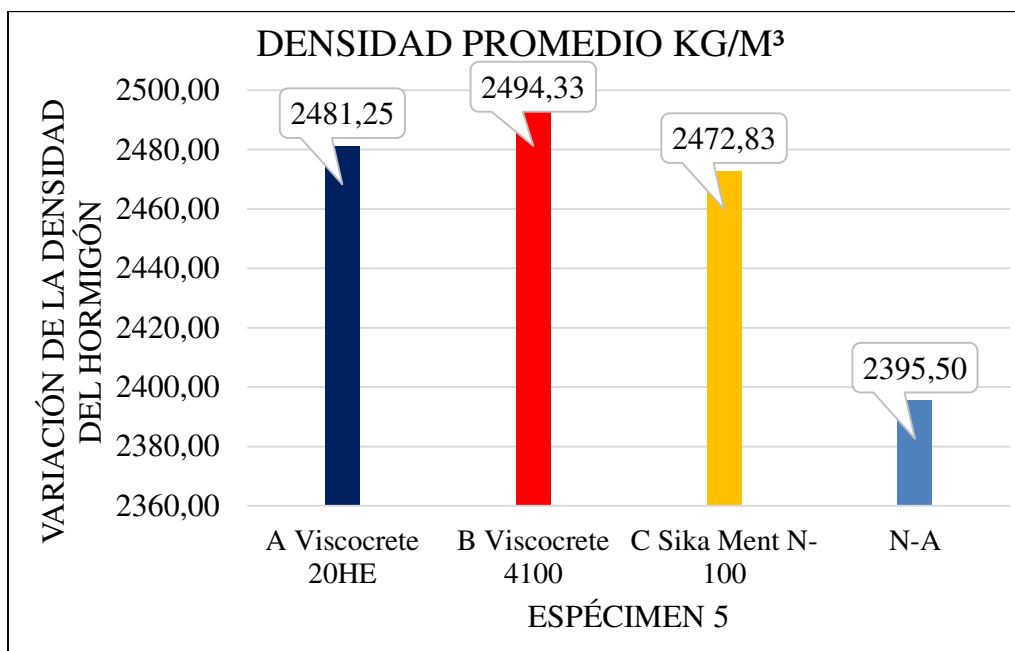


Ilustración 43 Variación de la densidad Espécimen 5. $f_c=750 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: **El Autor.**

4.2.4 GENERALIDADES

La experiencia, el criterio, la observación y el análisis de materiales en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca, permitirá realizar y comprender el análisis de resultados, en qué medida aumenta o disminuye la resistencia a la compresión con la aplicación de los diferentes tipos de aditivos empleados, para las diferentes dosificaciones propuestas según la edad del hormigón obtenido en (días), lo cual nos permitirá establecer el cumplimiento de los objetivos planteados.

Los ensayos realizados cumplen con los requerimientos planteados por la ASTM C-1 231 y por la NTE INEN 1 573.

El incremento de la resistencia en cada espécimen con la aplicación de aditivos se debe principalmente a la reducción de A/C y al efecto fluidificante del aditivo súper e hiperplastificante produce una hidratación más efectiva del cemento, generando mezclas más homogéneas y macizas que a la larga presentan una notable mejoría en la resistencia mecánica a compresión.

El curado utilizado para las probetas en la ejecución de esta investigación fue el curado por inmersión el cual se caracteriza por mantener la humedad de la muestra constante durante todo el tiempo de fraguado.

Los costos de los aditivos se presentan a continuación:

Sika Viscocrete 20 HE	\$3.88 /kg
Sika Viscocrete 4100	\$3.53 /kg
Sika Ment N-100	\$3.85 /kg

Fuente: (Sika Ecuatoriana, 2019)

4.2.5 INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN.

4.2.5.1 Parámetros obtenidos en el hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 60 Resumen de la variación de la resistencia a compresión y densidad del hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Espécimen	Aditivo	$f'c$ Promedio	%	Densidad kg/m^3
		(kg/cm^2)		
1	N-A	217.7	103.7	2421.3
1	A Viscocrete 20HE	279.2	132.9	2443.7
	B Viscocrete 4100	292.0	139.0	2464.7
	C Sika Ment N-100	248.0	118.1	2419.0
2	N-A	210.4	100.2	2311.0
2	A Viscocrete 20HE	250.0	119.0	2394.3
	B Viscocrete 4100	259.5	123.6	2396.3
	C Sika Ment N-100	237.0	112.9	2343.0

Fuente: **El Autor.**

La Tabla 60 muestra la variación de las propiedades del hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la cual se observa un incremento de la resistencia de los especímenes que contienen aditivos respecto al hormigón patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, además de su resistencia también encontramos cambios en la densidad final consecuencia de la aplicación de los diferentes tipos de aditivos reductores de agua.

La Tabla 61 indica en incremento de resistencia respecto al hormigón patrón espécimen 1 y 2 que contiene los mismos agregados.

Tabla 61 Variación de la resistencia respecto al espécimen 1 y 2 (hormigón patrón).

Aditivo	Incremento de resistencia en %
ESPECIMEN 1	
A Viscocrete 20HE	29.3
B Viscocrete 4100	35.4
C Sika Ment N-100	14.4
ESPECIMEN 2	
A Viscocrete 20HE	18.9
B Viscocrete 4100	23.4
C Sika Ment N-100	12.7

Fuente: **El Autor.**

El aditivo Sika-Viscocrete 4100 es el que mejores bondades brinda al hormigón, aumentando la trabajabilidad y manteniendo una mezcla fluida por más tiempo alrededor de 1 hora dando como resultado mezclas compactas con mayor densidad con facilidad de auto compactación y con mejores acabados superficiales.

Además, los agregados que mejor características de resistencia final presentan para el hormigón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ medida a los 28 días son los que se muestran en la Tabla 62.

Tabla 62 Agregados que mayor resistencia final aportan al hormigón.

ESPÉCIMEN 1	ARENA DE LA TRONCAL + GRAVA TRITURADA
-------------	---------------------------------------

El empleo de aditivos mejora la resistencia en el espécimen 1 y 2, sin embargo, en esta investigación se ha demostrado el **ESPÉCIMEN-1 A** es el mejor de todos superando la resistencia de diseño.

4.2.5.2 Parámetros obtenidos en el hormigón de $f'c= 500 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 63 Resumen de la variación de la resistencia a compresión y densidad del hormigón de $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$

Espécimen	Aditivo	$f'c$ Promedio 28 días	%	Densidad kg/m^3
		(kg/cm^2)		
3	A Viscocrete 20HE	541.33	108.3	2514.50
	B Viscocrete 4100	603.33	120.7	2527.33
	C Sika Ment N-100	524.33	104.9	2505.08
4	A Viscocrete 20HE	530.00	106.0	2450.42
	B Viscocrete 4100	537.33	107.5	2461.17
	C Sika Ment N-100	498.00	99.6	2373.25

En la Tabla 63 se resume la variación de la resistencia adquirida por los especímenes 3 y 4 correspondiente a una resistencia de $f'c= 500 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observa que el espécimen **3-B con Sika Viscocrete 4100** es el que mayor resistencia presenta y que además es el de mayor densidad.

También se concluye que el uso del aditivo **Sika Ment N-100** con el agregado que corresponde al espécimen 4 véase Tabla 64 no llega a la resistencia requerida y que además es el de menor densidad entre todos esto se justifica por la poca trabajabilidad de la mezcla y una porosidad considerable existente en los especímenes. (véase la Ilustración 44)

Tabla 64 Agregados que conforman el espécimen 2.

ESPÉCIMEN 2	ARENA DE PAUTE + GRAVA TRITURADA
-------------	----------------------------------



Ilustración 44 ESPÉCIMEN 4C. (Arena de Paute + grava triturada + Sika Ment N-100)



Ilustración 45 ESPÉCIMEN 3B (Arena de la Troncal + grava triturada+ Sika Viscocrete 4100).

4.2.5.3 Parámetros obtenidos en el hormigón de $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$

Para el espécimen 5 correspondiente a esta resistencia se utilizaron como agregados la arena de sílice y grava de cuarzo, porque el tamaño máximo nominal de un agregado grueso recomendado según el **ACI 211-4R** no debe ser mayor a **1,27 cm** para hormigones con resistencias superiores a **62 MPa** por esta razón el autor ha optado por utilizar estos agregados con la finalidad de alcanzar esta resistencia.

Tabla 65 Resumen de la variación de la resistencia a compresión y densidad del hormigón de $f'c = 750 \text{ kg/cm}^2$

Espécimen	Aditivo	f'c Promedio	%	Densidad kg/m ³
		(kg/cm ²)		
5	A Viscocrete 20HE	758,33	101,1	2481,25
	B Viscocrete 4100	777,00	103,6	2494,33
	C Sika Ment N-100	672,00	89,6	2472,83
	N-A	328	43,7	2395,5

La Tabla 65 muestra un resumen de la variación de la resistencia del hormigón correspondiente al espécimen 5, en el cual el aditivo Sika Ment N-100 tampoco presenta buenos resultados por lo que se concluye que el uso de este tipo de aditivo es limitado y dependerá estrictamente de los agregados que se use, los agregados usados en esta investigación no adquirieron la resistencia requerida con este aditivo superplastificante.

La diferencia más relevante encontrada en esta investigación entre un aditivo hiperplastificante y superplastificante es sin ninguna duda la plasticidad y el tiempo que mantiene trabajable la mezcla, siendo mayor cuando se emplea el aditivo hiperplastificante. En esta investigación el aditivo Sika Viscocrete 4100 fue el que mayor trabajabilidad adjudico a la mezcla por ende se obtuvo mejor confinamiento respecto a los demás aditivos obteniendo mezclas autocompactantes durante más tiempo facilitando la confección de especímenes con dosificaciones correspondientes al 0,9, 2,8 y 3% del peso del cemento, para resistencias de diseño de 210 kg/cm^2 , 500 kg/cm^2 y 750 kg/cm^2 .

Las cantidades y costo de aditivo necesarias para producir 1 m^3 de hormigón se describen a continuación de acuerdo a la resistencia del hormigón.

Aditivo	Cantidad en lt de acuerdo a la resistencia a los 28 días					
	Espécimen 1 292 kg/cm ²	Costo	Espécimen 3 603.33 kg/cm ²	Costo	Espécimen 5 777 kg/cm ²	Costo
Viscocrete 20 HE	2.9	\$11.25	15.18	\$58.90	15	\$58.20
Viscocrete 4100	2.9	\$10.24	15.18	\$53.59	15	\$52.95
Sika Ment N100	3.23	\$12.44	16.27	\$62.62	16	\$61.60

4.2.6 Cálculo del módulo de elasticidad conforme indica el ACI en su comité 318.

En resumen, el ACI propone dos ecuaciones que permiten calcular el módulo de elasticidad en las que considera la masa por unidad de volumen en kg/m^3 a continuación se detalla las 2 formas de calcular dicho modulo tomando en consideración que la variable es f'_c

El capítulo 19 en el apartado 19.2.2.1 del ACI propuesto en el comité 318 plantea lo siguiente:

- Para valores de w_c entre 1440 y 2560 kg/m^3

$$E_c = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \rightarrow \text{En (MPa)}$$

$$E_c = w_c^{1.5} 0.14 \sqrt{f'_c} \rightarrow \text{En (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde $w_c \rightarrow$ Densidad, peso unitario, del hormigón de peso normal o densidad de equilibrio del hormigón de peso liviano, expresado en kg/m^3 (ACI, 2014)

- Para hormigón de peso normal

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \rightarrow \text{En (MPa)}$$

$$E_c = 15100 \sqrt{f'_c} \rightarrow \text{En (kg/cm}^2\text{)}$$

La Tabla 66, y Tabla 67 muestran un resumen del cálculo del módulo de elasticidad correspondiente a los especímenes ensayados cuyo diseño de resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con su simbología y resistencia a los 28 días

Tabla 66 Cálculo del módulo de elasticidad espécimen 1 y 2 con la aplicación de aditivos.

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Edad	Carga Máxima	f'_c	f'_c Promedio	Modulo de Elasticidad
			(días)	Kg	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
1	A Viscocrete 20HE	1	28	21784,5	283	279,17	254021,3
		2	28	20629,8	268		247197,7
		3	28	22053,9	286,5		255587,3
	B Viscocrete 4100	1	28	23093,1	300	292,00	261539,7
		2	28	21399,6	278		251767,3
		3	28	22939,1	298		260666,4
	C Sika Ment N- 100	1	28	19013,3	247	248,00	237315,1
		2	28	17550,7	228		228005,0
		3	28	20706,8	269		247658,4
2	A Viscocrete 20HE	1	28	18243,5	237	250,00	232461,5
		2	28	19398,2	252		239705,1
		3	28	20091,0	261		243948,0
	B Viscocrete 4100	1	28	19706,1	256	259,50	241600,0
		2	28	21168,6	275		250405,2
		3	28	19051,8	247,5		237555,2
	C Sika Ment N- 100	1	28	18436,0	239,5	237,00	233684,4
		2	28	17666,2	229,5		228753,8
		3	28	18628,4	242		234900,9

Fuente: El Autor

Tabla 67 Cálculo del módulo de elasticidad espécimen 1 y 2, sin aditivos.

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Edad	Fuerza	$f'c$	$f'c$	Modulo de Elasticidad
			(días)	Kg	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
1	N-A	1	28	16982,6	220,62	217,70	224284,6
		2	28	16575,4	215,33		221579,3
		3	28	16714,8	217,14		222508,6
2	N-A	1	28	16203,6	210,5	210,41	219080,1
		2	28	16537,7	214,84		221327,1
		3	28	15849,5	205,9		216673,2

Fuente: El Autor

La Tabla 68, y Tabla 69, muestran un resumen del cálculo del módulo de elasticidad correspondiente a los especímenes ensayados cuyo diseño de resistencia $f'c=500$ kg/cm² y $f'c=750$ kg/cm² respectivamente con su simbología y resistencia a los 28 días

Tabla 68 Cálculo del módulo de elasticidad espécimen 3 y 4 con la aplicación de aditivos.

Especimen	Aditivo	Probeta N°	Edad	Carga Máxima	$f'c$	$f'c$	Modulo de Elasticidad
			(días)	Kg	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
3	A Viscocrete 20HE	1	28	42414,3	551	541,33	354448,2
		2	28	44030,8	572		361139,5
		3	28	38565,4	501		337983,7
	B Viscocrete 4100	1	28	40412,9	525	603,33	345984,5
		2	28	51343,6	667		389977,8
		3	28	47571,7	618		375380,0
	C Sika Ment N- 100	1	28	42260,3	549	524,33	353804,3
		2	28	39720,1	516		343006,1
		3	28	39104,3	508		340336,7
4	A Viscocrete 20HE	1	28	39335,2	511	530,00	341340,2
		2	28	41028,7	533		348610,6
		3	28	42029,4	546		352836,3
	B Viscocrete 4100	1	28	42953,1	558	537,33	356692,6
		2	28	39643,1	515		342673,5
		3	28	41490,5	539		350567,2
	C Sika Ment N- 100	1	28	36794,9	478	498,00	330134,5
		2	28	38565,4	501		337983,7
		3	28	39643,1	515		342673,5

Fuente: El Autor

Tabla 69 Cálculo del módulo de elasticidad espécimen 5 con la aplicación de aditivos.

Espécimen	Aditivo	Probeta Nº	Edad	Carga Máxima	f'_c	f'_c Promedio	Módulo de Elasticidad
			(días)	Kg	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
5	A Viscocrete 20HE	1	28	56885,9	739	758,33	410486,8
		2	28	60503,8	786		423338,9
		3	28	57732,7	750		413530,5
	B Viscocrete 4100	1	28	58656,4	762	777,00	416825,6
		2	28	61273,6	796		426023,4
		3	28	59503,1	773		419823,5
	C Sika Ment N-100	1	28	53729,9	698	672,00	398937,3
		2	28	50650,8	658		387337,8
		3	28	50804,7	660		387926,0
	N-A	1	28	24170,7	314	328,00	267572,7
		2	28	26788,0	348		281686,8
		3	28	24786,6	322		270959,8

Fuente: El Autor

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- La ventaja más relevante con la aplicación de estos aditivos (reductores de agua de alto rango) es sin lugar a duda el aumento de la trabajabilidad con reducción de agua que en esta investigación fueron de un 12% de la cantidad original de la mezcla.
- Otra de la ventaja consecuencia de la anterior es el aumento de la resistencia a compresión por la disminución de la relación A/C.
- Mejores acabados superficies mucho más homogéneas y lisas es otro de los puntos a favor de este tipo de hormigones.
- El hormigón se vuelve autocompactante y en ciertos lugares de la construcción se puede obviar el vibrado.
- Menor tiempo de construcción debido las superficies no requieren de enlucido.
- La desventaja más considerable es el precio en lo referente a hormigones de alta resistencia ya que el contenido de cemento es alto y es el de más alto costo.



4.3 ANÁLISIS DE COSTOS

Rubro	Hormigón f'c= 292 kg/cm2 m3				
Unidad					
Especificaciones					
Maquinaria y Herramienta menor					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor	1	0,1	0,1	1,55	0,155
Vibrador	1	1,5	1,5	1,55	2,325
Hormigonera	1	2	2	1,55	3,1
	Sub-Total				5,58
Mano de Obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro de Obra	1	3	3	1,55	4,65
Albañil	2	2,5	5	1,55	7,75
Oficial	5	2,02	10,1	1,55	15,655
	Sub-Total				\$28,06
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Desencofrante		lt	1	2,00	2
Agua		lt	181	0,01	1,81
Cemento		saco	7	7,75	54,25
Agregado Fino		m³	0,43	17,0000	7,31
Agregado Grueso		m³	0,31	19,0000	5,89
Microsílice		kg	-	-	
Aditivo Viscocrete 4100 al 0,9%		kg	2,9	3,53	10,237
		Sub-Total			\$81,50
Total					\$115,13

Fuente: El Autor



Rubro	Hormigón f'c= 603,33 kg/cm2 m3				
Unidad					
Especificaciones					
Maquinaria y Herramienta menor					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor	1	0,1	0,1	1,55	0,155
Vibrador	1	1,5	1,5	1,55	2,325
Hormigonera	1	2	2	1,55	3,1
	Sub-Total				5,58
Mano de Obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro de Obra	1	3	3	1,55	4,65
Albañil	2	2,5	5	1,55	7,75
Oficial	5	2,02	10,1	1,55	15,655
	Sub-Total				\$28,06
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Desencofrante		lt	1	2,00	2
Agua		lt	169	0,01	1,69
Cemento		saco	10,85	7,75	84,0875
Agregado Fino		m³	0,24	17,0000	4,08
Agregado Grueso		m³	0,39	19,0000	7,41
Microsílice		saco	2,7	43	116,1
Aditivo Viscocrete 4100 al 0,9%		kg	15,18	3,53	53,5854
		Sub-Total			\$268,95
Total					\$302,59

Fuente: El Autor



Rubro	Hormigón f'c= 603,33 kg/cm2 m3				
Unidad					
Especificaciones					
Maquinaria y Herramienta menor					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor	1	0,1	0,1	1,55	0,155
Vibrador	1	1,5	1,5	1,55	2,325
Hormigonera	1	2	2	1,55	3,1
	Sub-Total				5,58
Mano de Obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro de Obra	1	3	3	1,55	4,65
Albañil	2	2,5	5	1,55	7,75
Oficial	5	2,02	10,1	1,55	15,655
	Sub-Total				\$28,06
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Desencofrante		lt	1	2,00	2
Agua		lt	135	0,01	1,35
Cemento		saco	10	7,75	77,5
Agregado Fino		m³	0,27	20,00	5,4
Agregado Grueso		m³	0,43	22,00	9,46
Microsílice		saco	2	43	86
Aditivo Viscocrete 4100 al 0,9%		kg	15	3,53	52,95
		Sub-Total			\$234,66
Total					\$268,30

Fuente: El Autor



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Solo el agregado fino de la Troncal no cumple con la norma ASTM C-36 por lo que se utilizó el método de fuller Thompson para su correcta dosificación.
- La arena de la cantera de Paute no cumple con la normativa de la ASTM C-36 por lo que se utilizó el método del ACI para su dosificación.
- Los especímenes con aplicaciones de aditivos súper e hiperplastificantes demostraron tener mejores resultados de resistencia y acabados para el hormigón patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- El costo de producción de hormigón se incrementa, con el aumento de la resistencia y la aplicación de aditivos reductores de agua.
- El aditivo Sika Viscocrete 20 HE y Sika Viscocrete 4100 presentan resultados semejantes de resistencia para todos los especímenes ensayados siendo mínima la diferencia.
- Se demostró que la aplicación de Sika Viscocrete 4100 brinda mayor resistencia al hormigón independientemente del tipo de agregados. Aumentando un 35.4 % de resistencia respecto al hormigón patrón (**Especímen 1**) de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y 23.4 % respecto al hormigón patrón (**Especímen 2**).
- El aditivo Sika Viscocrete 20 HE presenta un aumento del 29.3% de resistencia respecto al hormigón patrón (**Especímen 1**) de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y 18.9 % respecto al hormigón patrón (**Especímen 2**).
- Las dosificaciones finales de aditivos de acuerdo a la resistencia requerida en % del peso del cemento se muestran en la siguiente Tabla.

Resistencia kg/cm^2	ViscoCrete 20HE %	ViscoCrete 4100 %	Sika Ment N-100%
210	0.9	0.9	1
500	2.8	2.8	3.2
750	3.0	3.0	3.2



5.2 RECOMENDACIONES

- 1) Es importante mantener la humedad y temperatura de curado hasta la fecha de ensayo ya que la hidratación del cemento en hormigones de altas resistencias con aditivos es muy compleja y esto hace que los hormigones sean muy susceptibles a los cambios de temperatura.
- 2) Tener un estricto control en la calidad de los agregados siendo muy importante realizar ensayos continuamente y controlar la humedad de los mismos para su correcta dosificación.
- 3) Es importante tener en cuenta la superficie de los especímenes a ser ensayados el capeado es necesario siempre y cuando no se cuente con superficies niveladas.
- 4) Es recomendable trabajar con este tipo de aditivos en lugares donde se requiera minimizar los defectos en la superficie y mejorar la apariencia estética.



BIBLIOGRAFÍA

- ACI (American Concrete Institute). (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*.
- ACI, A. C. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*.
- BELITO HUAMANI, G., & PAUCAR CHANCA, F. (2016). *INFLUENCIA DE AGREGADOS DE DIFERENTES PROCEDENCIAS Y DISEÑO DE MEZCLA SOBRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO*. Huancavelica.
- Cemento Atenas. (11 de marzo de 2019). Obtenido de <http://www.cementoatenas.com/producto/>
- Chauca Rodríguez, D., & Cruz Córdova, M. (2014). *EVALUACIÓN DEL CONCRETO $F'c=210\text{KG/CM}^2$ A ALTAS TEMPERATURAS*.
- CHILUISA, S. J. (2014). *HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA ($f'c = 50\text{MPa}$) UTILIZANDO AGREGADOS DEL SECTOR DE PIFO Y CEMENTO ARMADURO ESPECIAL-LAFARGE. QUITO*.
- CONDORI VILLALTA, M. A. (2015). *“COMPORTAMIENTO EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON LA INCORPORACION DE ADITIVOS EUCO 37 Y ACCELGUARD 90 EN LA CIUDAD DE JULIACA. JULIACA-PERÚ*.
- Fuller y Thompson. (1987). *Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón*. Medellín.
- Hernandez, J. R. (2010). *Tecnología del Concreto*. Bogotá: Lemoine.
- HOLCIM ECUADOR S.A. (30 de Enero de 2019). *Cemento hidráulico Tipo GU para la construcción en general*. Obtenido de https://www.portaldirecta.com/portaldirecta/ec/CEMENTO_GU_G.pdf
- LÓPEZ AMPUERO, E., & MAMANI COPARI, J. J. (2017). *“INFLUENCIA DEL NANOSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SOMETIDOS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO DE LA CIUDAD DE PUNO. PUNO - PERÚ*.
- López, I. M. (2017). *Diseño óptimo para obtener Concreto de Alta Resistencia para Obras Civiles en Zonas Alto Andinas del Perú*. Chimbote.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC SE-HM. (2014). *ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO*.
- NTE 0694, I. I. (2010). *Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología*. Quito.
- NTE INEN 1576, N. T. (2011). *Hormigón de Cemento Hidraulico, Elaboracion y Curado en Obra de Especímenes Para Ensayo*. QUITO.
- NTE INEN 694. (2010). *HORMIGÓN Y ÁRIDOS PARA ELABORAR HORMIGÓN*. Quito.
- Portland Cement Association, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Skokie, J. T. (2011). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*.



- RABANAL GONZALES, D. C., & CHAQUÍ, A. R. (2017). *DISEÑO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTABLE*. Pimentel.
- Rojas, J. W. (2014). *INFLUENCIA DEL ADITIVO SUPER-PLASTIFICANTE EN EL TIEMPO DE FRAGUADO, TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO. HUANCAYO-PERU*.
- Sánchez, J., Sánchez, G., & Tapia, C. (2014). *HORMIGONES DE ALTAS PRESTACIONES A EDADES TEMPRANAS CON CEMENTO CONVENCIONAL Y BAJA RELACIÓN AGUA/CEMENTO*. 5.
- SIKA ECUATORIANA. https://ecu.sika.com/es/solutions_products/productos-sika-construccion/tecnologia-sika-para-concreto/02a001sa11.html
- SOBERÓN LÓPEZ, I. F. (2015). *DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO AGREGADOS DE MINAS LOCALES Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. Ambato.
- TEJADA SILVA, M. A. (2016). *INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y EL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN EL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA*. LIMA.
- Torres, M. G. (2013). *DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $F'_{C}=480$ KG/CM². USANDO AGREGADOS DEL RIO HUALLAGA PARA LA CIUDAD DE TARAPOTO*. MORALES-PERU.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN

MUESTRA: ARENA SILICE

SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA

FECHA:

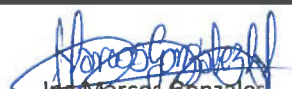
	ABERTURA	PESO RET	RET. ACUM.	%	%	%	%
TAMIZ N°	MM	GR.	GR.	RETENIDO	PASA	LIM-ESPECIF	
3/8"	9,52	0	0	0	100	100	100
N°4	4,76	0	0	0,00	100,00	95	100
8	2,38	0,7	0,7	0,07	99,93	80	100
16	1,19	10,9	11,6	1,16	98,84	50	85
30	0,58	310,8	322,4	32,34	67,66	25	60
50	0,3	495,9	818,3	82,08	17,92	10	30
100	0,15	147,7	966	96,89	3,11	2	10
200	0,07	24,2	990,2	99,32	0,68	-	-
PASA N°200		3,9	3,9	-	-	-	-
TOTAL		994,1					

PESO ANTES DEL ENSAYO=	1000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		PESO SECO ANTES DEL LAVADO=	996,99
% DE HUMEDAD	5,3	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO=	986,2

MODULO DE FINURA =

2,13

G	=	0,00
S	=	99,32
F	=	0,68
		100,00


Ing. Marcos Gonzales,
LABORATORISTA.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN

MUESTRA: ARENA DE PAUTE

SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA

FECHA:

	ABERTURA	PESO RET	RET. ACUM.	%	%	%	%
TAMIZ N°	MM	GR.	GR.	RETENIDO	PASA	LIM-ESPECIF	
3/8"	9,52	0	0	0	100	100	100
N°4	4,76	30,9	30,9	3,25	96,75	95	100
8	2,38	137,7	168,6	17,75	82,25	80	100
16	1,19	207	375,6	39,55	60,45	50	85
30	0,58	253,7	629,3	66,27	33,73	25	60
50	0,3	174,6	803,9	84,65	15,35	10	30
100	0,15	81,3	885,2	93,21	6,79	2	10
200	0,07	13,5	898,7	94,63	5,37	-	-
PASA N°200		1,5	1,5	-	-	-	-
TOTAL		900,2					

PESO ANTES DEL ENSAYO=	1000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		PESO SECO ANTES DEL LAVADO=	949,66
% DE HUMEDAD	5,3	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO=	899,6

MODULO DE FINURA =

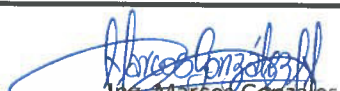
3,05

G = 3,25

S = 91,38

F = 5,37

100,00


Ing. Marcos Gonzales
LABORATORISTA.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN

MUESTRA: ARENA TRONCAL

SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA

FECHA:

	ABERTURA	PESO RET	RET. ACUM.	%	%	%	%
TAMIZ N°	MM	GR.	GR.	RETENIDO	PASA	LIM-ESPECIF	
3/8"	9,52	0	0	0	100	100	100
N°4	4,76	145	145	15,17	84,83	95	100
8	2,38	178,8	323,8	33,88	66,12	80	100
16	1,19	188,4	512,2	53,59	46,41	50	85
30	0,58	183,2	695,4	72,75	27,25	25	60
50	0,3	134,2	829,6	86,79	13,21	10	30
100	0,15	68	897,6	93,91	6,09	2	10
200	0,07	19,9	917,5	95,99	4,01	-	-
PASA N°200		5,2	5,2	-	-	-	-
TOTAL		922,7					

PESO ANTES DEL ENSAYO=	1000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO=		PESO SECO ANTES DEL LAVADO=	955,84
% DE HUMEDAD	4,621	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO=	922,2

MODULO DE FINURA =

3,56

G = 15,17

S = 80,82

F = 4,01

100,00


Ing. Marcos Gonzales
LABORATORISTA.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN

MUESTRA: GRAVA DE CUARZO

SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA

FECHA:

	ABERTURA	PESO RET	RET. ACUM.	%	%	%	%
TAMIZ N°	MM	GR.	GR.	RETENIDO	PASA	LIM-ESPECIF	
3"	76,2						
2 1/2"	63,5						
2"	50,8						
1 1/2"	38,1	0	0	0	0	100	100
1"	25,4	0	0	0,00	100,00	90	100
3/4"	19,1	0	0	0,00	100,00	20	55
1/2"	12,7	730	730	8,51	91,49	0	10
3/8"	9,52	4950	5680	66,21	33,79	0	5
N°4	4,76	2869,5	8549,5	99,66	0,34	-	-
PASA N°4		29,5	8579	-	-	-	-

PESO ANTES DEL ENSAYO= 8580

PESO ANTES DEL LAVADO=

PESO DESPUES DEL ENSAYO= 8579

PESO DESPUES DEL LAVADO=

TAMAÑO MAXIMO=

19,1 MM

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL=

12,7 MM


Ing. Marcos Genzales
LABORATORISTA.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM C-136 (NTE INEN 0696:83)

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN

MUESTRA: GRAVA TRITURADA

SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA

FECHA:

	ABERTURA	PESO RET	RET. ACUM.	%	%	%	%
TAMIZ N°	MM	GR.	GR.	RETENIDO	PASA	LIM-ESPECIF	
3"	76,2						
2 1/2"	63,5						
2"	50,8						
1 1/2"	38,1	0	0	0	0	100	100
1"	25,4	23,5	23,5	0,22	99,78	90	100
3/4"	19,1	446,5	470	4,40	95,60	20	55
1/2"	12,7	7300,5	7770,5	72,67	27,33	0	10
3/8"	9,52	2059,5	9830	91,93	8,07	0	5
N°4	4,76	769,5	10599,5	99,13	0,87	-	-
PASA N°4		93	93	-	-	-	-

PESO ANTES DEL ENSAYO= 10711

PESO ANTES DEL LAVADO=

PESO DESPUES DEL ENSAYO= 10692,5

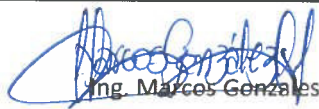
PESO DESPUES DEL LAVADO=

TAMAÑO MAXIMO=

38,1 MM

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL=

19,1 MM


Ing. Marcos Gonzales
LABORATORISTA.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN
MUESTRA: GRAVA TRITURADA
SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA
FECHA: _____

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material retenido en el tamiz N°4

A=	1444,5	gr	PESO DEL MATERIAL SUPERFICALMENTE SECO Y SATURADO
B=	6214,5	gr	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C=	5305,5	gr	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D=	1422,8	gr	PESO DEL MATERIAL SECO

PESO ESPECÍFICO SECO: $\frac{D}{A - (B - C)} = 2,6570$

PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMENTE SECO: $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,6975$

PESO ESPECÍFICO APARENTE: $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,7692$

% DE ABSORCIÓN: $\frac{100(A - D)}{D} = 1,5252$

OBSERVACIONES:


Ing. Marcos Gonzales.
LABORATORISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN
MUESTRA: GRAVA DE CUARZO
SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA
FECHA: _____

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material retenido en el tamiz N°4

A=	1061,5	gr	PESO DEL MATERIAL SUPERFICALMENTE SECO Y SATURADO
B=	5954	gr	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C=	5305,5	gr	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D=	1034,2	gr	PESO DEL MATERIAL SECO

PESO ESPECÍFICO SECO: $\frac{D}{A - (B - C)} = 2,5041$

PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMENTE SECO: $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,5702$

PESO ESPECÍFICO APARENTE: $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,6814$

% DE ABSORCIÓN: $\frac{100(A - D)}{D} = 2,6397$

OBSERVACIONES:


Ing. Marcos Gonzales
LABORATORISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN
MUESTRA: ARENA DE LA TRONCAL
SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA
FECHA: _____

MÉTODO DEL MATRAZ

Material retenido en el tamiz N°200

A=	200	gr	PESO DEL MATERIAL SUPERFICALMENTE SECO Y SATURADO
B=	785,3	gr	PESO DEL MATRAZ + AGUA + MUESTRA
C=	659,5	gr	PESO DEL MATRAZ + AGUA
D=	197,2	gr	PESO DEL MATERIAL SECO

PESO ESPECÍFICO SECO: $\frac{D}{A - (B - C)} = 2,6577$

PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICALMENTE SECO: $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,6954$

PESO ESPECÍFICO APARENTE: $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,7619$

% DE ABSORCIÓN: $\frac{100(A - D)}{D} = 1,4199$

OBSERVACIONES:


Ing. Marcos Gonzales
LABORATORISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN
MUESTRA: ARENA DE PAUTE
SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA
FECHA: _____

MÉTODO DEL MATRAZ

Material retenido en el tamiz N°200

A=	200	gr	PESO DEL MATERIAL SUPERFICALMENTE SECO Y SATURADO
B=	784,7	gr	PESO DEL MATRAZ + AGUA + MUESTRA
C=	659,5	gr	PESO DEL MATRAZ + AGUA
D=	198,2	gr	PESO DEL MATERIAL SECO

PESO ESPECÍFICO SECO: $\frac{D}{A - (B - C)} = 2,6497$

PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMENTE SECO: $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,6738$

PESO ESPECÍFICO APARENTE: $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,7151$

% DE ABSORCIÓN: $\frac{100(A - D)}{D} = 0,9082$

OBSERVACIONES:


Ing. Marcos Gonzales.
LABORATORISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN
MUESTRA: ARENA DE SILICE
SOLICITADO POR: ING. DAVID CAJAMARCA ZUÑIGA
FECHA: _____

MÉTODO DEL MATRAZ

Material retenido en el tamiz N°200

A=	200	gr	PESO DEL MATERIAL SUPERFICALMENTE SECO Y SATURADO
B=	783,5	gr	PESO DEL MATRAZ + AGUA + MUESTRA
C=	659,5	gr	PESO DEL MATRAZ + AGUA
D=	199	gr	PESO DEL MATERIAL SECO

PESO ESPECÍFICO SECO: $\frac{D}{A - (B - C)} = 2,6184$

PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMENTE SECO: $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,6316$

PESO ESPECÍFICO APARENTE: $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,6533$

% DE ABSORCIÓN: $\frac{100(A - D)}{D} = 0,5025$

OBSERVACIONES:


Ing. Marcos Gonzales.
LABORATORISTA



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Edwin Vinicio Salinas Tenesaca** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0105982664. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Análisis de la influencia del tipo de agregados pétreos en las propiedades físico-mecánicas del hormigón producido con la aplicación de súper e híper-plastificantes”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de octubre de 2019

F:

Edwin Vinicio Salinas Tenesaca
C.I. 0105982664