

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**OPTIMIZACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN EL
DISEÑO DE HORMIGONES ESTÁNDAR ESTABLECIDOS EN LOS
CÓDIGOS ACI – ASTM.**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

LISETH VERENICE ORBE PINCHAO

lisvp_17@hotmail.com

PAÚL SANTIAGO ZÚÑIGA MORALES

santy18_8@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CÉSAR MONROY BERMEO

camonroyb@yahoo.com

Quito, Junio 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Liseth Verenice Orbe Pinchao, Paúl Santiago Zúñiga Morales, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

LISETH ORBE PINCHAO

PAÚL ZÚÑIGA MORALES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Liseth Verenice Orbe Pinchao y Paúl Santiago Zúñiga Morales, bajo mi supervisión.

ING. CÉSAR MONROY B.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fuerza, guiar mi camino y por haberme permitido terminar mi carrera.

A mi madre Yolanda, por ser la mejor mamá de mi mundo, por todo su apoyo, confianza y sobre todo su amor incondicional.

A mi hermano Jonathan, a mi mejor amiga casi hermana Lady, a mis abuelitos y a mi familia por ser mi fortaleza, gracias a todos por estar siempre a mi lado y estar pendientes de mi bienestar.

Al Ing. César Monroy por guiarnos y orientarnos durante la ejecución de este proyecto, por su confianza y por querer lo mejor para nosotros.

A todos los que forman parte del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Escuela Politécnica Nacional, Ing. Mercedes Villacís, Ing. Cristian Gómez, Ing Gustavo Martínez y Sr Luis Tipas, por su apoyo y confianza durante el tiempo que se realizaron los ensayos de laboratorio.

A mis amigos Andrea, Esteban, César, Fernando los que a lo largo de esta carrera han estado a mi lado en las buenas y malas.

Liseth

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la vida, darme fortaleza y guiarme hasta la culminación de un sueño y el inicio de una carrera.

A mi madre Gladys, mis hermanas y a Carlitos por soportarme, amarme, apoyarme y estar junto a mí siempre que lo he necesitado. Gracias por todo.

Al Ing. Luis Rodríguez por guiarme hacia esta carrera y por darme la oportunidad de conocer lo maravillosa que puede ser la Ingeniería Civil.

A Ing. César Monroy por buscar que saquemos lo mejor de nosotros, por ser un ejemplo a seguir y por su apoyo durante toda la carrera.

A quienes pertenecen al Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos por su apoyo, amistad, confianza y disponibilidad para permitirnos desarrollar el presente proyecto.

A mis amigos más cercanos Gera, Andrea, César, Esteban por formar parte de mi vida estudiantil.

Paúl

DEDICATORIA

Con todo mi amor le dedico este proyecto a Diosito por escucharme y ayudarme a salir adelante, a mi Mami, mi ñaño, mis abuelitos, mi mejor amiga y toda mi familia por estar siempre a mi lado. A San por su apoyo incondicional para lograr que sea posible culminar este proyecto.

Liseth

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre, mis hermanas, por ser lo más importante en mi vida, por ser la razón de ser mejor y de llegar alto. A Lis por ser parte de este proyecto y por ayudarme a que se culmine de la mejor forma posible.

Paúl

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIA.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
RESUMEN	XX
ABSTRACT	XXI
PRESENTACIÓN	XXII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 ALCANCE	3
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	7
2.1 GENERALIDADES.....	7
2.2 CEMENTO	8
2.2.1 MARCO TEÓRICO	8
2.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	9

2.2.2.1 Densidad real y aparente	10
2.2.2.1.1 <i>Densidad Real</i>	10
2.2.2.1.2 <i>Densidad Aparente</i>	11
2.2.2.2 Consistencia normal	13
2.2.2.3 Tiempo inicial y final de fraguado (VICAT).....	15
2.2.3 RESULTADOS.....	16
2.3 AGREGADOS	17
2.3.1 MARCO TEÓRICO	17
2.3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO DE ARENA	19
2.3.2.1 Peso específico y densidades aparentes de la arena.....	19
2.3.2.1.1 <i>Peso específico y absorción de la arena</i>	19
2.3.2.1.2 <i>Densidad aparente de la arena</i>	22
2.3.2.2 Granulometría	23
2.3.2.3 Contenido Orgánico	24
2.3.3 RESULTADOS ARENA	26
2.3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO DEL RIPIO	28
2.3.4.1 Peso específico y densidades aparentes del ripio	28
2.3.4.1.1 <i>Peso específico y absorción del ripio</i>	28
2.3.4.1.2 <i>Densidad aparente</i>	29
2.3.4.2 Granulometría	30
2.3.4.3 Abrasión.....	33
2.3.4.4 Resultados del ripio	36
CAPÍTULO 3: PATRONES DE ANÁLISIS.....	37
3.1 MARCO TEÓRICO	37
3.2 DISEÑO DE CILINDROS PATRÓN.....	37
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	43
3.3.1 COMPRESIÓN	44

3.4 RESULTADOS.....	48
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUESTRAS	54
4.1 MARCO TEÓRICO	54
4.2 DISEÑO DE CILINDROS	54
4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	60
4.3.1 TRACCIÓN INDIRECTA O BRASILERO.....	60
4.3.2 FLEXIÓN	63
4.4 ADITIVOS	67
4.4.1 MARCO TEÓRICO	67
4.4.2 ACCIÓN DE LOS ADITIVOS EN LAS PROBETAS CON DOSIFICACIONES PLANTEADAS	71
4.5 RESULTADOS OBTENIDOS.....	72
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	92
5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	92
5.1.1 MATERIALES	92
5.1.1.1 Cemento	92
5.1.1.2 Arena	93
5.1.1.3 Ripio.....	95
5.1.2 RESISTENCIAS DE LAS PROBETAS	96
5.1.2.1 Compresión.....	96
5.1.2.2 Tracción	107
5.1.2.3 Flexión	107
5.2 TABLA DE RELACIONES AGUA/CEMENTO PARA DIFERENTES RESISTENCIAS DE HORMIGONES ESTANDAR.....	108
5.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON TABLA DEL ACI.....	109
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO	110
6.1 MARCO TEÓRICO	110
6.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	110

6.2.1 HORMIGÓN CON DOSIFICACIONES DEL ACI-ASTM	111
6.2.2 HORMIGÓN CON DOSIFICACIONES PLANTEADAS.....	112
6.3 COMPARACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	113
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
7.1 CONCLUSIONES	115
7.2 RECOMENDACIONES	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	125
ANEXO No 1: DENSIDADES REAL, SUELTA Y COMPACTADA DEL CEMENTO	126
ANEXO No 2: CONSISTENCIA NORMAL Y TIEMPOS DE FRAGUADO DEL CEMENTO	129
ANEXO No 3: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARENA	131
ANEXO No 4: DENSIDADES SUELTA Y COMPACTADA DE LA ARENA.....	133
ANEXO No 5: CONTENIDO ORGÁNICO DE LA ARENA	136
ANEXO No 6: ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA	139
ANEXO No 7: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL RIPIO	141
ANEXO No 8: DENSIDADES SUELTA Y COMPACTADA DEL RIPIO.....	143
ANEXO No 9: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL RIPIO	146
ANEXO No 10: ABRASIÓN	148
ANEXO No 11: INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN PATRÓN ...	150
ANEXO No 12: INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN DE PRUEBA	155
ANEXO No 13: INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA ...	163
ANEXO No 14: INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO.....	168
ANEXO No 15: INFORMES DE FLEXIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	173
ANEXO No 16: INFORMES DE TRACCIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	176

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.1: HORMIGONERA HORMISUR	4
FOTOGRAFÍA 2.1: CEMENTO HOLCIM GU	8
FOTOGRAFÍA 2.2: ENSAYO DE DENSIDAD REAL DEL CEMENTO.....	11
FOTOGRAFÍA 2.3: ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE DEL CEMENTO.....	12
FOTOGRAFÍA 2.4: ARENA UBICADA EN LA PLANTA DE LA HORMIGONERA .	17
FOTOGRAFÍA 2.5: MINA SAN JOAQUÍN 2 – UBICADA EN EL CHASQUI.....	18
FOTOGRAFÍA 2.6: RIPIO UBICADO EN LA PLANTA DE LA HORMIGONERA ...	18
FOTOGRAFÍA 2.7: DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN SSS EN ARENA.....	20
FOTOGRAFÍA 2.8: PESO ESPECÍFICOY ABSORCIÓN DE LA ARENA	21
FOTOGRAFÍA 2.9: ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE EN ARENA	22
FOTOGRAFÍA 2.10: TAMIZADORA DE AGREGADOS FINOS.....	24
FOTOGRAFÍA 2.11: PLACA DE GARDNER – COMPARADOR DE COLOR.....	25
FOTOGRAFÍA 2.12: MÁQUINA TAMIZADORA DE AGREGADO GRUESO	32
FOTOGRAFÍA 2.13: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	34
FOTOGRAFÍA 3.1: COMPROBACIÓN DEL ASENTAMIENTO CON EL CONO DE ABRAMS	41
FOTOGRAFÍA 3.2: ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS PATRÓN.....	42
FOTOGRAFÍA 3.3: CILINDROS MOLDEADOS	42
FOTOGRAFÍA 3.4: ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	45
FOTOGRAFÍA 4.1: ENSAYO DE TRACCIÓN.....	61
FOTOGRAFÍA 4.2: FORMA DE FALLA EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN	63
FOTOGRAFÍA 4.3: MOLDES DE VIGAS	64
FOTOGRAFÍA 4.4: ELABORACIÓN DE LAS VIGAS.....	64
FOTOGRAFÍA 4.5: CURADO DE LAS VIGAS	65
FOTOGRAFÍA 4.6: ENSAYO Y ROTURA A FLEXIÓN DE LA VIGA # 2 - 28 DÍAS, f'c= 240 Kg/cm ²	67
FOTOGRAFÍA 4.7: ADITIVO 700 ARI USADO EN LA DOSIFICACION ÓPTIMA.	69

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 2.1: CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA ARENA.....	27
GRÁFICA 2.2: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL RIPIO.....	36
GRÁFICA 3.1: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 180 Kg/cm ²	49
GRÁFICA 3.2: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 210 Kg/cm ²	50
GRÁFICA 3.3: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 240 Kg/cm ²	51
GRÁFICA 3.4: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 280 Kg/cm ²	52
GRÁFICA 4.1: MODELO TEÓRICO DEL ENSAYO DE TRACCIÓN	62
GRÁFICA 4.2: ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS VIGAS.....	65
GRÁFICA 4.3: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - f'c = 180 Kg/cm ²	73
GRÁFICA 4.4: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 2 PRUEBA - f'c = 180 Kg/cm ²	74
GRÁFICA 4.5: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - f'c = 210 Kg/cm ²	75
GRÁFICA 4.6: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 2 PRUEBA - f'c = 210 Kg/cm ²	76
GRÁFICA 4.7: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 3 PRUEBA - f'c = 210 Kg/cm ²	77
GRÁFICA 4.8: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - f'c = 240 Kg/cm ²	78
GRÁFICA 4.9: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - f'c = 280 Kg/cm ²	79
GRÁFICA 4.10: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - f'c = 180 Kg/cm ²	80
GRÁFICA 4.11: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - f'c = 210 Kg/cm ²	81

GRÁFICA 4.12: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	82
GRÁFICA 4.13: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	83
GRÁFICA 4.14: RESISTENCIA A TRACCIÓN A LOS 28 DÍAS.....	84
GRÁFICA 4.15: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A LOS 56 DÍAS	85
GRÁFICA 4.16: RESISTENCIA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS	86
GRÁFICA 4.17: RESISTENCIA A FLEXIÓN A LOS 56 DÍAS	87
GRÁFICA 4.18: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADITIVOS - $f'c = 180$ Kg/cm^2	88
GRÁFICA 4.19: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADITIVOS - $f'c = 210$ Kg/cm^2	89
GRÁFICA 4.20: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADITIVOS - $f'c = 240$ Kg/cm^2	90
GRÁFICA 4.21: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS CON ADITIVOS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	91
GRÁFICA 5.1: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO PARA PATRONES.	97
GRÁFICA 5.2: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 180 Kg/cm^2	98
GRÁFICA 5.3: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 210 Kg/cm^2	99
GRÁFICA 5.4: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 240 Kg/cm^2	100
GRÁFICA 5.5: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 280 Kg/cm^2	101
GRÁFICA 5.6: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS	102
GRÁFICA 5.7: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 180 Kg/cm^2	103
GRÁFICA 5.8: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 210 Kg/cm^2	103
GRÁFICA 5.9: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 240 Kg/cm^2	104
GRÁFICA 5.10: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 280 Kg/cm^2	105

GRÁFICA 5.11: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON ADITIVO.....	106
GRÁFICA 5.12: RESISTENCIAS A TRACCIÓN PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS	107
GRÁFICA 5.13: RESISTENCIAS A FLEXIÓN PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS	108
GRÁFICA 6.1: COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE DOSIFICACIONES PATRÓN Y ÓPTIMAS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: PROPIEDADES GENERALES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	7
TABLA 2.2: VALORES CARACTERÍSTICOS DEL CEMENTO	16
TABLA 2.3: ESCALA DE GARDNER	26
TABLA 2.4: VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA ARENA.....	26
TABLA 2.5: LÍMITES SUPERIOR E INFERIOR PARA GRADACIÓN EN ARENA	27
TABLA 2.6: REQUISITOS DE GRADACIÓN PARA AGREGADOS GRUESOS....	31
TABLA 2.7: TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA ENSAYO DE RIPIO.....	32
TABLA 2.8: GRADACIÓN DE ACUERDO AL TAMAÑO DE LOS AGREGADOS..	34
TABLA 2.9: VALORES CARACTERÍSTICOS DEL RIPIO	36
TABLA 3.1: CANTIDADES DE AGUA POR METRO CÚBICO DE ACUERDO AL ASENTAMIENTO EN EL CONO	38
TABLA 3.2: RELACIÓN AGUA CEMENTO.....	39
TABLA 3.3: VOLUMEN APARENTE DE RIPIO	39
TABLA 3.4: CANTIDAD DE MATERIALES PARA CILINDROS PATRÓN	43
TABLA 3.5: FACTOR DE CORRECCIÓN SEGÚN LA RELACIÓN DE LONGITUD AL DIÁMETRO	44
TABLA 3.6: PRECISIÓN DENTRO DEL ENSAYO	46
TABLA 3.7: TIPOS DE FALLAS EN CILINDROS DE HORMIGÓN SOMETIDOS A ENSAYO DE COMPRESIÓN	47
TABLA 3.8: DOSIFICACIONES AL PESO PARA PATRONES.....	48
TABLA 3.9: DOSIFICACIONES AL VOLUMEN PARA PATRONES	48
TABLA 3.10: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 180 Kg/cm ² (3 cilindros).....	49
TABLA 3.11: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 210 Kg/cm ² (3 cilindros).....	50
TABLA 3.12: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 240 Kg/cm ² (3 cilindros).....	51
TABLA 3.13: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 280 Kg/cm ² (3 cilindros).....	52

TABLA 4.1: CANTIDAD DE MATERIALES PARA 180 Kg/cm ² – DOSIFICACIONES DE PRUEBA.....	55
TABLA 4.2: CANTIDAD DE MATERIALES Y RELACIONES a/c PARA 210 Kg/cm ² – DOSIFICACIONES DE PRUEBA	56
TABLA 4.3: CANTIDAD DE MATERIALES PARA 240 Kg/cm ² – DOSIFICACIÓN DE PRUEBA.....	56
TABLA 4.4: CANTIDAD DE MATERIALES PARA 280 Kg/cm ² – DOSIFICACIÓN DE PRUEBA.....	57
TABLA 4.5: PRUEBAS DE DOSIFICACIONES AL PESO PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm ²	57
TABLA 4.6: PRUEBAS DE DOSIFICACIONES AL VOLUMEN PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm ²	58
TABLA 4.7: CANTIDADES Y RELACIONES a/c PARA DISEÑO ÓPTIMO DE 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm ²	59
TABLA 4.8: DOSIFICACIONES ÓPTIMAS AL PESO PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm ²	59
TABLA 4.9: DOSIFICACIONES ÓPTIMAS AL VOLUMEN PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm ²	60
TABLA 4.10: CANTIDADES DE MATERIALES CON ADITIVOS PARA DOSIFICACIONES ÓPTIMAS DE 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm ²	71
TABLA 4.11: CANTIDADES DE MATERIALES CON ADITIVO MÍNIMO PARA f'c 240 Kg/cm ²	72
TABLA 4.12: DOSIFICACIONES ÓPTIMAS AL PESO CON ADITIVOS.....	72
TABLA 4.13: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - f'c = 180 Kg/cm ² DOSIFICACIÓN 1.....	73
TABLA 4.14: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - f'c = 180 Kg/cm ² DOSIFICACIÓN 2.....	74
TABLA 4.15: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - f'c = 210 Kg/cm ² DOSIFICACIÓN 1.....	75
TABLA 4.16: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - f'c = 210 Kg/cm ² DOSIFICACIÓN 2.....	76
TABLA 4.17: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - f'c = 210 Kg/cm ² DOSIFICACIÓN 3.....	77

TABLA 4.18: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 1.....	78
TABLA 4.19: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 1.....	79
TABLA 4.20: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	80
TABLA 4.21: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	81
TABLA 4.22: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	82
TABLA 4.23: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	83
TABLA 4.24: RESISTENCIAS PROMEDIO A TRACCIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 28 DÍAS	84
TABLA 4.25: RESISTENCIAS PROMEDIO A TRACCIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 56 DÍAS	85
TABLA 4.26: RESISTENCIAS PROMEDIO A FLEXIÓN EN VIGAS CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 28 DÍAS.....	86
TABLA 4.27: RESISTENCIAS PROMEDIO A FLEXIÓN EN VIGAS CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 56 DÍAS.....	87
TABLA 4.28: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$...	88
TABLA 4.29: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$...	89
TABLA 4.30: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$...	90
TABLA 4.31: RESISTENCIAS PROMEDIO EN COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$...	91
TABLA 5.1: COMPARACIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DEL CEMENTO	92
TABLA 5.2: COMPARACIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA ARENA.....	94
TABLA 5.3: COMPARACIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DEL RIPIO	95

TABLA 5.4: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO PARA DOSIFICACIONES PATRÓN.....	96
TABLA 5.5: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS	101
TABLA 5.6: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO CON DOSIFICACIONES FINALES CON ADITIVO	105
TABLA 5.7: RELACIONES A/C OPTIMIZADAS	108
TABLA 5.8: RELACIONES A/C OPTIMIZADAS Y SEGÚN EL CÓDIGO ACI	109
TABLA 6.1: COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES UTILIZADOS	111
TABLA 6.2: COSTOS DE HORMIGÓN SIMPLE DOSIFICACIONES PATRÓN ..	111
TABLA 6.3: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	112
TABLA 6.4: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	112
TABLA 6.5: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	112
TABLA 6.6: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	113
TABLA 6.7: COMPARACIÓN DE COSTOS	113
TABLA 7.1: RELACIONES A/C OPTIMIZADAS	115

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal reducir los costos de producción mediante la optimización del recurso cemento en hormigones estándar, los cuales son diseñados mediante el código ACI, obteniendo resistencias que sobrepasan las requeridas dejando un rango de seguridad muy amplio.

Se busca optimizar las relaciones agua/cemento en función de los materiales utilizados, los mismos que fueron proporcionados por la Hormigonera Hormisur. El cemento utilizado es el GU de la empresa Holcim envasado en Latacunga, y los agregados provienen de canteras específicas, la arena de Pomasqui y el ripio de la mina San Joaquín 2 ubicada en el Chasqui.

En primera instancia se realizó un análisis de las propiedades físicas y mecánicas del cemento como también de los agregados, dichos valores sirvieron para realizar las dosificaciones de las resistencias $f'c = 180, 210, 240, 280 \text{ kg/cm}^2$. En una segunda etapa se fundió y ensayó a compresión los cilindros patrón (dosificación tablas ACI), los mismos que se utilizaron como referencia para hacer un análisis experimental el cual consistió en variar las relaciones agua/cemento para cada una de las pruebas, finalmente se realizaron los ensayos de compresión, tracción y flexión con las dosificaciones optimizadas así como un análisis económico, comparando los costos de producción de un hormigón estándar versus uno con las relaciones agua/cemento optimizadas.

Se analizó también la influencia del uso de un aditivo en la resistencia que alcanza el hormigón. El aditivo utilizado fue el EPS 700 ARI fabricado por la empresa Tespecon que tiene propiedades de acelerante y plastificante.

Este proyecto es un modelo que servirá como base para obtener similar beneficio económico variando los materiales utilizados, y las resistencias que se desean alcanzar.

ABSTRACT

This research has as main objective to reduce production costs by optimizing resource standard cement concretes, which are designed by ACI code, obtaining the required resistances that exceed safety leaving a very wide range.

It seeks to optimize the water / cement according to the materials used, which were provided by the Concrete Hormisur. The cement used is the Holcim company GU packaged in Latacunga, and aggregates are from specific quarries, sand and gravel Pomasqui of San Joaquin 2 mine located in the Chasqui.

First, we conducted an analysis of the physical and mechanical properties of cement as well as aggregates, these values were used to perform the dosages of resistors $f_c = 180, 210, 240, 280 \text{ kg/cm}^2$. The second stage was melted and compression tested the cylinders pattern (tables dosing ACI), the same that were used as reference for experimental analysis which consisted of varying the water / cement ratios for each of the tests, finally conducted compression tests, tensile and flexural optimized dosages and economic analysis comparing the costs of producing a standard concrete versus one with the water / cement optimized.

Also analyzed the influence of using an additive in the concrete reaches strength. The additive used was the EPS 700 ARI Tespecon manufactured by the company that has properties of accelerant and plasticizer.

This project is a model that will serve as the basis for economic benefit similarly varying the materials used, and the resistance to be achieved.

PRESENTACIÓN

El presente estudio tiene como propósito el desarrollar nuevas relaciones agua-cemento de manera tal que se disminuya la cantidad de cemento por metro cúbico de hormigón y por ende su costo de producción.

La parte teórica se desarrolló en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional. La parte práctica se detalla en los 8 capítulos que comprende este proyecto:

Capítulo 1. Introducción.- Se presentan los antecedentes, justificación, alcance, y objetivos.

Capítulo 2. Características de los Materiales.- Se presenta el marco teórico y los valores característicos del cemento y de los agregados, arena y ripio.

Capítulo 3. Patrones de Análisis.- Comprende el diseño del hormigón con los procedimientos y condiciones de las normas ACI 211.1. Se muestran los ensayos de las probetas patrón a compresión.

Capítulo 4. Análisis Comparativo de Muestras.- Comprende el diseño de las pruebas con diferentes relaciones agua/cemento, la obtención de la dosificación óptima con sus respectivos ensayos a compresión, tracción y flexión.

Capítulo 5. Análisis de Resultados.- Se realiza una comparación de los resultados de los ensayos de los materiales y del hormigón, comparándolos con los límites permitidos.

Capítulo 6. Análisis Económico Comparativo.- Se detallan los costos de fabricación de los patrones y de las optimizaciones y se analiza el porcentaje de ahorro.

Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones.- En este capítulo se sintetizan los resultados de la investigación.

Capítulo 8. Referencias Bibliográficas.- Se enlistan los libros, textos, normas y páginas web que se utilizaron como guía de este proyecto.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

A lo largo de la historia la necesidad de los pueblos de vivir cómodamente ha hecho que día a día las empresas encargadas de la producción de materiales de construcción vayan evolucionando, para crear nuevas tecnologías que estén al servicio de la colectividad a un mejor costo.

La humanidad desde la antigüedad buscó la manera de realizar construcciones con la utilización de materiales resistentes y fáciles de trabajar, como es el caso del barro o la piedra para lo cual utilizaron diferentes tipos de aglomerantes, rudimentarios en la actualidad pero indispensables para la época, dentro de estos se pueden mencionar la unión de tierra caliza, arena, grava con agua. Conforme el tiempo fue pasando se empezó a utilizar yeso cocido o caliza calcinada mezclada con arcilla cocida y agua, estas mezclas son conocidas como los primeros intentos de formar hormigón; pero fueron los romanos quienes al descubrir la puzolana la mezclaron con cal y agua descubriendo un material cementante, el mismo que utilizaron en sus construcciones, desde allí ha ido evolucionando hasta lo que hoy conocemos como cemento, que en combinación con los agregados formó el llamado hormigón, el cual gracias a su resistencia y a su adaptabilidad es uno de los materiales más nobles usados en las construcciones civiles. [54]

El hormigón resulta de la mezcla de agua, cemento y agregados pétreos (arena y ripio), es un material resistente a la compresión pero deja mucho que desear al probar su resistencia tanto en tracción como en flexión, por lo cual para su utilización se lo combina con acero formando el Hormigón Armado.

Cada parte que conforma el hormigón es fundamental para obtener la resistencia para la cual fue diseñado, es así que todos los materiales a utilizarse deben cumplir con las propiedades dentro de los rangos establecidos en las Normas.

La explotación de las canteras en nuestro país se está regularizando en lo concerniente al medio ambiente, pero no en la calidad de materiales que cada una distribuye, por eso, es decisión de las personas y empresas dedicadas a la fabricación de este noble material el escoger los más aptos dependiendo de la obra a ejecutarse.

Hay que tomar en cuenta que gracias a la rigidización de las normas se está produciendo cemento de mejor calidad, que al mezclarlo con los agregados nos arroja resistencias mayores y con propiedades específicas que ofrecen protección ante factores externos. Se habla de calidad del cemento refiriéndonos también al menor grado de afectación al ambiente ya que se bajan las emisiones de elementos contaminantes para la fabricación del mismo.

Las personas dedicadas a la fabricación de hormigón en pequeña o gran escala, han buscado la manera de reducir los costos de producción sin disminuir la calidad del producto que ofrecen, es así que se realiza la presente investigación basada principalmente en obtener resistencias para las que fue diseñado optimizando la cantidad de cemento a utilizarse.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las dosificaciones que se utilizan proporcionan como resultados resistencias superiores a las que se desean alcanzar, por lo que se intenta generar una tabla que permita obtener las resistencias requeridas optimizando el recurso cemento pero sin perder la calidad del hormigón.

La presente investigación pretende mejorar la competitividad que tienen las hormigoneras y las personas dedicadas a la construcción en sí, brindándoles un estudio que les sirva de referencia para justificar la utilización de parámetros de diseño (dosificaciones) de los diferentes hormigones.

Este proyecto quiere constituirse en un modelo que pueda ser usado en nuevas investigaciones, que usen otras variables de diseño, como el tipo de materiales usados ya sean estos cementos, agregados o aditivos.

Las aplicaciones prácticas que se pueden dar con los resultados de este proyecto están contempladas básicamente en todo lo relacionado con construcción de estructuras que usen hormigón.

Se procura indirectamente mejorar la situación económica de las personas dedicadas a la construcción y por ende a la sociedad en general, mediante la reducción de costos de producción del hormigón.

1.3 ALCANCE

En la actualidad en las diferentes hormigoneras del país se utilizan los factores de relaciones agua/cemento que se especifican en las normas ACI 211.1 para diseño de hormigones.

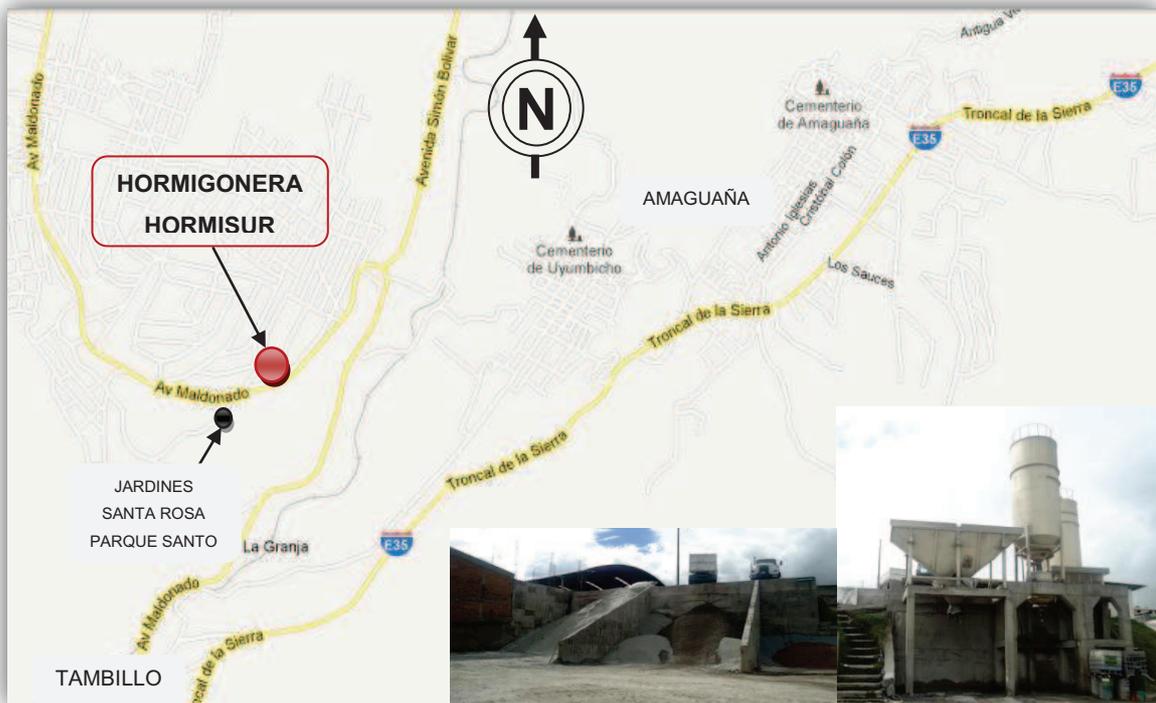
En Quito la utilización de hormigones cuya resistencia a compresión medida a los 28 días (f'_c) es superior a la diseñada, hace que el costo de producción se incremente. Por medio del presente estudio se trata de elaborar una tabla de diseño de hormigones, con relaciones agua/cemento adecuadas para mejorar la competitividad de las hormigoneras.

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicará la normativa vigente con la que se compararán los resultados de cada una de las pruebas de laboratorio, teniendo en cuenta que los materiales utilizados por una hormigonera deben cumplir con los parámetros que establecen las normas INEN - ASTM, mientras que el hormigón luego de obtenidas las dosificaciones óptimas deberán satisfacer las resistencias requeridas para las que fueron diseñadas.

Para alcanzar el objetivo se reducirán las variables las cuales serán controladas en el laboratorio durante el proceso de fabricación de las probetas. Se usará cemento

Hidráulico Holcim tipo GU, la arena y el ripio fueron proporcionadas por la Hormigonera Hormisur la cual trabaja con materiales de canteras específicas, siendo la arena de Pomasqui y el ripio extraído de la mina San Joaquín 2 ubicada en El Chasqui a varios kilómetros del Parque Nacional Cotopaxi y a 40km de la Planta Matriz de la Hormigonera.

FOTOGRAFÍA 1.1: HORMIGONERA HORMISUR



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Se logró comprobar la uniformidad en las propiedades de los agregados, los cuales fueron extraídos en diferentes ocasiones obteniéndose una mínima diferencia entre una camada y otra, lo cual no afectó a los resultados de una misma dosificación, pese a esta variabilidad se tomó la precaución de garantizar similar granulometría para poder realizar una comparación más real entre las probetas patrón y las diseñadas, dejando como única variable la cantidad de cemento.

Dado que la curva de “resistencia vs tiempo” de los cilindros patrones continúa creciendo sin volverse asintótica a los 28 días y llegando a tener la misma tendencia, de los 14 días a los 28 días, como de los 28 días a los 56 días, se

decidió usar la relación agua/cemento que permita alcanzar la resistencia deseada a los 56 días.

El uso de aditivo servirá para justificar la resistencia de las nuevas dosificaciones a edades tempranas, es decir, con las dosificaciones optimizadas se buscará obtener la resistencia de los 56 días en un máximo de 21 a 28 días, lo cual permitirá conseguir un ahorro sustancial gracias a la cantidad de cemento a emplearse, de igual manera se controlará que el costo del hormigón no se encarezca con el uso del aditivo, en comparación con la reducción obtenida al utilizar las nuevas dosificaciones.

La Hormigonera Hormisur es una empresa en desarrollo la cual busca consolidarse como un pilar fundamental en la fabricación de hormigón para la construcción de obras civiles.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir los costos de producción mediante la optimización del recurso cemento en el diseño de hormigones estándar establecidos en los códigos ACI – ASTM en sus tablas para dosificación, cumpliendo con las resistencias requeridas de diseño ($f'c$).

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas y mecánicas de los materiales que utiliza la Hormigonera Hormisur de acuerdo a las normas INEN - ASTM.

- Realizar un análisis comparativo de las resistencias de los elementos patrón fabricados con la dosificación del ACI - ASTM versus las diferentes relaciones agua/cemento de optimización.

- Comparar los costos de fabricación de hormigones Estándar con los obtenidos mediante el presente estudio.

- Formular una tabla utilizando los resultados del análisis comparativo del estudio realizado.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

2.1 GENERALIDADES

Las propiedades de los agregados son fundamentales para el estudio del hormigón; ya que estos forman del 70% al 80% de la dosificación en peso por lo que es necesario obtener varias de las características generales de los agregados para poder combinarlos adecuadamente, pudiendo mencionar las físicas, que son aquellas que no afectan la estructura y composición de los materiales. A continuación se indican algunas de las más importantes:

TABLA 2.1: PROPIEDADES GENERALES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROPIEDAD	CONCEPTO
Absorción	Capacidad de retener el agua.
Compacidad	Relación entre el volumen real y el aparente
Densidad	Relación entre la masa y el volumen
Porosidad	Relación entre el volumen de los poros y el volumen aparente.
Resistencia al desgaste	Porcentaje de pérdida de peso.
Resistencia mecánica	Capacidad de los materiales para soportar esfuerzos
Rigidez	Resistencia de un material a la deformación

FUENTE: Tecnologías Versión Impresa. (s.f.). Materiales: Los Pétreos. Obtenido de <http://recursostecno.wikispaces.com/file/view/materiales+petreos+espa%C3%B1ol.pdf>

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

A lo largo del presente capítulo se profundizará en el estudio de las propiedades que servirán para determinar la calidad de los materiales y su función al realizar la mezcla.

2.2 CEMENTO

2.2.1 MARCO TEÓRICO

El cemento es uno de los principales productos utilizados en la construcción, tanto para obras pequeñas como aceras, bordillos, canales, viviendas unifamiliares, etc. o para obras de gran envergadura tales como edificios, presas, puentes, etc.

Existen varios tipos de cementos que se fabrican en la actualidad por los diferentes proveedores, los cementos Holcim son los siguientes:

- Holcim Base Vial
fue fabricado específicamente para construcciones viales, ya que mejora el comportamiento mecánico de la estructura de hormigón.
- Holcim Ultra Durable (Tipo HS)
mejora la resistencia al ataque de sulfatos
- Holcim Premium (Tipo HE)
altas resistencias iniciales a compresión
- Tipo GU (Uso General)
para uso en general de construcciones

FOTOGRAFÍA 2.1: CEMENTO HOLCIM GU



FUENTE: <http://www.holcim.com.ec/productos-y-servicios/calidad/cementoholcim.html>

El cemento con el paso de los años ha ido evolucionando, pero en sí es el producto resultante de la mezcla de materiales inorgánicos y minerales, como arcillas, calizas y materiales minerales que se los calcina para formar el clinker, el mismo que al aumentarle yeso y otros elementos forman lo que conocemos como cemento, en nuestro país se almacena y distribuye en sacos de 50 Kg y al granel. [28].

La elaboración de los diferentes cementos que existen en el país cumplen con las normas NTE INEN 2380[45] – ASTM C 1157[24], las cuales garantizan su calidad, en el presente estudio se utilizó Cemento Hidráulico Tipo GU.

A pesar de que el proceso de fabricación del cemento es muy nocivo y en sí, es causante de la contaminación del medio ambiente, cabe recalcar que es casi imposible para la sociedad en general dejar de utilizar este material, es por eso que a lo largo de la última década en el país se han establecido nuevas reglas e implementado nuevas tecnologías para poder reducir estos procesos de contaminación, con lo que se ha logrado mejorar la calidad y las propiedades de este conglomerante y se han implementado una variedad de posibilidades en productos para el constructor, de tal manera que le permitan enfrentar sus diversos tipos de requerimientos y subsanar las necesidades al momento de la construcción.

2.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las propiedades que se describen a continuación son las que determinan la calidad del mismo y por ende, nos garantizan que las dosificaciones realizadas alcancen las resistencias requeridas, para lo cual es necesario se sigan las normas correspondientes en cada uno de los ensayos siguientes:

2.2.2.1 Densidad real y aparente

La densidad de los materiales es la relación entre la masa y el volumen que ocupa.

2.2.2.1.1 Densidad Real

El cemento tiene una densidad real promedio de 3,15 g/cm³, es decir, es su peso por unidad de volumen sin la inclusión de aire. [51]

Método para obtener la densidad real del cemento de acuerdo a las normas NTE INEN 156 [31] – ASTM C 188 [15].

Procedimiento mediante el frasco de Le Chatelier:

- Se coloca una determinada cantidad de reactivo (gasolina) en el frasco de L' Chatelier, de tal forma que no pase del cuello inferior (entre la marca de 0 y 1 cm³).
- Se lee el volumen inicial L1 y el peso P1 del frasco con reactivo.
- Se introduce el cemento en el frasco con la ayuda de un embudo y una espátula, hasta que el nivel del reactivo esté en el cuello superior entre 18 y 24 cm³ (alrededor de 64 gr).
- Se agita rotacionalmente el frasco para extraer el aire atrapado en el cemento o se somete a baño María.
- Se tapa el frasco, se deja reposar, se retira la tapa y se lee el volumen final L2 y el peso P2.

FOTOGRAFÍA 2.2: ENSAYO DE DENSIDAD REAL DEL CEMENTO



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

La densidad real se obtiene encontrando la relación entre la masa de cemento y el volumen del líquido desplazado. [31]

$$\delta_{REAL} = \frac{P_2 - P_1}{L_2 - L_1} \quad (2.1)$$

Siendo,

δ_{REAL} = Densidad real, en gr/cm³.

P_2 = Peso del frasco con cemento y reactivo, en gr.

P_1 = Peso del frasco con reactivo, en gr.

L_2 = Lectura en el cuello superior, en cm³.

L_1 = Lectura del frasco en el cuello inferior, en cm³.

2.2.2.1.2 Densidad Aparente

La densidad aparente del cemento es la masa por unidad de volumen considerando el aire contenido entre las partículas. Este parámetro depende del nivel de compacidad del material. [51]

La densidad suelta es la que se obtiene luego de llenar el molde sin compactar su contenido, mientras que la densidad compactada es aquella en la que se realiza compactación al momento de llenar el molde.

Método para obtener la densidad aparente del cemento de acuerdo a las normas NTE INEN 858 [38] – ASTM C 29 09 [3].

Procedimiento:

- Se calibra el molde para obtener su peso y volumen.
- Se llena el molde colocando el cemento de forma suelta.
- Se enrasa y limpia cuidadosamente el recipiente, evitando producir vibraciones, como se muestra en la fotografía 2.3.

FOTOGRAFÍA 2.3: ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE DEL CEMENTO



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- Se pesa el molde con el cemento.
- Para el caso de la densidad compactada, se procede a llenar el molde en 3 capas, en cada una de estas se deja caer el molde 25 veces

desde una altura de 2 cm para llenar los vacíos existentes. Se enrasa y limpia el molde y se pesa.

Estos ensayos se los realizan por duplicado para obtener un valor promedio.

La expresión para determinar la densidad aparente suelta y compactada es:

$$\delta_{\text{APARENTE}} = \frac{P_2 - P_1}{V_{\text{molde}}} \quad (2.2)$$

Siendo,

δ_{APARENTE} = Densidad aparente suelta o compactada del cemento, en gr/cm^3 .

P_2 = Peso del molde con cemento suelto o compactado, en gr.

P_1 = Peso del molde, en gr.

V_{molde} = Volumen del molde, en cm^3 .

2.2.2.2 Consistencia normal

La consistencia normal es un estado en el que todas y cada una de las partículas de cemento se encuentran hidratadas, alcanzando una fluidez y plasticidad óptima.

“Los valores de la consistencia normal varían entre 23% y 33%. Se utiliza principalmente para determinar los tiempos de fraguado.”¹

Método para obtener la pasta de cemento de acuerdo a las normas NTE INEN 155 [30] y ASTM C 305 – 06[18]:

Procedimiento:

¹ <http://ingevil.blogspot.com/2008/10/mtodo-de-ensayo-para-determinar-la.html>

- Se pesa 500 gr de cemento.
- Se coloca la paleta mezcladora y el recipiente en posición de trabajo limpios y secos.
- La cantidad de agua necesaria es un porcentaje de peso del cemento, que oscila entre 23 y 33%.
- Se vierte toda el agua y el cemento en el recipiente de la mezcladora y se lo deja reposar por 30 segundos.
- Se mezcla por 30 segundos a velocidad lenta.
- Se detiene la mezcladora por 15 segundos, durante los cuales se recoge con una espátula toda la pasta adherida a los lados del recipiente.
- Se mezcla durante 60 segundos más a velocidad media.

Método para obtener la consistencia normal mediante el uso del Método de Vicat, el cual consiste en medir la penetración de una aguja normalizada en un tiempo determinado de acuerdo a las normas NTE INEN 157[32] y ASTM C 187-04[14].

- Con la pasta lista y con las manos previamente enguantadas, se forma una esfera la que se arroja 6 veces de una mano a otra con una separación de 15 cm. Si la pasta se nota muy seca o muy viscosa, se debe repetir la preparación de la pasta con una cantidad de agua diferente.
- Si la pasta presenta buenas condiciones, se coge con una mano el molde, al que previamente se le ha colocado una capa fina de aceite, y con la otra la bola de pasta y se la introduce en el mismo, por la parte más ancha hasta que se llene completamente retirando el exceso.
- Se coloca el molde sobre una placa y se enrasa la parte más angosta evitando no comprimir la pasta; luego se le ubica en el aparato de Vicat, se pone en contacto el borde superior del molde con la aguja de Tetmayer fijando el vástago en esta posición.

- Se coloca el indicador ajustable en el cero de la escala, se centra el molde en el aparato de Vicat y se procede a soltar el vástago.
- Se debe tomar la precaución de que el tiempo desde que se termina la preparación de la pasta hasta que ésta se encuentra enrasada dentro del molde, no debe ser superior a 30 segundos.
- La consistencia normal se obtiene cuando la sonda penetra la pasta 10 ± 1 mm luego de 30 segundos, de haber soltado el vástago del aparato de Vicat.

Si no se consigue la consistencia normal se debe repetir todo el ensayo usando una muestra nueva de cemento, variando la cantidad de agua.

2.2.2.3 Tiempo inicial y final de fraguado (VICAT)

El fraguado inicia cuando el cemento se pone en contacto con el agua pero los tiempos inicial y final de fraguado vienen dados por normas. El tiempo inicial de fraguado está determinado como el tiempo durante el cual la pasta se puede remoldear sin alterar las propiedades de la misma, mientras que el tiempo final de fraguado se consigue *“en el instante en el cual la aguja no deja una impresión circular completa en la superficie de la pasta”*².

Método para obtener los tiempos inicial y final de fraguado de acuerdo a las normas NTE INEN 158[33] – ASTM - C191[16].

Procedimiento:

- Se prepara una pasta que se encuentre en consistencia normal.

² INEN. (2009). NTE INEN 158. Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat. (Primera ed.). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- Se deja el molde tronco-cónico con la pasta en una cámara de humedad (de curado), sacando la muestra únicamente para tomar las lecturas.
- Se toman lecturas de la penetración de la aguja de Vicat (diámetro 1 mm) cada media hora al inicio y cada 10 a 5 minutos mientras se acerca al punto de comienzo del fraguado.
- El tiempo inicial se da cuando la aguja de Vicat penetra la pasta 10 mm en 30 segundos y el tiempo final cuando la aguja no deja huella perceptible en la superficie de la muestra.

2.2.3 RESULTADOS

Luego de realizados cada uno de los ensayos para considerar al material apto para la fabricación del hormigón, se muestran los resultados de dichas pruebas de laboratorio a continuación:

TABLA 2.2: VALORES CARACTERÍSTICOS DEL CEMENTO

DENSIDAD	REAL	2,94 gr/cm ³
	SUELTA	1,04 gr/cm ³
	COMPACTADA	1,27 gr/cm ³
CONSISTENCIA NORMAL	29%	
TIEMPOS DE FRAGUADO	Inicial	301 Minutos
	Final	456 Minutos

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

2.3 AGREGADOS

2.3.1 MARCO TEÓRICO

Los agregados fino y grueso a utilizarse para el presente proyecto provienen de la mina de Pomasqui, y del Chasqui respectivamente, y son los utilizados actualmente por la Hormigonera Hormisur para la fabricación de su hormigón.

FOTOGRAFÍA 2.4: ARENA UBICADA EN LA PLANTA DE LA HORMIGONERA



FUENTE: Sección de Almacenamiento de la Hormigonera Hormisur

Durante la elaboración de este estudio se generaron inconvenientes debido al cierre de minas en el país las cuales incumplían de las normas ambientales, por esta razón la Hormigonera tuvo la necesidad de buscar otro tipo de agregado grueso, por lo que se realizaron las pruebas correspondientes con los agregados de cada una de las minas al alcance de ellos, resultando el más conveniente el antes indicado.

FOTOGRAFÍA 2.5: MINA SAN JOAQUÍN 2 – UBICADA EN EL CHASQUI

FUENTE: Área Minera San Joaquín 2

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

La calidad los agregados es otro de los factores fundamentales en el proceso de fabricación del hormigón por lo que fue necesario conocer varias de sus propiedades para éste propósito.

FOTOGRAFÍA 2.6: RIPIO UBICADO EN LA PLANTA DE LA HORMIGONERA

FUENTE: Sección de Almacenamiento de la Hormigonera Hormisur

2.3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO DE ARENA

Para poder realizar la dosificación del hormigón fue necesario conocer varias de las propiedades de los agregados que se utilizarán para este propósito.

A continuación se detallan las pruebas necesarias y sus respectivos procedimientos para el agregado fino.

2.3.2.1 Peso específico y densidades aparentes de la arena

Método para obtener el peso específico de acuerdo a las normas NTE INEN 856 [36] – ASTM C 128[10].

2.3.2.1.1 Peso específico y absorción de la arena

Preparación de la muestra:

- Se lava una muestra representativa de la arena para eliminar el polvo, limos, arcillas o partículas orgánicas que ésta pueda contener y se la sumerge en agua durante 24 horas.

Condición S.S.S.:

- De la muestra ya saturada se toma una cantidad mayor a 500 gr, escurriendo el exceso de agua.
- Se coloca la muestra en una bandeja y se la introduce en el horno para acelerar el proceso de secado, o se la seca a temperatura ambiente.
- Para verificar que se ha alcanzado la condición de superficie saturada seca (sss), se coloca la muestra de forma suelta en un molde tronco cónico, compactándola de tal manera que al terminar de llenar el molde se completen 25 golpes con un pistillo, el cual se deja caer desde una altura de + 3,50 cm.

- Se enrasa y retira el material de la parte externa del molde, se comprueba que se ha alcanzado la condición sss, cuando al retirar el molde la arena se desmorona ligeramente. Si no se desmorona se le vuelve a introducir en el horno controlando el secado y si por el contrario el secado es excesivo se repite el ensayo.

FOTOGRAFÍA 2.7: DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN SSS EN ARENA



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

Determinación de valores:

- Se pesa X cantidad de arena en condición SSS.
- Se coloca en un picnómetro alrededor de 100 ml de agua y se introduce la arena en condición SSS.
- Se agita y se extrae el aire atrapado en el picnómetro usando la bomba de vacío.

FOTOGRAFÍA 2.8: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARENA



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- Se llena el picnómetro con agua hasta el aforo, evitando introducir aire por medio de burbujas.
- Se pesa el picnómetro con la muestra de arena y agua. Luego se vierte el contenido en un recipiente y se lo pone a secar durante 24 horas.
- Se obtiene el peso seco de la arena.
- Se realizan los cálculos mediante las siguientes expresiones:

$$P_{\text{ESPECÍFICO}} = \frac{A}{B + X - C} \quad (2.3)$$

$$\delta_{\text{SSS}} = \frac{X}{B + X - C} \quad (2.4)$$

$$P_{\text{ESP. AP.}} = \frac{A}{B + A - C} \quad (2.5)$$

$$\text{Abs}_{\text{AGUA}} = \frac{X - A}{A} * 100 \quad (2.6)$$

Siendo,

$P_{\text{ESPECÍFICO}}$ = Peso específico de la arena, en gr/cm^3 .

δ_{SSS} = Peso específico de la arena en condición sss, en gr/cm^3 .

$P_{ESP. AP}$	= Peso específico aparente de la arena, en gr/cm^3 .
$Ab_{S_{AGUA}}$	= Absorción del agua, en %.
A	= Peso del material seco, en gr.
B	= Peso del picnómetro con agua – T° , en gr.
C	= Peso del picnómetro + muestra + agua, en gr.
X	= Peso de la muestra en condición sss en el aire, en gr.

2.3.2.1.2 Densidad aparente de la arena

Método para obtener la densidad aparente de la arena de acuerdo a las normas NTE INEN 858 [38] – ASTM C 29 09 [3].

Procedimiento:

- Se seca el material en el horno a una temperatura de $110^\circ C$.
- Se calibra el molde cilíndrico metálico.
- Se coloca la arena de manera suelta hasta llenar el molde, luego se enrasa el molde y se pesa.

FOTOGRAFÍA 2.9: ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE EN ARENA



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- Para determinar la densidad compactada se llena el molde en tres capas, cada una de las cuales se compacta con 25 golpes con la varilla de punta redondeada de 16 mm de diámetro. Una vez lleno el molde se enrasa y pesa.

Se calcula la densidad usando la siguiente expresión:

$$\delta_{\text{APARENTE}} = \frac{P_2 - P_1}{V} \quad (2.7)$$

Siendo,

- δ_{APARENTE} = Densidad aparente suelta o compactada de la arena, en gr/cm^3 .
- P1 = Peso del recipiente, en gr.
- P2 = Peso del recipiente con material suelto o compactado, en gr.
- V = Volumen del molde, en cm^3 .

2.3.2.2 Granulometría

El ensayo de granulometría consiste en determinar la gradación de las partículas. Método para obtener la granulometría de acuerdo a las normas NTE INEN 696[34] – ASTM C 136 [12].

Procedimiento:

- Se pone a secar una cantidad representativa de muestra de 18 a 24 horas a 110 °C, con el fin de que el contenido de humedad sea menor a 0.1% en masa.
- Se cuartea la muestra y se pesa aproximadamente un kilogramo.
- Se ordenan los tamices serie módulo de finura de Duff Abrams (No. 4, 8, 16, 30, 50, 100) de manera descendente de acuerdo a lo establecido en las normas NTE INEN 872[41] - ASTM C 33 08[5] y se colocan en la máquina tamizadora.

FOTOGRAFÍA 2.10: TAMIZADORA DE AGREGADOS FINOS

FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- El tiempo de tamizado es el necesario para que no más del 1% en masa de material retenido en cualquier tamiz individual, pase el mismo durante 1 minuto de tamizado manual continuo.
- Se retiran los tamices de la máquina y se pesa el contenido de material retenido en cada uno de ellos.

Con los pesos del material retenido en cada tamiz se calcula el módulo de finura.

Se calcula el módulo de finura con la siguiente expresión:

$$M_F = \frac{\sum \% \text{ retenidos acumulados en los tamices serie}}{100} \text{ Módulo de Finura} \quad (2.8)$$

2.3.2.3 Contenido Orgánico

Sirve para determinar si la muestra de finos contiene partículas orgánicas, las cuales pueden disminuir la resistencia y durabilidad del hormigón, ya que interfieren en las reacciones químicas de hidratación del cemento retardando su fraguado. [48].

Método para obtener el contenido orgánico de la arena de acuerdo a las normas NTE INEN 855[35] – ASTM C 40[7].

Procedimiento:

- Se prepara una solución de hidróxido de sodio al 3%, para lo cual se disuelve 3 partes en masa en 97 partes de agua.
- Se toma una muestra de arena natural y se la coloca en un frasco de vidrio graduado hasta aproximadamente un volumen de 130 ml (4 ½ onzas fluidas).
- Se coloca en la botella el hidróxido de sodio hasta que el volumen sea aproximadamente 200 ml (7 onzas fluidas).
- Se tapa y agita la botella vigorosamente y se la deja reposar por 24 horas.
- Una vez transcurrido ese tiempo se compara el color con la placa de Gardner que se muestra a continuación.

FOTOGRAFÍA 2.11: PLACA DE GARDNER – COMPARADOR DE COLOR



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

La escala de Gardner es la siguiente:

TABLA 2.3: ESCALA DE GARDNER

ESCALA PARA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ORGÁNICO		
COLOR GARDNER	No DE PLACA	LÍMITES PARA SU USO
5	1	Permitidos
8	2	
11	3	Normalizado de Referencia
14	4	No permitidos
16	5	

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

FUENTE: NTE INEN 855 y ASTM C 40 - 04

Los tres primeros valores son los únicos aceptables para poder usar la arena en mezclas de hormigón.

2.3.3 RESULTADOS ARENA

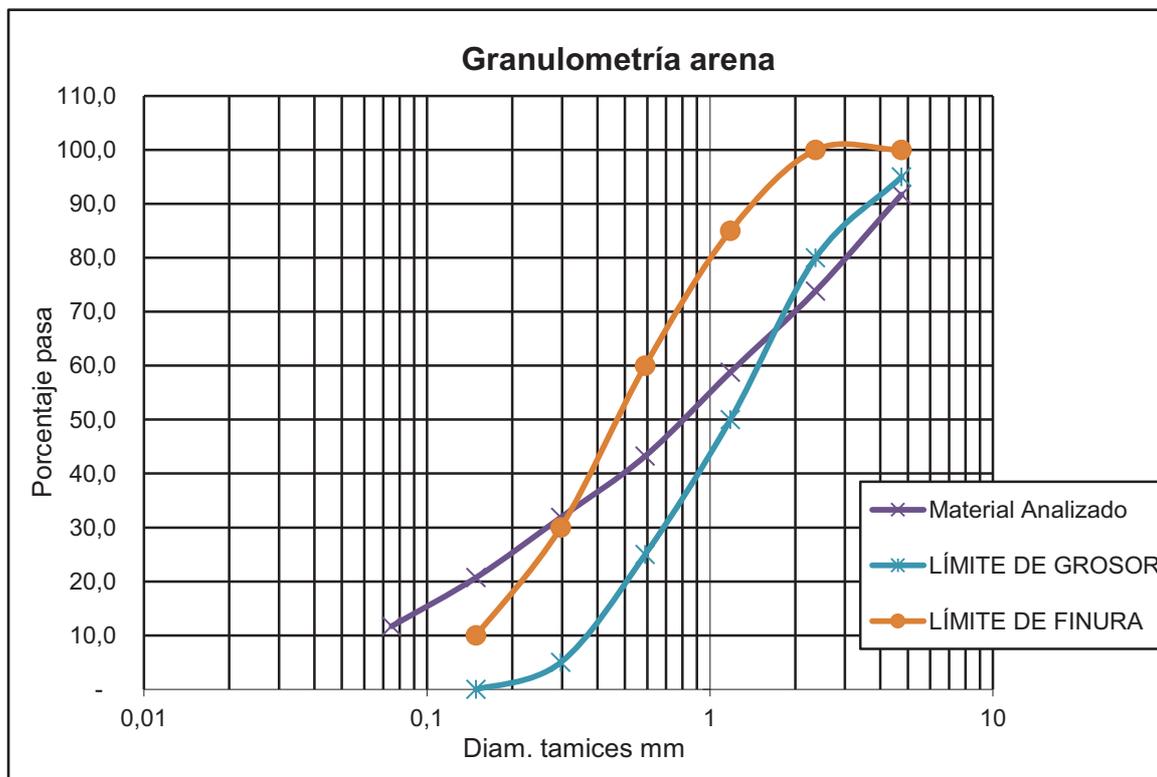
A continuación se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

TABLA 2.4: VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA ARENA.

MÓDULO DE FINURA		2,8
PESO ESPECÍFICO		2,53 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO S.S.S.		2,61 gr/cm ³
ABSORCIÓN DE AGUA		3,14 %
DENSIDAD	SUELTA	1,61 gr/cm ³
	COMPACTADA	1,87 gr/cm ³
CONTENIDO ORGÁNICO	No DE PLACA	0

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 2.1: CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA ARENA



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 2.5: LÍMITES SUPERIOR E INFERIOR PARA GRADACIÓN EN ARENA

TAMAÑO TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	
	LÍMITE DE GROSOR	LÍMITE DE FINURA
3/8 in. (9,50 mm)	100	100
No. 4 (4,75 mm)	95	100
No. 8 (2,36 mm)	80	100
No. 16 (1,18 mm)	50	85
No. 30 (600 μ m)	25	60
No. 50 (300 μ m)	5	30
No. 100 (150 μ m)	0	10

FUENTE: ASTM C 33 – 08 y NTE INEN 1573.

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

2.3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO DEL RIPIO

A continuación se detallan las pruebas necesarias y sus respectivos procedimientos para el agregado grueso.

2.3.4.1 Peso específico y densidades aparentes del ripio

2.3.4.1.1 Peso específico y absorción del ripio

El peso específico del ripio se lo obtiene de la relación entre el peso y el volumen del mismo.

Método para obtener el peso específico en el ripio de acuerdo a las normas NTE INEN 857[37] – ASTM C 127-07 [9].

Preparación de la muestra:

- Se lavan las gravas para eliminar el material fino adherido en sus caras, luego se sumerge durante 24 horas en agua para lograr la saturación de las mismas.

Procedimiento:

- Se escogen alrededor de 15 a 25 gravas saturadas representativas y se las seca superficialmente para lograr la condición sss, procurando que este paso se realice en el menor tiempo posible para evitar que se seque demasiado la muestra.
- Se pesa la muestra de gravas en condición sss en el aire.
- Se pesa la canasta sumergida en agua.
- Se colocan dentro de la canasta las gravas y se toma el peso con la muestra sumergida.

- Se coloca la muestra en un recipiente y se secan durante 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo se toma el peso de la muestra seca.

Para calcular el peso específico se procede de la siguiente manera:

$$P_{\text{ESPECÍFICO}} = \frac{A}{B - C} \quad (2.9)$$

$$\delta_{\text{SSS}} = \frac{B}{B - C} \quad (2.10)$$

$$P_{\text{ESP. AP.}} = \frac{A}{A - C} \quad (2.11)$$

$$\text{Abs}_{\text{AGUA}} = \frac{B - A}{A} * 100 \quad (2.12)$$

Siendo,

$P_{\text{ESPECÍFICO}}$ = Peso específico del ripio, en gr/cm^3 .

δ_{SSS} = Peso específico del ripio en superficie saturada seca, en gr/cm^3 .

$P_{\text{ESP. AP.}}$ = Peso específico aparente del ripio, en gr/cm^3 .

Abs_{AGUA} = Absorción de agua, en %.

A = Peso de la muestra seca, en gr.

B = Peso de la muestra en superficie saturada seca en el aire, en gr.

C = Peso de la muestra sumergida, en gr.

2.3.4.1.2 Densidad aparente

Método para obtener las densidades relativas del árido grueso de acuerdo a las normas NTE INEN 858[38] – ASTM C 29[3].

Procedimiento:

- Se calibra el molde cilíndrico.
- Se llena el molde con el ripio el cual se coloca de manera suelta, luego se enrasa y pesa.
- Para determinar la densidad compactada se llena el molde en tres capas, golpeando en cada capa un total de 25 veces con la varilla de compactación. Una vez lleno el molde se enrasa y pesa.
- Se calcula la densidad usando el siguiente expresión:

$$\delta_{\text{APARENTE}} = \frac{P_2 - P_1}{V} \quad (2.13)$$

Siendo,

δ_{APARENTE} = Densidad aparente suelta o compactada de la arena, en gr/cm³.

P1 = Peso del recipiente, en gr.

P2 = Peso del recipiente con material suelto o compactado, en gr.

V = Volumen del molde, en cm³.

2.3.4.2 Granulometría

Nos sirve para conocer que tamaños de agregado contiene la muestra y determinar la uniformidad de la misma.

Método para obtener la granulometría de acuerdo a las normas NTE INEN 696[34] – ASTM C 136 [12].

Procedimiento:

- Se analiza la muestra y se escoge el tamaño máximo nominal, el cual determinará cuales tamices se deberán ocupar de acuerdo con la tabla 2.6.

TABLA 2.6: REQUISITOS DE GRADACIÓN PARA AGREGADOS GRUESOS

Size Number	Nominal Size	Porcentaje acumulado en peso que debe pasar cada tamiz (aberturas cuadradas)												
		4 in.	3 1/2 in.	3 in.	2 1/2 in.	2 in.	1 1/2 in.	1 in.	3/4 in.	1/2 in.	3/8 in.	No. 4	No. 8	No. 16
		100 mm	90.0 mm	75.0 mm	63.0 mm	50.0 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
1	3 1/2 a 1 1/2 in. (90 a 37.5 mm)	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2 a 1 1/2 in. (63 a 37.5 mm)			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2 a 1 in. (50 a 25.0 mm)				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2 in. a No 4 (50 a 4.75 mm)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2 a 3/4 in. (37.5 a 19 mm)					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2 a No 4 (37.5 a 4.75 mm)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1 a 1/2 in. (25.0 a 12.5 mm)						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1 a 3/8 in. (25.0 a 9.5 mm)						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1 in. a No 4 (25.0 a 4.75 mm)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	3/4 a 3/8 in. (19.0 a 9.5 mm)							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4 in. a No. 4 (19.0 a 4.75 mm)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2 in. a No 4 (12.5 a 4.75 mm)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8 a No 8 (9.5 a 2.36 mm)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

FUENTE: NTE INEN 872 y ASTM C 33 - 08.

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

- Se colocan los tamices ordenados de forma descendente en la tamizadora.

FOTOGRAFÍA 2.12: MÁQUINA TAMIZADORA DE AGREGADO GRUESO



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- La cantidad de muestra que se necesita para realizar este ensayo se determina en la tabla 2.7, se coloca dentro de la tamizadora dicha cantidad de agregado grueso, previamente secado, cuarteado y pesado. Luego de transcurrido el tiempo se procede a tomar el peso del material que se retiene en cada uno de los tamices.

TABLA 2.7: TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA ENSAYO DE RIPIO

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO, ABERTURAS CUADRADAS, EN MM (pulgadas)	TAMAÑO DE LA MUESTRA DEL ENSAYO, MÍNIMO (Kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50,0	20
63,0	35
75,0	60
90,0	100
100,0	150
125,0	300

FUENTE: NTE INEN 696 y ASTM C 136 – 06.

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

- Para calcular el MF se usan los porcentajes de peso retenidos acumulados en los tamices de la serie módulo de finura para agregado grueso (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4,.....). El uso de la serie MF dependerá del tamaño nominal de la muestra.

$$M_F = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado en los tamices series Módulo de Finura}}{100} \quad (2.14)$$

2.3.4.3 Abrasión

“Este ensayo consiste en determinar el desgaste que sufren las superficies de las partículas del agregado mediante una carga abrasiva compuesta de esferas de acero, al ser sometido en conjunto a rotación dentro de la máquina de los Ángeles.”³

Método para obtener la abrasión de acuerdo a las normas NTE INEN 860[39] – ASTM C 131[11] y NTE INEN 861[40] - ASTM C 535 – 09[23].

Procedimiento:

- Se escoge la gradación a utilizarse dependiendo de los tamaños que se tengan de agregado, de acuerdo con la tabla 2.8.
- Se tamiza la cantidad necesaria para obtener los pesos requeridos según la tabla 2.8.

³ Monroy, C., & Luna, G. (1985). Cementos y Hormigones. Instructivo de laboratorio. Quito, Ecuador.

TABLA 2.8: GRADACIÓN DE ACUERDO AL TAMAÑO DE LOS AGREGADOS.

GRADACIÓN DE MUESTRAS DE ENSAYO					
Tamaño de las aberturas de tamiz en mm, (pulgadas) aberturas cuadradas			Masa por tamaños indicada (g)		
Pasante de	Retenido en	Gradación			
		1	2	3	
75 (3 in.)	63 (2 ½ in.)	2500 ± 50	-----	-----	
63 (2 ½ in.)	50 (2 in.)	2500 ± 50	-----	-----	
50 (2 in.)	37.5 (1 ½ in.)	5000 ± 50	5000 ± 50	-----	
37.5 (1 ½ in.)	25 (1 in.)	-----	5000 ± 25	5000 ± 25	
25 (1 in.)	19 (3/4 in.)	-----	-----	5000 ± 25	
TOTAL		10 000 ± 100	10 000 ± 75	10 000 ± 50	

FUENTE: NTE INEN 861 y ASTM C 535 - 09

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

- Una vez obtenido los pesos retenidos necesarios para la gradación escogida, se procede a colocarlos dentro de la máquina de los Ángeles junto con la carga abrasiva.

FOTOGRAFÍA 2.13: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- La gradación determinará el número de revoluciones y la carga abrasiva que se utilizará.
- Luego de la primera fase se procede a pesar la muestra que se retiene en el tamiz # 12.
- Pesada la muestra se la vuelve a colocar en la máquina de los Ángeles, tanto lo que se retuvo en el tamiz # 12 como lo que pasó.
- La siguiente fase será hasta completar las revoluciones, se pesa el material retenido en el tamiz # 12.
- El coeficiente de uniformidad y el porcentaje de abrasión se calculan con las siguientes expresiones:

$$\%_{\text{ABRASIÓN}} = \frac{A - B}{A} * 100 \quad (2.15)$$

Para partículas mayores a 19 mm:

$$\text{Coef.Unif.} = \frac{\% \text{ de pérdidas luego de 200 revoluciones}}{\% \text{ de pérdidas luego de 1000 revoluciones}} \quad (2.16)$$

Para partículas menores a 37,50 mm:

$$\text{Coef.Unif.} = \frac{\% \text{ de pérdidas luego de 100 revoluciones}}{\% \text{ de pérdidas luego de 500 revoluciones}} \quad (2.17)$$

Siendo,

$\%_{\text{ABRASIÓN}}$ = Porcentaje de abrasión del ripio.

Coef.Unif. = Coeficiente de uniformidad del ripio.

B = Peso retenido en el tamiz 12 después del ensayo, en gr.

A = Peso inicial de la muestra, en gr.

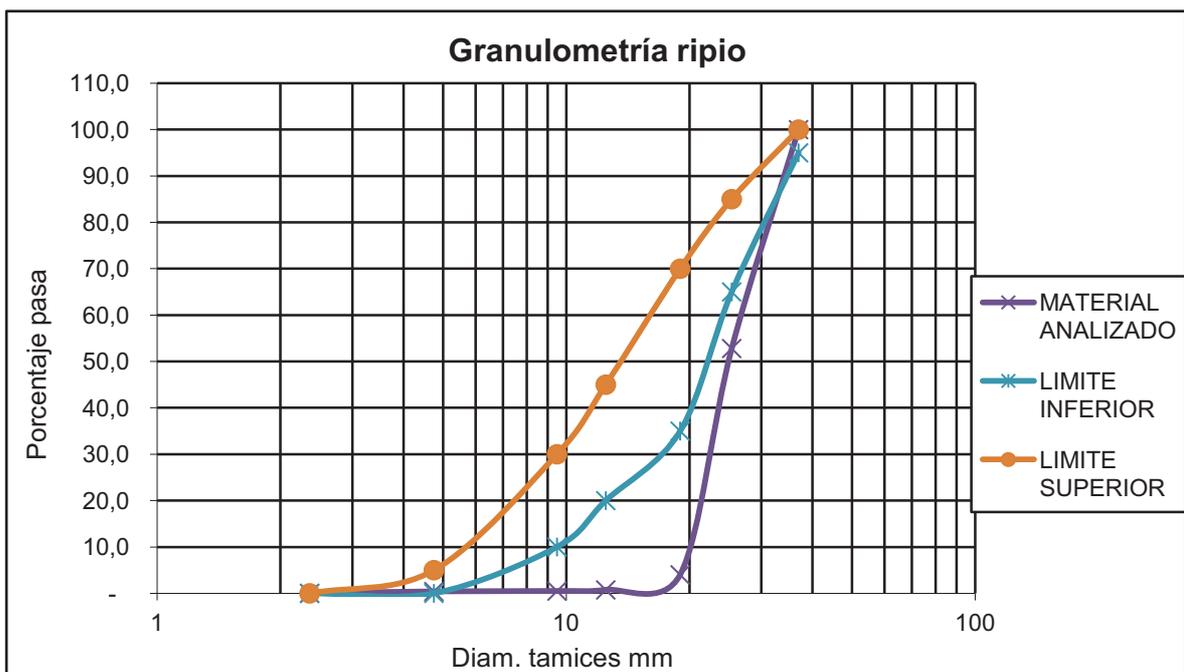
2.3.4.4 Resultados del ripio

TABLA 2.9: VALORES CARACTERÍSTICOS DEL RIPIO

TAMAÑO NOMINAL		1 ½ pulgadas
MÓDULO DE FINURA		7,96
PESO ESPECÍFICO		2,28 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO S.S.S.		2,42 gr/cm ³
ABSORCIÓN DE AGUA		5,98%
DENSIDAD	SUELTA	1,29 gr/cm ³
	COMPACTADA	1,41 gr/cm ³
GRADACIÓN No.		3
CARGA ABRASIVA		12 esferas
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD		0,20
ABRASIÓN EN PORCENTAJE		34,74%

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 2.2: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL RIPIO



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

CAPÍTULO 3

PATRONES DE ANÁLISIS

3.1 MARCO TEÓRICO

En nuestro medio para realizar una dosificación de hormigón se utiliza la tabla de relaciones agua/cemento especificada en el código ACI, mientras que, para los agregados fino y grueso se requiere que sus propiedades cumplan las normas INEN – ASTM.

Se escogieron las resistencias comerciales según las necesidades de la Hormigonera Hormisur, se elaboraron los cilindros (Patrón) dosificados para las resistencias de: 180 kg/cm² (17.65 MPa), 210 kg/cm² (20.59 MPa), 240 kg/cm² (23.54MPa) y 280 kg/cm² (27.46 MPa), con las relaciones agua/cemento del código ACI 211.1.; los cuales servirán como referencia para realizar las nuevas dosificaciones, las mismas que nos permitirán abaratar costos de producción brindándole a la hormigonera la oportunidad de ser más competitiva, todo esto optimizando el recurso cemento pero sin perder la calidad del hormigón.

3.2 DISEÑO DE CILINDROS PATRÓN

Las cantidades y propiedades de cada uno de los materiales que conforman el hormigón se deben seleccionar según el tipo de obra a realizar, éstos deben facilitar la colocación o puesta en obra del mismo y proporcionar las características físicas y mecánicas necesarias para su uso.

Con los datos obtenidos en laboratorio del cemento y agregados, se procedió a realizar las dosificaciones para las resistencias indicadas:

Procedimiento:

- Se escogió el tamaño máximo del agregado grueso, el asentamiento y la resistencia que se desea obtener.

- De la tabla 3.1 se encuentra la cantidad de agua y contenido de aire necesario.

TABLA 3.1: CANTIDADES DE AGUA POR METRO CÚBICO DE ACUERDO AL ASENTAMIENTO EN EL CONO

DESCENSO EN EL CONO	AGUA, litros por metro cúbico de hormigón corresponde al tamaño máximo de agregado que se indica abajo							
Revenimiento	1.0 cm	1.25 cm	2.0 cm	2.5 cm	4.0 cm	5.0 cm	7.5 cm	15.0 cm
SLUMP	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1.5"	2"	3"	6"
HORMIGÓN SIN INYECCIÓN DE AIRE								
2 - 5	208	198	183	178	163	153	144	124
7.5 - 10	228	218	203	193	178	168	158	139
14 - 17.5	243	228	213	203	188	178	168	149
Cantidad de aire embebido en el hormigón %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

FUENTE: Comité ACI 211. (1991). Proporcionamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo. American Concrete Institute.

- De la tabla 3.2 se toma la relación agua/cemento, de acuerdo a la resistencia probable que se desea obtener a los 28 días.

TABLA 3.2: RELACIÓN AGUA CEMENTO

a/c por peso	Relación agua-cemento litros por saco de cemento	Resistencia probable a los 28 días (kg/cm ²)
		Hormigón sin aire embebido
0.265	15	425
0.353	19	350
0.445	22.5	280
0.530	26.5	210
0.623	30	180
0.705	34	140

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

FUENTE: Comité ACI 211. (1991). Proporcionamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo. American Concrete Institute.

- El volumen aparente de ripio se obtiene de la tabla 3.3 relacionando el módulo de finura del agregado fino (arena), con el tamaño máximo del agregado grueso (ripio).

TABLA 3.3: VOLUMEN APARENTE DE RIPIO

cm	pulg	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2	= Mf
1	0.375	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	
1.25	0.5	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	
2	0.75	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	
2.5	1	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	
4	1.5	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	
5	2	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	
7.5	3	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	
15	0.5	0.91	0.9	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

FUENTE: Comité ACI 211. (1991). Proporcionamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo. American Concrete Institute.

- La cantidad de cemento necesaria se calcula dividiendo el peso del agua para la relación agua/cemento.

$$P_{\text{cemento}} = \frac{P_{\text{agua}}}{a/c} \quad (3.1)$$

- El volumen de ripio se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$V_{\text{ripio}} = V_{\text{apar. ripio}} * \frac{\delta_{\text{c ripio}}}{\delta_{\text{sss ripio}}} * 1000 \quad (3.2)$$

- La corrección de agua tomando en cuenta la absorción de los agregados se calcula mediante la siguiente expresión.

$$Aa = P_{\text{agregado}} * \left(\frac{100 + Ab\%_{\text{agregado}}}{100 + W\%_{\text{agregado}}} - 1 \right) \quad (3.3)$$

- Esta cantidad resultante se le suma a la inicial, ya que ésta no considera el agua que absorben los agregados por encontrarse totalmente secos, sino solamente la necesaria para realizar la mezcla.

Cabe indicar que esta dosificación tiene su comprobación al momento de realizar la mezcla donde se controla la consistencia del hormigón, utilizando el ensayo de asentamiento mediante el uso del cono de Abrams, que debe cumplir con los requisitos de la norma NTE INEN 1578[44] – ASTM C 143 08 [13] y su procedimiento es el siguiente:

- Se coloca una capa fina de aceite mineral o material desmoldante no reactivo en el cono.
- Se llena el cono en tres capas, en cada una de ellas se da 25 golpes con la varilla de compactación (16 mm de diámetro y 600 mm de longitud con punta redondeada). Se debe procurar que al compactar la mezcla, los golpes apenas lleguen a la capa inferior. Este paso se puede evidenciar en la fotografía 3.1.

- En la capa final, se debe mantener la mezcla sobre el borde del cono hasta completar los 25 golpes, se enrasa el mismo rodando la varilla sobre el borde superior del molde.
- Se limpia la base del cono y se lo levanta cuidadosamente en dirección vertical, para colocarlo junto a la muestra en posición inversa a la utilizada, como se muestra en la fotografía 3.1.
- Con la ayuda de un flexómetro se mide la diferencia de altura entre la parte superior del molde y el centro del hormigón asentado.

FOTOGRAFÍA 3.1: COMPROBACIÓN DEL ASENTAMIENTO CON EL CONO DE ABRAMS



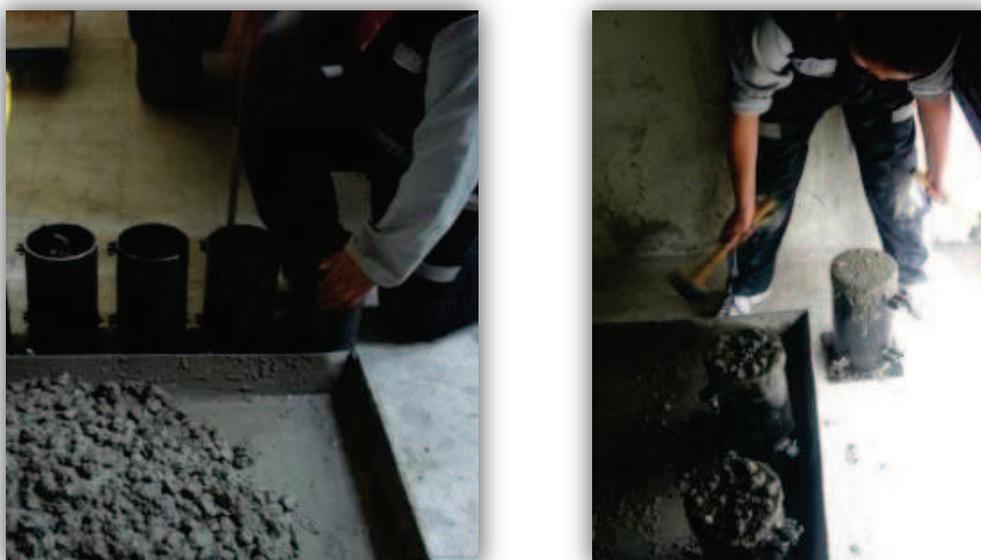
FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

Después de obtener el asentamiento requerido, se realiza el moldeo de los cilindros cuyo procedimiento se encuentra determinado en la norma NTE INEN 1576 [43] – ASTM C 31 09[4] y es el siguiente:

- Los moldes a ocuparse deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 470[19], los mismos deben estar previamente ajustados y con una fina capa de aceite mineral o material desmoldante no reactivo.
- Se vierte el hormigón en los cilindros en tres capas, se compacta cada capa con 25 golpes distribuyéndolos de manera uniforme sobre la sección transversal, para este efecto se usa la varilla de compactación.

- Luego de que cada capa ha sido compactada, se golpea el exterior del molde de 10 a 15 veces con un mazo (cabeza de caucho con una masa de 0,6 Kg \pm 0,2 Kg). El propósito de estos golpes es cerrar los agujeros dejados por la varilla y eliminar el aire atrapado.

FOTOGRAFÍA 3.2: ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS PATRÓN



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- Se enrasan los cilindros procurando que su terminado no presente depresiones o proyecciones mayores a 3 mm.

FOTOGRAFÍA 3.3: CILINDROS MOLDEADOS



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- Es importante realizar el moldeado de los cilindros cerca del lugar donde se los va a ubicar para su fraguado, al día siguiente se los desencofra, identifica e instala en la cámara de curado de acuerdo a las normas NTE INEN 2528[46] – ASTM C 511 – 06[22].

Las cantidades utilizadas para cada una de las dosificaciones, son las siguientes:

TABLA 3.4: CANTIDAD DE MATERIALES PARA CILINDROS PATRÓN

RESISTENCIA	PESO EN Kg. PARA 1 m ³				a / c	Sacos de cemento/m ³
	AGUA	CEMENTO	ARENA	RIPIO		
f'c = 180 Kg/cm ²	217,6	285,71	752,15	958,57	0,623	5,71
f'c = 210 Kg/cm ²	228,77	335,85	708,89	958,57	0,530	6,72
f'c = 240 Kg/cm ²	231,29	360,32	687,78	958,57	0,494	7,20
f'c = 280 Kg/cm ²	241,54	400,00	653,54	958,57	0,445	8,00

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio que se utilizaron para determinar la resistencia del hormigón fueron: compresión, flexión y tracción indirecta. Para el caso específico de los cilindros patrón se realizó únicamente el ensayo de compresión, ya que son valores representativos respecto a la calidad del hormigón, y fueron los que sirvieron para determinar el porcentaje de diferencia entre la resistencia para la que fue diseñado y la obtenida durante el ensayo; de ésta diferencia se determinaron los rangos dentro de los cuales variaron las relaciones a/c.

3.3.1 COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión del hormigón es la característica más importante, ya que permite medir el desempeño del mismo y es uno de los parámetros más significativos al momento de realizar el diseño de una estructura.

El ensayo a compresión se lo efectúa de acuerdo a la Norma NTE INEN 1573 [42] - ASTM C39 05 [6]. Es un ensayo destructivo que consiste en aplicar una carga axial sobre un cilindro (15 cm de diámetro y 30 cm de largo), mediante el uso de una prensa hidráulica, esto se lo realiza a una velocidad de $0,25 \pm 0,05$ Mpa/s y se la debe mantener fija al menos durante la última mitad de la fase de carga, en la primera mitad de la fase se puede aplicar una velocidad de carga mayor pero de manera controlada, teniendo la precaución de que los cambios en las velocidades no produzcan variaciones bruscas en la curva esfuerzo-deformación del hormigón. [42]

La relación entre longitud (L) y el diámetro (D) de un cilindro debe ser 2. En el caso de que la relación L/D del cilindro sea de 1,75 o menos, se debe corregir la resistencia por el factor de corrección apropiado como se muestra en la tabla 3.5. En el caso de que se tengan valores intermedios de L/D se realizarán interpolaciones. [42] y [6].

TABLA 3.5: FACTOR DE CORRECCIÓN SEGÚN LA RELACIÓN DE LONGITUD AL DIÁMETRO

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

FUENTE: NTE INEN 1573 y ASTM C 39 - 05

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del cilindro, como se indica en la siguiente expresión:

$$f'_c = \frac{P}{A_{\text{cilindro}}} \quad (3.4)$$

Siendo,

f'_c = Resistencia a la compresión, en Kg/cm².

P = Carga máxima alcanzada en el ensayo, en Kg.

A_{cilindro} = Área transversal del cilindro, en cm².

FOTOGRAFÍA 3.4: ENSAYO DE COMPRESIÓN



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

Para comprobar la veracidad de los resultados y considerando los requerimientos de la norma se ensayaron 3 muestras de cada dosificación a las edades de 7, 14, 28 y 56 días.

La precisión dentro del ensayo de compresión para cilindros fundidos la misma fecha y de una misma dosificación; para condiciones de laboratorio y campo se muestran en la tabla 3.6, dicha precisión es aplicable en un rango de resistencias

entre 152.95 kg/cm² (15 MPa) y 560.82 kg/cm² (55 MPa) para los cilindros de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura y en un rango de resistencias entre 173.35 kg/cm² (17 MPa) y 326.30 kg/cm² (32 MPa) para los cilindros de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura.

TABLA 3.6: PRECISIÓN DENTRO DEL ENSAYO

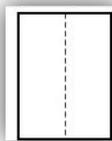
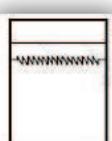
CILINDROS		Coeficiente de variación	Rango aceptable de variación de resistencia de cilindros individuales	
			2 cilindros	3 cilindros
150 X 300 mm	Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
	Condiciones de campo	2,9 %	8,0 %	9,5 %
100 X 200 mm	Condiciones de laboratorio	3,2 %	9,0 %	10,6 %

FUENTE: NTE INEN 1573 y ASTM C 39 – 05

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

La calidad del hormigón depende de los agregados utilizados, del tipo de cemento, dosificación y fabricación; estos determinan la falla que se presentará en las probetas al momento de realizar el ensayo de compresión. Las fallas más comunes son las mostradas en la Tabla 3.7:

TABLA 3.7: TIPOS DE FALLAS EN CILINDROS DE HORMIGÓN SOMETIDOS A ENSAYO DE COMPRESIÓN

TIPOS DE FALLAS		DESCRIPCIÓN
	CÓNICA	Se presenta cuando la carga de compresión está bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado.
	TRANSVERSAL	Se presenta comúnmente cuando las caras de aplicación de la carga se encuentran en el límite de desviación (perpendicularidad) tolerada especificada de 0,5°.
	COLUMNAR	Se presenta en especímenes que muestran una superficie de carga convexa y una deficiencia del material de refrentado, también por concavidad del plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.
		Se presenta en especímenes que muestran una cara de aplicación cóncava y por deficiencias del material de refrentado; también por concavidad de una de las placas de carga
		Se presenta cuando se producen concentraciones de esfuerzos en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga y deficiencia del material de refrentado, por rugosidades en el plato en el que se realiza el refrentado o por deformación de la placa de carga.
	CÓNICA Y DIVIDIDA	Se presenta en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y deficiencias del material de refrentado o rugosidades del plato de refrentado.
	CÓNICA Y TRANSVERSAL	Se presenta cuando las caras de aplicación de carga del espécimen están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen con respecto al eje de carga de la máquina.

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

FUENTE: Todo propiedades. (s.f.). Mezclas para Construcción. España. Obtenido de http://www.todopropiedades.com.es/informacion/historia_hormigon.htm

3.4 RESULTADOS

Las dosificaciones utilizadas para elaborar los cilindros patrón de las diferentes dosificaciones son las que se indican en la siguiente tabla:

TABLA 3.8: DOSIFICACIONES AL PESO PARA PATRONES

Resistencia	Dosificación al Peso			
	a/c	Cemento	Arena	Ripio
$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	0,762	1,00	2,63	3,36
$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	0,681	1,00	2,11	2,85
$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	0,642	1,00	1,91	2,66
$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	0,604	1,00	1,63	2,40

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 3.9: DOSIFICACIONES AL VOLUMEN PARA PATRONES

Resistencia	Dosificación al Volumen			
	a/c	Cemento	Arena	Ripio
$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	0.793	1.00	1.05	1.44
$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	0.709	1.00	0.84	1.23
$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	0.669	1.00	0.76	1.14
$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	0.629	1.00	0.65	1.03

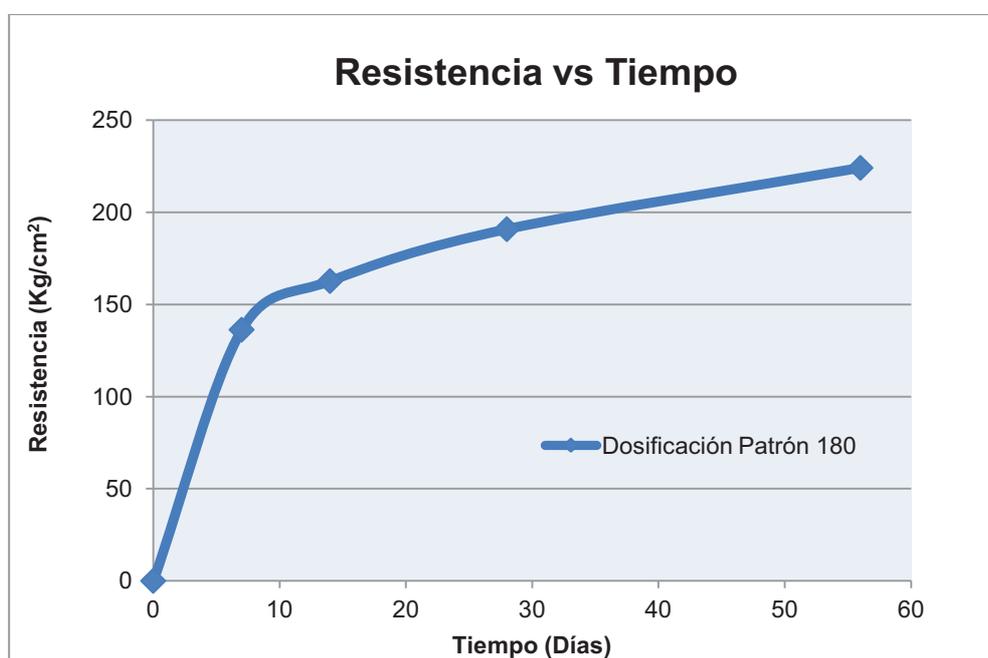
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 3.10: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 180 Kg/cm² (3 cilindros)

Edad	Área	Q	f'c	% f'c
	cm ²	T	Kg/cm ²	
7	182.26	24.84	136	75.71
14	181.46	29.52	163	90.39
28	184.66	35.24	191	106.03
56	181.06	40.59	224	124.51

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 3.1: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 180 Kg/cm²



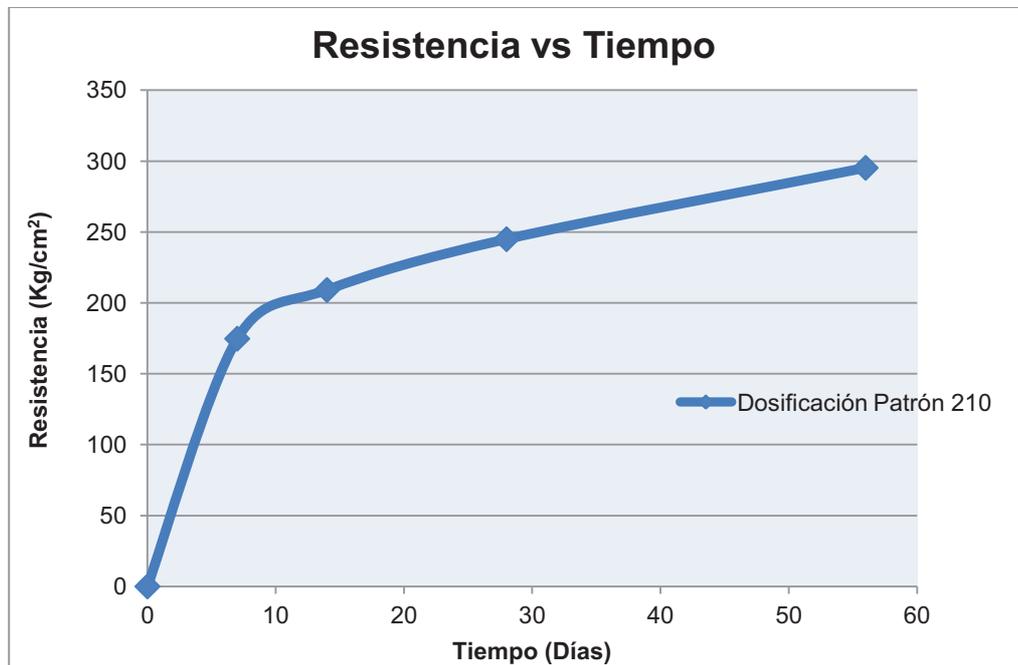
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 3.11: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 210 Kg/cm² (3 cilindros)

Edad	Área	Q	f'c	% f'c
	cm ²	t	Kg/cm ²	
7	181.87	31.78	175	83.19
14	183.86	38.43	209	99.56
28	185.46	45.42	245	116.61
56	188.69	54.51	295	140.56

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 3.2: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 210 Kg/cm²



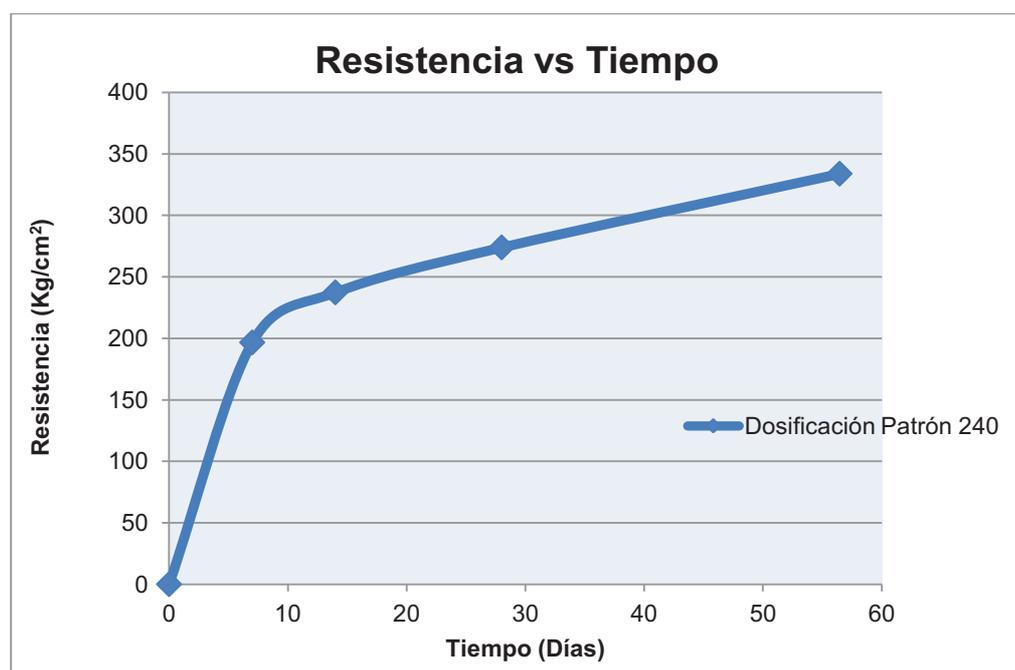
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 3.12: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 240 Kg/cm² (3 cilindros)

Edad	Área	Q	f'c	% f'c
	cm ²	t	Kg/cm ²	
7	183.06	35.99	197	81.91
14	181.07	42.96	237	98.87
28	181.46	49.70	274	114.12
56	182.66	60.98	334	139.10

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 3.3: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 240 Kg/cm²



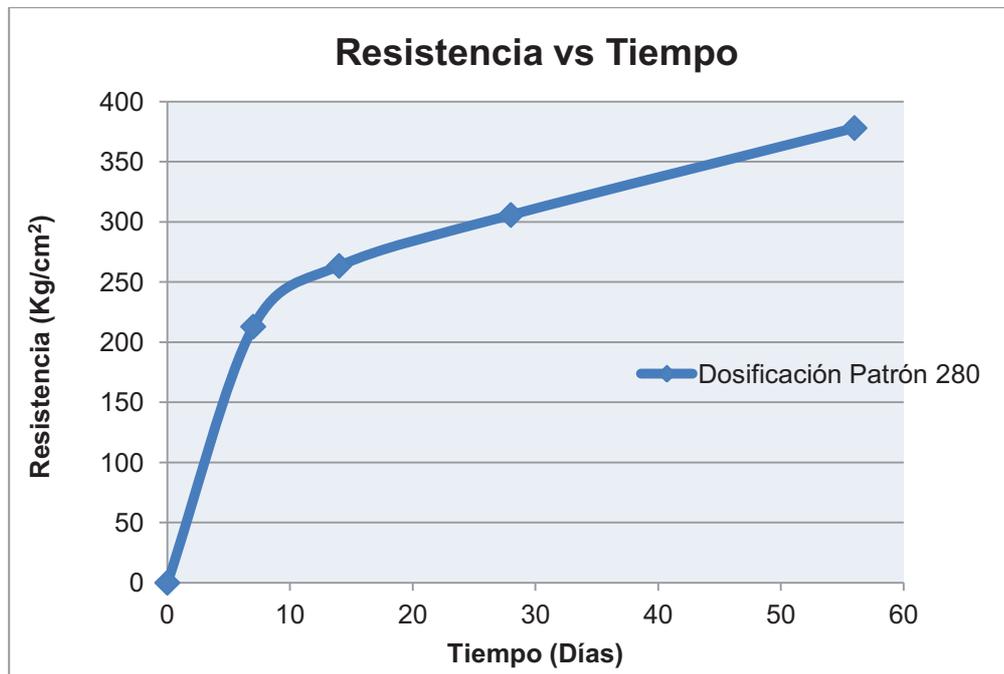
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 3.13: RESISTENCIAS PROMEDIO OBTENIDAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE 280 Kg/cm² (3 cilindros)

Edad	Área	Q	f'c	% f'c
	cm ²	T	Kg/cm ²	
7	182.66	38.88	213	76.04
14	181.46	47.80	263	94.07
28	183.86	56.21	306	109.19
56	181.86	68.75	378	135.01

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 3.4: CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO PARA LA DOSIFICACIÓN PATRÓN 280 Kg/cm²



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

De los resultados obtenidos en las tablas 3.10 a la 3.13, podemos observar que en las dosificaciones analizadas se presentan resistencias superiores a las requeridas, dejando un rango de seguridad muy amplio el cual deberá ser optimizado.

Como se muestra en las gráficas 3.1 a la 3.4, el comportamiento de la curva resistencia en función del tiempo del hormigón tiene una tendencia lineal sin volverse asintótica pese a alcanzar los 56 días, siendo ésta una de las razones por la cual se decidió considerar la optimización en este periodo de tiempo.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUESTRAS

4.1 MARCO TEÓRICO

Mediante los resultados obtenidos de los cilindros patrón se comprobó que las resistencias a los 56 días fueron muy superiores a las diseñadas, es por esta razón que para obtener las dosificaciones óptimas se realizó un análisis experimental, donde partiendo de las relaciones agua/cemento que están establecidas en el código ACI 211.1 y teniendo en cuenta las resistencias obtenidas, se realizaron interpolaciones entre éstos valores, los cuales se utilizaron para probar con cuál de ellas se alcanza la dosificación óptima, dejando un factor de seguridad que es fundamental ya que estas pruebas se realizaron en un ambiente controlado y cumpliendo con todos los parámetros establecidos en las normas.

Se realizaron varias pruebas con diferentes relaciones agua/cemento, con la finalidad de obtener un parámetro que nos permita conocer la variación en la resistencia respecto a la cantidad de cemento utilizado. De los resultados obtenidos se escogieron cuáles son las dosificaciones más convenientes y que mejor se ajustan a las necesidades de la empresa.

4.2 DISEÑO DE CILINDROS

El diseño de los cilindros de prueba sigue el proceso utilizado para realizar los cilindros patrón, con la diferencia que, en este caso, las relaciones agua/cemento son escogidas mediante la interpolación de los valores presentes en la tabla 3.2.

Para comprobar la veracidad de los resultados se realizó una fundición final con la dosificación óptima; se procedió a moldear cilindros para las pruebas de compresión simple así como para el ensayo de tracción, mientras que para realizar el ensayo de flexión se fundieron vigas. El proceso de moldeo de los cilindros tanto

para las pruebas de compresión como para las de tracción es el descrito en el Capítulo 3. A esta dosificación optimizada se le incorporó un aditivo para obtener las resistencias requeridas en un menor rango de tiempo.

Dado que la resistencia promedio del cilindro patrón de 180 kg/cm^2 es 224 kg/cm^2 con la relación $a/c = 0.623$, se decidió subir la misma produciendo una disminución en la cantidad de cemento de alrededor de 0.20 sacos para cada una de las pruebas como se indica a continuación:

TABLA 4.1: CANTIDAD DE MATERIALES PARA 180 Kg/cm^2 – DOSIFICACIONES DE PRUEBA.

	PESOS EN Kg PARA 1 m^3				a / c	Sacos de cemento/ m^3
	AGUA	CEMENTO	ARENA	RIPIO		
Dosificación 1	219.80	265.67	769.45	958.57	0,67	5,31
Dosificación 2	219.33	273.85	762.39	958.57	0,65	5,48

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

El parámetro utilizado para realizar las pruebas de 210 kg/cm^2 fue la disminución de 0,20 a 0,40 sacos de cemento entre cada una de ellas. Las cantidades de materiales para la elaboración de los cilindros de ésta resistencia fueron las siguientes:

TABLA 4.2: CANTIDAD DE MATERIALES Y RELACIONES a/c PARA 210 Kg/cm² – DOSIFICACIONES DE PRUEBA

	PESOS EN Kg PARA 1 m ³				a / c	Sacos de cemento/m ³
	AGUA	CEMENTO	ARENA	RIPIO		
Dosificación 1	223.81	296.67	742.70	958.57	0,60	5,93
Dosificación 2	231.83	315.04	726.85	958.57	0,565	6,30
Dosificación 3	226.99	323.64	719.43	958.57	0,55	6,47

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

En el caso de la resistencia de 240 Kg/cm² se usó un valor intermedio de la relación a/c entre los patrones de 210 y 240 Kg/cm², la cual fue 0,51 que tiene 6,98 sacos de cemento, a continuación se indican las cantidades para esta dosificación:

TABLA 4.3: CANTIDAD DE MATERIALES PARA 240 Kg/cm² – DOSIFICACIÓN DE PRUEBA

	PESOS EN Kg PARA 1 m ³			
	AGUA	CEMENTO	ARENA	RIPIO
Dosificación 1	233.96	349.02	697.53	958.57

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

A pesar de que la dosificación patrón de 210 kg/cm² tuvo una resistencia superior a 280 Kg/cm², se decidió realizar la prueba de esta dosificación disminuyendo la misma proporción en sacos de cemento (0,20 sacos) para determinar el porcentaje de reducción de resistencias entre el patrón y la prueba. Se usó una relación a/c de 0,455 con 7,82 sacos de cemento, obteniéndose las siguientes cantidades de materiales.

TABLA 4.4: CANTIDAD DE MATERIALES PARA 280 Kg/cm² – DOSIFICACIÓN DE PRUEBA

	PESOS EN Kg PARA 1 m ³			
	AGUA	CEMENTO	ARENA	RIPIO
Dosificación 1	238.16	391.21	661.13	958.57

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Para la obtención de las diferentes resistencias de las pruebas se usaron las dosificaciones mostradas en la tabla 4.5.

TABLA 4.5: PRUEBAS DE DOSIFICACIONES AL PESO PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm²

RESISTENCIAS		Dosificación al Peso				Cemento Sacos / m ³
		a/c	Cemento	Arena	Ripio	
f'c 180 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.827	1.00	2.90	3.61	5,31
	Dosificación 2	0.801	1.00	2.78	3.50	5,48
f'c 210 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.754	1.00	2.50	3.23	5,93
	Dosificación 2	0.736	1.00	2.31	3.04	6,30
	Dosificación 3	0.701	1.00	2.22	2.96	6,47
f'c 240 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.670	1.00	2.00	2.75	6.98
f'c 280 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.609	1.00	1.69	2.45	7.82

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Las dosificaciones al volumen para la obtención de las diferentes resistencias de las pruebas se muestran en la tabla 4.6.

TABLA 4.6: PRUEBAS DE DOSIFICACIONES AL VOLUMEN PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm²

RESISTENCIAS		Dosificación Al Volumen				
		a/c	Cemento	Arena	Ripio	Sacos de cemento/m ³
f'c 180 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.862	1.00	1.16	1.55	5,31
	Dosificación 2	0.834	1.00	1.11	1.51	5,48
f'c 210 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.786	1.00	1.00	1.39	5,93
	Dosificación 2	0.766	1.00	0.92	1.31	6,30
	Dosificación 3	0.731	1.00	0.89	1.27	6,47
f'c 240 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.698	1.00	0.80	1.18	6.98
f'c 280 Kg/cm ²	Dosificación 1	0.634	1.00	0.68	1.05	7.82

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Los resultados de los cilindros de prueba mostrados en las tablas 4.13 a la 4.19, dieron la pauta necesaria para determinar cuál es la relación agua/cemento más conveniente. La dosificación óptima escogida para cada caso fue la necesaria para garantizar que las resistencias sean superiores a las diseñadas en un rango no menor al 5 % del f'c.

Las cantidades y relaciones a/c que se necesitaron para realizar los cilindros con la dosificaciones óptimas son aquellas que se muestran en la tabla 4.7.

TABLA 4.7: CANTIDADES Y RELACIONES a/c PARA DISEÑO ÓPTIMO DE 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm²

	PESOS EN Kg PARA 1 m ³				a / c inicial	Sacos de cemento/m ³
	AGUA	CEMENTO	ARENA	RIPIO		
f'c 180 Kg/cm ²	219.06	264.88	769.25	958.57	0,672	5,30
f'c 210 Kg/cm ²	217.80	284.80	752.94	958.57	0,625	5,70
f'c 240 Kg/cm ²	215.07	315.04	726.85	958.57	0,565	6,30
f'c 280 Kg/cm ²	226.23	335.22	709.44	958.57	0,531	6,70

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Las dosificaciones óptimas utilizadas son las mostradas a continuación, con las cuales se alcanza la resistencia a los 56 días y que consideran el agua por absorción de los agregados.

TABLA 4.8: DOSIFICACIONES ÓPTIMAS AL PESO PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm²

Resistencia	Dosificación al Peso				
	a/c	Cemento	Arena	Ripio	Sacos de cemento/m ³
Dosificación final 180 Kg/cm ²	0.827	1.00	2.90	3.62	5,30
Dosificación final 210 Kg/cm ²	0.765	1.00	2.64	3.37	5,70
Dosificación final 240 Kg/cm ²	0.683	1.00	2.31	3.04	6,30
Dosificación final 280 Kg/cm ²	0.675	1.00	2.12	2.86	6,70

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.9: DOSIFICACIONES ÓPTIMAS AL VOLUMEN PARA 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm²

Resistencia	Dosificación al Volumen				Sacos de cemento/m ³
	a/c	Cemento	Arena	Ripio	
Dosificación final 180 Kg/cm ²	0.861	1.00	1.16	1.56	5,30
Dosificación final 210 Kg/cm ²	0.797	1.00	1.06	1.45	5,70
Dosificación final 240 Kg/cm ²	0.711	1.00	0.92	1.31	6,30
Dosificación final 280 Kg/cm ²	0.703	1.00	0.85	1.23	6,70

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

4.3.1 TRACCIÓN INDIRECTA O BRASILERO

Como ya se había mencionado el hormigón tiene una gran resistencia a la compresión, pero su capacidad a la tracción es muy baja por lo que no se la utiliza para propósitos estructurales.

La resistencia a la tracción es de aproximadamente del 8 al 12 % del valor de la resistencia a compresión, *en algunas ocasiones se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión*⁴. [2].

La deficiencia del hormigón de resistir la tensión es controlada mediante el uso de acero de refuerzo, el cual en combinación con el hormigón forman lo que conocemos como hormigón reforzado o armado. Esta combinación brinda un material capaz de resistir la compresión así como tracción, permitiendo sea éste uno de los más importantes y más utilizados en el proceso constructivo.

⁴ <http://es.scribd.com/doc/7515076/Pruebas-de-Lab-Concreto>

Para realizar el ensayo a tracción se utilizaron las mismas probetas del ensayo de compresión. El método para obtener la resistencia a tracción indirecta se establece de acuerdo a la norma ASTM C - 496 [21].

Este consiste en la aplicación de una carga axial la cual se aplica a velocidad constante sobre un cilindro de hormigón el cual es colocado horizontalmente sobre un sistema de placas que ayudan a distribuir la carga a lo largo del mismo, como podemos observar en la fotografía 4.1. Las líneas de aplicación de la carga deberán estar en el mismo plano axial, por lo que se realiza una línea que marque el diámetro ubicado en el mismo plano.

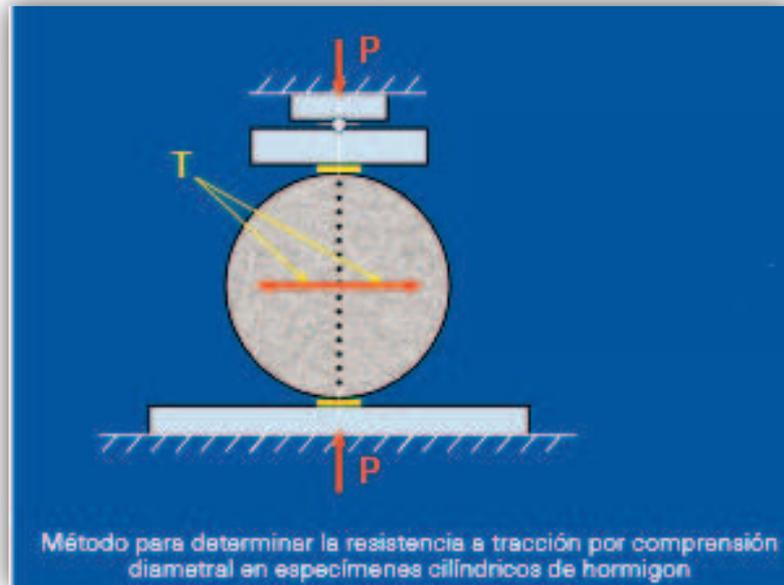
FOTOGRAFÍA 4.1: ENSAYO DE TRACCIÓN



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

Los ensayos de tracción se realizaron a los 28 y 56 días para determinar cuál es el porcentaje de la resistencia a compresión que poseen.

GRÁFICA 4.1: MODELO TEÓRICO DEL ENSAYO DE TRACCIÓN



FUENTE: INECYC. (2009). Control de calidad en el Hormigón. Notas Técnicas

Para calcular la resistencia a la tracción se usa la siguiente fórmula:

$$f_t = \frac{2P}{\pi l d} = 0,636 * \frac{P}{l d} \quad (4.1)$$

Siendo,

f_t = Resistencia a la tracción, en Kg/cm².

P = Carga máxima alcanzada en el ensayo, en Kg.

l = Longitud del cilindro, en cm.

d = Diámetro del cilindro, en cm.

En todos los cilindros que se ensayaron se presentó una forma de falla vertical, paralela al plano de aplicación de la carga, dividiendo al cilindro en 2 mitades como se muestra en la fotografía 4.2.

FOTOGRAFÍA 4.2: FORMA DE FALLA EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

4.3.2 FLEXIÓN

El ensayo de la flexión está básicamente relacionado con la tensión producida en las vigas y se la realiza mediante el uso de una viga simplemente apoyada a la cual se aplican las cargas en los tercios medios de la luz libre.

Método de ensayo de las probetas prismáticas de acuerdo a las normas NTE INEN 2554 [47] – ASTM C 78 – 09 [8].

Procedimiento:

- Con la misma mezcla utilizada para realizar los cilindros de compresión y tracción se fabricaron las viguetas prismáticas de 15 x 15 x 60 cm para las diferentes dosificaciones.
- Se engrasan los moldes rectangulares que van contener la mezcla.

FOTOGRAFÍA 4.3: MOLDES DE VIGAS

FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- Se llena el molde en tres capas con 25 golpes en cada una de ellas tratando de repartirlos uniformemente a lo largo de la viga. El proceso de moldeado se sigue de acuerdo a las indicaciones que se encuentran en la norma NTE INEN 1576[43] – ASTM C 31 09[4].
- Luego de terminar de llenar y taquear las vigas se procede a sacar el aire atrapado mediante el uso de un martillo de goma dándole 25 golpes a lo largo del molde.
- Se enrasan las vigas procurando que las superficies de las mismas queden lo mas lisas posible como se muestra en la fotografía 4.4.

FOTOGRAFÍA 4.4: ELABORACIÓN DE LAS VIGAS

FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

- Luego de 24 horas se procede a desencofrar las vigas, se les identifica y se las somete al proceso de curado el cual durará 7 días según lo establecido en la norma NTE INEN 1576[43] – ASTM C 31 09[4].

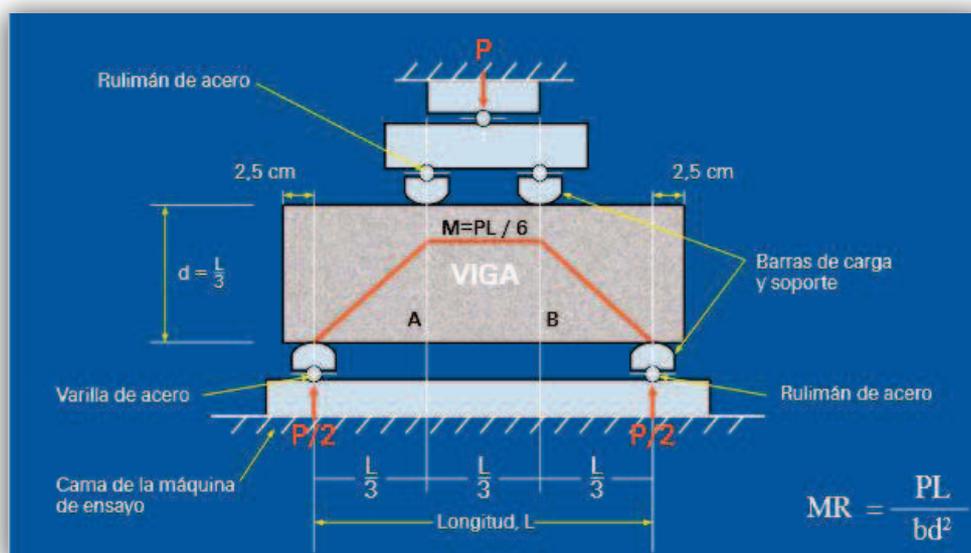
FOTOGRAFÍA 4.5: CURADO DE LAS VIGAS



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

El ensayo de flexión se lo realizó en una prensa hidráulica en la cual se instalaron unos rodillos sobre los cuales se coloca la viga como se muestra en la fotografía 4.6.

GRÁFICA 4.2: ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS VIGAS



FUENTE: INECYC. (2009). Control de calidad en el Hormigón. Notas Técnicas
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Se tomaron las medidas iniciales de la viga, con las mismas se señalaron los puntos en donde irán colocados los apoyos, tal que las cargas que se apliquen se encuentren en los tercios medios de la luz libre como se muestra en la gráfica 4.2. Una vez colocada la viga en la posición correcta, se aplica una carga constante hasta que ésta se rompa. Se toman las dimensiones de la viga en el punto de rotura y se calcula la resistencia a flexión mediante las siguientes expresiones:

- Si la rotura se presenta en el tercio medio:

$$MR = \frac{P L}{b d^2} \quad (4.2)$$

Siendo,

MR = Módulo de rotura, en Kg/cm^2 .

P = Carga máxima alcanzada en el ensayo, en Kg.

L = Luz libre, en cm.

b = Promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en cm.

d = Promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en cm.

- Si la rotura se produce fuera del tercio medio, pero no más allá del 5% de la luz libre:

$$MR = \frac{3 P a}{b d^2} \quad (4.3)$$

Siendo,

MR = Módulo de rotura, en Kg/cm^2 .

P = Carga máxima alcanzada en el ensayo, en Kg.

a = Distancia media entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la superficie de tracción de la viga, en cm.

b = Promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en cm.

d = Promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en cm.

- Si la rotura se produce fuera del tercio medio más allá del 5% de la luz libre, se deberán desechar los resultados del ensayo.

La forma de rotura de las vigas se muestra a continuación. Cabe recalcar que todos los ensayos realizados en las mismas, mostraron una rotura dentro del tercio medio.

FOTOGRAFÍA 4.6: ENSAYO Y ROTURA A FLEXIÓN DE LA VIGA # 2 - 28 DÍAS, $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

4.4 ADITIVOS

4.4.1 MARCO TEÓRICO

Los aditivos son materiales que se añaden al hormigón durante el mezclado en proporciones no mayores al 5% de la masa del hormigón y sirven para mejorar, amplificar o cambiar ciertas propiedades del hormigón desarrollando su desempeño, tanto en su estado fresco como endurecido. El porcentaje que se puede usar de aditivo respecto a la masa de cemento varía de acuerdo al fabricante del mismo. Su presentación puede ser en polvo, pasta o líquido.

Los aditivos permiten que se produzcan hormigones diferentes a los tradicionales corrigiendo las deficiencias que hubiesen podido existir en cada mezcla dependiendo de las necesidades que se requieran para una obra específica, lo cual ha permitido un creciente desarrollo en la construcción en general. El fabricante especificará la cantidad de producto a utilizarse así como ayudará a escoger el tipo de aditivo conveniente para cada uso.

Dependiendo de las características que le proporcionan al hormigón se clasifican en: [56].

- **Acelerantes:** son aquellos que reducen el tiempo en el cual el hormigón alcanza la resistencia requerida ($f'c$) gracias a su acelerado desarrollo de la resistencia y se utilizan principalmente en casos en que se necesita desencofrar en edades tempranas para construcciones que requieren continuar con el avance de obra a gran ritmo. Su utilización se encuentra establecida en la norma ASTM C 494 [20] para los tipos C y E.
- **Retardantes:** son aditivos que retardan el fraguado inicial y son usados especialmente en obras de gran envergadura o en climas cálidos. La mayoría de los retardantes son también reductores de agua. Se sigue lo establecido en la norma ASTM C 494 [20] para los tipos B y D.
- **Reductores de agua:** son utilizados con el propósito de disminuir el contenido de agua, aumentar la resistencia y obtener un asentamiento más alto. Mejoran la trabajabilidad del hormigón. Su uso se encuentra especificado en las norma ASTM C 494 [20] para el tipo A.
- **Incorporadores de aire:** este tipo de aditivos produce burbujas microscópicas las cuales mejoran las resistencias del hormigón en los procesos de congelación y deshielo. Mejoran la trabajabilidad, reducen la exudación y la segregación. Su uso está condicionado a lo establecido en la norma ASTM C 260 [17].

- **Plastificantes:** Disminuyen la relación agua/cemento y la segregación, brindan mayor trabajabilidad.
- **Fluidificantes o Superfluidificantes:** Son aditivos reductores de la relación agua/cemento brindan una mayor trabajabilidad por lo que permiten un mejor bombeo. Siguen lo establecido en la norma ASTM C 260 [17] para el tipo G.
- **Impermeabilizantes:** son aquellos que reducen los espacios que tiene el hormigón para evitar el paso del agua.

Con el fin de brindar una alternativa en obras que requieran de un pronto desencofrado, dado que la resistencia diseñada optimizada se alcanzó a los 56 días, se decidió utilizar un aditivo de alta resistencia inicial, el cual se incorporó para obtener la resistencia necesaria en la menor cantidad de tiempo posible, en este caso se escogió el producto EPA 700 ARI fabricado por la empresa TESPECON.

FOTOGRAFÍA 4.7: ADITIVO 700 ARI USADO EN LA DOSIFICACION ÓPTIMA.



FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos – F.I.C.A. – E.P.N.

Este producto cumple con las normas ASTM C 494[20] en los tipos C y E. Su presentación es líquida y de color azul y viene lista para ser utilizada. Es un acelerante y plastificante que permite obtener altas resistencias iniciales.

No se recomienda el uso del EPS 700 ARI para hormigón pre - esforzado.

Dentro de las propiedades que tiene se enuncian las siguientes:

- Acelera la obtención de la resistencia
- Altas resistencias iniciales y finales
- Agilita el avance de obra
- Permite desencofrar rápidamente
- Plastifica la mezcla y mejora el acabado
- Ideal para realizar reparaciones
- Evita riesgos por el uso prematuro de las estructuras

Para la utilización del producto las normas ASTM C 494 [20] recomiendan, se sigan cuidadosamente las indicaciones del fabricante para obtener una mayor efectividad.

De acuerdo con lo establecido en el manual de uso de aditivos de la empresa, se puede añadir el aditivo directamente en la concreteira y si se está realizando una mezcla manual, se lo puede diluir en el agua del amasado.

La cantidad necesaria de aditivo a usar por cada 50 Kg de cemento es mínimo 300 cm³ y máximo 1500 cm³. [53] Para la presente investigación se probó con una cantidad media, siendo ésta 900 cm³ por cada 50 Kg. de cemento.

Hay 3 maneras de usar el aditivo:

- La primera consiste en incrementar la resistencia disminuyendo el agua y adicionando el aditivo, manteniendo el asentamiento. Éste es el método que se utilizó en el presente estudio.
- La segunda consiste en la reducción de costo, manteniendo la relación agua/cemento al disminuir la cantidad de ambos y adicionándole el aditivo para mantener la resistencia de diseño.

- La tercera consiste en incrementar la trabajabilidad de la mezcla ya que a la dosificación realizada se le adiciona el aditivo.

4.4.2 ACCIÓN DE LOS ADITIVOS EN LAS PROBETAS CON DOSIFICACIONES PLANTEADAS

Se pudo observar que el aditivo EPS 700 ARI, permitió que se alcancen las resistencias requeridas con las dosificaciones optimizadas a los 56 días, en un período de 24 a 28 días, alcanzando el 100% del $f'c$.

Las cantidades de cada uno de los materiales componentes del hormigón son los que se presentan en la tabla siguiente:

TABLA 4.10: CANTIDADES DE MATERIALES CON ADITIVOS PARA DOSIFICACIONES ÓPTIMAS DE 180 - 210 - 240 y 280 Kg/cm²

	PESOS EN Kg. PARA 1 m ³			
	$f'c = 180$ Kg/cm ²	$f'c = 210$ Kg/cm ²	$f'c = 240$ Kg/cm ²	$f'c = 280$ Kg/cm ²
ADITIVO (Litros por m ³)	4,768	5,126	5,671	6,034
AGUA	214,29	212,67	209,32	220,20
CEMENTO	264,88	284,80	315,04	335,22
ARENA	769,25	752,94	726,85	709,44
RIPIO	958,57	958,57	958,57	958,57

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Se realizó una prueba con la resistencia de $f'c = 240$ Kg/cm² en la que se utilizó la cantidad mínima de aditivo, esto se efectuó con el propósito de observar cual es la incidencia del aditivo en la obtención de resistencias en el hormigón.

TABLA 4.11: CANTIDADES DE MATERIALES CON ADITIVO MÍNIMO PARA $f'c$ 240 Kg/cm²

	Litros por m ³	PESOS EN Kg PARA 1 m ³			
	ADITIVO MIN	AGUA	CEMENTO	ARENA	RIPIO
$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	1,890	213,19	315,04	726,85	958,57

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Las dosificaciones óptimas con la incorporación del aditivo EPS 700 ARI son las mostradas en la siguiente tabla:

TABLA 4.12: DOSIFICACIONES ÓPTIMAS AL PESO CON ADITIVOS

Resistencia	Aditivo (litros / saco de cemento)	Dosificación al peso con aditivo			
		a/c	Cemento	Arena	Ripio
Dosificación final 180	0,90	0,809	1,00	2,90	3,62
Dosificación final 210	0,90	0,747	1,00	2,64	3,37
Dosificación final 240 Cantidad Mínima	0,30	0,677	1,00	2,31	3,04
Dosificación final 240	0,90	0,664	1,00	2,31	3,04
Dosificación final 280	0,90	0,657	1,00	2,12	2,86

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

4.5 RESULTADOS OBTENIDOS

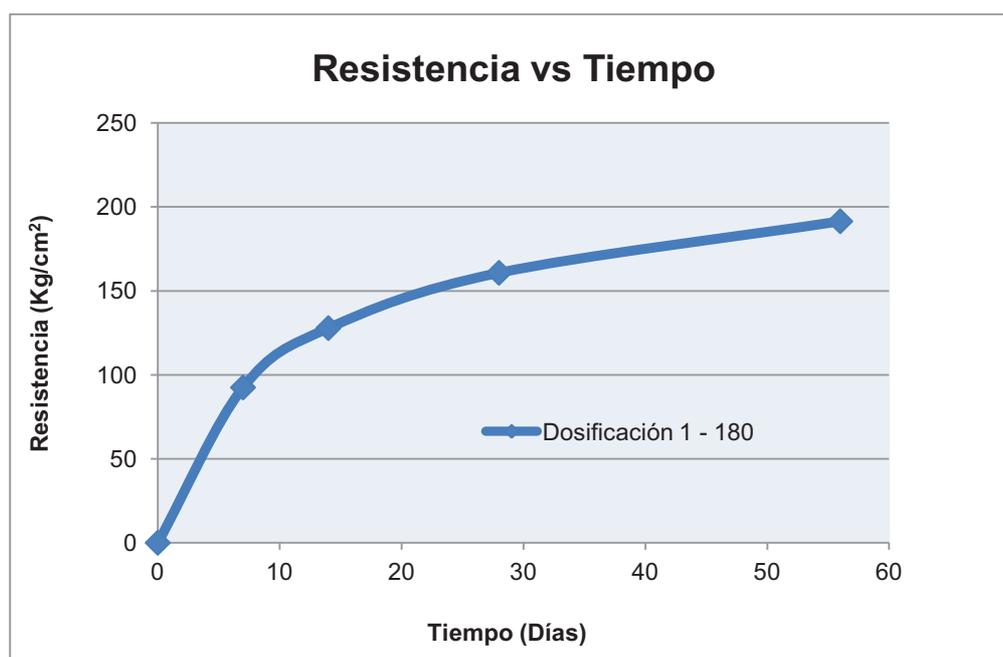
Estos valores se observan en las tablas 4.13 a la 4.31 mostradas a continuación:

TABLA 4.13: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 1

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	T	Kg/cm^2	
7	183,06	16,95	93	51,41
14	181,86	23.26	128	71.04
28	183,86	29.57	161	89.34
56	181,07	34,69	192	106,41

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.3: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$



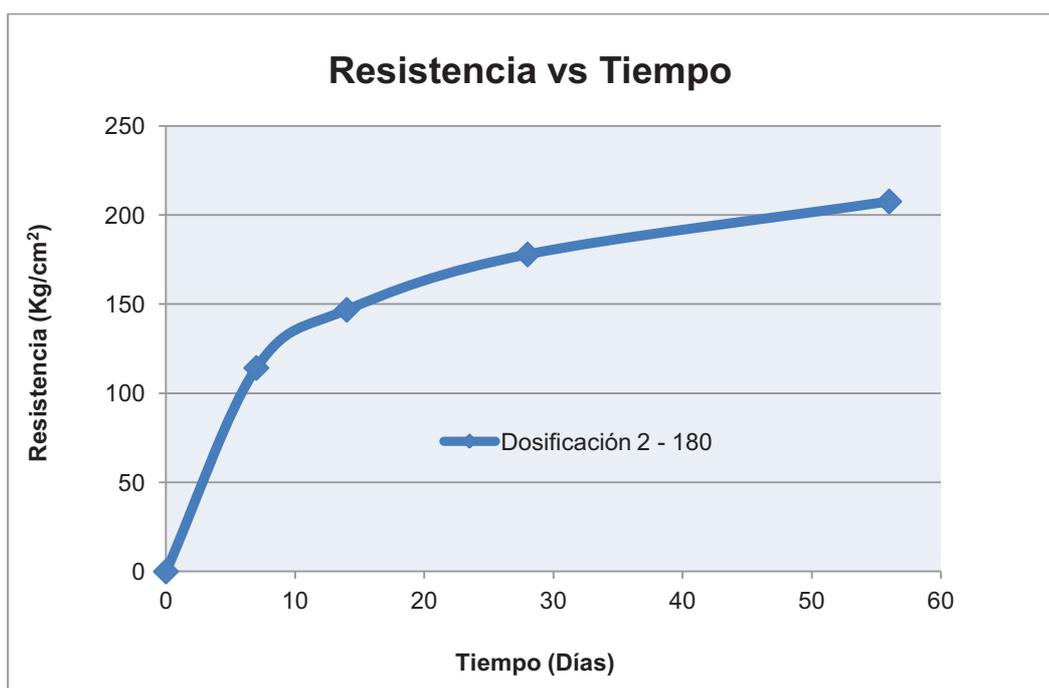
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.14: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 2

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	T	Kg/cm^2	
7	180,27	20,59	114	63,47
14	182,26	26,77	147	81,59
28	180,68	32,15	178	98,87
56	185,48	38,53	208	115,38

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.4: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 2 PRUEBA - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$



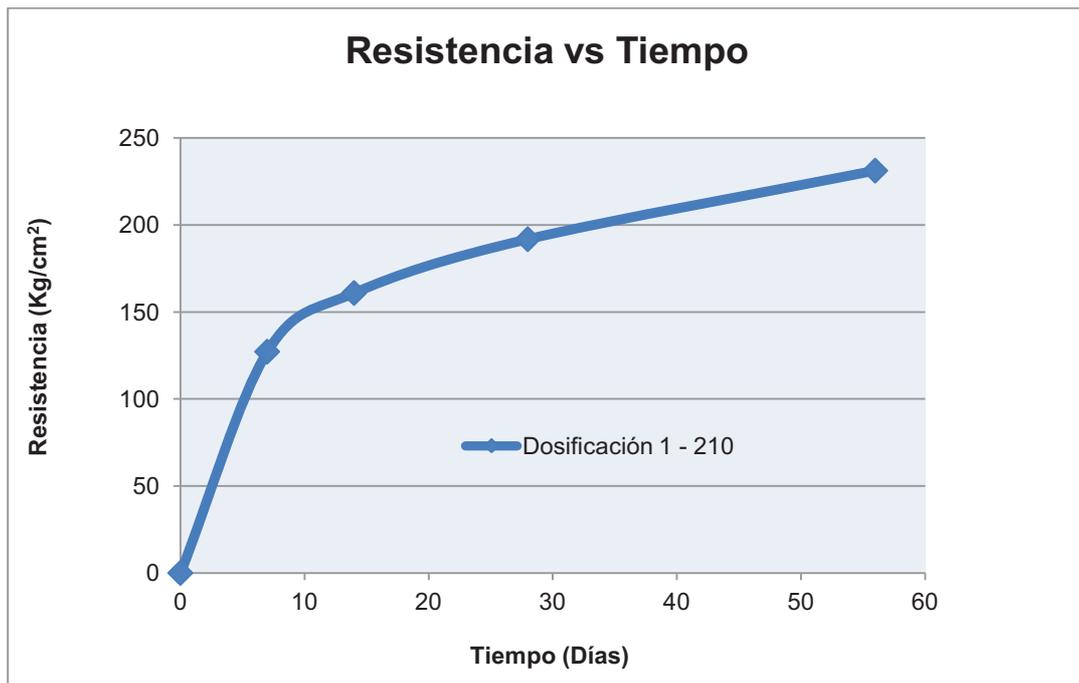
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.15: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 1

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	181,86	23.13	127	60.57
14	183,09	29.45	161	76.62
28	187,07	35.89	192	91.34
56	180,28	41,69	231	110,11

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.5: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



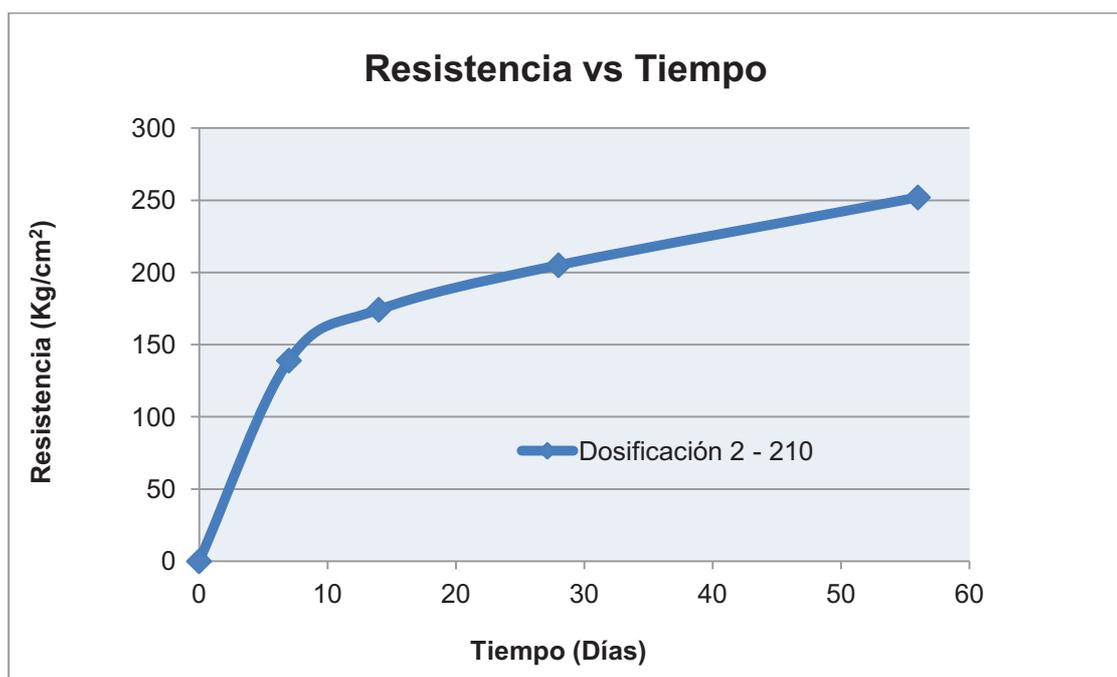
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.16: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 2

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	183,06	25,45	139	66,20
14	180,29	31,40	174	82,97
28	183,06	37,54	205	97,64
56	179,88	45,32	252	120,00

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.6: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 2 PRUEBA - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



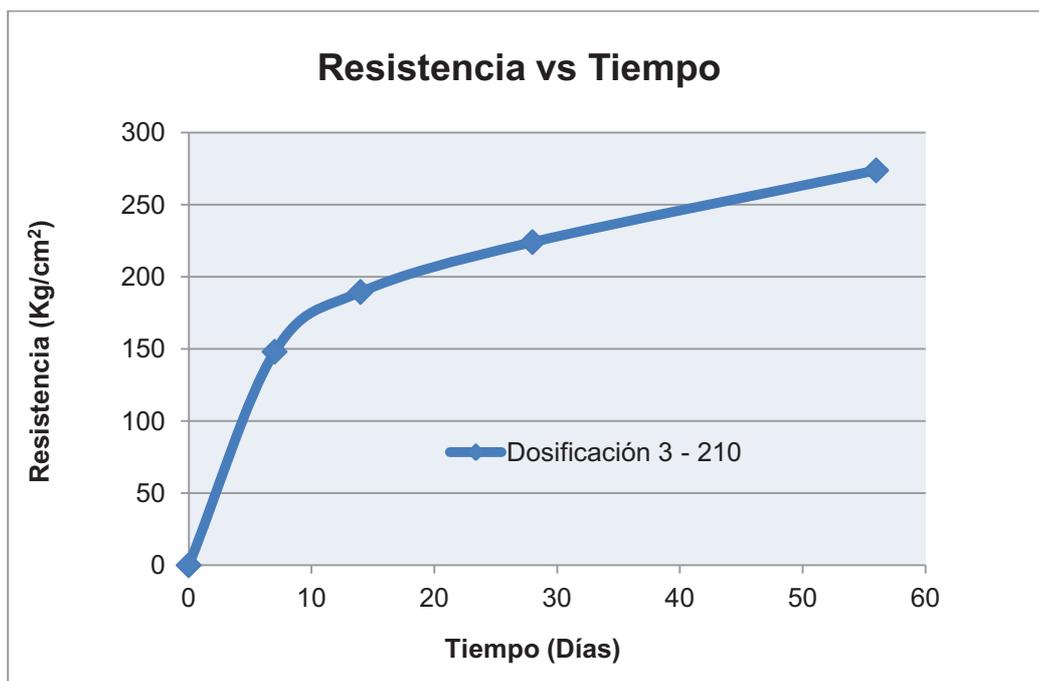
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.17: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 3

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	180,28	26,67	148	70,45
14	183,86	34,82	189	90.19
28	180,68	40,47	224	106,65
56	181,86	49,77	274	130,32

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.7: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 3 PRUEBA - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



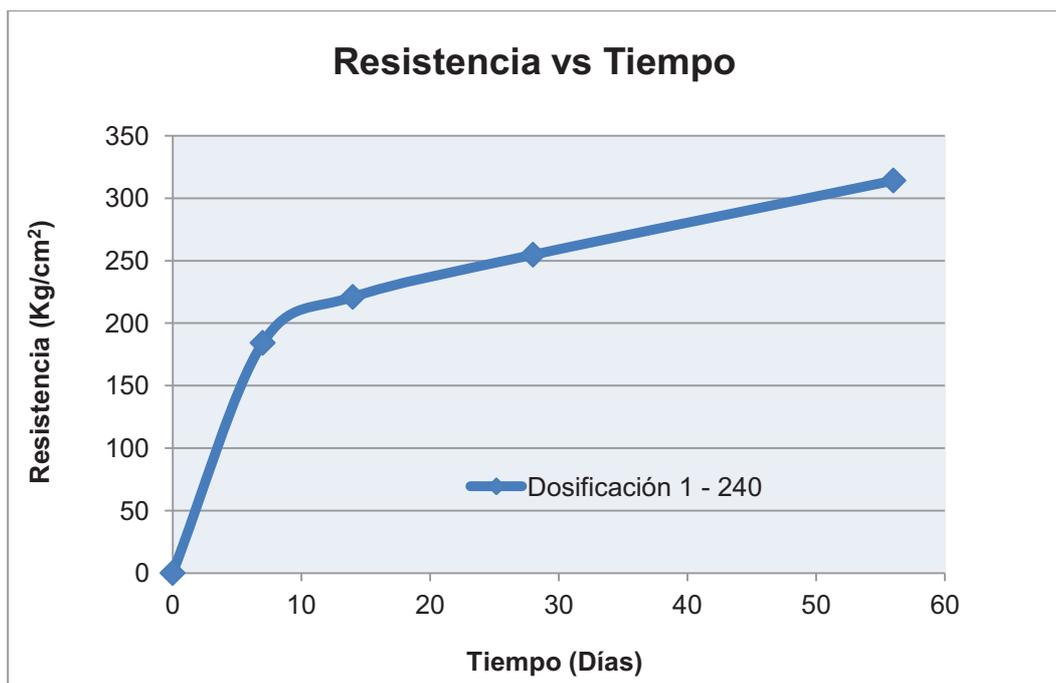
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.18: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 1

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	kg/cm^2	
7	178,30	32,83	184	76,75
14	183,50	40,52	221	92,07
28	183,06	46.64	255	106.81
56	183,86	57,66	314	130,89

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.8: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$



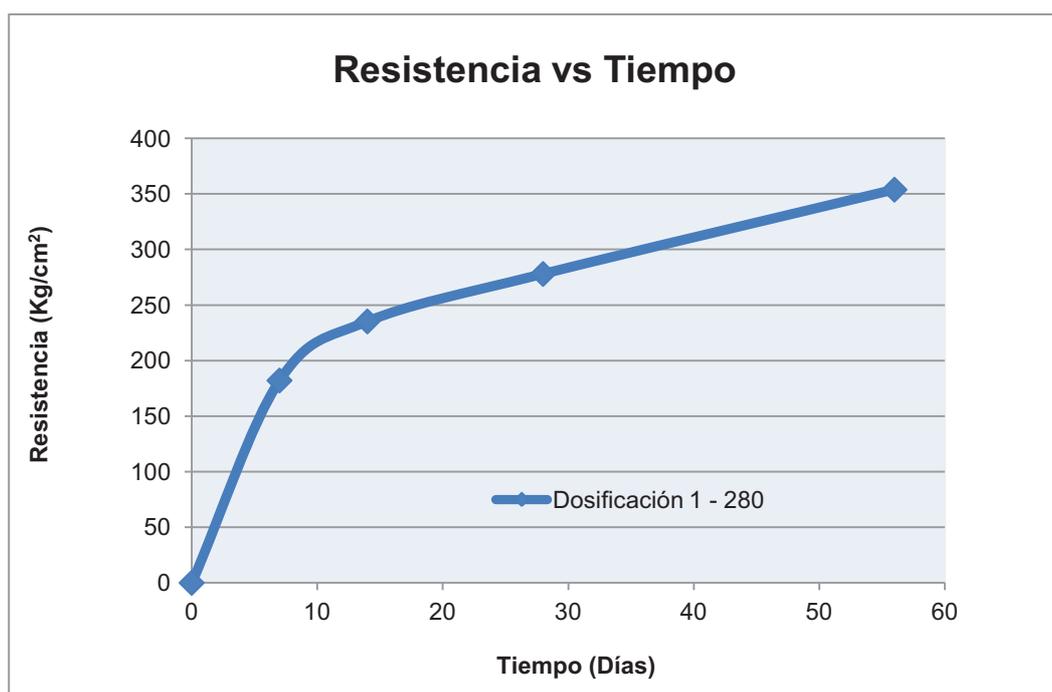
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.19: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES DE PRUEBA - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ DOSIFICACIÓN 1

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	180,69	32,89	182	65,06
14	181,88	42,79	235	84.04
28	182,28	50,67	278	99,30
56	180,67	63.94	354	126.40

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.9: RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIÓN 1 PRUEBA - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$



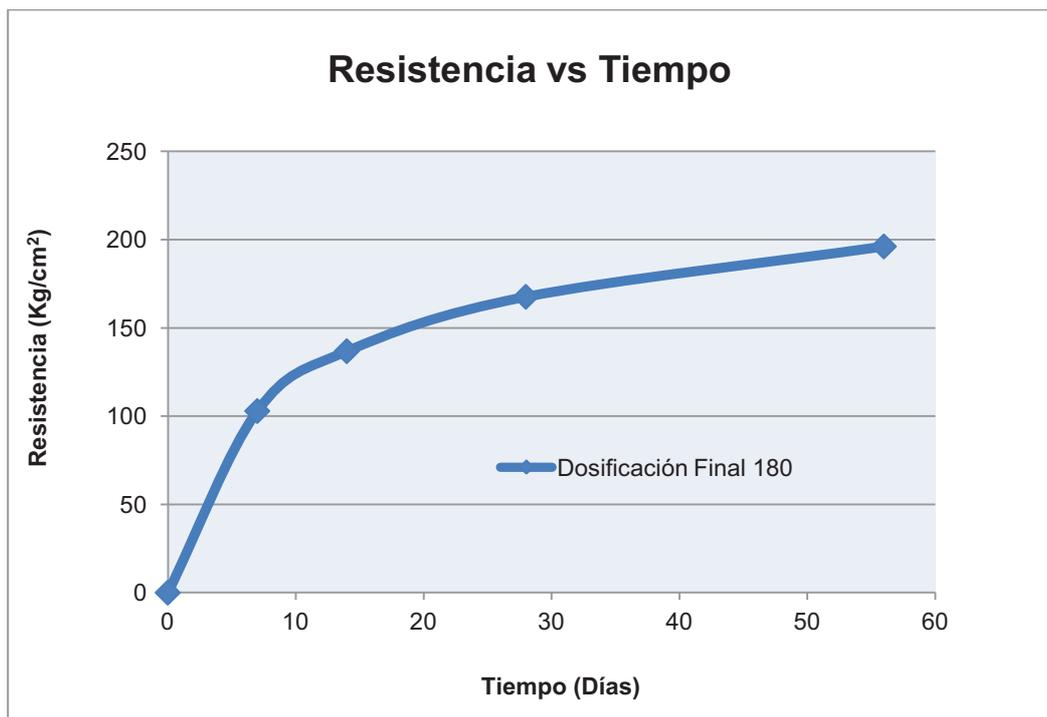
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.20: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	179.10	18.43	103	57.17
14	179.89	24.63	137	76.00
28	184.67	30.96	168	93.12
56	186.30	36.53	196	108.98

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.10: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$



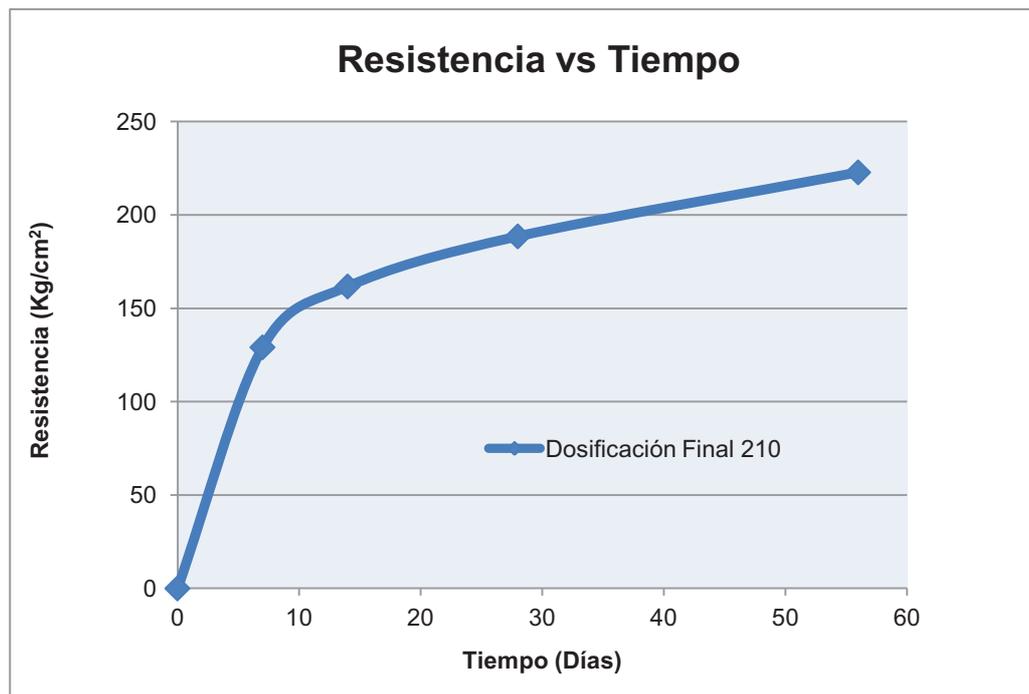
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.21: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	T	Kg/cm^2	
7	187.96	24.22	129	61.49
14	179.89	29.08	162	77.00
28	176.72	33.32	189	89.77
56	180.67	40.25	223	106.10

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.11: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



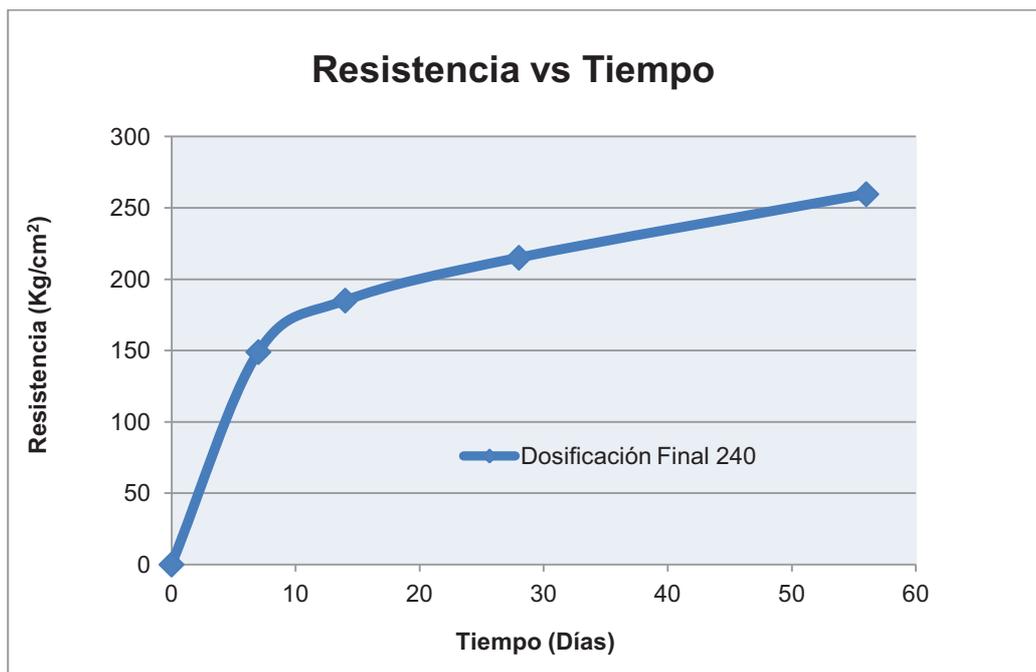
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.22: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	182.28	27.15	149	62.08
14	180.69	33.41	185	77.12
28	181.47	39.04	215	89.64
56	180.27	46.82	260	108.21

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.12: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$



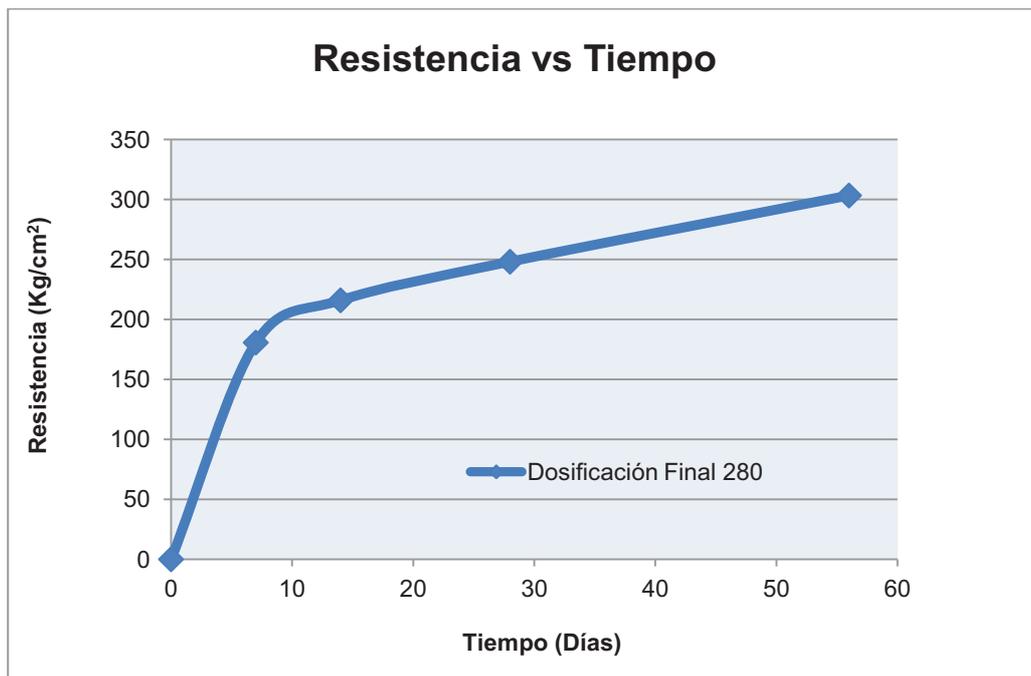
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.23: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	180.67	32.64	181	64.53
14	181.48	39.18	216	77.12
28	180.27	44.72	248	88.61
56	180.67	54.80	303	108.34

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.13: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$



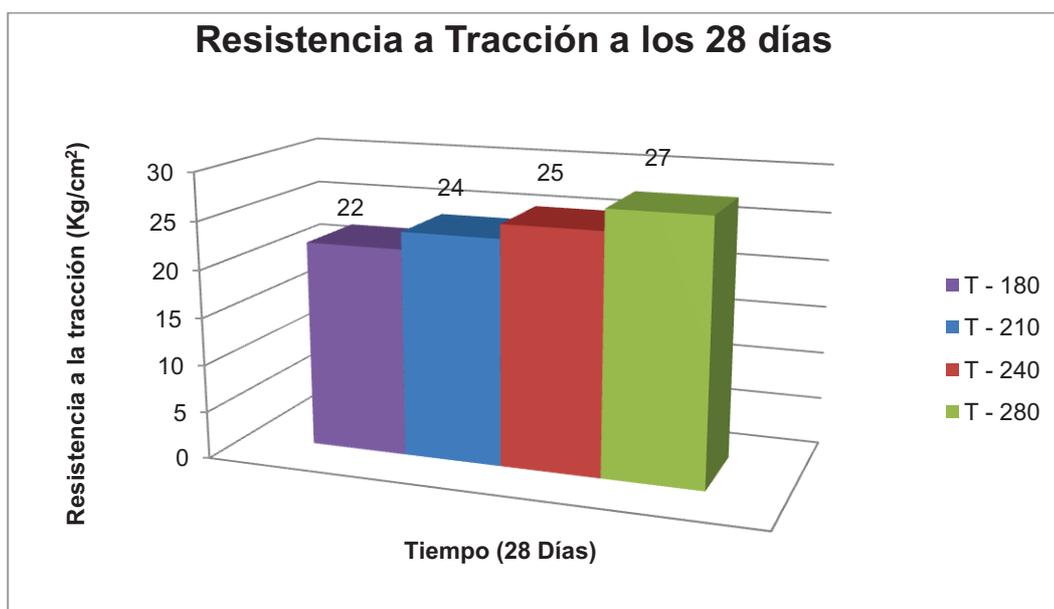
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.24: RESISTENCIAS PROMEDIO A TRACCIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 28 DÍAS

Dosificación	Edad	Q	f'c	% f'c
		t	Kg/cm ²	
T - 180 Kg/cm ²	28	15,79	22	12,18
T - 210 Kg/cm ²	28	16,91	24	11,31
T - 240 Kg/cm ²	28	18,39	25	10,52
T - 280 Kg/cm ²	28	19,73	27	9,80

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.14: RESISTENCIA A TRACCIÓN A LOS 28 DÍAS



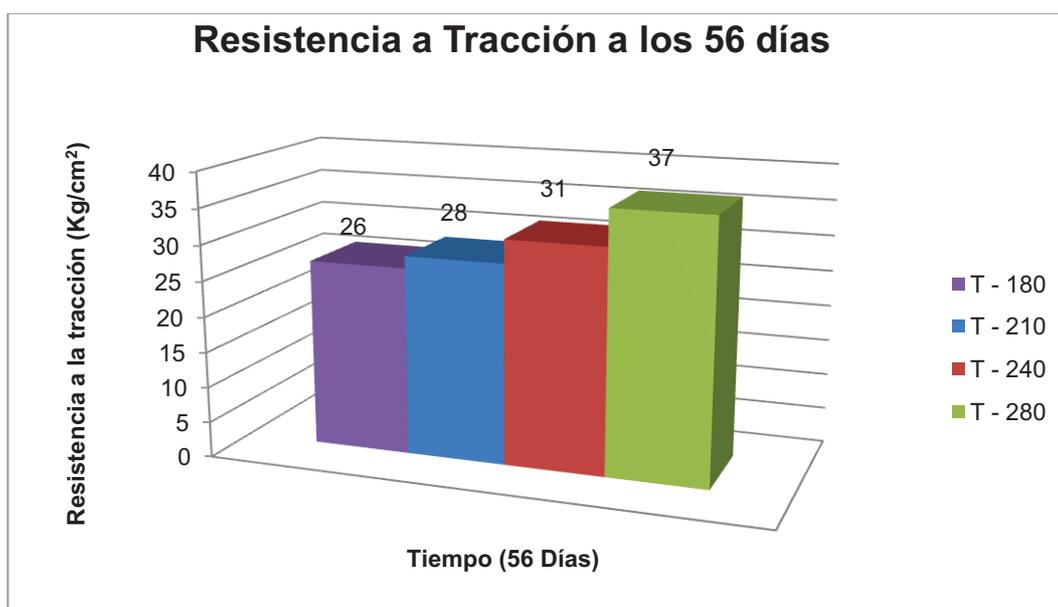
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.25: RESISTENCIAS PROMEDIO A TRACCIÓN CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 56 DÍAS

Dosificación	Edad	Q	f'c	% f'c
		t	Kg/cm ²	
T - 180	56	18,93	26	14,70
T - 210	56	20,35	28	13,42
T - 240	56	22,61	31	13,12
T - 280	56	26,42	37	13,06

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.15: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A LOS 56 DÍAS



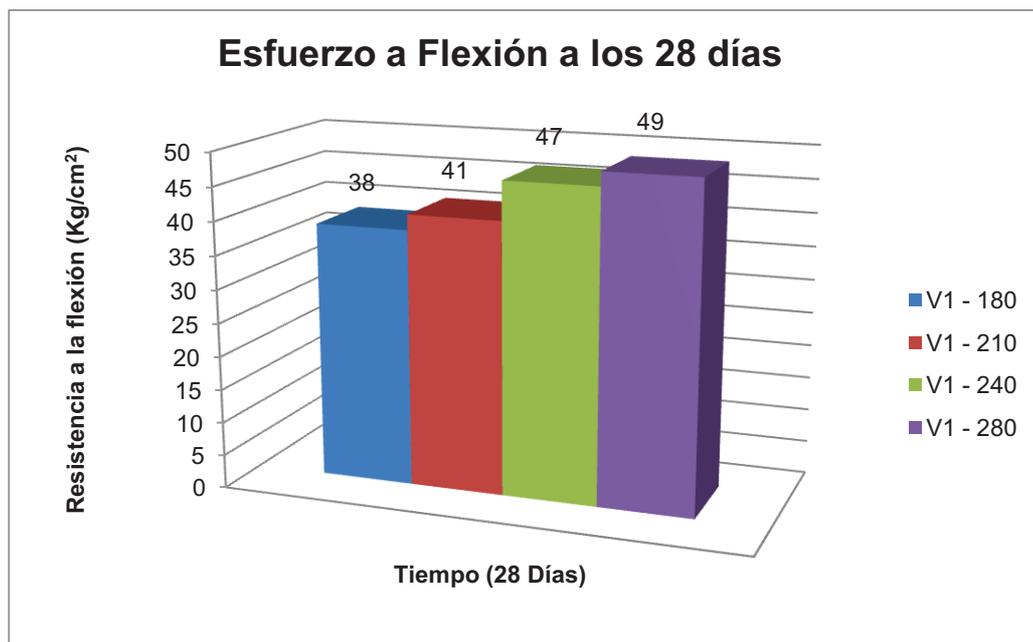
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.26: RESISTENCIAS PROMEDIO A FLEXIÓN EN VIGAS CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 28 DÍAS

No.	DESCRIPCIÓN	EDAD	CARGA	ESFUERZO A FLEXIÓN	% f'c
		(días)	(Kg)	(Kg/cm ²)	
1	V1 - 180	28	2500,00	38	21,37
2	V1 - 210	28	2750,00	41	19,41
3	V1 - 240	28	3002,50	47	19,38
4	V1 - 280	28	3113,33	49	17,36

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.16: RESISTENCIA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS



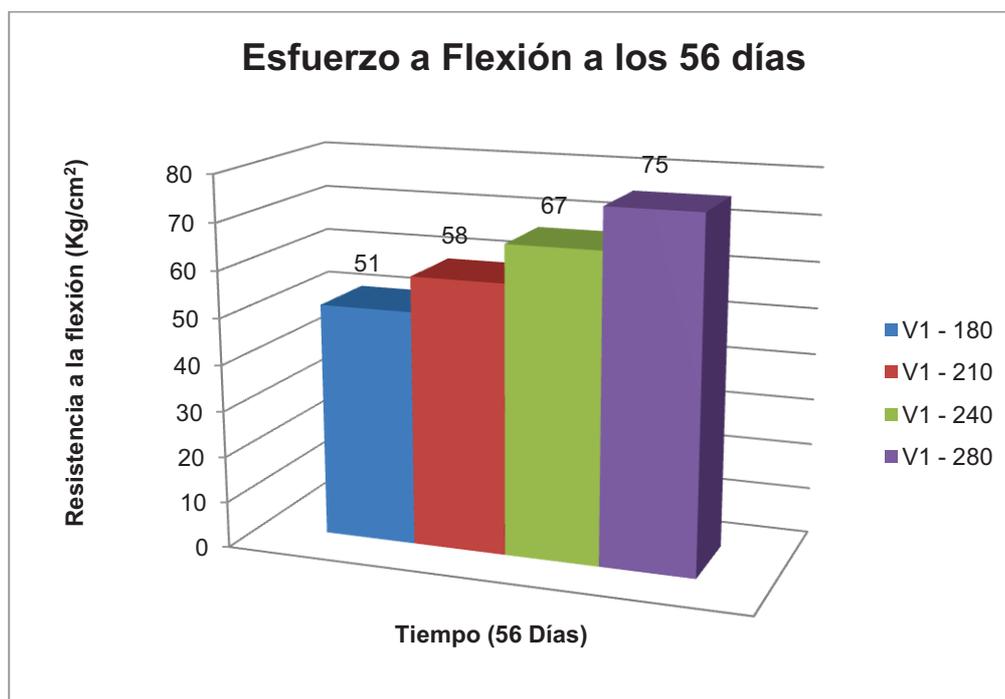
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.27: RESISTENCIAS PROMEDIO A FLEXIÓN EN VIGAS CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS A LOS 56 DÍAS

No.	DESCRIPCIÓN	EDAD	CARGA	ESFUERZO A FLEXIÓN	% f'c
		(días)	(Kg)	(Kg/cm ²)	
1	V1 - 180	56	3286,67	51	28,25
2	V1 - 210	56	3936,67	58	27,82
3	V1 - 240	56	4453,33	67	27,74
4	V1 - 280	56	4990,00	75	26,95

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.17: RESISTENCIA A FLEXIÓN A LOS 56 DÍAS



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

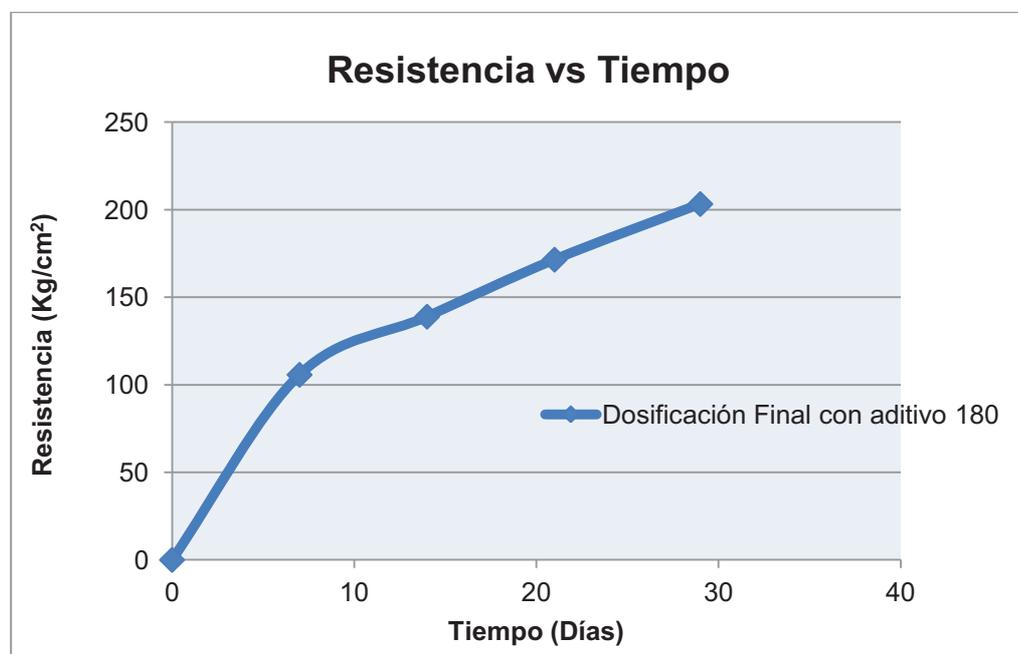
Con las dosificaciones óptimas se procedió a implementar el uso del aditivo para observar que efecto produce éste en la mezcla de hormigón, obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA 4.28: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	183.86	19.44	106	58.74
14	177.51	24.67	139	77.18
21	178.30	30.58	171	95.26
29	179.49	36.47	203	112.92

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.18: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADITIVOS - $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$



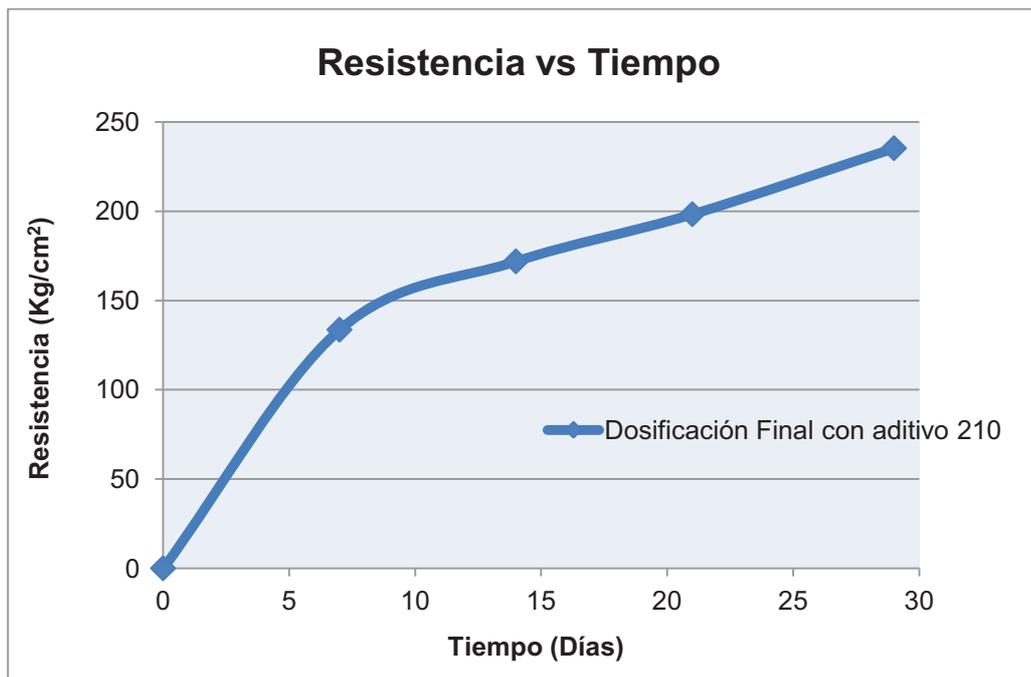
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.29: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	182.26	24.36	134	63.62
14	177.90	30.58	172	81.86
21	182.26	36.15	198	94.44
29	183.09	43.04	235	112.04

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.19: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADITIVOS - $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



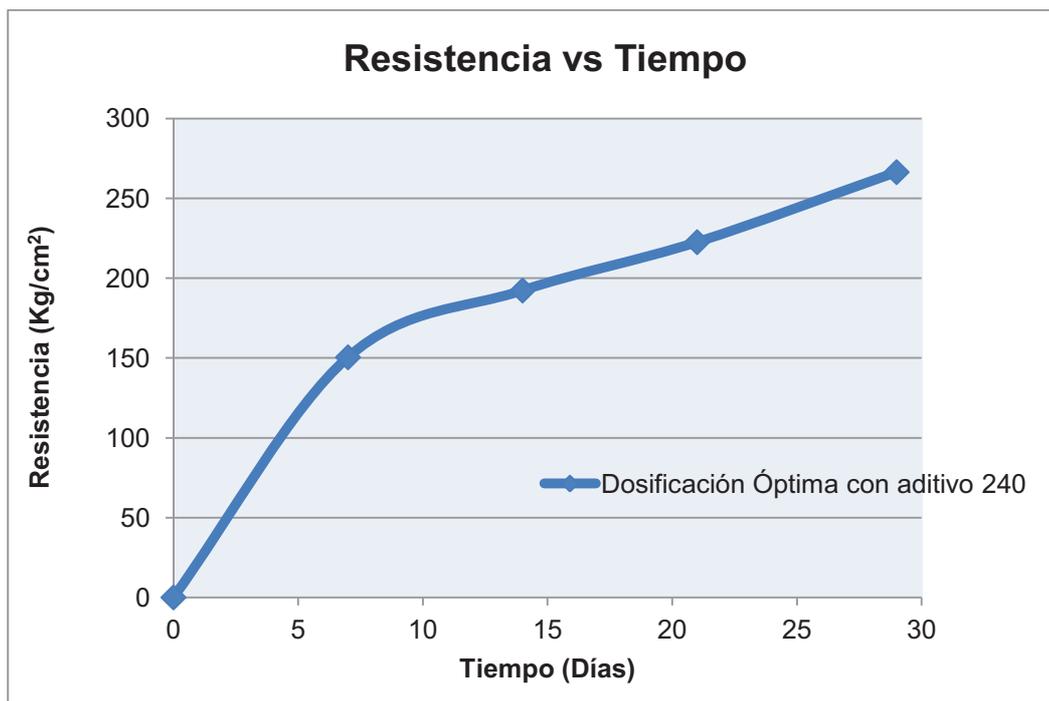
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.30: RESISTENCIAS PROMEDIO A COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	180.28	27.11	150	62.66
14	178.31	34.25	192	80.09
21	185.53	41.23	223	92.71
29	182.26	48.55	266	110.98

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.20: RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADITIVOS - $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$



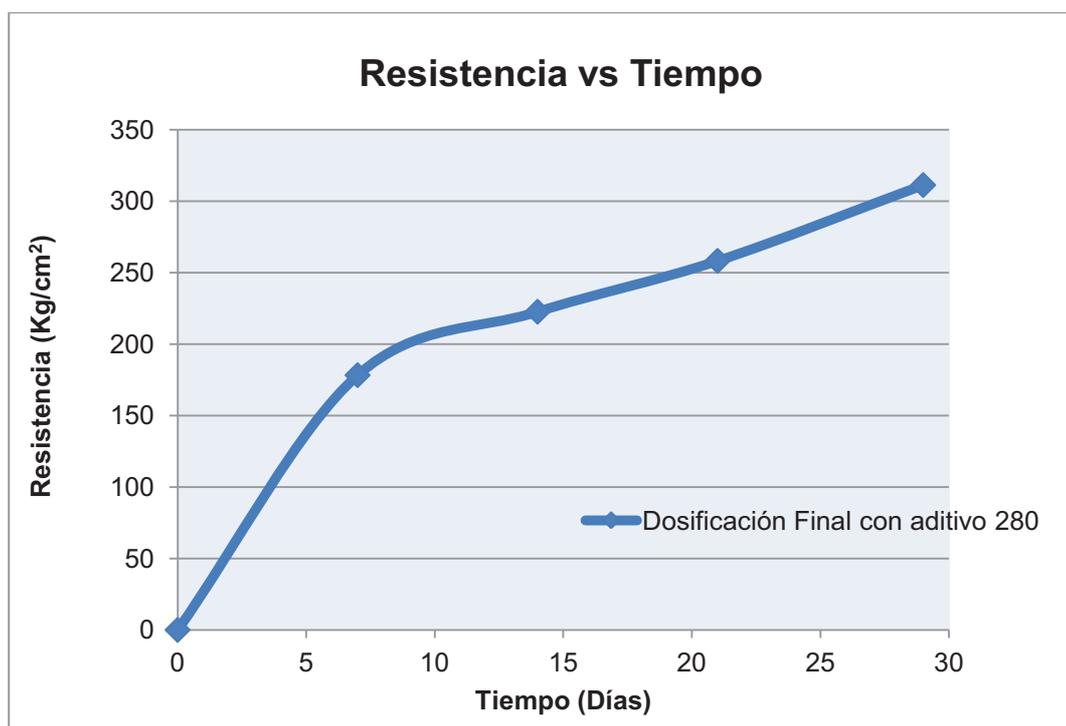
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 4.31: RESISTENCIAS PROMEDIO EN COMPRESIÓN EN DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON EL USO DE ADITIVOS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Edad	Área	Q	$f'c$	% $f'c$
	cm^2	t	Kg/cm^2	
7	178.30	32.11	178	63.66
14	177.51	42.78	223	79.51
21	186.30	48.80	258	92.22
29	181.46	56.48	311	111.17

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 4.21: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS CON ADITIVOS - $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

En el presente capítulo se analizarán los resultados de los ensayos de laboratorio tanto de las propiedades de los materiales como de las resistencias obtenidas con cada diseño.

5.1.1 MATERIALES

5.1.1.1 Cemento

TABLA 5.1: COMPARACIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DEL CEMENTO

VALORES CARACTERÍSTICOS DEL CEMENTO			LÍMITES PERMITIDOS	UNIDADES
DENSIDAD REAL		2,94	2.90 - 3.15	gr/cm ³
DENSIDAD	SUELTA	1,04	0.96 - 1.28	gr/cm ³
	COMPACTADA	1,27	1.20 - 1.40	gr/cm ³
CONSISTENCIA NORMAL		29	26 - 33 %	%
TIEMPOS DE FRAGUADO	Inicial	301	45 - 420	Minutos
	Final	456		

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

➤ Densidad real:

La densidad real del cemento hidráulico GU pese a que se encuentra casi en el límite inferior, se pudo comprobar que la misma no afectó al desempeño del cemento al momento de realizarse la mezcla y de obtener las resistencias.

➤ Densidad aparente:

Las densidades suelta y compactada del cemento que se encontraron con los ensayos de laboratorio son relativamente bajas pero están en los rangos normales.

➤ Consistencia Normal:

La consistencia normal del cemento hidráulico y sus tiempos de fraguado son altos lo que se justifica debido a las características propias del cemento hidráulico que se utiliza, cuya recomendación de uso dice que el hormigón no debe demandar altas resistencias iniciales [49]. La consistencia normal se encuentra dentro de los valores recomendados al igual que el tiempo inicial de fraguado.

5.1.1.2 Arena

➤ Granulometría:

El árido fino tiene un módulo de finura se encuentra dentro de los rangos establecidos.

La curva granulométrica de la arena de la gráfica 2.1, muestra que la misma tiene una gradación sin la presencia de gruesos y finos en gran cantidad. A pesar de que la arena que usa la hormigonera no se ajusta dentro de los límites granulométricos, se la utilizó para elaborar el hormigón verificando que las resistencias se encuentren dentro de los valores esperados.

- Peso específico y densidades aparentes:

Los valores tanto del peso específico como de la absorción se encuentran dentro de los límites permitidos mostrados en la tabla 5.2

- Contenido Orgánico:

Para determinar el contenido orgánico las normas permiten el uso de la arena siempre y cuando éste, medido con las placas de Gardner sea ≤ 3 y en nuestro caso particular el número de placa es 0 ya que se observó que el color que presentaba la muestra con el reactivo no alcanzaba la coloración de la placa en el nivel 1.

TABLA 5.2: COMPARACIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA ARENA

VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA ARENA		LÍMITES PERMITIDOS	UNIDADES
MÓDULO DE FINURA	2.8	2.30 - 3.10	
PESO ESPECÍFICO	2,53	$\geq 2,50$	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO S.S.S.	2,61		gr/cm ³
ABSORCIÓN DE AGUA	3.14	≤ 5	%
DENSIDAD	SUELTA	1,61	gr/cm ³
	COMPACTADA	1,87	gr/cm ³
CONTENIDO ORGÁNICO	No DE PLACA	0	≤ 3

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

5.1.1.3 Ripio

TABLA 5.3: COMPARACIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DEL RIPIO

VALORES CARACTERÍSTICOS DEL RIPIO		LÍMITES PERMITIDOS	UNIDADES
TAMAÑO NOMINAL	1 ½ pulgadas		
MÓDULO DE FINURA	7,96		
PESO ESPECÍFICO	2,28	≥ 2,50	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO S.S.S.	2,42		gr/cm ³
ABSORCIÓN DE AGUA	5.98		%
DENSIDAD	SUELTA	1,29	gr/cm ³
	COMPACTADA	1,41	gr/cm ³
GRADACIÓN No.	3		
CARGA ABRASIVA	12 esferas		
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	0,20	0,20	
ABRASIÓN EN PORCENTAJE	34,74	36 - 38	%

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

➤ Granulometría:

El árido grueso presenta un módulo de finura de 7,96 el cual se encuentra dentro de los límites normales.

La curva de granulometría del ripio mostrada en la gráfica 2.2, permite observar que la distribución de los tamaños de las partículas presenta una gran cantidad de gruesos especialmente de 1" y ¾" que representan más del 90 % de la muestra.

Cabe recalcar que pese a que la distribución granulométrica del agregado grueso nos es la adecuada, se usó este agregado considerado el mejor, dado que existían otros materiales al alcance de la hormigonera los mismos que no cumplían con los requisitos mínimos de abrasión, entre otros parámetros importantes.

- Peso específico y densidades aparentes:

El peso específico del ripio así como su peso en superficie saturada seca son relativamente bajos en contraste con la elevada absorción que éste presenta.

- Abrasión:

El coeficiente de uniformidad y su abrasión se encuentran dentro de los límites permitidos para su utilización en hormigón.

5.1.2 RESISTENCIAS DE LAS PROBETAS

5.1.2.1 Compresión

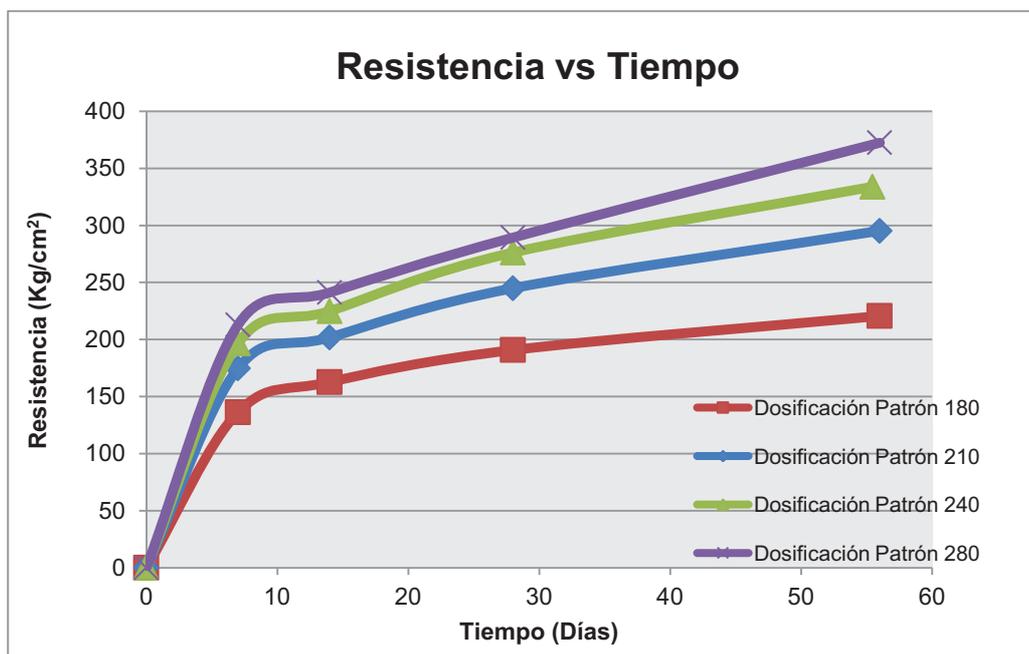
TABLA 5.4: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO PARA DOSIFICACIONES PATRÓN

Edad (días)	DOSIFICACIÓN PATRÓN							
	180 kg/cm ²		210 kg/cm ²		240 kg/cm ²		280 kg/cm ²	
	f_c	% f _c						
7	136	75,71	175	83,19	197	81,91	213	76,04
14	163	90,39	209	99,56	237	98,87	263	94,07
28	191	106,03	245	116,61	274	114,12	306	109,19
56	224	124,51	295	140,56	334	139,10	378	135,01

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Como se puede observar en la tabla 5.4 los cilindros patrón de cada una de las dosificaciones presentaron resistencias superiores a las de diseño en porcentajes entre el 7 y 17 % a los 28 días, pero el hormigón continúa con el crecimiento de su resistencia hasta alcanzar porcentajes entre el 20 y 40% a los 56 días.

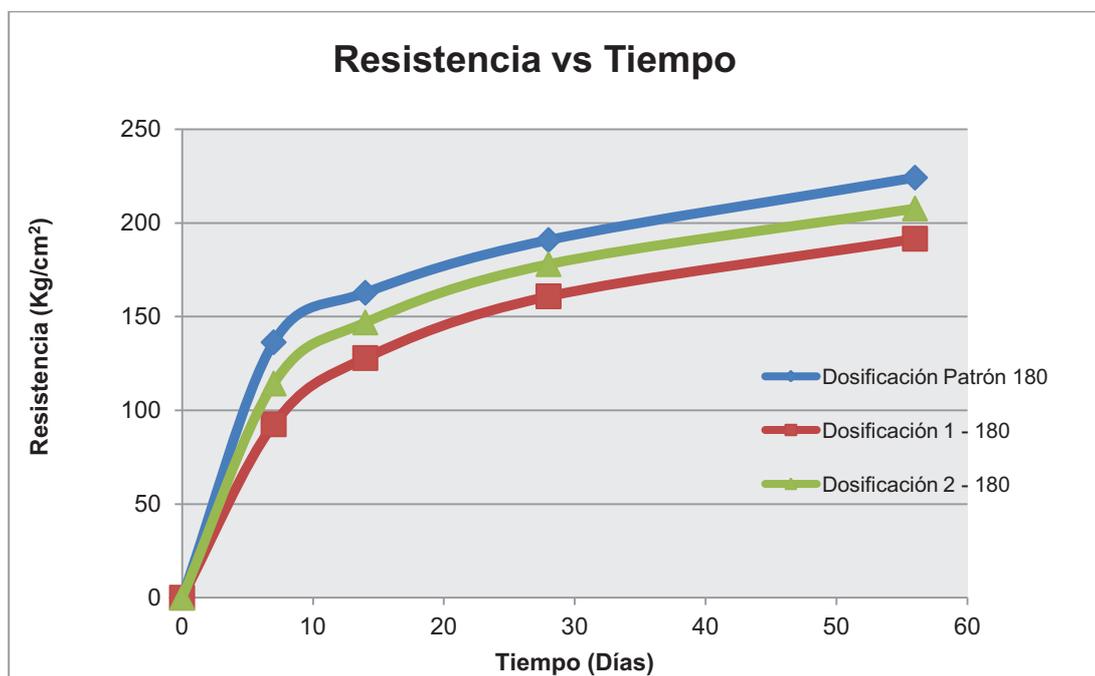
GRÁFICA 5.1: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO PARA PATRONES



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Como se puede observar en la gráfica 5.1 las resistencias de los hormigones tienen una tendencia de crecimiento continuo, llegando a alcanzar a los 56 días hasta un 40% más de su resistencia. Se observa que cada una de las dosificaciones presenta el mismo comportamiento, partiendo de una resistencia inicial de alrededor del 70% a los 7 días, valor que se encuentra dentro de los parámetros normales de crecimiento del hormigón y llegando a alcanzar su resistencia a los 28 días.

GRÁFICA 5.2: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 180 Kg/cm²

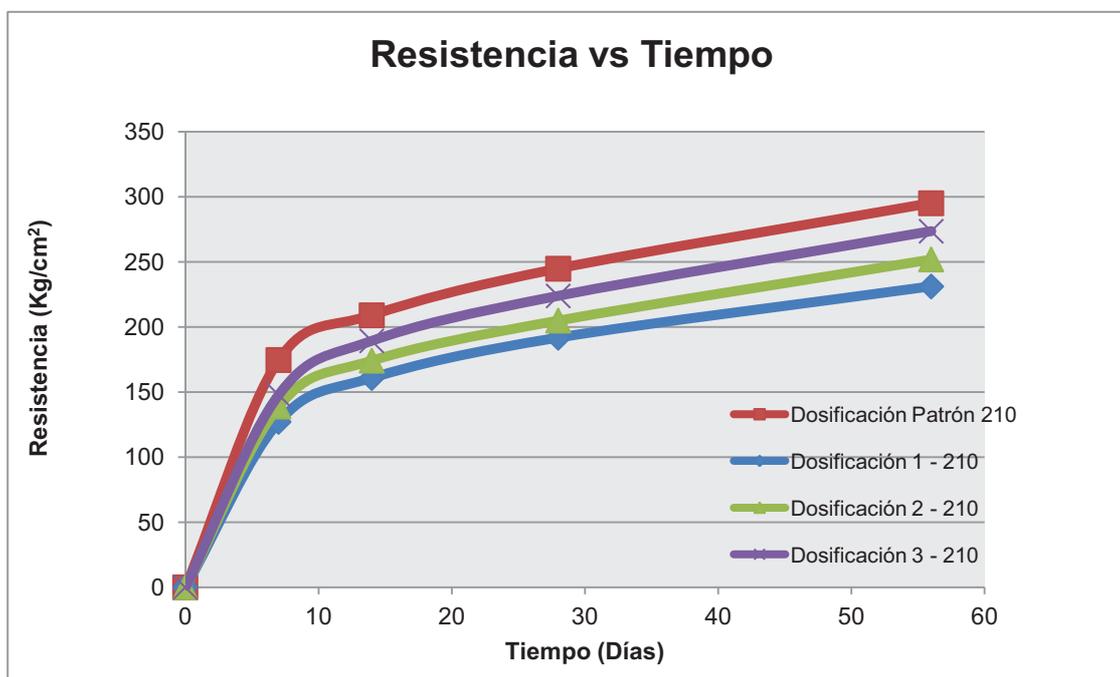


ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Partiendo del cilindro patrón de 180 Kg/cm² se realizaron optimizaciones con dos valores superiores de relaciones a/c, las resistencias obtenidas con las mismas que representan en las curvas resistencia en función del tiempo mostradas en la gráfica 5.2. La curva tanto de las dosificaciones patrón con su relación a/c establecida por normas, así como la de las dosificaciones de prueba con relaciones obtenidas de interpolaciones, tienen la misma tendencia alcanzando porcentajes al llegar a los 56 días, de 106% y 115% respectivamente.

Las relaciones a/c utilizadas varían entre las dosificaciones de prueba 1 y 2 en 0,02, produciendo una variación de resistencias entre el 8 y 12% en cada período de tiempo.

GRÁFICA 5.3: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 210 Kg/cm²

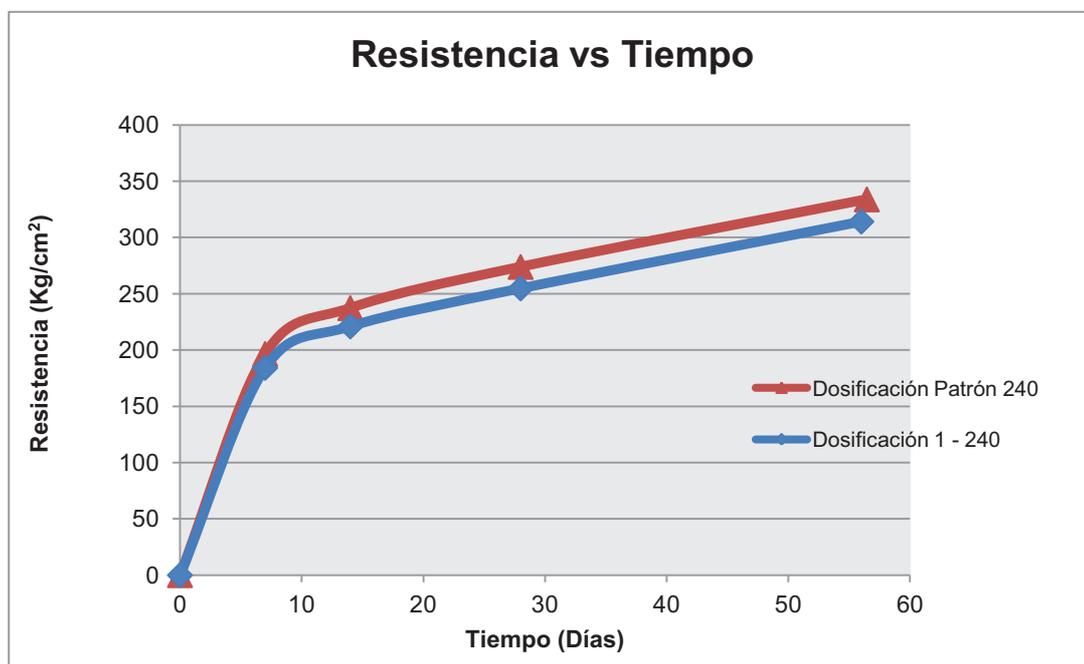


ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Se variaron las relaciones a/c entre las dosificaciones de prueba 1 y 2 en 0,035 y entre la dosificación 2 y 3 en 0,015, estas variaciones de las relaciones produjeron en las resistencias una diferencia entre 4 y 10% entre cada una de ellas.

En relación con el patrón y con la dosificación de prueba más alta se observa una variación de alrededor del 10% del $f'c$ a lo largo del tiempo.

GRÁFICA 5.4: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 240 Kg/cm²

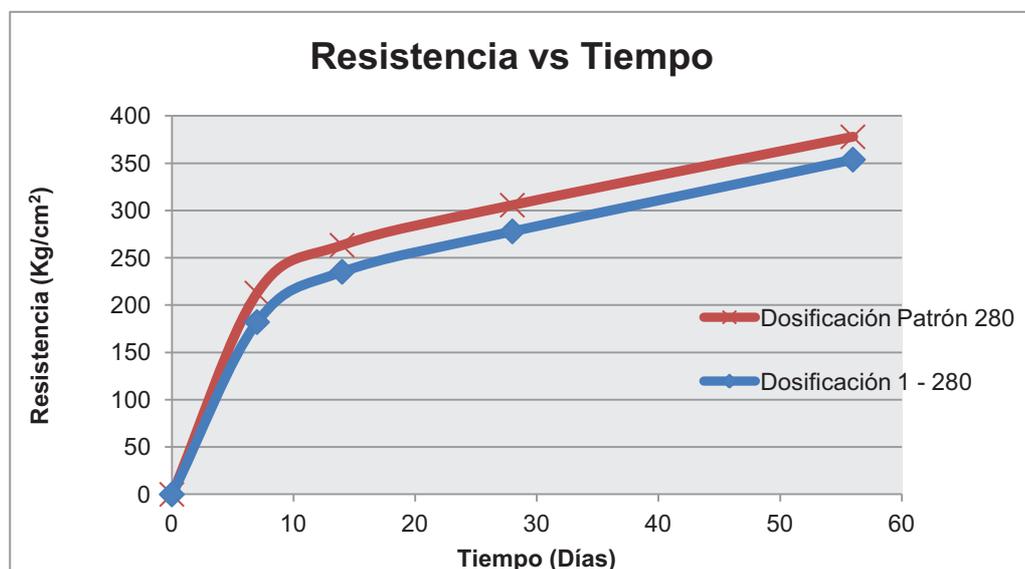


ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

En el caso de la dosificación de 240 kg/cm² se realizó solo una prueba la cual varía en su relación a/c en comparación al patrón en 0,016 presentando una diferencia en las resistencias de alrededor del 7 % del f'c.

Las tendencias de las curvas de resistencia en función del tiempo tanto para la prueba como para los cilindros patrón son las mismas, como se muestra en la gráfica 5.4.

GRÁFICA 5.5: RESISTENCIAS PROMEDIO PATRÓN Y DOSIFICACIONES DE PRUEBA 280 Kg/cm²



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Se presenta la misma tendencia en la gráfica de los cilindros patrón así como en los de prueba. La diferencia de la relación a/c entre el patrón y la prueba es 0,01, lo cual produce una variación en las resistencias de alrededor del 10 % del $f'c$.

Estos porcentajes son los que servirán para conocer cuál de las pruebas realizadas es la que mejor se ajusta para la dosificación óptima de las resistencias 180, 210, 240 y 280 Kg/cm².

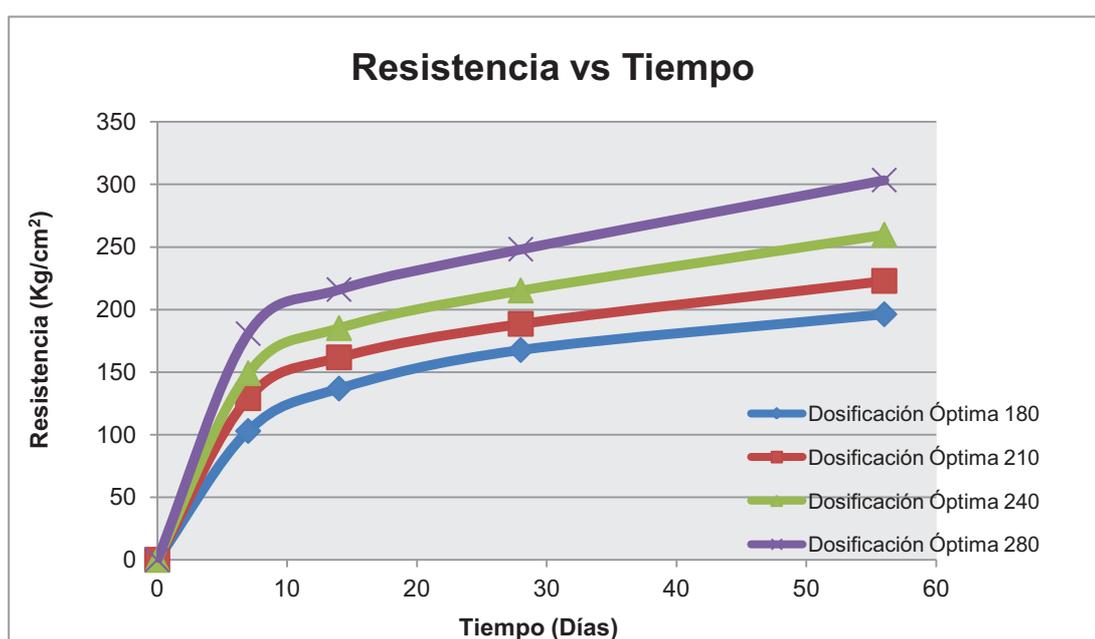
TABLA 5.5: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO CON DOSIFICACIONES ÓPTIMAS

Edad (días)	RESISTENCIAS PARA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA							
	$f'c$ 180 Kg/cm ²		$f'c$ 210 Kg/cm ²		$f'c$ 240 Kg/cm ²		$f'c$ 280 Kg/cm ²	
	$f'c$	% $f'c$	$f'c$	% $f'c$	$f'c$	% $f'c$	$f'c$	% $f'c$
7	103	57,17	129	61,49	149	62,08	181	64,53
14	137	76,00	162	77,00	185	77,12	216	77,12
28	168	93,12	189	89,77	215	89,64	248	88,61
56	196	108,98	223	106,10	260	108,21	303	108,34

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Como se observa en la tabla 5.5 las resistencias que se alcanzaron a los 56 días de cada una de las dosificaciones óptimas son un 6 a 9 % superiores a las que se desea obtener, dejando este rango como un factor de seguridad. Se observa también que la resistencia es al menos superior a la diseñada en 12 Kg/cm², aumentando este valor en el caso de las resistencias de 280 Kg/cm² llegando a alcanzar una diferencia de 23 Kg/cm².

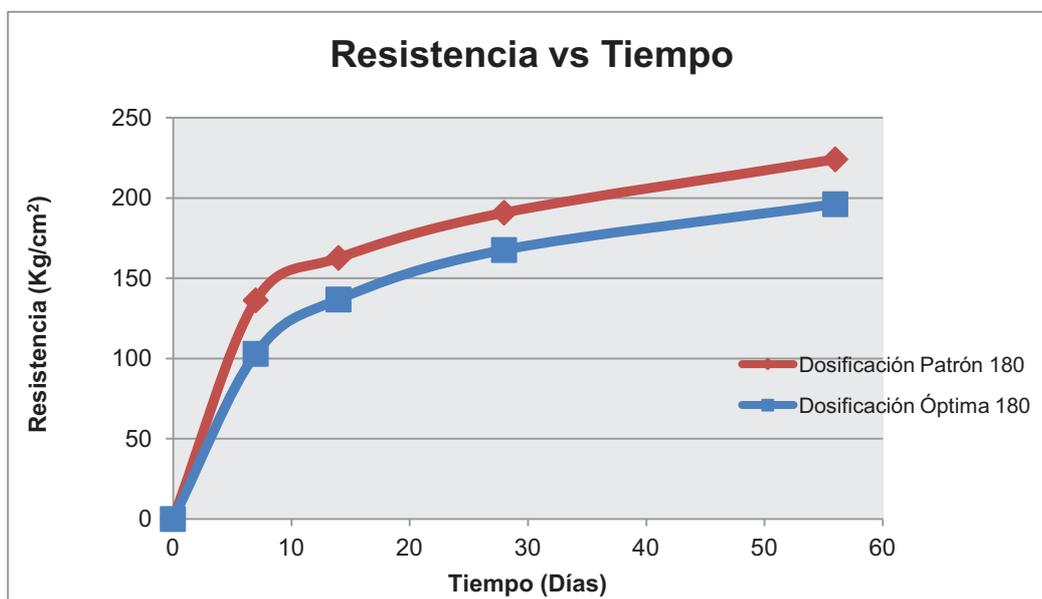
GRÁFICA 5.6: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

En la gráfica 5.6 se puede observar que las curvas de las pruebas siguen la misma tendencia del hormigón de los cilindros realizados con la dosificación patrón.

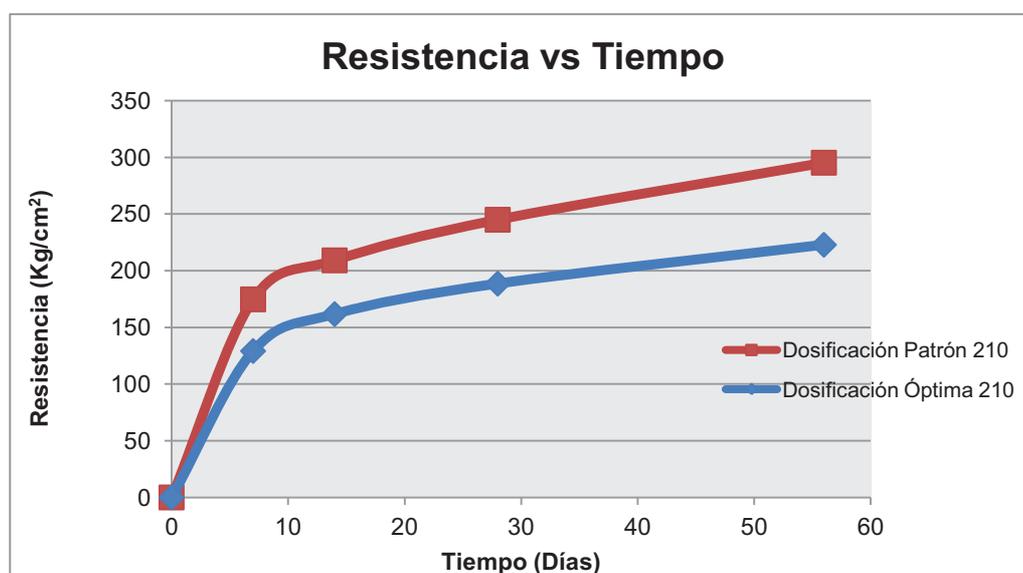
GRÁFICA 5.7: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 180 Kg/cm²



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Las curvas tanto del patrón como la de la dosificación óptima presentan la misma tendencia, el porcentaje de variación promedio en resistencias es de alrededor del 15 % del f'c.

GRÁFICA 5.8: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 210 Kg/cm²

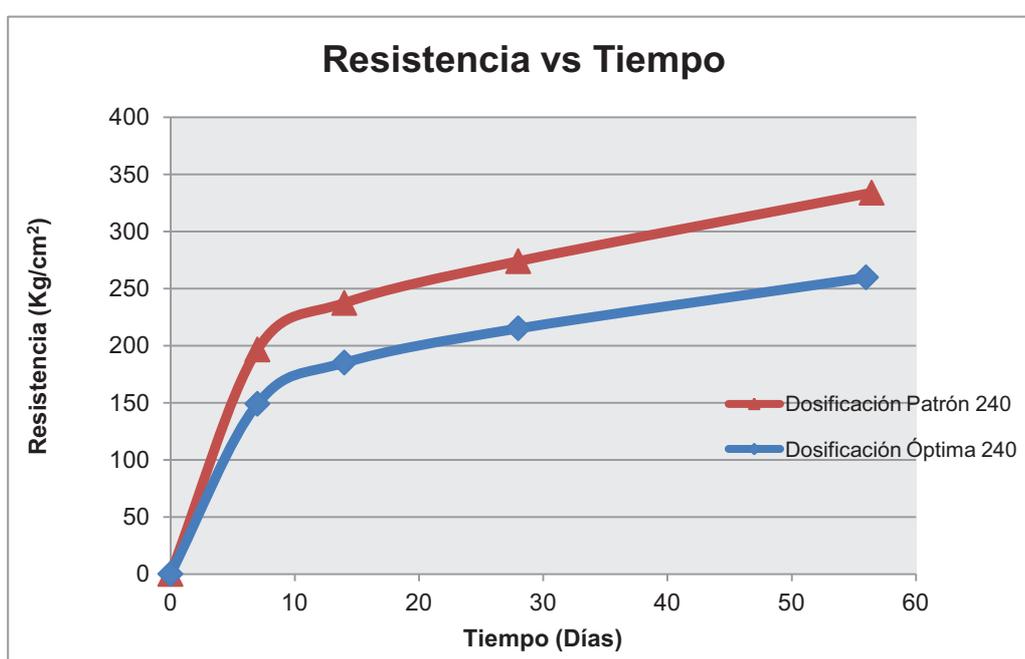


ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

La curva de tendencia de la dosificación óptima es similar a la del patrón salvo en el último tramo entre los 28 y 56 días, donde la curva tiene un crecimiento un poco más lento.

El porcentaje de diferencia promedio de las resistencias es de alrededor del 26%, entre los patrones y la dosificación óptima.

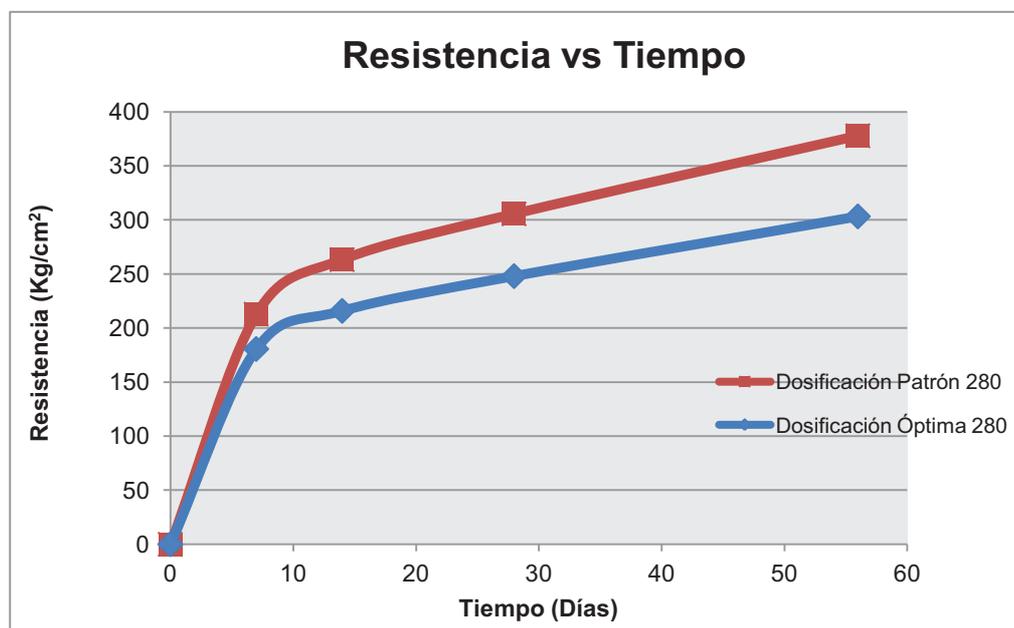
GRÁFICA 5.9: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 240 Kg/cm²



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Las curvas mostradas en la gráfica 5.9 tienen una tendencia de crecimiento similar a la de la dosificación óptima hasta superar los 28 días donde decrece, los porcentajes promedio de variación de la resistencia entre el patrón y la óptima es de alrededor de 24% del f'c a los 56 días.

GRÁFICA 5.10: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIÓN ÓPTIMA Y PATRÓN 280 Kg/cm²



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

En la dosificación de 280 Kg/cm² las curvas de resistencia en función del tiempo varían en promedio alrededor del 19%, la brecha entre el patrón y la óptima se acrecienta a medida que pasa el tiempo.

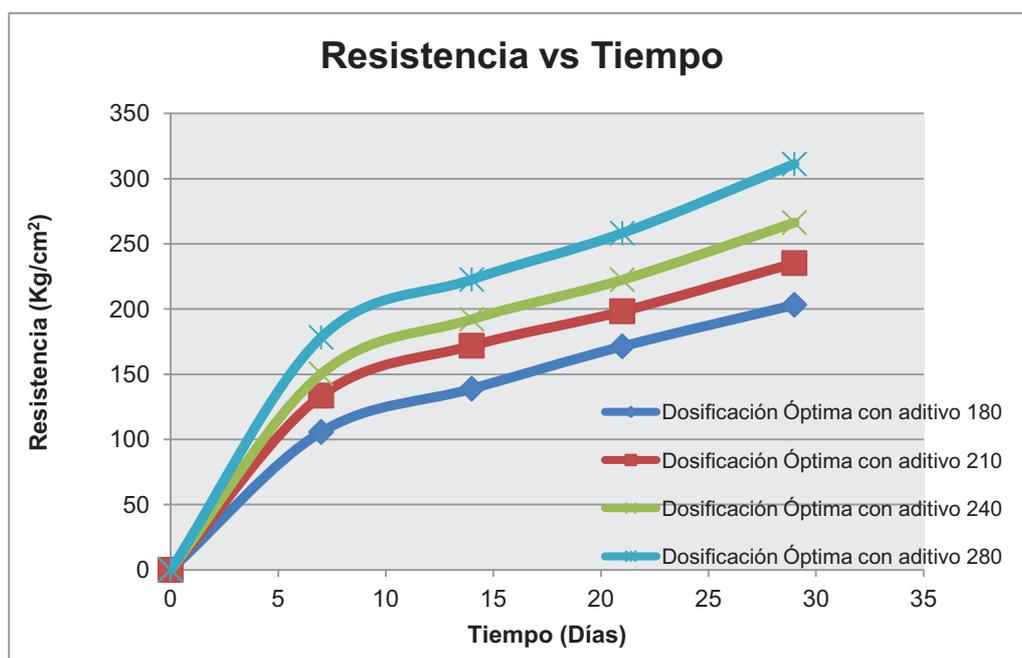
TABLA 5.6: RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO CON DOSIFICACIONES FINALES CON ADITIVO

Edad	RESISTENCIAS PARA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO							
	f'c 180 Kg/cm ²		f'c 210 Kg/cm ²		f'c 240 Kg/cm ²		f'c 280 Kg/cm ²	
(días)	f'c	% f'c	f'c	% f'c	f'c	% f'c	f'c	% f'c
7	106	58,74	134	63,62	150	62,66	178	63,66
14	139	77,18	172	81,86	192	80,09	223	79,51
21	171	95,26	198	94,44	222	92,71	258	92,22
28	203	112,92	235	112,04	266	110,98	311	111,17

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

La adición del aditivo permitió que las resistencias que se necesitaban alcanzar a los 56 días se obtengan en 28 días, dejando un 11 % de resistencia superior a la diseñada.

GRÁFICA 5.11: RESISTENCIAS PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS CON ADITIVO.

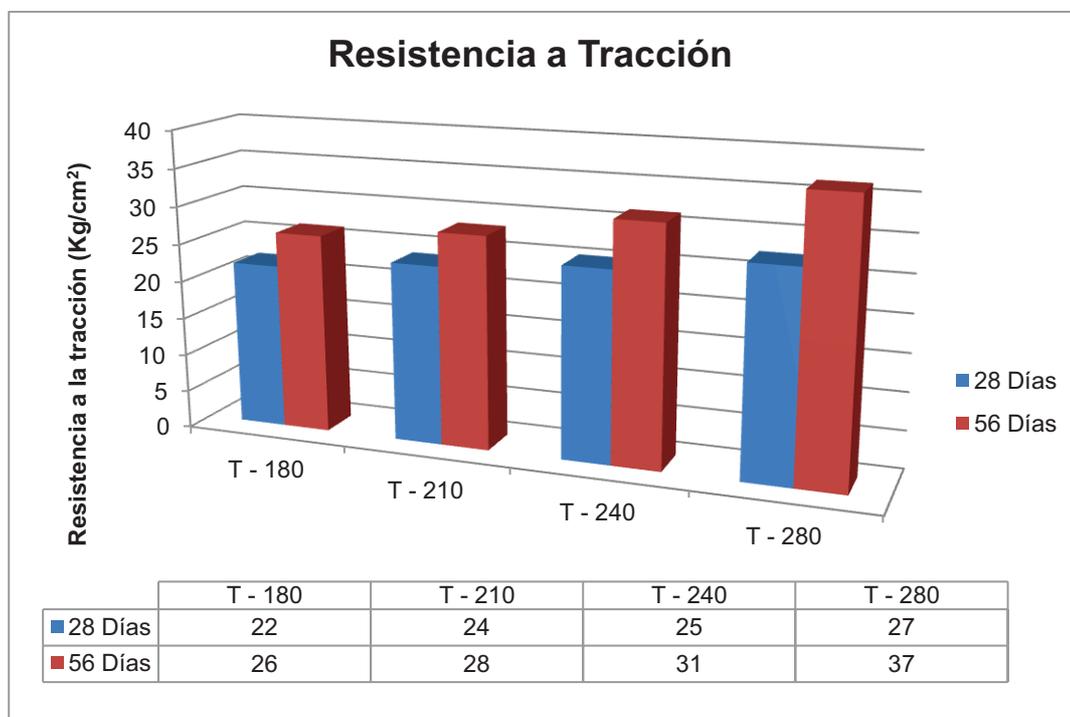


ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

La tendencia de las curvas de resistencia en función del tiempo de las dosificaciones óptimas con la adición del aditivo es creciente manteniendo la pendiente desde los 14 días.

5.1.2.2 Tracción

GRÁFICA 5.12: RESISTENCIAS A TRACCIÓN PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS



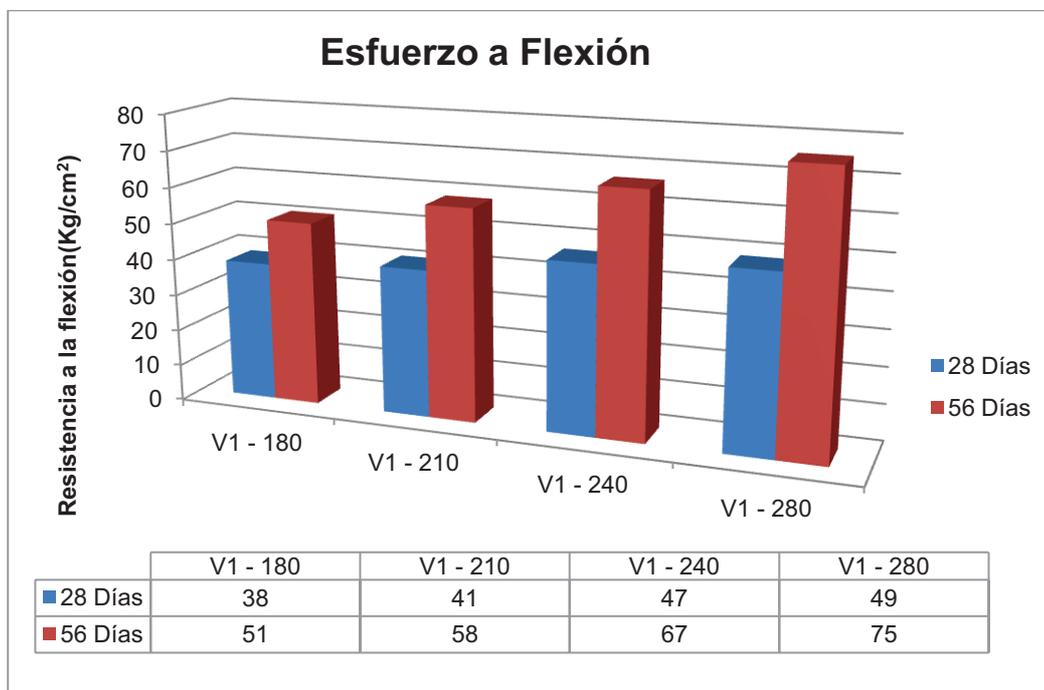
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Los esfuerzos a tracción que se obtuvieron a los 28 días son del 10 al 12 % de los valores de las resistencias a compresión, mientras que a los 56 días su resistencia alcanzó del 13 al 15 %. El porcentaje de crecimiento de la resistencia a la tracción es de alrededor del 3 %, entre los 28 y 56 días.

5.1.2.3 Flexión

Los esfuerzos a flexión promedios a los 28 días son del 17 al 21% de la resistencia a compresión, los esfuerzos a flexión que alcanza a los 56 días son del 26 al 28 % de la resistencia a compresión en ese tiempo. El porcentaje de crecimiento es en proporción similar al de los ensayos a compresión.

GRÁFICA 5.13: RESISTENCIAS A FLEXIÓN PROMEDIO DOSIFICACIONES ÓPTIMAS



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

5.2 TABLA DE RELACIONES AGUA/CEMENTO PARA DIFERENTES RESISTENCIAS DE HORMIGONES ESTANDAR.

TABLA 5.7: RELACIONES A/C OPTIMIZADAS

	RESISTENCIAS			
	$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
Relación a/c	0,672	0,625	0,565	0,531
Sacos de Cemento	5,30	5,70	6,30	6,70

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Las relaciones a/c que se muestran en la tabla 5.7 son las que se utilizaron para realizar las dosificaciones óptimas las cuales son las necesarias para obtener las resistencias requeridas con una menor cantidad de cemento.

5.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON TABLA DEL ACI

TABLA 5.8: RELACIONES A/C OPTIMIZADAS Y SEGÚN EL CÓDIGO ACI

Resistencias	Relación a/c		Sacos de Cemento	
	Del Código ACI	Optimización	Código ACI	Optimización
$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	0,623	0,672	5,71	5,30
$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	0,530	0,625	6,72	5,70
$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	0,494	0,565	7,21	6,30
$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	0,445	0,531	8,00	6,70

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Como se muestra en la tabla 5.8 se disminuyeron 0,40 sacos de cemento para la dosificación de 180 kg/cm^2 , alrededor de 1 saco de cemento en las de 210 kg/cm^2 y 240 kg/cm^2 mientras que en la dosificación de 280 kg/cm^2 se logró disminuir 1,30 sacos de cemento.

El impacto económico que se puede tener al momento de realizar la fabricación del hormigón se analizará en el capítulo siguiente.

Cabe recalcar que esta variación en las relaciones agua / cemento, es decir las relaciones optimizadas, servirán únicamente para ser aplicadas con agregados de similares características con la finalidad de obtener un hormigón de buena calidad con una menor cantidad de cemento y por ende a un menor costo.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO

6.1 MARCO TEÓRICO

En el presente la Hormigonera Hormisur fabrica su hormigón que comercializa con las tablas de dosificación existentes en el Código ACI – 211.1, las cuales según el estudio y tomando en cuenta los materiales utilizados por la empresa arrojan resistencias superiores a las dosificadas, por medio de la presente investigación se logró optimizar la cantidad de cemento utilizado en cada una de las dosificaciones, razón por la cual se reducirá el costo por metro cúbico de hormigón; cabe recalcar que estas resistencias se alcanzaron a los 56 días.

Con el fin de acelerar el proceso constructivo en obras que así lo requieran, fue necesario introducir la ayuda de un aditivo de Altas Resistencias Iniciales (EPS 700 ARI), con lo que se garantiza la utilización de estas dosificaciones en cualquier tipo de construcción.

6.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para el presente estudio económico se toma como dato preliminar los costos de producción que tiene la Hormigonera Hormisur en la actualidad, y se lo compara con las dosificaciones óptimas resultado de esta investigación, es decir se analiza el costo de cada uno de los materiales que intervienen por metro cúbico según la dosificación de Hormigón necesitada, el factor preponderante en este análisis es el cemento que es el que variara en gran medida el costo de una dosificación y otra, a continuación se enumeran los materiales necesarios y cada uno de sus respectivos costos sin contar con la mano de obra, transporte y depreciación del equipo utilizado.

TABLA 6.1: COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES UTILIZADOS

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO
AGUA	m3	1,00	0,50
CEMENTO	Sacos	1,00	6.55
ARENA	m3	1,00	6.30
RIPIO	m3	1,00	10.00

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

Estos costos son los proporcionados por la Hormigonera Hormisur y serán los que se mantendrán para cada una de las dosificaciones, tanto para las establecidas en las tablas del código ACI – 211.1 como para las optimizaciones en las dosificaciones resultado de esta tesis, las cantidades de materiales serán los únicos valores que cambien para cada una de las dosificaciones.

6.2.1 HORMIGÓN CON DOSIFICACIONES DEL ACI-ASTM

La siguiente tabla es el resultado del análisis de cada una de las dosificaciones patrón con sus respectivos costos:

TABLA 6.2: COSTOS DE HORMIGÓN SIMPLE DOSIFICACIONES PATRÓN

Descripción	Hormigón Simple Patrones							
	Cantidad				Costo			
	f'c (kg/cm ²)							
	180	210	240	280	180	210	240	280
AGUA	0,22	0,23	0,23	0,24	0,11	0,11	0,12	0,12
CEMENTO	5,71	6,72	7,21	8,00	37,44	44,01	47,22	52,42
ARENA	0,29	0,27	0,26	0,25	1,81	1,71	1,66	1,58
RIPIO	0,40	0,40	0,40	0,40	3,96	3,96	3,96	3,96
TOTAL					43,32	49,80	52,95	58,08

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

6.2.2 HORMIGÓN CON DOSIFICACIONES PLANTEADAS

Luego de realizar las pruebas necesarias y de encontrar las dosificaciones óptimas se procedió a realizar el análisis económico obteniéndose los costos que se muestran en las tablas siguientes:

TABLA 6.3: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
AGUA	m3	0,22	0,50	0,11
CEMENTO	sacos	5,30	6,55	34,71
ARENA	m3	0,29	6,30	1,86
RIPIO	m3	0,40	10,00	3,96
TOTAL				40,64

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 6.4: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
AGUA	m3	0,22	0,50	0,11
CEMENTO	sacos	5,70	6,55	37,32
ARENA	m3	0,29	6,30	1,82
RIPIO	m3	0,40	10,00	3,96
TOTAL				43,21

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 6.5: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
AGUA	m3	0,22	0,50	0,11
CEMENTO	sacos	6,30	6,55	41,28
ARENA	m3	0,28	6,30	1,75
RIPIO	m3	0,40	10,00	3,96
TOTAL				47,11

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

TABLA 6.6: HORMIGÓN SIMPLE $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
AGUA	m3	0,23	0,50	0,11
CEMENTO	sacos	6,70	6,55	43,93
ARENA	m3	0,27	6,30	1,71
RIPIO	m3	0,40	10,00	3,96
TOTAL				49,71

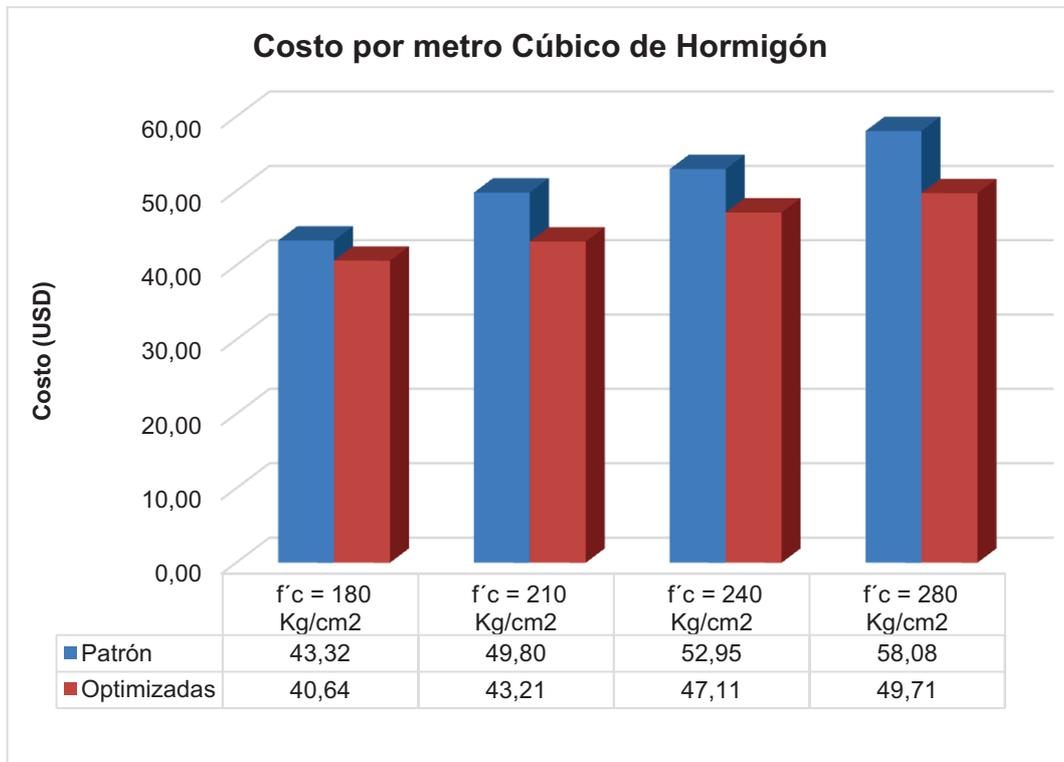
ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

6.3 COMPARACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**TABLA 6.7: COMPARACIÓN DE COSTOS**

HORMIGÓN SIMPLE			
Dosificaciones Patrón	Costo	Dosificaciones Optimizadas	Costo
$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	43,32	$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	40,64
$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	49,80	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	43,21
$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	52,95	$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	47,11
$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	58,08	$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	49,71

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

GRÁFICA 6.1: COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE DOSIFICACIONES PATRÓN Y ÓPTIMAS



ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

La disminución en la cantidad de cemento se refleja en un ahorro de alrededor del 6% del costo actual en la dosificación más baja (180 Kg/cm²) y entre el 11 y 14% del costo actual en las demás dosificaciones.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Las optimizaciones alcanzadas en el presente estudio se basaron en un análisis experimental, que inicio con la elaboración de los cilindros patrón siguiendo los procesos especificados en las normas ACI 211.1, para luego variar las relaciones agua/cemento hasta encontrar la adecuada para obtener las resistencias necesarias a los 56 días.
- Las relaciones agua/cemento que se muestran en la tabla 7.1 se consiguieron de manera experimental con los materiales cuyas propiedades se detallan en las tablas 2.2, 2.4 y 2.9 para cemento, arena y ripio respectivamente.

TABLA 7.1: RELACIONES A/C OPTIMIZADAS

Resistencias	Relación a/c	Sacos de Cemento/m ³
f'c = 180 Kg/cm²	0,672	5,30
f'c = 210 Kg/cm²	0,625	5,70
f'c = 240 Kg/cm²	0,565	6,30
f'c = 280 Kg/cm²	0,531	6,70

ELABORADO POR: Liseth Orbe y Paúl Zúñiga

- La disminución de sacos de cemento en comparación con las relaciones agua/cemento presenta una tendencia no lineal ya que como se puede observar en las resistencias más bajas la cantidad de cemento disminuida es menor que en las dosificaciones más altas.

- El tamaño nominal del agregado grueso influye sustancialmente en la cantidad de cemento que se utiliza para cada una de las dosificaciones. A mayor tamaño nominal, menor cantidad de cemento.
- Se usaron agregados al alcance de la hormigonera, los mismos que se encuentran fuera de los límites granulométricos, pese a esto se dosificó obteniéndose una mezcla de hormigón que cumplió con el asentamiento de diseño y con las resistencias esperadas.
- El cemento GU fabricado por Holcim y que se utilizó para la presente investigación tiene características que se encuentran dentro de los rangos establecidos en las normas, es importante mencionar que este tiene un fraguado tardío lo que provoca el mismo efecto en la mezcla de hormigón, en todas las dosificaciones, lo que se comprobó con los resultados obtenidos de los cilindros patrón, en donde la curva resistencia en función del tiempo mantiene su tendencia de crecimiento pese a alcanzar los 56 días, superando la resistencia diseñada hasta un 40 %. Dicha tendencia de crecimiento justificó la decisión de realizar la optimización en este período de tiempo.
- El agua de absorción afecta la relación agua/cemento en alrededor de +0.151 cambiando la relación final de la dosificación luego de comprobar el asentamiento del hormigón.
- Con la optimización de las relaciones agua/cemento, se consiguió bajar la cantidad de cemento en el 7.18 % para la dosificación de 180 kg/cm², el 15.18 % para 210 kg/cm², el 12.62 % para 240 kg/cm² y el 16.25 % para 280 kg/cm². Las dosificaciones óptimas se muestran en la tabla 4.8
- Del análisis económico realizado en el Capítulo 6 se observa que existe un ahorro de alrededor de \$ 3 dólares por metro cúbico al optimizar la dosificación de 180 Kg/cm² y de \$ 6 a \$ 8 dólares por metro cúbico en la optimización de las resistencias de 210, 240 y 280 Kg/cm². Este análisis no considera los costos totales de producción de la empresa ya que no se

toman en cuenta los gastos de transporte y de mano de obra sino únicamente los costos netos de los agregados y cemento, con los mismos que se realizó la comparación entre el hormigón con las cantidades normales y las optimizadas.

- Al implementar el aditivo EPS 700 ARI a las dosificaciones optimizadas el hormigón alcanza las resistencias requeridas en 28 días, lo que permite usar estas dosificaciones en circunstancias que necesiten un rápido desencofrado.

7.2 RECOMENDACIONES

- Que el árido grueso sea de forma angular y que presente la menor cantidad de partículas alargadas.
- El uso de agregados secos para la fabricación del hormigón y determinar el agua de absorción de los mismos, con lo cual se garantiza que los agregados no absorban el agua de amasado afectando la consistencia de la mezcla.
- Que al momento de aplicar la capa de aceite o desmoldante en los moldes de los cilindros la capa sea lo más fina posible dado que este exceso de recubrimiento provoca un retraso en el fraguado en la parte superficial de los cilindros.
- Estas dosificaciones se realizaron en laboratorio bajo condiciones controladas por lo que es imprescindible que la hormigonera y cualquier persona que ocupe esta investigación para fabricar hormigón tome la precaución de controlar los asentamientos, manipulación, transporte y procesos de curado del mismo para garantizar la calidad del producto.
- Que durante el curado inicial de los cilindros se los proteja con un material impermeabilizante para evitar que se pierda el agua por exudación.

- Evitar que en las vigas se produzca un secado superficial, desde la extracción de las mismas de la cámara de curado hasta que se realice su ensayo ya que el secado superficial puede inducir esfuerzos de tensión en las fibras externas, lo que podría afectar las resistencias a flexión.
- Probar estas dosificaciones con otro tipo de aditivos utilizando diferentes métodos de aplicación de estos, para observar que efecto tienen en la resistencia y trabajabilidad del hormigón.
- Es importante se use esta tesis como un modelo para optimizar la cantidad de cemento y se pruebe la optimización con otros tipos de agregados de diferentes minas y con otro tipo de gradación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACI Committee 211. (1991). ACI 211.1-91. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. American Concrete Institute.
- [2] ARQHYS. (s.f.). Resistencia del concreto. Obtenido de <http://www.arqhys.com/resistencia-concreto.html>
- [3] ASTM. (2009). ASTM C 29 - 09. Standard Test Method for Bulk Density("Unit Wight") and Voids in Aggregate. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [4] ASTM. (2009). ASTM C 31 - 09. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the field. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [5] ASTM. (2008). ASTM C 33 - 08. Standard Specification for Concrete Aggregates. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [6] ASTM. (2005). ASTM C 39 - 05. Standard Test Method for Compressive Strength of Cilindrycal Concrete. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [7] ASTM. (2004). ASTM C 40 - 04. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [8] ASTM. (2009). ASTM C 78 - 09. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [9] ASTM. (2007). ASTM C 127 - 07. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [10] ASTM. (2007). ASTM C 128 - 07a. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

- [11] ASTM. (2006). ASTM C 131 - 06. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [12] ASTM. (2006). ASTM C 136 - 06. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. (Primera ed.). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [13] ASTM. (2008). ASTM C 143 - 08. Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [14] ASTM. (2004). ASTM C 187 - 04. Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [15] ASTM. (2003). ASTM C 188 - 03. Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [16] ASTM. (2007). ASTM C 191 - 07. Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [17] ASTM. (2005). ASTM C 260. Standard Specification for Air Entraining Admixtures for Concrete. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [18] ASTM. (2006). ASTM C 305 - 06. Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [19] ASTM. (2005). ASTM C 470 - 09. Standard Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [20] ASTM. (2005). ASTM C 494 M - 13. Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [21] ASTM. (2011). ASTM C 496 - 11. Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

- [22] ASTM. (2006). ASTM C 511 - 06. Standard Test Method for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [23] ASTM. (2009). ASTM C 535 - 09. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [24] ASTM. (2010). ASTM C 1157 - 10. Standard Performance Specification for Hydraulic Cement. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [25] ASTM. (2005). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- [26] Comité ACI 211. (1991). Proporciónamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo. American Concrete Institute.
- [27] Comité ACI 318. (2005). Requisitos del reglamento para concreto estructural. Estados Unidos: American Concrete Institute.
- [28] Holcim Ecuador S.A. (s.f.). Evolución de las Normas para la fabricación de cemento y características de sus aplicaciones. Obtenido de <http://www.holcim.com.ec/productos-y-servicios/calidad/cementoholcim.html>
- [29] INECYC. (2009). Control de calidad en el Hormigón. Notas Técnicas .
- [30] INEN. (2009). NTE INEN 155. Cemento Hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [31] INEN. (2009). NTE INEN 156. Cemento hidráulico. Determinación de la densidad. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [32] INEN. (2009). NTE INEN 157. Cemento hidráulico. Determinación de la consistencia normal. Método de Vicat. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [33] INEN. (2009). NTE INEN 158. Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat. (Primera ed.). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- [34] INEN. (2011). NTE INEN 696. Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [35] INEN. (2010). NTE INEN 855. Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [36] INEN. (2010). NTE INEN 856. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [37] INEN. (2010). NTE INEN 857. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [38] INEN. (2010). NTE INEN 858. Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [39] INEN. (2011). NTE INEN 860. Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los Ángeles. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [40] INEN. (2011). NTE INEN 861. Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas mayores a 19 mm mediante el uso de la máquina de los Ángeles. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [41] INEN. (2011). NTE INEN 872. Áridos para hormigón. Requisitos. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [42] INEN. (2010). NTE INEN 1573. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [43] INEN. (2011). NTE INEN 1576. Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo. (Primera ed.). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- [44] INEN. (2010). NTE INEN 1578. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento. (Primera ed.). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [45] INEN. (2011). NTE INEN 2380. Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [46] INEN. (2010). NTE INEN 2528. Cámaras de curado. Gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos. (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [47] INEN. (2011). NTE INEN 2554. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (Utilizando una viga simple con carga en los tercios). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- [48] Laboratorios de Hormigones. (s.f.). Equivalente de arena, contenido orgánico y durabilidad de los agregados a los sulfatos. Obtenido de <http://laboratoriosdehormigones.blogspot.com/2010/06/equivalente-de-arena-contenido-organico.html>
- [49] Ministerio de economía, industria y comercio. (s.f.). Cementos Hidráulicos. Costa Rica. Obtenido de <http://www.iccyc.com/pagecreator/paginas/userFiles/REGLAMENTO%20TECNICO%20CEMENTOS%20HIDRAULICOS.pdf>
- [50] Monroy, C., & Luna, G. (1985). Cementos y hormigones. Instructivo de Laboratorio. Quito, Ecuador.
- [51] Portland Cement Association. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. (Primera ed.) México: PCA.
- [52] Tecnologías Versión Impresa. (s.f.). Materiales: Los Pétreos. Obtenido de <http://recursostecno.wikispaces.com/file/view/materiales+petreos+espa%C3%B1ol.pdf>
- [53] Tespecon. (s.f.). Catálogo de productos. Obtenido de http://www.tespecon.com/CATALOGO_TESPECON/
- [54] Todo propiedades. (s.f.). Mezclas para Construcción. España. Obtenido de http://www.todopropiedades.com.es/informacion/historia_hormigon.htm

- [55] Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Ensayo de resistencia a compresión de cilindros normales de concreto. Determinación del módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/14471810/Ensayo-de-resistencia-a-la-compresion-en-cilindros-normales-de-concreto>
- [56] Universidad Privada de Tacna. (2010). Aditivos. Perú. Obtenido de <http://www.docstoc.com/docs/69869443/aditivos-para-el-concreto>

ANEXOS

ANEXO No 1**DENSIDADES REAL, SUELTA Y COMPACTADA DEL
CEMENTO**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DENSIDAD REAL DEL CEMENTO

INF. No. 13-0777
 Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL
PROYECTO: TESIS DE GRADO
CEMENTO: HOLCIM GU
FECHA DE ENSAYO: 2 DE AGOSTO DE 2012
NORMAS: INDICADAS
FABRICA: LATACUNGA
MUESTRA: # 1

DENSIDADES	NORMA : ASTM C-188	
DENSIDAD REAL MUESTRA 1	2,961	gr / cm ³
DENSIDAD SUELTA	1,041	gr / cm ³
DENSIDAD COMPACTADA	1,272	gr / cm ³

Ing. Cesar Montroy
 JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DENSIDAD REAL DEL CEMENTO

INF. No. 13-0778

Quito, 4 de Febrero de 2013

Hoja 1 de 1

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL

PROYECTO: TESIS DE GRADO

CEMENTO: HOLCIM GU

FECHA DE ENSAYO: 2 DE AGOSTO DE 2012

NORMAS: INDICADAS

FABRICA: LATACUNGA

MUESTRA: # 2

DENSIDADES	NORMA : ASTM C-188	
DENSIDAD REAL MUESTRA 1	2,923	gr / cm ³
DENSIDAD SUELTA	1,042	gr / cm ³
DENSIDAD COMPACTADA	1,268	gr / cm ³

Ing. Cesar Moroy

JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

ANEXO No 2**CONSISTENCIA NORMAL Y TIEMPOS DE FRAGUADO
DEL CEMENTO**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE CEMENTO

Inf.- 13-0776
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL
PROYECTO: TESIS DE GRADO
CEMENTO: HOLCIM GU
FECHA DE ENSAYO: 2 DE AGOSTO DE 2012

NORMAS: ASTM C-187, ASTM C-191, ASTM C-188.

CONSISTENCIA NORMAL	29	%
---------------------	----	---

TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO VICAT	301	min
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO VICAT	456	min

ING. CESAR MONROY
JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

Archivo: Consistencia Normal Cemento.xls

ANEXO No 3**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARENA**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO ABSORCIÓN

INF. No. 13-0775

Quito, 4 de Febrero de 2013

Hoja 01 de 01

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL

PROYECTO: TESIS DE GRADO

MUESTRA: AGREGADO FINO

FECHA DE ENSAYO: 8 DE AGOSTO DE 2012

MINA: POMASQUI

NORMAS: ASTM C128 ; INEN 856, CEPIS VOL. 7-6 CAPITULO 8

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO		
PESO ESPECIFICO :	2,528	gr/cm ³
PESO ESPECIFICO S.S.S :	2,607	gr/cm ³
PESO ESPECIFICO APARENTE :	2,745	gr/cm ³
ABSORCION DE AGUA :	3,14	%

Ing. Cesar Monroy

JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

Archivo: Peso especifico Y absorcion arena.xls

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil Mezanine Ofic.: M15, email: laboratoriocivilepn@yahoo.com / Telf.: 2507 - 144 ext.: 2607

ANEXO No 4**DENSIDADES SUELTA Y COMPACTADA DE LA ARENA**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DENSIDADES APARENTES

INF. No. 13-0772

Quito, 4 de Febrero de 2013

Hoja 01 de 01

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL

PROYECTO: TESIS DE GRADO

MUESTRA : # 1 - AGREGADO FINO

FECHA DE ENSAYO: 7 DE AGOSTO DE 2012

MINA: POMASQUI

NORMA: INDICADAS

DENSIDADES APARENTES	NORMA: ASTM C29, INEN 858	
DENSIDAD SUELTA:	1,610	gr/cm ³
DENSIDAD COMPACTADA:	1,871	gr/cm ³

Ing. Cesar Monroy

JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DENSIDADES APARENTES

INF. No. 13-0773

Quito, 4 de Febrero de 2013

Hoja 01 de 01

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL
PROYECTO: TESIS DE GRADO
MUESTRA : # 2 - AGREGADO FINO
FECHA DE ENSAYO: 7 DE AGOSTO DE 2012
MINA: POMASQUI
NORMA: INDICADAS

DENSIDADES APARENTES	NORMA: ASTM C29, INEN 858	
DENSIDAD SUELTA:	1,616	gr/cm ³
DENSIDAD COMPACTADA:	1,879	gr/cm ³

Ing. Cesar Montoy

JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

ANEXO No 5

CONTENIDO ORGÁNICO DE LA ARENA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO ORGÁNICO

INF. No. 13-0771

Quito, 4 de Febrero de 2013

Hoja 1 de 2

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL

PROYECTO: TESIS DE GRADO

MUESTRA: AGREGADO FINO # 1

MINA: POMASQUI

NORMA: ASTM C40

REACTIVO: HIDROXIDO DE SODIO AL 3%

FECHA DE ENSAYO: 8 DE AGOSTO DE 2012

ENSAYO CONTENIDO ORGANICO	
Escala Gardner	0

Ing. Cesar Moaroy
JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO ORGÁNICO

INF. No. 13-0771

Quito, 4 de Febrero de 2013

Hoja 2 de 2

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL

PROYECTO: TESIS DE GRADO

MUESTRA: AGREGADO FINO # 2

MINA: POMASQUI

NORMA: ASTM C40

REACTIVO: HIDROXIDO DE SODIO AL 3%

FECHA DE ENSAYO: 8 DE AGOSTO DE 2012

ENSAYO CONTENIDO ORGANICO	
Escala Gardner	0



Ing. Cesar Monroy
JEFE DE LABORATORIO

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

ANEXO No 6**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA**

ANEXO No 7**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL RIPIO**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

INF. No. 13-0779

Quito, 4 de Febrero de 2013.

Hoja 01 de 01

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL

PROYECTO: TESIS DE GRADO

FECHA DE ENSAYO: 15 DE AGOSTO DE 2012

MUESTRA: AGREGADO GRUESO

MINA: SAN JOAQUIN - CHASQUI

NORMAS: ASTM C127 ; INEN 857

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO		
PESO ESPECIFICO :	2,285	gr/cm ³
PESO ESPECIFICO S.S.S :	2,422	gr/cm ³
PESO ESPECIFICO APARENTE :	2,647	gr/cm ³
ABSORCION DE AGUA :	5,98	%

Ing. Cesar Montroy

JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

Archivo: Peso especifico Y absorcion ripio.xls

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil Mezanine Ofic.: M15, **email:** laboratoriocivilepn@yahoo.com / **Tel.:** 2507 - 144 ext.: 2607

ANEXO No 8**DENSIDADES SUELTA Y COMPACTADA DEL RIPIO**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO

INF. No. 13-0781
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL
PROYECTO: TESIS DE GRADO
FECHA DE ENSAYO: 13 DE AGOSTO DE 2012
MINA: SAN JOAQUIN - CHASQUI #1
NORMA: INDICADAS

DENSIDADES APARENTES	NORMA: ASTM C29, INEN 858	
DENSIDAD SUELTA:	1,288	gr/cm ³
DENSIDAD COMPACTADA:	1,410	gr/cm ³



Ing. César Montroy
JEFE DEL LABORATORIO

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO

INF. No. 13-0782
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL
PROYECTO: TESIS DE GRADO
FECHA DE ENSAYO: 13 DE AGOSTO DE 2012
MINA: SAN JOAQUIN - CHASQUI # 2
NORMA: INDICADAS

DENSIDADES APARENTES	NORMA: ASTM C29, INEN 858	
DENSIDAD SUELTA:	1,285	gr/cm ³
DENSIDAD COMPACTADA:	1,406	gr/cm ³



Ing. Cesar Monroy
JEFE DEL LABORATORIO

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

ANEXO No 9

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL RIPIO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

INF. No. 13-0780

Quito, 4 de Febrero de 2013.

Hoja 01 de 01

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL

PROYECTO: TESIS DE GRADO

FECHA DE ENSAYO: 13 DE AGOSTO DE 2012

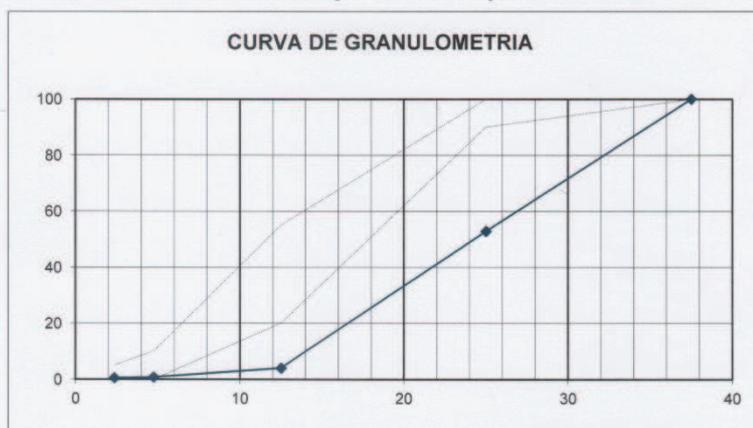
MUESTRA: AGREGADO GRUESO

MINA: SAN JOAQUIN - CHASQUI

NORMA: INEN 696, ASTM C 33

TAMIZ No.	TAMAÑO ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37,50	0	0	0	100
1"	25,00	2360,1	47	47	53
3/4"	12,50	2439,8	49	96	4
1/2"	4,75	163,1	3	99	1
3/8"	2,36	13,2	0	100	0
BANDEJA		23,8	0	100	0
TOTAL		5000,0	FINURA	7,96	

OBSERVACIONES: Los datos de procedencia son responsabilidad del cliente.



Ing. Cesar Morfey
JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

ANEXO No 10

ABRASIÓN



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE ABRASIÓN

INF No. 13-0783
 Hoja 01 de 01

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITADO: ORBE LISETH - ZÚÑIGA PAÚL
PROYECTO: TESIS DE GRADO
FECHA DE ENSAYO: 14 DE AGOSTO DE 2012
MUESTRA: AGREGADO GRUESO
MINA: SAN JOAQUIN - CHASQUI
NORMA: ASTM C535-09

GRADACION:	3
NUMERO DE REVOLUCIONES:	1000
PESO INICIAL (gr):	10000,8
PESO RETENIDO EN EL TAMIZ#12 LUEGO DE 200 REVOLUCIONES (gr):	9304,10
PESO RETENIDO EN EL TAMIZ #12 LUEGO DE 1000 REVOLUCIONES (gr):	6526,40
PORCENTAJE DE PERDIDA 200 rev.(%):	6,97
PORCENTAJE DE PERDIDA 1000 rev.(%):	34,74
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:	0,20

Ing. Cesar Montoy

JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

Archivo :abrasion.xls

ANEXO No 11

INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN PATRÓN



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

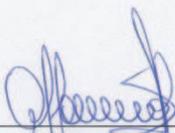
COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0784
 Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
 PROYECTO: TESIS DE GRADO
 ELEMENTO: HORMIGON ($f'c=180\text{kg/cm}^2$)
 NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	28-ago-12	7	2,26	134
2	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	28-ago-12	7	2,28	137
3	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	28-ago-12	7	2,23	137
4	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	04-sep-12	14	2,26	165
5	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	04-sep-12	14	2,25	160
6	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	04-sep-12	14	2,24	163
7	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	18-sep-12	28	2,24	191
8	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	18-sep-12	28	2,23	194
9	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	18-sep-12	28	2,23	187
10	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	16-oct-12	56	2,20	227
11	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	16-oct-12	56	2,22	220
12	21/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	16-oct-12	56	2,23	226



 ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0785
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	30-ago-12	7	2,24	180
2	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	30-ago-12	7	2,27	170
3	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	30-ago-12	7	2,25	174
4	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	06-sep-12	14	2,25	218
5	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	06-sep-12	14	2,23	206
6	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	06-sep-12	14	2,22	203
7	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	20-sep-12	28	2,21	243
8	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	20-sep-12	28	2,24	240
9	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	20-sep-12	28	2,20	252
10	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	18-oct-12	56	2,18	294
11	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	18-oct-12	56	2,25	293
12	23/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	18-oct-12	56	2,22	298

ING. CESAR MONROY
JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0786
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	04-sep-12	7	2.24	196
2	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	04-sep-12	7	2.28	190
3	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	04-sep-12	7	2.23	204
4	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	11-sep-12	14	2.27	240
5	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	11-sep-12	14	2.23	233
6	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	11-sep-12	14	2.25	240
7	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	25-sep-12	28	2.25	274
8	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	25-sep-12	28	2.23	276
9	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	25-sep-12	28	2.21	271
10	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	23-oct-12	56	2.24	341
11	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	23-oct-12	56	2.24	330
12	28/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	23-oct-12	56	2.18	331

ING. CESAR MONROY
JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0787
 Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f'c = 280\text{kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	06-sep-12	7	2,25	214
2	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	06-sep-12	7	2,25	209
3	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	06-sep-12	7	2,30	216
4	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	13-sep-12	14	2,24	269
5	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	13-sep-12	14	2,24	262
6	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	13-sep-12	14	2,27	259
7	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	27-sep-12	28	2,22	306
8	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	27-sep-12	28	2,21	307
9	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	27-sep-12	28	2,25	304
10	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	27-sep-12	28	2,23	306
11	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	25-oct-12	56	2,23	374
12	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	25-oct-12	56	2,22	383
13	30/08/2012	DOSIFICACIONES PATRÓN	25-oct-12	56	2,22	377

ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.

ANEXO No 12

**INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN DE
PRUEBA**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0788
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	29-oct-12	7	2.26	94
2	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	29-oct-12	7	2.28	86
3	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	29-oct-12	7	2.24	98
4	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	05-nov-12	14	2.22	128
5	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	05-nov-12	14	2.23	130
6	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	05-nov-12	14	2.28	125
7	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	19-nov-12	28	2.22	157
8	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	19-nov-12	28	2.19	167
10	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	19-nov-12	28	2.17	159
11	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	17-dic-12	56	2.16	191
12	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	17-dic-12	56	2.24	187
13	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	17-dic-12	56	2.20	197

ING. CESAR MONROY
JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

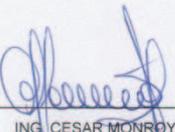
COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0789
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	29-oct-12	7	2.27	110
2	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	29-oct-12	7	2.28	117
3	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	29-oct-12	7	2.28	116
4	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	05-nov-12	14	2.24	147
5	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	05-nov-12	14	2.23	141
6	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	05-nov-12	14	2.22	152
7	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	19-nov-12	28	2.20	179
8	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	19-nov-12	28	2.23	175
10	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	19-nov-12	28	2.19	180
11	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	17-dic-12	56	2.17	212
12	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	17-dic-12	56	2.19	205
13	22/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	17-dic-12	56	2.21	206


 ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

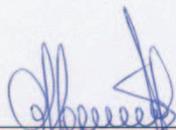
COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0790
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f_c = 210 \text{kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	31-oct-12	7	2.27	122
2	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	31-oct-12	7	2.25	124
3	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	31-oct-12	7	2.25	135
4	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	07-nov-12	14	2.24	159
5	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	07-nov-12	14	2.20	168
6	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	07-nov-12	14	2.18	155
7	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	21-nov-12	28	2.18	191
8	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	21-nov-12	28	2.19	196
10	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	21-nov-12	28	2.20	189
11	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	19-dic-12	56	2.17	237
12	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	19-dic-12	56	2.23	232
13	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	19-dic-12	56	2.19	226


 ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0791
 Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	31-oct-12	7	2,24	132
2	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	31-oct-12	7	2,22	145
3	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	31-oct-12	7	2,26	140
4	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	07-nov-12	14	2,27	173
5	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	07-nov-12	14	2,24	170
6	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	07-nov-12	14	2,26	180
7	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	21-nov-12	28	2,21	210
8	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	21-nov-12	28	2,22	200
10	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	21-nov-12	28	2,19	205
11	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	19-dic-12	56	2,21	254
12	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	19-dic-12	56	2,16	246
13	24/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 2	19-dic-12	56	2,23	256

ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0792
 Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(días)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	07-nov-12	7	2,26	151
2	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	07-nov-12	7	2,24	145
3	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	07-nov-12	7	2,23	147
4	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	14-nov-12	14	2,22	186
5	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	14-nov-12	14	2,20	195
6	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	14-nov-12	14	2,21	187
7	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	28-nov-12	28	2,20	229
8	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	28-nov-12	28	2,18	221
10	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	28-nov-12	28	2,17	222
11	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	26-dic-12	56	2,17	269
12	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	26-dic-12	56	2,18	277
13	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 3	26-dic-12	56	2,21	275

ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0793
 Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f'c = 240\text{kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(días)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	07-nov-12	7	2.26	179
2	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	07-nov-12	7	2.29	183
3	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	07-nov-12	7	2.30	191
4	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	14-nov-12	14	2.23	228
5	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	14-nov-12	14	2.20	221
6	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	14-nov-12	14	2.25	214
7	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	28-nov-12	28	2.20	254
8	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	28-nov-12	28	2.21	258
10	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	28-nov-12	28	2.20	252
11	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	26-dic-12	56	2.20	319
12	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	26-dic-12	56	2.19	309
13	31/10/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	26-dic-12	56	2.20	312

ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

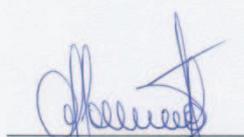
COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0794
Hoja 1 de 1

Quito, 4 de Febrero de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	08-nov-12	7	2,25	189
2	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	08-nov-12	7	2,21	179
3	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	08-nov-12	7	2,25	179
4	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	15-nov-12	14	2,20	231
5	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	15-nov-12	14	2,21	235
6	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	15-nov-12	14	2,20	240
7	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	29-nov-12	28	2,19	282
8	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	29-nov-12	28	2,18	277
10	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	29-nov-12	28	2,23	275
11	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	27-dic-12	56	2,21	355
12	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	27-dic-12	56	2,23	350
13	01/11/2012	DOSIFICACION PRUEBA 1	27-dic-12	56	2,18	357


 ING. CESAR MONROY
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.

ANEXO No 13

INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0798
 Hoja 1 de 1

Quito, 27 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f'c = 180\text{kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(días)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	14-ene-13	7	2,26	101
2	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	14-ene-13	7	2,22	111
3	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	14-ene-13	7	2,22	97
4	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	21-ene-13	14	2,26	134
5	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	21-ene-13	14	2,23	144
6	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	21-ene-13	14	2,22	133
7	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	04-feb-13	28	2,21	162
8	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	04-feb-13	28	2,18	170
9	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	04-feb-13	28	2,20	171
10	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	04-mar-13	56	2,24	190
11	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	04-mar-13	56	2,20	202
12	07/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	04-mar-13	56	2,18	196

ING. MERCEDES VILLACIS
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0799
 Hoja 1 de 1

Quito, 27 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f_c = 210 \text{kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(días)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	15-ene-13	7	2,26	120
2	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	15-ene-13	7	2,27	137
3	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	15-ene-13	7	2,15	130
4	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	22-ene-13	14	2,26	163
5	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	22-ene-13	14	2,25	159
6	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	22-ene-13	14	2,20	163
7	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	05-feb-13	28	2,26	189
8	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	05-feb-13	28	2,21	184
9	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	05-feb-13	28	2,19	192
10	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	05-mar-13	56	2,20	221
11	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	05-mar-13	56	2,20	222
12	08/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	05-mar-13	56	2,20	225


 ING. MERCEDES VILLACIS
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0800
Hoja 1 de 1

Quito, 27 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	16-ene-13	7	2,25	143
2	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	16-ene-13	7	2,26	151
3	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	16-ene-13	7	2,24	153
4	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	23-ene-13	14	2,24	179
5	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	23-ene-13	14	2,25	195
6	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	23-ene-13	14	2,23	181
7	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	06-feb-13	28	2,22	216
8	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	06-feb-13	28	2,22	218
9	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	06-feb-13	28	2,25	212
10	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	06-mar-13	56	2,21	268
11	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	06-mar-13	56	2,22	253
12	09/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	06-mar-13	56	2,23	258

ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0801
Hoja 1 de 1

Quito, 28 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZUÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	17-ene-13	7	2,27	177
2	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	17-ene-13	7	2,28	186
3	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	17-ene-13	7	2,21	180
4	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	24-ene-13	14	2,29	222
5	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	24-ene-13	14	2,22	212
6	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	24-ene-13	14	2,23	215
7	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	07-feb-13	28	2,28	248
9	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	07-feb-13	28	2,23	255
10	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	07-feb-13	28	2,24	242
11	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	07-mar-13	56	2,25	307
12	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	07-mar-13	56	2,25	294
13	10/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA	07-mar-13	56	2,23	309


 ING. MERCEDES VILLACIS
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.

ANEXO No 14

**INFORMES DE COMPRESIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA
CON ADITIVO**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0802
Hoja 1 de 1

Quito, 27 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
1	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	21-ene-13	7	2,20	107
2	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	21-ene-13	7	2,28	100
3	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	21-ene-13	7	2,28	110
4	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	28-ene-13	14	2,24	135
5	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	28-ene-13	14	2,24	139
6	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	28-ene-13	14	2,24	143
7	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	04-feb-13	21	2,26	169
8	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	04-feb-13	21	2,22	174
9	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	04-feb-13	21	2,19	171
10	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	11-feb-13	28	2,17	204
11	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	11-feb-13	28	2,21	208
12	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	11-feb-13	28	2,17	197

ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0803
Hoja 1 de 1

Quito, 27 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f'c= 210\text{kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(días)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	21-ene-13	7	2,29	140
2	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	21-ene-13	7	2,24	128
3	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	21-ene-13	7	2,22	133
4	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	28-ene-13	14	2,27	172
5	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	28-ene-13	14	2,24	181
6	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	28-ene-13	14	2,23	162
7	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	04-feb-13	21	2,24	201
8	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	04-feb-13	21	2,22	195
9	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	04-feb-13	21	2,21	199
10	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	11-feb-13	28	2,22	229
11	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	11-feb-13	28	2,21	246
12	14/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	11-feb-13	28	2,22	232

ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0804
 Hoja 1 de 1

Quito, 27 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN ($f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(días)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	22-ene-13	7	2,26	147
2	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	22-ene-13	7	2,27	155
3	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	22-ene-13	7	2,27	149
4	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	29-ene-13	14	2,27	186
5	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	29-ene-13	14	2,20	192
6	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	29-ene-13	14	2,25	198
7	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	05-feb-13	21	2,21	227
8	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	05-feb-13	21	2,25	214
9	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	05-feb-13	21	2,26	226
10	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	12-feb-13	28	2,21	268
11	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	12-feb-13	28	2,23	271
12	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	12-feb-13	28	2,22	261


 ING. MERCEDES VILLACIS
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

INF. No. 13-0805
 Hoja 1 de 1

Quito, 28 de Marzo de 2013.

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON ($f'c = 280 \text{kg/cm}^2$)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	RESISTENCIA
			ROTURA	(dias)	(gr/cm^3)	(Kg/cm^2)
1	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	22-ene-13	7	2,28	176
2	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	22-ene-13	7	2,25	178
3	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	22-ene-13	7	2,27	180
4	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	29-ene-13	14	2,24	217
5	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	29-ene-13	14	2,28	220
6	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	29-ene-13	14	2,27	231
7	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	05-feb-13	21	2,26	258
9	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	05-feb-13	21	2,29	247
10	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	05-feb-13	21	2,18	269
11	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	12-feb-13	28	2,24	315
12	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	12-feb-13	28	2,27	311
13	15/01/2013	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON ADITIVO	12-feb-13	28	2,22	308

ING. MERCEDES VILLACIS
 JEFE DEL LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.

ANEXO No 15**INFORMES DE FLEXIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

FLEXIÓN EN HORMIGÓN

INF. No. 13-0806
Hoja 1 de 1

Quito, 28 de marzo de 2013

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN (28 días)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	CARGA	ESFUERZO A FLEXION
			ROTURA	(días)	(Kg)	(Kg/cm ²)
1	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-feb-13	28	2530	37
2	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-feb-13	28	2410	40
3	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-feb-13	28	2560	38
4	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-feb-13	28	2770	40
5	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-feb-13	28	2810	42
6	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-feb-13	28	2670	40
7	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-feb-13	28	2670	39
8	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-feb-13	28	2980	44
9	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-feb-13	28	2960	46
9	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-feb-13	28	3400	57
10	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-feb-13	28	3120	46
11	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-feb-13	28	3050	53
12	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-feb-13	28	3170	46


 ING. MERCEDES VILLACIS
 JEFE DE LABORATORIO

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

FLEXION EN HORMIGON

INF. No. 13-0807
Hoja 1 de 1

Quito, 28 de marzo de 2013

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGON (56 días)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	CARGA	ESFUERZO A FLEXION
			ROTURA	(días)	(Kg)	(Kg/cm ²)
1	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-mar-13	56	3300	49
2	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-mar-13	56	3150	53
3	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-mar-13	56	3410	51
4	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-mar-13	56	3810	55
5	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-mar-13	56	4030	60
6	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-mar-13	56	3970	60
7	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-mar-13	56	4470	65
8	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-mar-13	56	4680	68
9	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-mar-13	56	4210	66
10	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-mar-13	56	5040	75
11	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-mar-13	56	4750	76
12	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-mar-13	56	5180	75



ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ANEXO No 16

INFORMES DE TRACCIÓN DOSIFICACIÓN ÓPTIMA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO BRASILEIRO EN EL HORMIGÓN

INF. No. 13-0808

Quito, 28 de marzo de 2013

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA
PROYECTO: TESIS DE GRADO
ELEMENTO: HORMIGÓN (28 días)
NORMA: ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD (días)	P. ESPEC. (gr/cm ³)	Carga (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
			ROTURA				
1	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-feb-13	28	2,17	14704	20,3
2	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-feb-13	28	2,29	15980	22,2
3	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	04-feb-13	28	2,21	16671	23,2
4	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-feb-13	28	2,18	16762	23,3
5	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-feb-13	28	2,24	16148	22,8
6	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	05-feb-13	28	2,17	17834	25,1
7	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-feb-13	28	2,31	17560	24,6
8	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-feb-13	28	2,13	18256	24,7
9	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	06-feb-13	28	2,27	19349	26,5
10	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-feb-13	28	2,17	18702	26,5
11	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-feb-13	28	2,19	19785	27,4
12	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	07-feb-13	28	2,18	20690	28,4


 ING. MERCEDES VILLACIS
 JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

Archivo : Traccion 28 dias . xls

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil Mezanine Ofic.: M15, **email:** laboratoriocivilepn@yahoo.com / **Telf.:** 2507 - 144 ext.: 2607



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO BRASILEIRO EN EL HORMIGÓN

INF. No. 13-0809

Quito, 28 de marzo de 2013

SOLICITA: LISETH ORBE - PAÚL ZÚÑIGA**PROYECTO:** TESIS DE GRADO**ELEMENTO:** HORMIGÓN (56 días)**NORMA:** ASTM C39/C39M - 05

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCION	FECHA	EDAD	P. ESPEC.	Carga	RESISTENCIA
			ROTURA	(días)	(gr/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)
1	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 180 Kg/cm ²	04-mar-13	56	2.21	19853	27.7
2	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 180 Kg/cm ²	04-mar-13	56	2.27	18123	25.2
3	07-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 180 Kg/cm ²	04-mar-13	56	2.25	18799	26.2
4	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 210 Kg/cm ²	05-mar-13	56	2.23	19990	27.8
5	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 210 Kg/cm ²	05-mar-13	56	2.27	19685	27.3
6	08-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 210 Kg/cm ²	05-mar-13	56	2.26	21375	29.5
7	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 240 Kg/cm ²	06-mar-13	56	2.27	22253	30.9
8	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 240 Kg/cm ²	06-mar-13	56	2.24	23928	33.3
9	09-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 240 Kg/cm ²	06-mar-13	56	2.29	21648	30.3
10	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 280 Kg/cm ²	07-mar-13	56	2.26	27614	38.4
11	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 280 Kg/cm ²	07-mar-13	56	2.24	25462	35.0
12	10-ene-13	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA f'c = 280 Kg/cm ²	07-mar-13	56	2.20	26176	36.3

ING. MERCEDES VILLAGIS
JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA

Archivo : Traccion 56 días . xls