



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DESEMPEÑO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS
DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL"
COMPARADO CON EL CONCRETO DOSIFICADO CON
CEMENTO "SOL"**

PRESENTADA POR

**WILLIAM FREDDY ACEVEDO DAMIAN
WILLY VICTOR MARTIN MARTINEZ VIGNOLO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2017



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada
CC BY-NC-ND**

Los autores permiten que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DESEMPEÑO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
MECÁNICAS DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO
“NACIONAL” COMPARADO CON EL CONCRETO
DOSIFICADO CON CEMENTO “SOL”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**ACEVEDO DAMIAN, WILLIAM FREDDY
MARTINEZ VIGNOLO, WILLY VICTOR MARTIN**

LIMA – PERÚ

2017

Dedico la presente tesis a Dios, quien me acompaña todos los días guiando mi camino. A mis padres y a mis hermanos por su apoyo y porque son el motor y motivo de mis logros. Asimismo, a mis asesores que me brindaron un apoyo incondicional.

William Acevedo D.

El presente trabajo lo dedico a Dios por su amor, bondad, misericordia e inspiración en mis acciones día a día. A mi familia, por estar presente en cada etapa de mi vida. A mis asesores por su apoyo incondicional.

Willy Martinez V.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Situación Problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Justificación	4
1.5 Alcances y limitaciones	5
1.6 Viabilidad del estudio	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	7
2.2 Bases teóricas	9
2.3 Definición de términos básicos	84
2.4 Formulación de la hipótesis	85
_Toc497932308	
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	
3.1 Tipo de Investigación	87

3.2	Diseño de la Investigación	87
3.3	Nivel de Investigación	88
3.4	Variables	88
3.5	Población y Muestra	92
3.6	Técnicas de Investigación	92
3.7	Materiales y equipos	93
3.8	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	94
3.9	Procesamiento y análisis estadístico de los datos	94
3.10	Cronograma de actividades	95
3.11	Presupuesto	97
CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		
4.1	Caso de investigación	98
4.2	Ejecución de los ensayos en Laboratorio	98
CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		
5.1	Contraste de la hipótesis	120
5.2	Análisis de los ensayos de laboratorio	123
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN		148
CONCLUSIONES		151
RECOMENDACIONES		154
FUENTES DE INFORMACIÓN		155
ANEXOS		157

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Materias Primas utilizadas en la producción de Clinker	14
Tabla 2. Clinkerización: Reacciones	17
Tabla 3. Fases cristalinas del Clinker	20
Tabla 4. Influencia Mineralogía del Clinker	21
Tabla 5. Calor de Hidratación de las fases cristalinas	28
Tabla 6. Requisitos físicos del cemento Portland tipo I	38
Tabla 7. Requisitos químicos del Cemento Portland Tipo I	39
Tabla 8. Dosificación para elaboración de Morteros	43
Tabla 9. Límites granulométricos del agregado fino	57
Tabla 10. Límites granulométricos del agregado grueso H57	58
Tabla 11. Límites químicos para el agua	59
Tabla 12. Asentamientos recomendados	60
Tabla 13. Recomendaciones de agua de mezclado y contenido de aire	62
Tabla 14. Correspondencia entre la relación a/c y el f'c	63
Tabla 15. Relación a/c para concreto sujeto a exposiciones severas	64
Tabla 16. Volumen de agregado grueso por volumen unitario	65
Tabla 17. Parámetros en los tamices estándar	66
Tabla 18. Primera estimación del peso del concreto fresco	68
Tabla 19. Tolerancias de ensayo en la edad correspondiente	77
Tabla 20. Rango aceptable de resultados	78
Tabla 21. Esquema de patrones de tipos de fracturas	79
Tabla 22. Operacionalización de la variable general	90

Tabla 23. Operacionalización de las variables específicas	91
Tabla 24. Cronograma de actividades de la tesis	96
Tabla 25. Análisis granulométrico del agregado fino	99
Tabla 26. Peso unitario suelto del agregado fino	100
Tabla 27. Peso unitario compactado del agregado fino	101
Tabla 28. Pesos específicos y absorción del agregado fino	101
Tabla 29. Contenido de humedad del agregado fino	102
Tabla 30. Análisis granulométrico del agregado grueso	103
Tabla 31. Peso unitario suelto del agregado grueso	104
Tabla 32. Peso unitario compactado del agregado grueso	105
Tabla 33. Pesos específicos y absorción del agregado grueso	105
Tabla 34. Contenido de humedad del agregado grueso	106
Tabla 35. Combinación granulométrica de agregados	107
Tabla 36. Tipos de concreto a comparar	109
Tabla 37. Datos del diseño con cemento "Nacional"	109
Tabla 38. Cantidad de aire atrapado	111
Tabla 39. Volúmenes absolutos del cemento, agua y aire atrapado	112
Tabla 40. Pesos para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	113
Tabla 41. Pesos corregidos por humedad para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	114
Tabla 42. Volúmenes absolutos del cemento, agua y aire atrapado	115
Tabla 43. Pesos para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	116
Tabla 44. Pesos corregidos por humedad para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	117
Tabla 45. Diseños para el cemento "Nacional"	118
Tabla 46. Diseños para el cemento "Sol"	119
Tabla 47. Consistencia para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	123
Tabla 48. Consistencia para $a/c=0.60$ H57 4"-6"	124
Tabla 49. Consistencia para $a/c=0.50$ H57 4"-6"	125
Tabla 50. Consistencia para $a/c=0.45$ H57 4"-6"	126
Tabla 51. Contenido de aire para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	127
Tabla 52. Contenido de aire para $a/c=0.60$ H57 4"-6"	127
Tabla 53. Contenido de aire para $a/c=0.50$ H57 4"-6"	127
Tabla 54. Contenido de aire para $a/c=0.45$ H57 4"-6"	128
Tabla 55. Temperatura del concreto para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	128
Tabla 56. Temperatura del concreto para $a/c=0.60$ H57 4"-6"	129

Tabla 57. Temperatura del concreto para $a/c=0.50$ H57 4"-6"	129
Tabla 58. Temperatura del concreto para $a/c=0.45$ H57 4"-6"	129
Tabla 59. Fragua del concreto para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	130
Tabla 60. Fragua del concreto para $a/c=0.60$ H57 4"-6"	130
Tabla 61. Fragua del concreto para $a/c=0.50$ H57 4"-6"	131
Tabla 62. Fragua del concreto para $a/c=0.45$ H57 4"-6"	131
Tabla 63. Resistencia a la compresión para $a/c=0.70$	132
Tabla 64. Resistencia a la compresión para $a/c=0.60$	133
Tabla 65. Resistencia a la compresión para $a/c=0.50$	135
Tabla 66. Resistencia a la compresión para $a/c=0.45$	137
Tabla 67. Resistencia a la flexión para $a/c=0.70$	138
Tabla 68. Resistencia a la flexión para $a/c=0.60$	140
Tabla 69. Resistencia a la flexión para $a/c=0.50$	141
Tabla 70. Resistencia a la flexión para $a/c=0.45$	142
Tabla 71. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.70$	143
Tabla 72. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.60$	144
Tabla 73. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.50$	145
Tabla 74. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.45$	146

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Muestra de Cemento Portland	10
Figura 2. Presentación de Cemento Portland Tipo I “Nacional” y “Sol”	12
Figura 3. Proceso de Fabricación del Cemento Portland	12
Figura 4. Materias Primas	14
Figura 5. Reacciones Químicas del Crudo	17
Figura 6. Preparación y pesaje de material	40
Figura 7. Preparación de la cama de cemento	40
Figura 8. Aparato de Blaine	42
Figura 9. Preparación de Mezcla de mortero	43
Figura 10. Equipo para Ensayo de Fluidez	44
Figura 11. Ensayo de Fluidez	44
Figura 12. Medición de la Fluidez	45
Figura 13. Orden de apisonado al moldear los especímenes	46
Figura 14. Moldes para Morteros	46
Figura 15. Moldeo de especímenes	46
Figura 16. Moldeo de especímenes completado	47
Figura 17. Cámara de Curado	47
Figura 18. Prensa de Compresión Marca Humboldt	48
Figura 19. Preparación de Mezcla	48
Figura 20. Homogenización de muestra	49
Figura 21. Descripción de Equipo Vicat	50
Figura 22. Descripción de frasco Le Chatelier	51

Figura 23. Frasco Le Chatelier con gasolina	51
Figura 24. Ensayo de Densidad	52
Figura 25. Muestra de agregado fino (arena)	54
Figura 26. Muestras de agregados gruesos	55
Figura 27. Curvas con límites especificados para agregados	56
Figura 28. Límites de la curva granulométrica según ACI 304	67
Figura 29. Cono de Abrams	71
Figura 30. Ensayo del asentamiento	71
Figura 31. Medidor de presión de aire	73
Figura 32. Medición de la temperatura	74
Figura 33. Equipo Penetrómetro	75
Figura 34. Curva de los resultados de la prueba	75
Figura 35. Diagrama para ensayar vigas a flexión	82
Figura 36. Ensayo de resistencia a la compresión diametral	83
Figura 37. Secuencia de desarrollo de actividades	92
Figura 38. Curva granulométrica del agregado fino	100
Figura 39. Curva granulométrica del agregado grueso	104
Figura 40. Curvas de la combinación granulométrica de agregados	108
Figura 41. Pérdida de trabajabilidad para $a/c=0.70$ H57 4"-6"	123
Figura 42. Pérdida de trabajabilidad para $a/c=0.60$ H57 4"-6"	124
Figura 43. Pérdida de trabajabilidad para $a/c=0.50$ H57 4"-6"	125
Figura 44. Pérdida de trabajabilidad para $a/c=0.45$ H57 4"-6"	126
Figura 45. Resistencia a la compresión para $a/c=0.70$	132
Figura 46. Resistencia a la compresión para $a/c=0.60$	134
Figura 47. Resistencia a la compresión para $a/c=0.50$	135
Figura 48. Resistencia a la compresión para $a/c=0.45$	137
Figura 49. Resistencia a la flexión para $a/c=0.70$	139
Figura 50. Resistencia a la flexión para $a/c=0.60$	140
Figura 51. Resistencia a la flexión para $a/c=0.50$	141
Figura 52. Resistencia a la flexión para $a/c=0.45$	142
Figura 53. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.70$	143
Figura 54. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.60$	144
Figura 55. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.50$	145
Figura 56. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.45$	146

RESUMEN

Actualmente, el concreto es el material más usado en el mundo de la construcción. Su demanda ha crecido de tal forma que diversas empresas empezaron a elaborar concretos premezclados de forma industrializada. Es ahí donde la tesis empieza a tomar sentido.

El objetivo principal de la presente tesis es comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.

Para el presente estudio se consideraron cuatro diseños de mezclas diferentes (relaciones A/C: 0.50, 0.55, 0.60 y 0.70), en busca de comparar los desempeños de ambos concretos. Por otra parte, el tipo de investigación es básica y tiene un enfoque cuantitativo; el diseño es experimental, longitudinal y prospectivo. Asimismo, tiene un nivel correlacional.

Al final de la Tesis se determina qué propiedades físicas y mecánicas se desempeñan mejor en ambos concretos a través de los diferentes ensayos realizados en el laboratorio con sus respectivas conclusiones.

ABSTRACT

Currently, concrete is the most used material in the construction world, its demand has grown in such a way that different enterprises started to elaborate their own ready-mixed concrete on an industrialized form; in this context the present thesis becomes important.

The main objective of this research is to compare the physical and mechanical properties of the dosed concrete with “national” cement and the dosed concrete with “Sol” cement in order to determine their performances, through standard laboratory tests.

The research considered four designs of different mixtures (water-cement ratio: 0.50, 0.55, 0.60 and 0.70) in order to compare the performances of both concretes. On the other hand, the type of investigation is basic, correlational and it has a quantitative approach; the design is experimental, lengthwise and prospective.

At the end of the thesis and taking into account the conclusions of the different tests performed in the laboratory, the physical and mechanical properties that perform better in both concretes are determined.

INTRODUCCIÓN

A través de la historia el hombre ha buscado soluciones para ir desarrollándose en todos los campos de su vida y en la construcción no es la excepción. Desde pequeñas cabañas formadas de paja, pasando por el adobe hasta evolucionar en el concreto. Actualmente, el concreto es el material más usado en el mundo de la construcción. Su demanda ha crecido de tal forma que diversas empresas empezaron a elaborar concretos premezclados de forma industrializada. Es ahí donde la tesis empieza tomar sentido.

Ante la necesidad de producir concretos cada vez más eficientes tanto en capacidades mecánicas como en costos, desde hace algunos años se han introducido nuevos cementos a este mercado tan competitivo, teniendo al cemento “Sol” como uno de los más confiables dentro del mismo. Por este motivo, el presente estudio tiene como objetivo mostrar, explicar, demostrar y sustentar información de primera y segunda categoría acerca del comportamiento del concreto en estado fresco y en estado endurecido de manera analítica y comparativa respecto a la variación de dos cementos: Cemento “Sol” y Cemento “Nacional”, el cual ha ingresado recientemente al mercado.

El tipo de investigación del presente estudio es básico y tiene un enfoque cuantitativo; el diseño de investigación es experimental, longitudinal y prospectiva. Asimismo, tiene un nivel de investigación correlacional. Al final de esta se presentan resultados de todo el estudio comparativo con sus

respectivas conclusiones y recomendaciones técnicas debidamente sustentadas.

Finalmente, la estructura de la tesis comprende seis capítulos; en el Capítulo I el Planteamiento del Problema. El Capítulo II el Marco Teórico. El Capítulo III la Metodología. El Capítulo IV el Desarrollo de la Investigación. El Capítulo V el Análisis e Interpretación de los Resultados. El Capítulo VI las Discusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

En los últimos años, la industria de la construcción en el Perú se fue convirtiendo en uno de los sectores más dinámicos de la economía. En efecto, su crecimiento está relacionado al aumento de la población y el crecimiento de la economía; asimismo, por el aumento de la inversión pública y privada.

En el rubro se destacan las obras de edificación de viviendas, centros comerciales y proyectos de gran envergadura. Por ende, a través del tiempo se han ido consolidando en el sector de materiales de construcción varias marcas de Cemento Portland tipo I de origen nacional; sobre todo en la capital, los cuales cumplen con la demanda del país.

Se tiene en cuenta que cada fábrica cuenta con su propia infraestructura, procesos industriales y parámetros de calidad para sus materias primas con la finalidad de obtener un producto que cumpla estrictamente con la especificación de la norma técnica Peruana NTP 334.009 para este tipo de cemento. Por lo tanto, se plantea comparar las propiedades físicas y mecánicas que nos puedan brindar dos marcas de Cemento Portland Tipo I de distinto proveedor, en este caso del concreto dosificado con cemento

“Nacional” y del concreto dosificado con cemento “Sol”, para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.

Según las marcas presentes en el mercado se eligió comparar el desempeño del concreto dosificado con Cemento “Nacional”, y tener como referente al desempeño que presenta el concreto dosificado con cemento “Sol” por su amplia trayectoria que presenta en el mercado.

Cemento “Sol” es un producto bandera de Unión Andina de Cementos (UNACEM) que cumple 100 años en el mercado, tiempo en el cual se han posicionado como la marca líder de cementos en el Perú. Cemento “Nacional”, es una de las unidades de negocio de Mixercon SA, que inició operaciones desde el año 2015; en un principio con la finalidad de poder abastecer de cemento a la unidad de Concreto de la misma empresa y al pasar el tiempo y considerando el mercado ganado a nivel local y regional, cemento “Nacional” ha comenzado a ser considerado una opción para los consumidores.

1.2 Formulación del problema

a) Problema general

¿Cuál es el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?

b) Problemas específicos

- ¿Cuál es el desempeño de la resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?
- ¿Cuál es el desempeño de la resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?

- ¿Cuál es el desempeño de la resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?
- ¿Cuál es el desempeño de la consistencia del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?
- ¿Cuál es el desempeño del contenido de aire del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?
- ¿Cuál es el desempeño de la temperatura del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?
- ¿Cuál es el desempeño de la fragua del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?

1.3 Objetivos

a) Objetivo General

Comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.

b) Objetivos Específicos

- Comparar la resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.
- Comparar la resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.

- Comparar la resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.
- Comparar la consistencia del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.
- Comparar el contenido de aire del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.
- Comparar la temperatura del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.
- Comparar la fragua del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su mejor desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.

1.4 Justificación

Toda dosificación de concreto debe cumplir con las especificaciones técnicas solicitadas por determinados proyectos de construcción civil. El óptimo desempeño de esta dosificación de concreto está muy relacionado al aporte que brinden los materiales que conforman la mezcla de concreto, siendo el cemento uno de los materiales más influyentes en la determinación del desempeño de las propiedades físicas y químicas del concreto.

En la actualidad, existe una gran demanda en el uso del cemento Portland Tipo I para la producción de concreto de forma industrializada. Frente a esto, se buscó un cemento alternativo que cumpla con un comportamiento

similar o superior a los cementos que tenemos actualmente en el mercado. En este caso, la propuesta se basa en determinar el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con Cemento “Nacional” comparado con el concreto con cemento “Sol”.

La investigación busca causar un impacto técnico, demostrando así la competencia del cemento “Nacional” frente a los otros cementos del mercado como alternativa para el uso en la fabricación de concreto de forma industrializada.

1.5 Alcances y limitaciones

Esta tesis se limita a comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” y cemento “Sol”, a través de los ensayos estandarizados de concreto en estado fresco y en estado endurecido. Para cumplir con los procedimientos de ejecución de los ensayos estandarizados del concreto en estado fresco y en estado endurecido, además, de realizar los ensayos para la caracterización física de los agregados, utilizados para determinar el proporcionamiento de los diseños de mezcla, se recurrió a la utilización de las Normas Técnicas Peruanas y Normas Americanas ASTM (*American Society of Testing Materials*).

Los ensayos del concreto en estado fresco y en estado endurecido se realizaron en el laboratorio de Mixercon S.A., ubicado en la Panamericana Sur KM 17.5, Villa el Salvador. Los principales equipos y herramientas proporcionados por la empresa en mención, son los siguientes:

- Cono de Abrams
- Olla de Washington
- Termómetro
- Penetrómetro.
- Prensa hidráulica a la compresión

- Balanza digital
- Mezcladores de 9 pie³

La tesis fundamenta su investigación en lo siguiente:

- Proporcionamiento de Mezcla ACI 211.1
- Bombeo de Concreto ACI 304
- Normas Técnicas Peruanas
- Normas Americanas ASTM
- Reglamento Nacional de Edificación E – 060

1.6 Viabilidad del estudio

- **Viabilidad técnica:** se contó con mano de obra calificada para la ejecución de los ensayos, así como también bibliografía pertinente para elaborar los diseños de mezcla.
- **Viabilidad económica:** La presente tesis fue financiada íntegramente con los recursos de los autores. La empresa Mixercon S.A. apoyó en la ejecución de los ensayos de laboratorio. Este aporte sin fines de lucro impulsó la correcta realización del estudio.
- **Viabilidad Social:** No existen inconvenientes o impactos socio/ambientales negativos al realizar los ensayos de laboratorio correspondientes.
- **Viabilidad Operativa:** Los ensayos de laboratorio se realizaron con toma de muestras ejecutables y procesos estandarizados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Gallo Cubas, Fernando Javier y Saavedra Castro, Alonso Jonathan (2015). Análisis comparativo del comportamiento de los concretos utilizando cemento blanco Tolteca y cemento gris Sol. Universidad de San Martín de Porres. Facultad de Ingeniería Civil. Tesis para obtener el título de Ingeniería Civil.

Tuvo como objetivo realizar el análisis comparativo de los concretos utilizando cemento Blanco Tolteca y cemento Gris Sol; para determinar sus propiedades más significativas en estado fresco y endurecido; se estudiaron las propiedades de los agregados y de los cementos, normas técnicas peruanas e internacionales.

Finalmente, la investigación determina que el comportamiento del concreto con cemento Blanco Tolteca es mejor que la del concreto con cemento Gris Sol en consistencia, compacidad, peso unitario, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y trabajabilidad.

2.1.2 Fernandez Montero, Kevin V. y Velarde Acarapi, Gustavo (2015). Estudio comparativo de la resistencia de los concretos empleando los cementos comerciales en Cusco. Universidad San Antonio Abad. Facultad de Ingeniería Civil. Tesis para obtener el título de Ingeniería Civil.

La investigación surge a raíz de la comercialización de los distintos tipos de cementos que se encuentran dentro la región, como son: Cemento Yura tipo IP, Cemento Yura tipo HE y Cemento Sol tipo I, es por esto que usando procesos estadísticos se harán las comparaciones del desarrollo de la resistencia a la compresión con un diseño de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

El objetivo principal de la investigación fue comparar el desarrollo de la resistencia a la compresión con la edad de ensayo correspondiente, siendo las edades de 3, 7, 14 y 28 días, de los concretos dosificados con los distintos tipos de cemento y agregados mencionados.

Como resultado trascendental es que la ganancia de resistencia a edades tempranas con cemento portland tipo I (Cemento Sol) es mayor a los concreto dosificados con cementos adicionados (Cemento Yura tipo HE y Cemento Yura tipo IP). Asimismo, esta tesis muestra las propiedades y bondades de los cementos adicionados al Sur del Perú.

2.1.3 Sanchez Muñoz, Fernando Lorenzo y Tapia Medina, Robinson David (1995). Relación de la resistencia a la compresión a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días. Universidad Antenor Orrego. Facultad de Ingeniería Civil. Tesis para obtener el título de Ingeniería Civil.

La presente tesis de investigación se tiene como objetivo principal determinar la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la

resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días, logrando expresar mediante una ecuación el comportamiento del concreto en su etapa de fraguado. Como resultado del proceso de análisis se obtuvieron las funciones que nos muestran una variación de la resistencia del concreto de acuerdo a cada tipo de cemento ensayado.

2.1.4 Lopez Pacheco, Danitz Nora (1995). Relación agua/cemento y resistencia en concretos preparados con Cementos Puzolánicos. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Tesis para obtener el título de Ingeniería Civil.

El Comité 211.1 del ACI ha elaborado tablas para la selección del agua de diseño de mezcla y de la relación agua-cemento en función de la resistencia de diseño y consistencia cuando se emplea cementos Portland Normal de la clasificación ASTM C 150. Sin embargo cuando se emplea cementos Portland Puzolánicos, que corresponden a la clasificación ASTM C 595, las mencionadas tablas dan valores que, al ser utilizados, no permiten obtener mezclas de la resistencia o consistencia deseadas. El objetivo de la presente tesis es determinar tablas que permitan obtener los mejores contenidos de agua para relaciones agua-cemento de 0.4; 0.5; 0.6 y 0.7 y consistencias plásticas de 3" a 4" y también establecer relaciones entre la relación agua-cemento y la resistencia en compresión.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cemento Portland

Asociación de Cemento Portland (2004) define al Cemento Portland como: "Un polvo fino que cuando se mezcla con el agua se convierte en un pegamento que mantiene los agregados unidos en el concreto" (p.25).



Figura 1. Muestra de Cemento Portland

Fuente: Asociación de Cemento Portland, Diseño y Control de Mezcla de Concreto (2004)

Son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos hidráulicos de calcio, y se endurecen con la reacción química al tener contacto con el agua. Cuando el cemento reacciona con el agua, se forma una pasta que al combinarse con los agregados, la pasta actúa como un adhesivo y une los agregados para formar el concreto, el material más versátil y más usado en el mundo. En el sentido general de la palabra, el cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan las cualidades de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.

El cemento Portland se produce por la pulverización del Clinker, el cual consiste principalmente en silicatos de calcio hidráulicos que también contiene algunos aluminatos de calcio, y ferroaluminatos de calcio y una o más formas de sulfato de calcio (yeso) que se muele juntamente con el Clinker para la fabricación del producto final.

Montoya Tobon (2009) relata que el cemento Portland se obtiene de la trituración, molienda, dosificación, calcinación y sinterización de mezclas homogéneas de caliza y arcilla, que producen un material conocido como Clinker, constituido por silicatos y aluminatos de calcio anhidros, el cual se mezcla y muele con el yeso.

Sanchez de Guzmán (2001) explica que el cemento Portland es un conglomerante hidráulico que tiene la propiedad de fraguar y

endurecer en presencia de agua, experimentando una reacción química debido a la hidratación, por lo cual son llamados cementos hidráulicos.

Sanchez de Guzmán (2001) señala que cuando el cemento se dosifica y se mezcla apropiadamente con agua y áridos, se produce un mortero u hormigón, que conserva su trabajabilidad durante un tiempo logrando una buena resistencia y una estabilidad de volumen a largo plazo.

El cemento portland se clasifican de la siguiente manera:

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo III
- Cemento Portland Tipo IV
- Cemento Portland Tipo V

2.2.1.1 El cemento Portland tipo I

Asociación de Cemento Portland (2004) define al cemento Portland como:

Cemento para uso general, apropiado para todos los usos donde las propiedades especiales de otros cementos no sean necesarias. Sus empleos en concreto incluyen pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tanques, embalses, tubería, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado y precolado. (p.30).

En el mercado de la capital de Perú, Lima, actualmente existen dos empresas productores de Cemento Portland Tipo I, siendo los siguientes:

- Cemento Portland Tipo I – Nacional
- Cemento Portland Tipo I – Sol



Figura 2. Presentación de Cemento Portland Tipo I “Nacional” y “Sol”

Fuente: <https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&q=cemento+nacional%2C+cemento+sol&oq=cemento+nacional%2C+cemento+sol>

2.2.1.2 Proceso de fabricación del cemento Portland

El proceso de fabricación del Cemento Portland Tipo I, se divide en tres etapas:

- a) Extracción, dosificación y molienda de materias primas (crudo).
- b) Tratamiento térmico del crudo. CLINKERIZACIÓN.
- c) Molienda y mezcla del Clinker con el yeso y algunas adiciones.

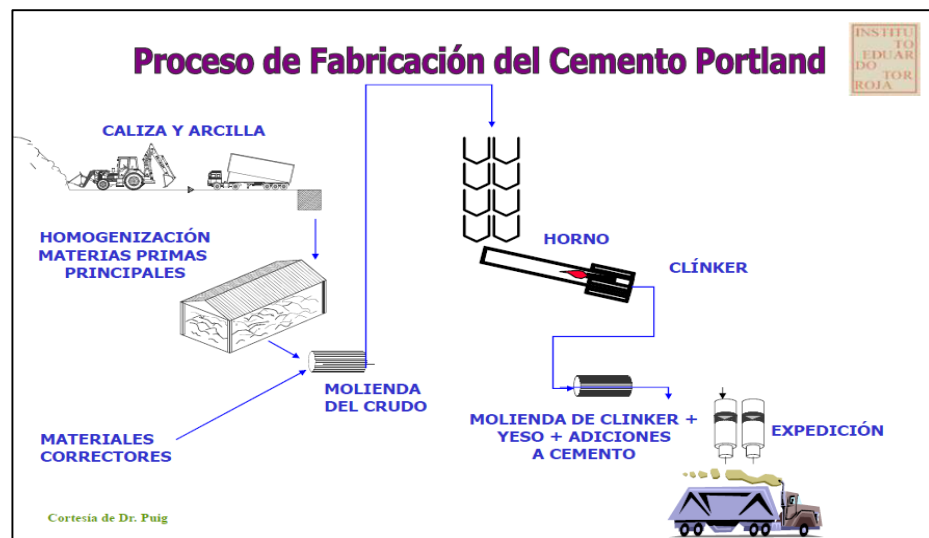


Figura 3. Proceso de Fabricación del Cemento Portland.

Fuente: Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M^a Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

a) Extracción, dosificación y molienda de las Materias Primas

Las materias primas necesarias para la producción de cemento, tras su extracción en canteras se homogenizan, dosifican y muelen; para obtener un crudo de composición química, mineralógica y finura que presenta una buena reactividad y aptitud a la cocción. El crudo de Cemento Portland, está formado principalmente por calizas, arcillas, que aportan la mayor cantidad de óxidos fundamentales del Clinker como son: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 (formadores de silicatos) y en menor proporción, K_2O , Na_2O , SO_3 , etc., además estos crudos cuentan con mineral de hierro.

Las calizas aportan Carbonato de Calcio (CO_3Ca) al crudo. Pueden presentar impurezas (P_2O_5 , MgO) que pueden ser perjudiciales o no para las propiedades finales del cemento.

Las arcillas aportan cantidades variables de SiO_2 (55 – 60 %) Al_2O_3 (15 – 25%) y Fe_2O_3 (5 -10%). También pueden llevar impurezas en pequeñas cantidades como sulfatos, álcalis, etc.

Para ajustar la composición final de crudo se suelen usar algunos materiales denominados correctores; el porcentaje de CaO , del crudo se suele ajustar usando travertinos, mármoles, conchuelas, el porcentaje de SiO_2 , se suele ajustar usando arenas, el contenido de Al_2O_3 , se ajusta usando bauxita o caolín y el de Fe_2O_3 es mediante el uso de minerales de hierro como hematita y magnetita.

MATERIAS PRIMAS		
CALIZAS	$\xrightarrow{\Delta}$	CaO + CO ₂
ARCILLAS	$\xrightarrow{\Delta}$	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃
ARENAS	$\xrightarrow{\quad}$	SiO ₂
CENIZAS DE PIRITA	$\xrightarrow{\quad}$	Fe ₂ O ₃
MAT. PRIMAS ALTERNATIVAS		
ESCORIAS DE HORNO ALTO		
CENIZAS VOLANTES		
C = CaO S = SiO₂ A = Al₂O₃ F = Fe₂O₃		

Figura 4. Materias Primas

Fuente: Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M^a
Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

Tabla 1. Materias Primas utilizadas en la producción de Clinker

	Composición mineralógica	Composición química
Caliza (Fuente de calcio)	Calcita, Aragonita, Dolomita, Magnesita	CaCO ₃ CaCO ₃ CaCO ₃ .MgCO ₃ MgCO ₃
Arcillas (Fuente de silicatos)	Cuarzo Cristobalita Feldespatos potásicos Plagioclasas	SiO ₂ SiO ₂ (Na, K)Si ₃ O ₈ (Na,K) (Si, Al)Al ₂ Si ₂ O ₈
Mineral de hierro	Hematita Magnetita	Fe ₂ O ₃ Fe ₃ O ₄
Yesos	Yeso Anhidrita	CaSO ₄ .2H ₂ O CaSO ₄
Caolín (Fuente de silicio y aluminio)	Caolinita	

Fuente: Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M^a
Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

Para dosificar las materias primas se utilizan un conjunto de módulos que relacionan los contenidos de los cuatro óxidos fundamentales, que son los componentes mayoritarios del crudo. Estos están relacionados con la composición mineralógica final del Clinker y se deducen a partir de su composición del mismo y de los diagramas de equilibrio del sistema CaO-SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃.

Estos módulos son:

- **El grado de saturación de cal o máxima cal combinable (LSF):** Es una relación del óxido básico (CaO) con respecto a los óxidos ácidos (SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃) que contiene el crudo a alta temperatura en el equilibrio. Suele tomar valores entre 95 – 100% y se expresa en porcentaje

$$LSF = \frac{CaO}{2.8 SiO_2 + 1.8 Al_2O_3 + 0.65 Fe_2O_3} \times 100$$

La composición mineralógica del Clinker variará en función del valor de LSF, así:

- Cuando el LSF toma el valor de 100 se dice que el Cao es la máxima cal combinable ya que el Clinker no tendría cal libre ni C₂S y estaría constituido por C₃S, C₃A y C₄AF.
 - Si LSF es menor de 100 el Clinker estaría constituido por C₃S, C₂S, C₃A y C₄AF.
 - Si LSF es mayor de 100 el Clinker tendría C₃S, C₃A, C₄AF y CaO.
- **Módulo silíceo (MS):** Indica la relación entre el óxido de silicio total y la suma de los dos óxidos fundentes (Fe₂O₃ y Al₂O₃). Su valor suele oscilar entre 1.6 y 4.1. Si este módulo tiene un valor elevado, el contenido en fase fundida será menor, su viscosidad mayor y por tanto menor será la reactividad del crudo al hacerse más difícil la reacción de formación de Alita (problemas de enfriamiento del horno con la consecuente formación de un Clinker con bajo contenido de Alita y mayor presencia de Belita).

$$MS = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

- **Módulo fundente (MF):**

Se conoce también como módulo férrico y se define de la siguiente manera:

$$MF = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Este módulo varía generalmente entre 1.5 y 2.5

Este factor determina la viscosidad de la fase líquida y la velocidad de formación de $Al_2O_3 \cdot 3CaO$.

b) Tratamiento Térmico del Crudo : CLINKERIZACIÓN

Una vez molido y homogenizado, el crudo es sometido a un proceso térmico en el que se producen una serie de reacciones de descomposición de calizas y arcillas, seguidas de reacciones en estado sólido de los óxidos ácidos (SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3) con el óxido de carácter básico (CaO) y solo en los últimos momentos del tratamiento térmico se forma un fundido que acelera la reacción de formación de C_3S , que es la última y más importante reacción en el proceso. Todo ello ocurre en un horno que alcanza temperaturas de hasta $1450-1500^\circ C$, la temperatura de llama es de $2000^\circ C$, temperatura a la cual el crudo permanece 10-15 minutos, para obtener un producto llamado **Clinker**.

En la Figura 5, se muestran las transformaciones químicas en el tratamiento térmico del crudo (reacciones principales de clinkerización) y en la Tabla 2, se muestran los rangos de temperatura a los que aparecen las diferentes fases mineralógicas.

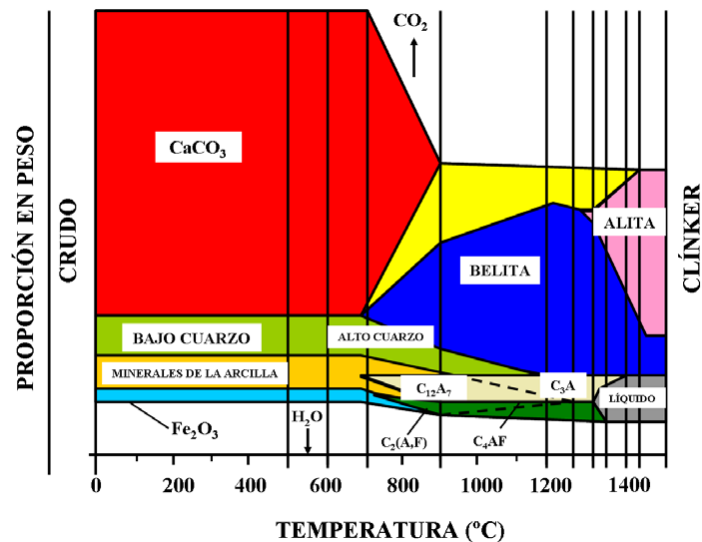


Figura 5. Reacciones Químicas del Crudo

Fuente: Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M^a Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

Tabla 2. Clinkerización: Reacciones

1ª Etapa Descomp. Térmica Materias Primas	Eliminación H_2O									
	Eliminación OH arcillas									
	Disociación de silicoaluminatos									
	Disociación de Caliza									
2ª Etapa Reacciones estado sólido	$\text{C}_2\text{S}, \text{C}_3\text{A}, \text{C}_4\text{AF}$									
	C_3S									
3ª Etapa Reac. con fundido	C_3S									
	Tª (°C)	100	300	500	700	900	1100	1300	1500	

Fuente: Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M^a Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

El proceso de clinkerización se puede estudiar en función de la temperatura:

- 100°C → Se evapora el agua que acompaña a las materias primas
- 450 – 600°C → Se elimina el agua combinada en los aluminosilicatos de las arcillas
- 700 – 900°C → Descarbonatación de calizas dando óxido de calcio y liberando CO_2 gas
- 700 – 1000°C → Descomposición de aluminosilicatos

- 700 – 1300°C → Formación de compuestos por reacciones en estado sólido
 $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + 4 CaO \rightarrow$ Ferroaluminatotetracálcico ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$)
 $Al_2O_3 + 3 CaO \rightarrow$ Aluminatotricálcico ($3 CaO \cdot Al_2O_3$)
 $2CaO + SiO_2 \rightarrow$ Silicato dicálcico o belita ($2 CaO \cdot SiO_2$)
- 1250°C → Reacción en estado sólido de Alita ($C_2S + CaO \rightarrow C_3S$)
- 1338°C → Funden los ferritos, aluminatos, mínima proporción de C_2S y CaO

La cantidad de fase fundida o fase líquida que se forma durante el proceso de clinkerización depende de la composición química del crudo y de la temperatura. Lea y Parker dedujeron métodos para calcular la cantidad de líquido del Clinker para una composición dada y a una temperatura deseada.

La máxima cantidad de fase fundida a la temperatura del eutéctico (1338°C) se obtiene cuando el Módulo Fundente (MF) = 1.38.

$$\%Fundido = 2.95 Al_2O_3 + 2.20 Fe_2O_3$$

A la temperatura de 1338°C, tiene lugar una fusión parcial, correspondiente a un eutéctico cuaternario del sistema $CaO-SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3$. A esta temperatura la única reacción que resta por finalizar es la de formación de C_3S que como se ha mencionado, se produce vía disolución de CaO y C_2S en el fundido.

La proporción habitual de fase líquida formada está comprendida entre un 23 – 27 % del total de la masa del Clinker, y cuanto mayor sea aquella mayor será la velocidad de formación de C_3S .

La composición química de la fase fundida del Clinker se localiza en la zona básica del sistema cuaternario $CaO-SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3$.

La estructura y propiedades del fundido dependen en gran medida del contenido de los óxidos principales y minoritarios.

Las propiedades físicas más importantes de la fase fundida son:

- Viscosidad
- Tensión superficial
- Movilidad iónica

Estas propiedades determinan la velocidad de la reacción de formación de C_3S y son función de la composición química, la temperatura y de la evolución del equilibrio ácido base en el fundido.

- $> 1338^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C} \rightarrow$ Disolución de la cal libre, de la sílice que pueda quedar sin reaccionar y de la belita (C_2S) en el fundido, para dar la cristalización de la alita
 $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \rightarrow$ **Silicato tricálcico o alita** ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)

El brusco enfriamiento del Clinker ocurre desde una temperatura de 1500°C , en el proceso de clinkerización, se produce con aire y tiene una gran influencia sobre la microestructura y composición mineralógica de las fases del Clinker de cemento.

Así el C_3S se puede descomponer a temperatura $< 1250^{\circ}\text{C}$ para dar C_2S y CaO , o el C_2S - se puede transformar en C_3S que es una especie no hidráulica (no aporta resistencias).

El Clinker de cemento Portland está compuesto fundamentalmente por cuatro fases mineralógicas diferentes:

C_3S (alita), C_2S (belita), C_3A (aluminato tricálcico) y C_4AF (ferroaluminatotetracálcico).

La composición mineralógica (% en peso) de un Clinker portland típico son: C₃S: 60-70%; C₂S: 10-20%; C₃A: 5-15% y C₄AF: 3-15%.

También pueden existir otras fases minoritarias como son sulfatos alcalinos u óxidos de Ca (Cal libre) o Mg (periclusa) debido a la presencia de elementos minoritarios (Na, K, S, etc.)

- **Fases cristalinas del Clinker**

- Componentes principales

En el Clinker, existen 4 fases importantes que se menciona a continuación: ALITA, BELITA, ALUMINATO Y FERRITA, las cuales presentan las siguientes características:



Tabla 3. Fases cristalinas del Clinker

Fases del Clinker	Fórmula	Nombre corto	Contenido [%]	
Silicato Tricálcico	3 CaO SiO ₂	C ₃ S ALITA	Alto	80
			Promedio	63
			Bajo	45
Silicato dicálcico	2 CaO SiO ₂	C ₂ S BELITA	Alto	32
			Promedio	16
			Bajo	2
Ferro-aluminato Tetracálcico	2 CaO (Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	C ₄ AF FERRITA	Alto	14
			Promedio	8
			Bajo	4
Aluminato Tricálcico	3 CaO Al ₂ O ₃	C ₃ A ALUMINATO	Alto	11
			Promedio	8
			Bajo	4
Cal Libre	CaO		Alto	2
			Promedio	1
			Bajo	0.5

Fuente: Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M^a Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

Tabla 4. Influencia Mineralogía del Clinker

FASES DEL CLINKER	DEMANDA DE AGUA	TIEMPO DE FRAGUADO	RESIST. TEMP.	RESIST. TARDÍAS
C ₃ S	—	—	↗	↗
C ₂ S	—	—	↘	↗
C ₃ A	↗	↘	↗	↘
C ₄ AF	—	—	↘	↗
SULFATOS ALCALINOS	↗	↗	↗	↘

 INCREMENTA
  REDUCE
 — SIN EFECTO

Elaboración: los autores

- Componentes secundarios
 - Cal libre u óxido de calcio (CaO): su abreviatura es “C”, la presencia de este indica una calcinación incompleta en el horno o un enfriamiento ineficiente que conlleva al rompimiento del (C3S). Por otra parte, la cal libre en niveles elevados ocasiona expansión del cemento después del fraguado final; por lo tanto, debe ser limitado alrededor del 60 al 69 por ciento de la masa, ya que si supera este parámetro no tendría la suficiente solidez. En estado natural reacciona inmediatamente con el agua y no tiene consecuencias en estado plástico, y si esta es calcinada, su área superficial es reducida y gran parte de la reacción con el agua tiene lugar después del endurecimiento.

La preocupación por fijar un límite máximo y otro mínimo al contenido de cal de los cementos, data de los tiempos de Le Chatelier. De estos límites el de más interés es el máximo, pues un cemento, es tanto mejor cuanto más próximo se esté de él, teniendo en cuenta que si se sobrepasa, será expansivo y podrá

dar lugar a grietas y fisuraciones en las obras en que se emplee. El máximo contenido de cal en el Clinker se determina bajo las hipótesis de que toda la sílice está combinada en forma de C3S, se ha combinado todo el Fe₂O₃ y la cantidad de Al₂O₃ que le corresponda para dar C4AF y el exceso de Al₂O₃ se combina formando el C3A (Álvarez, 2007).

La cal libre afecta principalmente la resistencia del cemento en especial por la falta de solidez, estabilidad volumétrica y posibles agrietamientos, de acuerdo a investigaciones el problema es que a los dos días la resistencia disminuyó, y esto tomó mayor importancia a los 28 días en adelante. Para evitar esto la cal libre en el cemento portland debe ser limitada para evitar la expansión, que puede ocurrir durante el endurecimiento (Lawrence, *The constitution and specification of Portland cements*, 2003).

- **Óxido de Magnesio:** El magnesio (periclasa) generalmente acompaña al calcio en la naturaleza (calizas magnesianas o dolomíticas), las calizas están formadas por una mezcla de carbonato de calcio (calcita) y carbonato de magnesio (dolomita).

Contrariamente a lo que ocurre con el calcio, el magnesio no se combina durante el proceso de clinkerización, sino que permanece inerte. Sin embargo, desde el punto de vista de calidad del cemento es un componente peligroso, ya que al reaccionar con el agua, forma el hidróxido de mayor tamaño, existiendo por lo tanto riesgo de expansión.

- **Álcalis (K₂O, Na₂O) y Sulfatos (SO₃):** Aunque presentes en pequeñas proporciones (entre 0 y 1.5%) los álcalis y sulfatos influyen en la características resistentes del clinker. Dependiendo del contenido de SO₃, los álcalis están parcialmente incorporados a los minerales del clinker y

parcialmente presentes como sulfatos solubles de álcalis y calcio. Estos últimos tienen influencia en el desarrollo de resistencias.

Los álcalis influyen negativamente en un aspecto de la durabilidad del concreto, que se conoce como la reacción álcali – agregado. La cantidad total de álcalis expresada como N_2O equivalente está comprendida (0.3 a 1.5%).

c) Molienda del cemento portland tipo I

La etapa final de producción en una planta de cemento es la molienda del Clinker (obtenido en un horno) mezclado con alrededor de 5 – 8% de yeso (varía según la cantidad de C3A) y algunas otras adicciones (caliza), para formar el producto final, es decir el cemento.

En una planta de cemento moderna, el consumo total de energía eléctrica es alrededor de 100 kWh/tonelada. El proceso de molienda de Cemento usa el 40% aproximadamente de este consumo total. Además la calidad del cemento, depende del modo y parámetros de operación de la instalación de molienda de cemento.

El cemento debe ser molido hasta tener una Finura (Blaine – Superficie Específica) que cumpla con los requerimientos en cuanto a las Normas de Resistencia actuales (NTP 334.009, ASTM C -150) . Al moler cemento en un molino de bolas, se genera calor por transformación de energía mecánica, y además una temperatura elevada de la alimentación del Clinker que aumentará el nivel de temperatura en el molino de bolas.

Una temperatura elevada en el molino de bolas, podría causar una deshidratación total o parcial (formación de anhidrita o hemidratos) del yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot x\text{H}_2\text{O}$) con el riesgo de falso fraguado durante la solidificación. Además, la adherencia y aglomeración puede producir serios problemas que pueden reducir la eficiencia de molienda. De ahí la necesidad de mantener la temperatura de molienda en alrededor de 100 a 105°C, o la implementación de algún tipo de ventilación o sistema de enfriamiento en el sistema de molienda.

2.2.1.3 Características físicas y mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas del cemento se pueden determinar a través de ensayos sobre el cemento puro, pasta de cemento o el mortero. Estas pruebas se realizan en los laboratorios de las fábricas de cemento para asegurarse de que este posea la calidad deseada y de que está dentro de los requisitos de las Normas técnicas peruanas, en este caso NTP 334.009.

a) Densidad

La densidad del cemento se define como el peso de cemento por unidad de volumen de los sólidos o partículas, excluyéndose el aire entre las partículas. Se expresa en gramos por centímetro cúbico o en kg/m^3 (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004).

No se debe confundir los parámetros de densidad y peso volumétrico, debido a que el primero hace referencia a la masa por unidad de volumen de la partícula aislada, mientras que el peso volumétrico hace referencia a la masa por unidad de volumen del conjunto de partículas y espacios entre partículas, la cual está en función de la forma de la partícula, la densidad de esta y el acomodamiento de ellos.

La determinación de la densidad de cemento, se realiza por medio del frasco de Le Chatelier, cuyo método se describe en la norma NTP 334.005.

b) Tamaño y distribución de las partículas del cemento y su influencia en la resistencia

Este parámetro está unido a la resistencia y al proceso de hidratación del cemento, ya que tiene gran incidencia en la velocidad de las reacciones químicas durante el fraguado y posterior endurecimiento del cemento (Sanchez de Guzmán, 2001).

La hidratación del cemento es muy lenta, por lo tanto si el grano de cemento es muy grueso, su hidratación total puede llegar a tardar muchos años, e incluso puede que nunca se hidrate completamente, por tanto su rendimiento no será el máximo, debido a que el núcleo del grano permanecerá inerte (Sánchez de Guzmán, 2001).

Cuando el cemento es muy fino la velocidad de hidratación es muy rápida, siendo mayor su contribución a las resistencias iniciales; además, una mayor área de hidratación puede retener mejor el agua produciendo una menor exudación que un cemento grueso. El cemento compuesto por granos finos, presentan una alta retracción y calor de hidratación, los cuales son perjudiciales para la durabilidad debido a la fisuración que se puede presentar por estos dos efectos (Gonzáles de la Cotera S, Adiciones Minerales del Cemento Portland, 1992).

Además, un cemento más fino es susceptible al deterioro ante las condiciones ambientales durante periodos de almacenamiento largos (Sanchez de Guzman, 2001).

Por lo tanto, una mayor molienda de las partículas de Clinker representará un mayor costo.

La finura del cemento proporciona información acerca de las adiciones minerales que posee el cemento, ya que las más comúnmente utilizadas son la puzolana, escoria de alto horno o la ceniza volante que son más finas que el Clinker; por lo tanto, un cemento adicionado posee una mayor finura que un cemento compuesto únicamente por Clinker y yeso.

También, un aumento en la finura eleva la cantidad de yeso requerida para obtener un efecto retardante adecuado, puesto que en cementos más finos existe más C3A libre para una hidratación temprana. El contenido de agua de una pasta de consistencia normal es mayor en un cemento fino, pero un incremento en la finura del cemento mejora levemente la trabajabilidad de una mezcla de concreto (Neville, 1988).

La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación, a mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación de este y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros siete días (López, 2003).

La determinación de la finura del cemento se puede realizar por varios métodos, los cuales pueden ser directos, como el tamizado en seco o el tamizado por vía húmeda a través de los tamices de 75 y 45 micras respectivamente. También se usan los métodos indirectos como el turbidímetro de Wagner y el permeabilímetro de Blaine, este último es el más utilizado en Perú, cuyo procedimiento se describe en la norma NTP 334.002

El ensayo de permeabilidad al aire con el equipo de Blaine mide la superficie específica de las partículas de cemento por unidad de masa. Cementos con partículas más finas tienen mayor superficie específica en metros cuadrados por kilogramo de cemento o en centímetros cuadrados por gramo. A excepción de la AASHTO M - 85, la mayoría de las normas de cemento no tienen un límite máximo para la finura, solo el mínimo.

Sin embargo, no se ha podido determinar una buena granulometría del cemento y la pregunta que se hacen los investigadores es: ¿Deben ser todas las partículas del mismo tamaño o deberán tener una distribución tal que puedan formar una masa más densa?; los datos sobre la influencia del tamaño de las partículas en la velocidad de penetración del agua son algo confusos (Neville, 1988).

En la actualidad el cemento debe tener una distribución granulométrica aceptable por debajo de 45 micras y esto se determina por equipos de Granulometría Laser.

c) Calor de hidratación y su influencia en la resistencia

El calor de hidratación es el calor que se genera por la reacción entre el cemento y el agua, formando nuevas fases sólidas llamadas hidratos, que presentan un comportamiento estable frente al agua. La cantidad de calor generado depende, primariamente, de la composición química del cemento, siendo el C3A y el C3S los compuestos más importantes para la evolución de calor.

El calor de hidratación de los cementos, se expresa en cal/g, este se obtiene midiendo la diferencia entre el calor desprendido en un calorímetro por la disolución de un cemento anhidro en una solución de ácido fuerte y del mismo cemento hidratado en la pasta pura, en un plazo convenido. El calor total es producido por la

aportación de los calores parciales de cada uno de los componentes del Clinker.

Tabla 5. Calor de Hidratación de las fases cristalinas

Constituyente	Velocidad de hidratación	Calor de hidratación	Desarrollo de resistencias	Resistencia química
C3S	alta	alto 120 cal/g	rápido y prolongado	baja
C2S	baja	bajo 62 cal/g	lento y muy prolongado	intermedia
C3A	alta	muy alto 207 cal/g	muy rápido y de corta duración	muy baja
C4AF	media	moderado 100 cal/g	lento y prolongado	grande

Fuente: Curso de química del Cemento 2007 / presentación de Quím. Farm. Nancy Prato

El primer compuesto en reaccionar con el agua es el aluminato tricálcico (C3A), que en presencia de yeso, forma pequeñas agujas de etringita (sulfoaluminato de calcio) alrededor del grano de cemento. Posteriormente a este proceso se inicia el fraguado de la pasta de cemento (Suárez Sidalgo, 2010).

Los siguientes compuestos en reaccionar son la alita (C3S) y la belita (C2S), cuyas reacciones se presentan al finalizar el fraguado de la pasta, estas reacciones son importantes, para el desarrollo resistente y durable de un concreto o mortero. La hidratación de la alita y la belita producen silicatos cálcicos hidratados, representado por la abreviatura C-S-H, denominada como geles de silicoaluminatos o gel de tobermorita gel. La tobermorita es la responsable del endurecimiento y resistencia mecánica en la pasta de cemento, constituyendo entre el 50% al 60% del volumen de los sólidos en la pasta de cemento completamente hidratada (Suárez Sidalgo, 2010).

La hidratación de los silicatos también produce hidróxido cálcico o pórtlandita (CH), este producto no contribuye al desarrollo de resistencias mecánicas en la pasta de cemento, pero le confiere a

la pasta de cemento la alcalinidad necesaria para proteger el acero de refuerzo embebido en el concreto, la p rtlandita ocupa entre un 20% a 25% del volumen total de los sólidos en la pasta de cemento hidratado (Suárez Sidalgo, 2010).

Por tanto, se puede decir que hasta los tres días de edad, el desarrollo de resistencias se debe a la hidratación del C3S y C3A; hasta los 7 días, prácticamente por el aumento de la hidratación del C3S; hasta los 28 días, el incremento se debe principalmente al C3S, con pequeña contribución del C2S y, después de los 28 días el incremento se debe a la hidratación del C2S (Sánchez de Guzmán, 2001).

La relación agua/cemento, finura del cemento y temperatura de curado también son factores que intervienen. Un aumento de la finura, del contenido de cemento y de la temperatura de curado aumenta el calor de hidratación. El cemento portland puede liberar calor por muchos años, siendo la tasa de generación de calor mayor en las edades tempranas. Se genera una gran cantidad de calor en los tres primeros días, con la mayor tasa de liberación de calor normalmente ocurriendo a lo largo de las primeras 24 horas (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004).

Si este calor no se disipa rápidamente, puede ocurrir un aumento considerable de la temperatura del concreto. Este aumento de temperatura puede ser indeseable, pues después del endurecimiento, el enfriamiento no uniforme de la masa de concreto hasta la temperatura ambiente puede crear tensiones de tracción (esfuerzos de tensión) indeseables. Por otro lado, el aumento de la temperatura en el concreto causado por el calor de hidratación (efecto del contacto entre el agua y el cemento) es frecuentemente beneficioso en clima frío, pues ayuda a mantener

las temperaturas favorables para el curado (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004).

Los materiales pueden ser seleccionados para minimizar o maximizar el calor de hidratación, dependiendo en la necesidad. Cementos con mayor contenido de silicato tricálcico y aluminato tricálcico, así como una mayor finura, tales como los cementos Tipo III, tienen mayores tasas de generación de calor que otros cementos. El silicato tricálcico o el aluminato tricálcico químicamente generan más calor, y a una velocidad mayor, que silicato dicálcico o de otro tipo de cemento compuestos.

El contenido de sulfatos, en relación con el control de la hidratación de aluminato de calcio, participa en la tasa de liberación de calor. Una finura más alta proporciona un área de mayor superficie que se humedece, resultando en una aceleración de la reacción entre el cemento y el agua. Otros factores que influyen en la generación de calor en el concreto incluirán el contenido de cemento, la relación agua-cemento, la colocación y la temperatura de curado, la presencia de minerales químicos y aditivos, y las dimensiones del elemento estructural (*Portland Cement Association*, 1997).

Para efectos prácticos no es necesario el calor total de hidratación, sino la velocidad de desarrollo del calor. La misma cantidad total de calor producida en un periodo mayor puede disiparse en mayor grado, con un consecuente menor aumento de la temperatura (Neville, 1988).

Una forma de controlar este calor de hidratación es con el uso de Cementos Adicionados sin sacrificar las resistencias mecánicas.

d) Tiempo de fraguado y su influencia en la resistencia

El fraguado del cemento es el cambio del estado plástico, a un estado rígido de la pasta de cemento, este efecto no se debe confundir con el endurecimiento que es la adquisición de resistencia mecánica de la pasta de cemento después de que el fraguado ya se ha producido (Goma, 1979).

En el fraguado del cemento se puede distinguir dos estados principales, el tiempo de fraguado inicial que transcurre desde la adición del agua hasta que la pasta presenta un rápido aumento de su viscosidad y su temperatura, que indica que el cemento se encuentra parcialmente hidratado. La pasta continua fraguando hasta llegar a la máxima temperatura con una gran pérdida de su plasticidad, este punto se conoce como tiempo de fraguado final (Sanchez de Guzmán, 2001).

Uno de los factores que influyen sobre los tiempos de fraguado de la pasta de cemento es la finura del cemento, puesto que entre más finos son los granos de cemento, mayor es la velocidad de hidratación por lo que el tiempo de fraguado será menor (Sanchez de Guzmán, 2001).

La velocidad de fraguado del cemento es regulada con la incorporación del yeso durante el proceso de fabricación, este reacciona con el C3A durante el proceso de hidratación, formando la etringita que se transforma después en un monosulfoaluminato, que impide durante un lapso de tiempo la generación de los productos de hidratación de los demás componentes del cemento (González de la Cotera S, Adiciones Minerales del Cemento Portland, 1992).

Los cementos con baja, muy poca o ninguna cantidad de SO_3 , parte del hidrato puede precipitar para producir cristales de sulfato

de calcio dihidratado (yeso secundario) cristales que puede causar un endurecimiento o incluso un fraguado relámpago, a diferencia de lo que ocurre en un falso fraguado, en este último, la plasticidad de la mezcla se recupera con un amasado prolongado y enérgico en la mezcladora. Por otra parte, el falso fraguado no genera calor y el posterior desarrollo de la resistencia no se ve afectada adversamente (Older, 2003).

La pasta del cemento fresco es una mezcla plástica de partículas de cemento en agua, pero una vez que la pasta fragua, su volumen aparente o bruto permanece aproximadamente constante. En cualquier etapa de hidratación, la pasta endurecida consta de hidratos de varios compuestos, denominados colectivamente como gel de cristales de Ca(OH)_2 , algunos componentes menores, cemento no hidratado y residuos de los espacios rellenos de agua en la pasta fresca. Estos huecos se denominan poros capilares, pero dentro del gel mismo existen huecos intersticiales llamados poros de gel. Por lo tanto, en una pasta deshidratada hay dos clases distintas de poros (Neville, 1988).

Existe una relación entre las resistencias del cemento a diferentes edades, el contenido de yeso, y el grado de deshidratación. Por un lado, la dosificación de yeso está limitada por la posibilidad de que se produzca un fraguado rápido, que determina el contenido mínimo permisible del yeso y, por el otro, por el contenido máximo especificado en las normas.

Si el yeso se almacena a temperaturas elevadas o si se deshidrata durante el proceso de molienda, es posible que el contenido máximo de yeso; no esté determinado por las normas, sino por el falso fraguado del cemento debido a una elevada actividad del yeso, puesto que este al ser sometido a condiciones de temperaturas elevadas su estructura química se puede alterar, lo cual conlleva a tener un fraguado prematuro del cemento. Dentro

del intervalo, determinado por el contenido mínimo y máximo de yeso, el cemento cumple las especificaciones con respecto al fraguado y se puede elegir libremente la dosificación.

En un cemento con un fraguado adecuado, la estructura de la pasta de cemento hidratada se establece por medio del hidrato de silicato de calcio, mientras que si se permitiera al C3A fraguar primero se formaría un hidrato de aluminio de calcio más poroso. El resto de los componentes del cemento se hidratan también dentro de esta estructura porosa y las características de resistencia de este cemento se verían afectadas en forma diversa (Neville, 1988).

En Perú la determinación del tiempo de fraguado se realiza con el método de la aguja de Vicat según la norma NTP 334.006 que consiste en medir la penetración de una aguja con un peso de 300 gr, en una pasta de cemento de consistencia normal. Se considera que se ha presentado el tiempo de fraguado inicial, cuando la penetración de la aguja es de 25 mm, mientras que en el fraguado final deja una ligera huella sobre la superficie de la pasta, sin penetrarla.

El endurecimiento correcto resulta de un equilibrio cuidadoso de los compuestos de sulfato y aluminato, temperatura y finura adecuada de los materiales (que controlan la hidratación y la tasa de disolución). La cantidad de sulfato transformado en el yeso tiene un efecto significativo, por ejemplo, en un cemento específico el 2% de yeso permite un tiempo de fraguado de 5 horas, mientras que con el 1% de yeso el fraguado fue rápido y con el 3% se presentó el falso fraguado (*Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004*).

e) Estabilidad de volumen del cemento y su influencia en la resistencia

El ensayo de expansión en autoclave, bajo las condiciones normalizadas en ASTM C-151 para el cemento portland, pretende determinar en forma acelerada la expansión que experimentará el cemento y, por lo tanto, el mortero u hormigón en el que se utilice, cuando se halla sometido durante largo tiempo a condiciones de humedad permanente o variable (Dante J. E. Veroneli Asesor Químico de CORCEMAR, 5. A.)

Pese a que todos los cementos presentan deformaciones durante el equilibrio termo-higrométrico, estas son mínimas y sin efectos perjudiciales; sin embargo el exceso de algunos compuestos como la cal libre, el óxido de magnesio, el yeso o sulfato de calcio, pueden producir deformaciones considerables luego del fraguado del cemento, los cuales pueden conllevar a la desintegración de los morteros y concretos (González de la Cotera S, Adiciones Minerales del Cemento Portland, 1992).

El óxido de magnesio conocido como periclasa, se forma en la masa de cemento, cuando el proceso del enfriamiento del clinker se realiza lentamente, mientras que la cal libre, se presenta en un proceso industrial técnicamente desajustado (Sánchez de Guzmán, 2001).

La determinación de la expansión se realiza con el ensayo del autoclave NTP 334.004 que consiste en medir la deformación en probetas prismáticas de pasta de 2,54 x 2,54 x 25,4 cm, sometida a una aceleración en el proceso de hidratación mediante temperaturas y presiones altas, y los valores obtenidos del cambio de longitud en porcentaje se denomina expansión en autoclave.

De las materias primas que se añaden al horno la caliza es la que contiene mayor cantidad de cal de la que puede combinarse con los óxidos ácidos, por lo tanto, el exceso permanecerá en estado libre. Esta cal calcinada se hidrata en forma lenta y, como la cal apagada ocupa mayor volumen que el óxido de calcio original, da lugar a una expansión. A los cementos que experimentan esta expansión se les conoce como cementos con variación de volumen (Neville, 1988).

La expansión del volumen la llaman “sanidad” que se refiere a la habilidad de la pasta de cemento en mantener su volumen. La falta de sanidad o la expansión destructiva retardada es causada por la cantidad excesiva de cal libre o magnesia súper calcinadas. La mayoría de las especificaciones para cemento portland limitan el contenido de magnesia (periclasa) y a la expansión máxima que se mide por el ensayo de expansión en autoclave (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004).

f) Resistencia a la compresión de los tipos de cementos

Esta es la característica más importante del cemento, puesto que esta propiedad será transmitida al mortero y el concreto elaborado con el cemento. Como se mencionó anteriormente en el desarrollo de este trabajo, la hidratación del C3S y C2S, siendo el primero el que proporciona la mayor resistencia en edades cortas y el C2S proporciona resistencias a edades superiores a 28 días. La resistencia a la compresión del cemento se realiza sobre cubos de morteros elaborados con arena normalizada, puesto que se ha comprobado que los resultados de la resistencia del cemento son muy dispersos cuando se realiza en probetas de pasta de cemento.

El procedimiento de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión se encuentra en la norma NTP 334.051 y se

determina en probetas cúbicas de 5 cm de lado que se elabora con 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena. En cuanto a la cantidad de agua que se debe agregar a la mezcla será aquella que produzca una fluidez de $110 \pm 5 \%$ con 25 golpes en la mesa de flujo.

La NTP 334.009 establece que la resistencia a la compresión se debe realizar a edades de 3 y 7 días y sus valores mínimos son 12 y 19 MPa respectivamente, para el cemento tipo I.

La resistencia de la pasta cementante en el concreto depende de la calidad y de la cantidad de componentes reactivos en la pasta y de su grado de hidratación. El concreto se vuelve más resistente con el tiempo, cuando la temperatura y la humedad disponibles sean adecuadas. Por lo tanto, la resistencia en cualquier edad es función tanto de la relación agua-material cementante original y del grado de hidratación del material cementante.

La importancia del curado temprano y minucioso se reconoce fácilmente. La diferencia en la resistencia del concreto para una dada relación agua-cemento puede resultar de los cambios del tamaño, granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez del agregado, diferencias en los tipos y fuentes del material cementante, contenido de aire incluido (incorporado), la presencia de aditivos y la duración del curado (*Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004*).

En general, la resistencia a la compresión del cemento no puede ser usada para el pronóstico de la resistencia del concreto con un alto grado de precisión, debido a las muchas variables en las características de los agregados, mezclado del concreto, procedimientos de construcción y las condiciones del medioambiente en la obra (*Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004*).

2.2.1.4 Especificaciones del cemento según la NTP 334.009

Actualmente, los parámetros físicos y mecánicos que determinan la calidad de un cemento se establecen en la NTP 334.009, los parámetros controlados son los de finura, estabilidad volumétrica, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión a 3 y 7 días.

La

Tabla 6 muestra los valores exigidos para las características físicas y mecánicas más importantes de un cemento portland tipo I.

Tabla 6. Requisitos físicos del cemento Portland tipo I

Requisitos	Método de ensayo NTP	Cemento Portland Tipo I
Contenido de aire del mortero, volumen %: Min Max	334.048	- 12
Finura, Superficie específica (m²/kg) Ensayo de permeabilidad de aire Min Max	334.002	260 -
Expansión en autoclave, Máx, %	334.004	0.8
Resistencia a la compresión no menor a los valores indicados (Mpa): 1 día 3 días 7 días 28 días	334.051	- 12 19 -
Tiempo de Fraguado Ensayo de Vicat , minutos Tiempo de fraguado no menor que: Tiempo de fraguado no mayor que:	334.006	45 375

Fuente: NTP 334.009

Elaboración: los autores

Tabla 7. Requisitos químicos del Cemento Portland Tipo I

Requisitos	Método de ensayo NTP	Cemento Portland Tipo I
Oxido de aluminio, (Al ₂ O ₃), Max, %		-
Oxido de Férrico, (Fe ₂ O ₃), máx. %		-
Oxido de magnesio, (MgO), máx. %		6
Trióxido de azufre, (SO ₃), máx. %		
Cuando (C3A) es 8% o menos	334.086	3
Cuando (C3A) es más del 8%		3.5
Pérdida por ignición, máx. %		
Cuando la caliza no es un ingrediente		3
Cuando la caliza es un ingrediente		3.5
Residuo insoluble, máx. %		1.5

Fuente: NTP 334.009

Elaboración: los autores

2.2.1.5 Procedimientos de ensayos de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, NTP

- a) **Determinación de la finura del cemento Portland, usando el aparato de permeabilidad del aire de Blaine (Según NTP 334.002)**
- **Temperatura del cemento:** El cemento deberá estar a la temperatura del local donde se realice la prueba.
 - **Tamaño de la muestra:** El peso de muestra usada para la prueba será el mismo con el cual se calibró el equipo y con el cual se ha encontrado el factor del aparato Blaine.



Figura 6. Preparación y pesaje de material

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería

- **Preparación de la cama de cemento:** Coloque el disco perforado en el fondo de la celda, con la cara marcada hacia abajo. Coloque un papel filtro sobre el disco de metal y presione los bordes hacia abajo con un émbolo que tenga un diámetro ligeramente más pequeño que el de la celda.

Pese la cantidad de cemento determinada y colóquela en la celda; golpee los lados de la celda ligeramente para nivelar la cama de cemento, coloque un papel filtro encima del cemento y comprímalo con el émbolo hasta que el cuello del mismo esté en contacto con la parte superior de la celda. Con suavidad, saque el émbolo a una corta distancia y gírelo alrededor de 90°. Comprima nuevamente y sáquelo de manera suave. Es necesario usar un papel filtro nuevo en cada determinación.

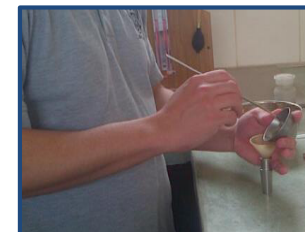


Figura 7. Preparación de la cama de cemento

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería

- **Prueba de permeabilidad:** Introduzca la celda de permeabilidad en el tubo del manómetro, teniendo la certeza de que la conexión sea hermética. Tenga cuidado de no sacudir o perturbar la capa de cemento preparada. Una pequeña porción de grasa deberá ser aplicada en el tubo esmerilado que une al manómetro con la celda, luego aplique vacío para subir el líquido del manómetro; cierre la válvula y bloquee la parte superior de la celda para impedir el paso del aire.

Cualquier caída continua del nivel del aceite en el manómetro indica una fuga en el sistema y habrá que intentar colocarla nuevamente hasta que el nivel quede quieto y así poder proseguir con la medición. Suavemente evacúe el aire interno del tubo U hasta que el líquido alcance la marca superior. Después, cierre la válvula rápidamente. Encienda el cronómetro cuando la parte baja del menisco del líquido del manómetro alcance la segunda marca, la siguiente de la superior, y deténgalo cuando el menisco del líquido alcance la tercera marca; registre la lectura del tiempo del intervalo medido y anótelo en segundos. Registre la temperatura de la prueba en grados centígrados.

- **Cálculos:** con el tiempo calculado medido en segundos de la prueba realizada se procederá a reemplazar en la fórmula establecida.

$$\text{Blaine} = \text{Factor Del Cemento} * \sqrt{T}$$



Figura 8. Aparato de Blaine
Fuente: Laboratorio Mixercon

b) Preparación de mezclas de mortero de cemento (Según NTP 334.003)

➤ **Composición de los morteros:**

- La proporción de los materiales secos es de una parte de cemento por 2,75 partes de arena normalizada graduada y se emplea una cantidad de relación agua – cemento de 0,485 para todos los cementos portland.
- Las cantidades de materiales a ser mezcladas de una vez, en una amasada de mortero para elaborar seis y nueve especímenes de ensayo.

Tabla 8. Dosificación para elaboración de Morteros

MATERIAL	NÚMERO DE ESPECÍMENES	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1 375	2 035
Agua, cm ³		
- Portland (a/c = 0,485)	242	359
- Portland con incorporador de aire (a/c = 0,460)	230	340
- Otros (para un flujo de 110 ± 5)	-----	-----

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 334.051

Paso 1: colocar el cemento sobre el agua y batir en una velocidad baja (140 +/- 5 r/min – Nivel I) por un periodo de 30 s.

Paso 2: se debe proceder a agregar los 2035 gr de arena Otawa dentro de los 15 s siguiente

Paso 3: batir la mezcla de agua, cemento y arena hasta completar el minuto en velocidad media Nivel I

Paso 4: se detiene la mezcladora y se cambia a una velocidad media (285 +/- 10r/min – Nivel II) por el tiempo de 30 s.

Paso 5: se detiene el batido y se deja reposar hasta cumplir los 3 minutos, durante los primeros 15 s de este intervalo se arrastra hacia el fondo con el raspador el mortero adherido a la pared del recipiente. Durante el resto del intervalo, se tapa el recipiente

Paso 6: se mezcla durante 60 s a velocidad media

Paso 7: obtención de la mezcla para elaborar los cubos de mortero



Figura 9. Preparación de Mezcla de mortero

Fuente: Laboratorio Mixercon

c) **Determinación de la fluidez de la mezcla de morteros (Según NTP 334.057).**

Paso 1: colocar el disco en el centro de la mesa de fluidez.

Paso 2: tomar con una cuchara porciones de la mezcla que se realizó y colocarla una primera capa de la mezcla, dentro del disco en una forma circular.



Figura 10. Equipo para Ensayo de Fluidez
Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 3: tomar con una cuchara porciones de la mezcla que se realizó y colocarla una primera capa de la mezcla, dentro del disco en una forma circular; con ayuda del apisonador compactar 10 veces hasta la mitad en sentido del reloj girar, la mesa y completar la mitad que faltaba.

Luego, completar la segunda capa y realizar el mismo procedimiento.



Figura 11. Ensayo de Fluidez
Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 4: quitar el excedente con la ayuda de un Enrasador, esto se debe realizar en dos tiempos de la mitad al lado derecho y de la mitad al lado izquierdo.

Paso 5: quitar el disco y encender la máquina, debe dar 25 golpes y luego parar el equipo, para proceder a realizar la medición de la mezcla.



Figura 12. Medición de la Fluidez

Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 6: inmediatamente después de completar el ensayo de fluidez, regresar el mortero de la mesa de fluidez al tazón de mezclado; rápidamente raspar los lados del tazón y colocar dentro de la mezcla, el mortero que pueda haberse adherido en la pared del tazón debe mezclarse entero por 15 segundos a velocidad media. Al completar el mezclado, la paleta de la mezcladora debe ser sacudida para remover el exceso de mortero dentro del tazón de mezclado y se debe proceder a realizar la preparación o elaboración de los cubos.

d) Moldeo de los especímenes de ensayo (Según NTP 334.051)

Paso 1: contar con los moldes engrasados antes de iniciar la preparación del mortero, considerando que el llenado de los mismos debe darse dentro de un intervalo no mayor a 2 minutos y 30 segundos, después de completar la preparación de la mezcla. Los moldes deben llenarse en dos capas. Colocar una de mortero de alrededor de 25mm de espesor (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos cúbicos y

apisonar el mortero en cada compartimento cúbico 32 veces en alrededor de 10 segundos, en 4 rondas. En cada ronda se debe compactar con 8 golpes en dirección perpendicular a la anterior, como se indica en la figura 13.

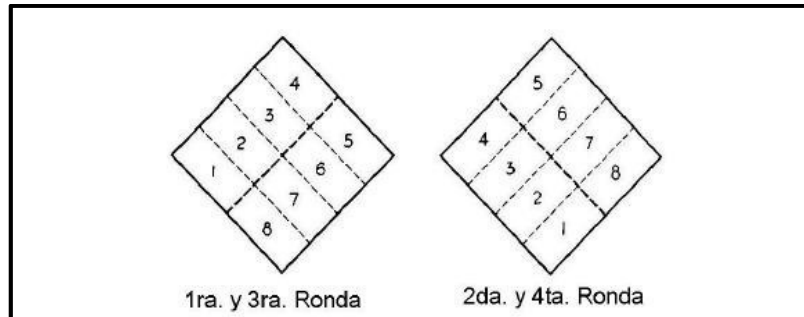


Figura 13. Orden de apisonado al moldear los especímenes
Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 334.051



Figura 14. Moldes para Morteros
Fuente: Laboratorio Mixercon



Figura 15. Moldeo de especímenes
Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 2: al finalizar la compactación, la superficie de mortero en todos los cubos debe sobresalir ligeramente sobre el borde de los moldes.

Retirar con una espátula el mortero que ha rebosado sobre el borde de los moldes y alisar los cubos pasando una vez el lado plano de la espátula (con el borde guía ligeramente levantado) y luego a

través de la superficie de cada cubo en sentido perpendicular con el largo del molde.



Figura 16. Moldeo de especímenes completado

Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 3: luego se proceden a curar las muestras en la cámara de humedad por un periodo de 24 horas; al cúlmino de este tiempo se desmoldan y se procede al ensayo de las muestras a la edad respectiva; las otras, se deben guardar en la poza de curado hasta que cumplan su fecha de ensayo.

e) **Determinación de la resistencia a compresión de morteros elaborados (Según NTP 334.051).**

Paso 1: proceder a sacar las muestras de la cámara de curado y desmoldarlas.



Figura 17. Cámara de Curado

Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 2: colocar el cubo en la prensa de forma centrada y fijarla con los pistones para evitar que se mueva, luego iniciar el proceso de ensayo.



Figura 18. Prensa de Compresión Marca Humboldt
Fuente: Laboratorio Mixercon

f) **Determinación de los tiempos de fraguado de las mezclas de morteros preparados (Según NTP 334.006)**

Paso 1: pesar una muestra de 650 gr de cemento y la cantidad de agua destilada que permita obtener una consistencia de 10 ± 1 .

Paso 2: colocar el cemento sobre el agua y dejar transcurrir 30 s para que este absorba.



Figura 19. Preparación de Mezcla
Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 3: inicie la mezcla en una velocidad baja (140 ± 5 r/min – Nivel I) por un periodo de 30 segundos.

Paso 4: detenga el proceso de mezclado por 15 s y durante este tiempo raspe hacia abajo cualquier residuo de pasta que haya quedado adherido al tazón.



Figura 20. Homogenización de muestra
Fuente: Laboratorio Mixercon

Paso 5: reiniciar la mezcla esta vez a una velocidad media (285 ± 10 r/min – Nivel II) por el tiempo de un minuto.

Paso 6: moldeo de la muestra; se debe formar una bola con la pasta, la cual tendrá que arrojar de una mano a la otra 6 veces (procurando que la separación entre las manos sea de unas 6 pulgadas) o hasta producir una masa de forma cercana a la esférica, que pueda ser fácil de colocar dentro del anillo Vicat.

Paso 7: presione la bola con la palma de la mano dentro del anillo cónico por el lado de mayor diámetro hasta llenarlo en su totalidad. Quite el exceso de pasta con las manos y coloque el anillo limpio con el lado de mayor diámetro sobre la placa de vidrio, enrasar el exceso de pasta con el enrasador.

Paso 8: coloque el anillo con la pasta sobre la base del aparato Vicat (H en la figura N°3) y proceda a colocar el émbolo terminal (C en la figura N°3) de la aguja hasta hacer contacto con la muestra (no la comprima antes de realizar la práctica); una vez nivelado en cero liberar el embolo y en un tiempo de 30 s este debe penetrar 10 ± 1 mm, de no encontrarse la lectura en este rango se debe proceder a preparar una nueva mezcla variando la cantidad de agua según el criterio del quien realiza el ensayo

Partes del equipo:

A: Soporte del equipo

B: Barra Móvil

C: Émbolo Terminal

D: Aguja Removible

E: Tornillo fijador.

F: Indicador Móvil.

G: Anillo de Vicat

H: Base del aparato

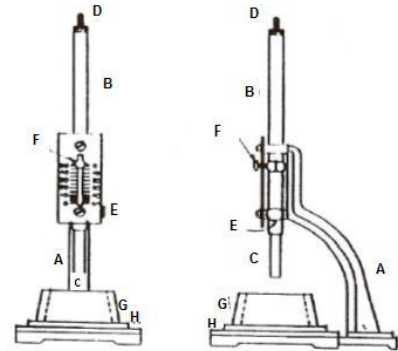


Figura 21. Descripción de Equipo Vicat

Elaboración: los autores

Paso 9: cuando se cumpla con la lectura dentro del rango del paso 8 (10 ± 1 mm), se debe proceder a realizar el paso 6 con la muestra restante, enrasarla y colocarla en la cámara de humedad para poder realizar las mediciones de fragua inicial y final.

Nota: observar que este equipo cuenta con una aguja fina en la parte del émbolo terminal.

Fragua inicial: 25 mm, se recomienda tener puntos de lectura anterior a esta medida para poder interpolar los datos considerando que la fragua inicial por lo general se da en un tiempo rápido.

Fragua final: realizar las penetraciones hasta que no quede huella en la muestra, el tiempo transcurrido será considerado como el tiempo de fragua final.

g) Determinación de la densidad (Según NTP 334.005)

Paso 1: lavar el frasco Le Chateles y secar su interior (asegurarse que se encuentre libre de residuos y de humedad).

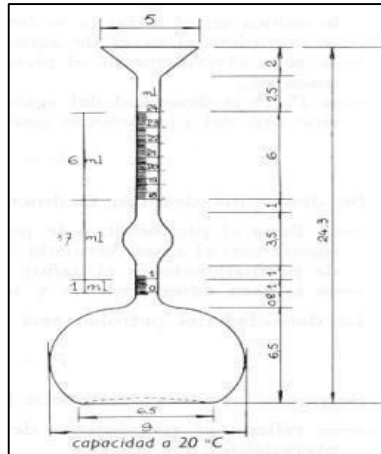


Figura 22. Descripción de frasco Le Chatelier

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSE SIMEON CAÑAS", UCA

Paso 2: llenar el frasco Le Chatelier entre las marcas de 0 y 1 ml (se recomienda llenar el frasco hasta la marca de 0 ml), con cualquiera de los dos líquidos especificados en la parte correspondiente a material y equipo. Secar el cuello del frasco si es necesario.

La determinación del peso específico relativo de los cementos consiste en establecer la relación entre una masa de cemento (g) y el volumen (cm³) de líquido que esta masa desplaza en el matraz de Le Chatelier.



Figura 23. Frasco Le Chatelier con gasolina

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSE SIMEON CAÑAS", UCA

Paso 3: sumergir el frasco en baño María a temperatura ambiente hasta que no existan diferencias mayores de 0.2 C entre la temperatura del líquido dentro del frasco y la temperatura del

líquido exterior a este. Debido a que cuando se desprendan las burbujas de aire el líquido dentro del frasco disminuirá, llenar este con una pipeta entre las marcas de 0 y 1 ml (se recomienda mantener la medida en cero). Anotar en la hoja de reporte el volumen de líquido dentro del frasco y la temperatura de ensayo (temperatura ambiente).

Paso 4: pesar una cantidad de cemento de 64 ± 0.05 g y depositarla en el frasco. Debe tener cuidado al depositar el cemento de evitar salpicaduras y observar que el cemento no se adhiera al interior del frasco por encima del líquido. Se puede utilizar un aparato vibratorio o un embudo para acelerar la colocación del cemento y para prevenir que este se adhiera al cuello del frasco.



Figura 24. Ensayo de Densidad

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSE SIMEON CAÑAS", UCA

Paso 5: Colocar el tapón en el frasco y hacerlo girar en una posición inclinada o girarlo horizontalmente y suavemente en círculo, de tal manera de liberar de aire el cemento hasta que ya no exista escape de burbujas hacia la superficie.

Paso 6: Sumergir el frasco en el baño María y controlar la temperatura tal como se hizo en el numeral 3) de este apartado. Medir el volumen y anotarlo.

Paso 7: Para desalojar el cemento del frasco que contiene kerosene, colocar boca abajo, sin destaparlo. Mover el frasco, y el cemento se ubicará en las cercanías de la boca de este. Si quedan

residuos de cemento adheridos al frasco, utilice ácido clorhídrico para enjuagarlo.

Cálculos:

Para determinar la densidad del cemento se hace uso de la siguiente ecuación:

$$\rho = M / (V_f - V_i)$$

Dónde:

M: Masa de la muestra de cemento

V_i: Volumen inicial del líquido introducido al frasco Le Chatelier, en cm³.

V_f: Volumen final del líquido (después de introducir los 64 g de cemento), en cm³.

ρ: Densidad del cemento, en g/cm³.

2.2.2 Agregados

Es un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.037.

La importancia del uso del tipo y de la calidad de los agregados no se puede subestimar. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (79% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto.

Los agregados finos generalmente consisten en arena natural o piedra chancada con la mayoría de sus partículas menor de 5 mm. Los agregados gruesos consisten en una o en la combinación de gravas o piedras trituradas con partículas predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 3/8 y 1 ½ pulg. Algunos depósitos naturales de agregado

consisten en grava y arena que se pueden usar inmediatamente en el concreto, después de un procesamiento mínimo.

La grava y la arena naturales normalmente se excavan de la mina, del río, del lago o del lecho marino. La piedra triturada se produce triturando la roca de cantera, roca redondeada, guijarros o gravas grandes. La escoria de alto horno enfriada al aire triturada también se usa como agregados fino y grueso.

Los agregados frecuentemente se lavan y se gradúan en la cantera o en la planta. Se puede esperar alguna variación en el tiempo, calidad, limpieza, granulometría, contenido de humedad y otras propiedades.

Asociación de Cemento Portland (2004) define que:

Los agregados deben cumplir con algunas normas para que su uso en ingeniería se optimice: deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos absorbidos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento (p.104).

- **Agregado Fino:** es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana 400.037.



Figura 25. Muestra de agregado fino (arena)

Fuente: Asociación de Cemento Portland, Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004).

- **Agregado Grueso:** es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana 400.037.



Figura 26. Muestras de agregados gruesos

Fuente: Asociación de Cemento Portland, Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

2.2.2.1 Requisitos de Agregados

Según la NTP 400.037 los agregados deben cumplir los siguientes requisitos:

- **Requisitos Obligatorios:** granulometrías, sustancias dañinas (Partículas deleznable, material más fino que el tamiz normalizado N°200, Carbón y Lignito e Impurezas Orgánicas).
- **Requisitos Complementarios:** abrasión, valor de impacto del agregado.
- **Requisitos Opcionales:** índice de espesor, reactividad potencial alcalina cemento-agregado, equivalente arena.

2.2.2.2 Granulometría de Agregados

La granulometría es la distribución del tamaño de las partículas de un agregado, que se determina a través de los pesos retenidos que se tengan en tamices estándar normalizados, en cumplimiento de la NTP 400.012.

La granulometría y los límites granulométricos se expresan generalmente en porcentaje de material que pasa a través de cada tamiz estándar normalizados, siendo el análisis granulométrico importante para obtener un diseño de mezcla óptimo.

Asociación de Cemento Portland (2004) explica la importancia de la granulometría de los agregados:

La granulometría es importante para que se logre una mezcla económica, pues afecta la cantidad de concreto que se puede producir para una dada cantidad de material cementante y agua. Los agregados deben tener el mayor tamaño máximo posible para las condiciones de la obra (p.188).

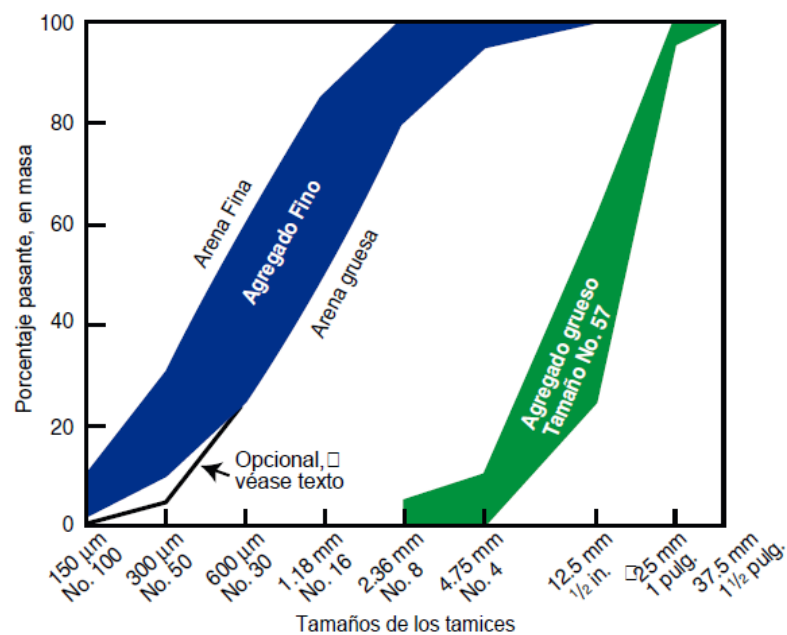


Figura 27. Curvas con límites especificados para agregados

Fuente: Asociación de Cemento Portland, Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

Las razones existentes de la importancia de las propiedades granulométricas de los agregados están relacionadas a la demanda de agua y cemento, trabajabilidad, bombeabilidad, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

- **Granulometría del agregado Fino:** la granulometría del agregado fino debe cumplir con la NTP 400.037.

Tabla 9. Límites granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que Pasa (%)
9.5 mm (3/8 pulg)	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μm (No. 30)	25 a 60
300 μm (No. 50)	05 a 30
150 μm (No. 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037.

Elaboración: los autores

- **Módulo de Finura**

Norma: NTP 400.012

Es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura.

Módulo de finura del agregado grueso:

$$M_f = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado } (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Fuente: NTP 400.012

- **Granulometría del agregado grueso:** La granulometría del agregado grueso debe cumplir con la NTP 400.037.

Tabla 10. Límites granulométricos del agregado grueso H57

Tamiz	Porcentaje que Pasa (%)
37.5 mm (1 ½ pulg.)	100
25.0 mm (1 pulg.)	95 a 100
19.0 mm (¾ pulg.)	--
12.5 mm (½ pulg.)	25 a 60
9.5 mm (3/8 pulg.)	--
4.75 mm (N° 4)	0 a 10
2.36 mm (N° 8)	0 a 5
1.18 mm (N° 16)	--

Fuente: NTP 400.037.

Elaboración: los autores

- **Módulo de Finura**

Norma: NTP 400.012

Módulo de finura del agregado grueso:

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

Fuente: NTP 400.012

2.2.3 Agua

El agua tiene una influencia importante en la preparación de mezcla de concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido. En estado fresco, al tener contacto con el cemento inicia el proceso de hidratación; y en estado endurecido, importante en el curado de las probetas. Por lo tanto, la importancia de su calidad, al igual que los demás ingredientes del diseño de mezcla es para evitar efectos negativos en el concreto.

No todas las aguas son aptas para el concreto, de preferencia deben ser potables. El siguiente cuadro muestra los requisitos que debe cumplir el agua según la NTP 339.088.

Tabla 11. Límites químicos para el agua

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5,000 ppm
Álcalis (NaCHCO ₃)	1,000 ppm
Sulfatos (SO ₄)	600 ppm
Cloruros (Cl ⁻)	500 ppm
1. En concreto pretensado, tableros de puentes o designados de otra manera.	500 ppm
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan metales embebidos.	1,000 ppm
Materia orgánica	3 ppm
pH	5 a 8

Fuente: NTP 339.088
Elaboración: los autores

2.2.4 Diseño y Proporcionamiento de Mezcla

El diseño de mezcla es el proceso de determinación de las características requeridas del concreto, las características pueden incluir:

- Propiedades del concreto fresco
- Propiedades mecánicas del concreto endurecido
- Inclusión, exclusión o límites de ingredientes específicos

El proporcionamiento de la mezcla será la determinación de las cantidades de los ingredientes del concreto. El concreto, adecuadamente proporcionado, debe presentar las siguientes cualidades:

- Trabajabilidad aceptable del concreto
- Durabilidad, resistencia y apariencia uniforme del concreto endurecido
- Economía

Para proceder con la determinación de las proporciones de la mezcla, es necesario conocer las características técnicas del concreto,

considerando el uso que se proponer dar al concreto, condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos y las propiedades físicas y mecánicas del concreto requeridas para determinadas estructuras.

Teniendo las características del concreto, se puede proporcionar la mezcla de concreto según los datos que se obtengan en laboratorio y campo. Podemos determinar la dosificación de la mezcla por metro cúbico de concreto de acuerdo a la siguiente secuencia:

Primer Paso: Elección del asentamiento

El asentamiento está referido a la consistencia con que debe ser colocado el concreto, para lo cual se debe tener en cuenta la estructura a vaciar, el uso de bombas.

Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), presenta rangos de asentamiento donde el concreto va a ser vibrado.

Tabla 12. Asentamientos recomendados

Tipos de construcción	Asentamiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	7.5	2.5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Elaboración: los autores

Nota: El asentamiento se puede incrementar utilizando aditivos químicos, dependiendo del uso y propiedades adicionales que se requiere aportar al concreto.

Segundo Paso: Elección del tamaño máximo nominal del agregado

El tamaño máximo nominal por regla general debe ser el mayor disponible económicamente y compatible con la estructura.

Reglamento Nacional de Edificación, E-060, Capítulo III, MATERIALES, indica que el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado
- 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso
- 3/4 de espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos

Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cangrejeras.

Cuando se desea un concreto con alta resistencia se puede emplear agregados de tamaño máximo reducido, ya que estos producen resistencias superiores para una relación agua/cemento determinada.

Los agregados bien graduados de tamaños más grandes, tienen menos huecos que los tamaños más pequeños. Por esto, los concretos con agregados de tamaños mayores requieren menos mortero por volumen unitario de concreto.

Tercer Paso: Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire

La determinación de la cantidad de agua para producir determinado asentamiento está relacionada con el tamaño máximo, forma de las partículas y granulometrías de los agregados, temperatura del concreto, así como también el uso de aditivos químicos.

El contenido aproximado de aire atrapado para concretos sin aditivos que incorporen aire depende del tamaño máximo del agregado a utilizar. En el caso que las características del concreto soliciten una cantidad mínima de aire

atrapado o desear incluir aire a la mezcla, dependerá del tamaño máximo del agregado a utilizar relacionados con tres niveles de exposición de contenido de aire.

Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), presenta una tabla de requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado.

Tabla 13. Recomendaciones de agua de mezclado y contenido de aire

Asentamiento (cm)	Agua, kg/m ³ para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo (mm) indicado	
	19	25
Concreto sin aire incluido		
2.5 a 5.0	190	179
7.5 a 10	205	193
15.0 a 17.5	216	202
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido (%)	2	1.5
Concreto con aire incluido		
2.5 a 5.0	168	160
7.5 a 10	184	175
15.0 a 17.5	197	184
Promedio recomendado de contenido de aire total (%), según el nivel de exposición		
Exposición ligera	3.5	3
Exposición moderada	5	4.5
Exposición severa	6	6

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Elaboración: los autores

Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1. (2002), señala que los niveles de exposición se pueden definir de la siguiente manera:

- **Exposición ligera:** cuando la inclusión de aire se desee para otros efectos benéficos que no sea la durabilidad. Por ejemplo: para mejorar

la trabajabilidad, la cohesión, o para incrementar la resistencia del concreto con bajo factor de cemento.

- **Exposición moderada:** implica servicio en climas donde es probable la congelación; pero en los que el concreto no estará expuesto continuamente a la humedad. Por ejemplo: vigas exteriores, columnas, muros, trabes o losas que no estén en contacto con el terreno húmedo y que se encuentren ubicadas de tal manera que no reciban aplicaciones directas de sales descongelantes.
- **Exposición severa:** son casos en el que el concreto está expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, o bien, cuando pueda sobresaturarse por el contacto continuo con humedad o agua corriente antes de la congelación. Por ejemplo: pavimentos, pisos de puentes, guarniciones, desagües, aceras, revestimiento de canales, tanques exteriores para agua o resumideros.

Cuarto Paso: Selección de la relación agua/cemento

La relación entre la resistencia a la compresión y relación agua-material cementante es muy importante para definir la cantidad de agua y cemento que se debe de utilizar en un metro cúbico de concreto, de acuerdo a los requerimientos del asentamiento (consistencia del concreto) que se requiere. Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), presenta la correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión.

Tabla 14. Correspondencia entre la relación a/c y el f'_c

Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm^2	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Elaboración: los autores

El concreto a ser utilizados en determinadas obras de construcción civil también puede estar sujeto a exposiciones severas, en estos casos es necesario evaluar los requisitos de durabilidad.

Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), presenta las relaciones agua/cemento o agua/materiales cementantes máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas.

*Tabla 15. Relación a/c para concreto sujeto a exposiciones severas**

Tipo de estructura	Estructura continuamente húmeda o frecuentemente expuesta a congelamiento y deshielo+	Estructura expuesta a agua de mar o sulfatos++
Secciones delgadas (Bardas, bordillos, cornisas y trabajos ornamentales) y secciones con menos de 5 mm de recubrimiento sobre el refuerzo	0.45	0.40++
Todas las estructuras	0.5	0.45++

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Elaboración: los autores

* Basado en el informe del Comité ACI 201.1, los materiales cementantes deben satisfacer a ASTM 618 y C989

+ El concreto también debe tener aire incluido

++ Si se emplea cemento resistente a los sulfatos (Tipo II ó Tipo V de la norma ASTM C150), la relación agua/cemento o agua/materiales cementantes permisible se puede incrementar en 0.05

Quinto Paso: Cálculo del contenido de cemento

La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en el tercer y cuarto pasos ya mencionados.

El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado (tercer paso), dividido entre la relación agua/cemento (cuarto paso). Sí, no obstante, la especificación incluye un límite mínimo separado, además de los

requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla se debe basar en un criterio de conduzca a una cantidad mayor de cemento.

Sexto Paso: Estimación del contenido de agregado grueso

La elección de la proporción de agregados a emplear es una parte fundamental e importante en la dosificación del diseño de mezcla.

Esta elección depende de la granulometría de los agregados a utilizar, tamaño máximo del agregado, módulo de finura del agregado, peso unitario del agregado, trabajabilidad, condiciones de colocación del concreto en la estructura, entre otros factores importantes.

Para determinar la dosificación de los agregados en la unidad cúbica de concreto se pueden determinar por volúmenes de agregado grueso varillado en seco de acuerdo al ACI 211.1; así como también, tomando de referencia los límites máximos permisibles para concreto con características para ser bombeado de acuerdo al código ACI-304.

Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002) señala valores apropiados de volúmenes de agregado grueso por volumen unitario de concreto, con base en varillado en seco.

Tabla 16. Volumen de agregado grueso por volumen unitario

Tamaño máximo nominal del agregado, mm	Volumen de agregado grueso* varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulo de finura de la arena+			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5(3/8")	0.5	0.48	0.45	0.44
12.5(1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19(3/4")	0.66	0.64	0.62	0.6
25(1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5(1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50(2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75(3")	0.82	0.8	0.78	0.76
150(6")	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes se basan en agregados en condiciones de varillado en seco, como se describe en la norma ASTM C 29.

+ Para concretos más trabajables, véase la ASTM Método 136 para el cálculo de módulo de finura.

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Elaboración: los autores

Bombeo de Concreto ACI 304 (1999) describe la combinación de agregado grueso y fino que debe considerarse para el bombeo de concreto.

El volumen de agregado grueso puede determinarse con la elección de un porcentaje de incidencia del volumen absoluto total de agregados; incidencias que se encuentre dentro límites de la curva granulométrica de la combinación de agregados con tamaño máximo nominal 1".

Tabla 17. Parámetros en los tamices estándar

Gráfica según porcentaje que pasa en cada tamiz de los agregados fino y grueso			
Tamiz	Abertura (mm)	ACI - 304 TMN 1"	
		Mínimo	Máximo
3"	75	100	100
2"	50	100	100
1 1/2"	37.5	100	100
1"	25	100	100
3/4"	19	80	88
1/2"	12.5	63	76
3/8"	9.5	55	70
Nº 4	4.75	40	57
Nº 8	2.36	28	47
Nº 16	1.18	18	35
Nº 30	0.6	12	25
Nº 50	0.3	7	15
Nº 100	0.15	3	8
Nº 200	0.075	0	0
Fondo	0	0	0
Total		5.57	4.55
M. de Finura			

Fuente: Bombeo de Concreto ACI 304 (1996)

Elaboración: los autores

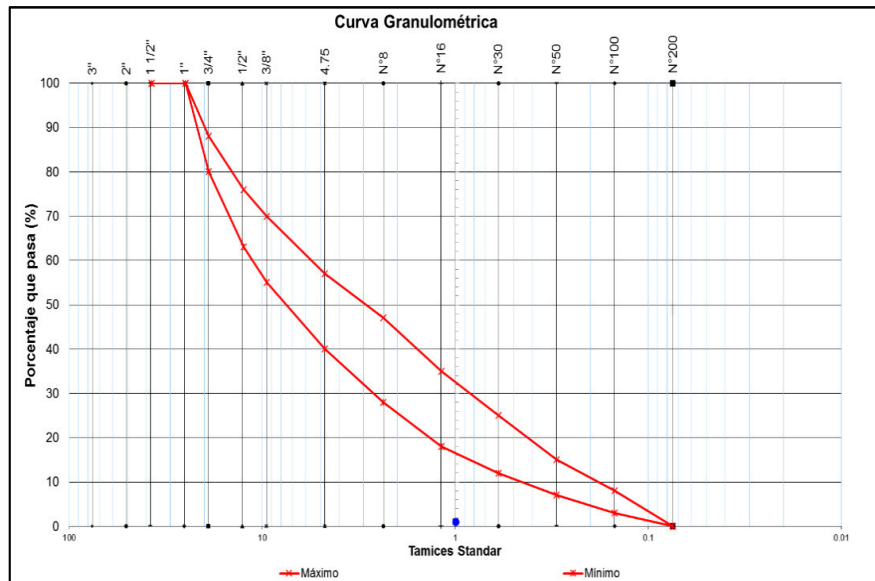


Figura 28. Límites de la curva granulométrica según ACI 304
Fuente: Bombeo de Concreto ACI 304 (1996)
Elaboración: los autores

Séptimo Paso: Estimación del contenido de agregado fino

Al terminar el sexto paso se han estimado todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia.

Es posible emplear cualquiera de los dos procedimientos siguientes:

- Método de peso unitario del concreto fresco
 - Método de volumen absoluto
-
- **Método de peso unitario del concreto:** Si el peso del concreto por volumen unitario se supone o se puede estimar por experiencia, el peso requerido de agregado fino es simplemente, la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los demás componentes. Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002) señala valores aproximados de peso unitario de concreto fresco, ya que las proporciones de la mezcla serán suficientemente precisas para permitir un ajuste fácil con base en mezclas de prueba.

Tabla 18. Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máximo nominal del agregado, mm	Primera estimación del peso del concreto fresco. Kg/m ³ *	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
9.5(3/8")	2280	2200
12.5(1/2")	2310	2230
19(3/4")	2345	2275
25(1")	2380	2290
37.5(1 1/2")	2410	2350
50(2")	2445	2345
75(3")	2490	2405
150(6")	2530	2435

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Elaboración: los autores

* Valores calculados por medio de la ecuación siguiente:

$$U=10Ga(100-A)+C(1-Ga/Gc)-W(Ga-1)$$

U= peso del concreto fresco por metro cúbico, kg

Ga=promedio pesado del peso específico de la combinación de agregado fino y grueso, a granel SSD*

Gc=peso específico del cemento

A=porcentaje de contenido de aire

W=requerimiento de agua de mezclado, kg/m³

C=requerimiento de cemento, kg/m³

- **Método de volumen absoluto:** Es un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregados, esto implica el empleo de volúmenes desplazados por los componentes. En este caso se resta la unidad cubica de concreto menos el volumen ocupado por el cemento, agua, agregado grueso (Según la tabla 7 del sexto paso) o en todo caso se puede obtener en volumen total de agregados de la cual se destina un porcentaje para agregado fino y grueso (según la tabla 8 del sexto paso).

El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto es igual a su peso dividido entre la densidad de ese material (siendo esta el producto del peso unitario del agua por el peso específico del material).

Octavo Paso: Ajuste por humedad del agregado

Los agregados están generalmente húmedos. Por lo tanto, el agua de mezclado que se añade a la mezcla propuesta se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado; es decir, humedad total menos absorción.

Noveno Paso: Ajustes en las mezclas de pruebas

Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002) describe el ajuste de las mezclas de pruebas; las proporciones calculadas de la mezcla se deben verificar mediante mezclas de prueba en campo. Solo se debe usar el agua suficiente para producir el asentamiento requerido, independientemente de la cantidad supuesta al dosificar los componentes de la prueba. Se debe verificar el peso unitario y el rendimiento (ASTM C 138), así como el contenido de aire (ASTM C 231) del concreto.

La cantidad estimada de agua de mezclado para producir el mismo asentamiento que el de la mezcla de prueba, sería igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por el rendimiento de la mezcla de prueba en m³. Si el asentamiento de la prueba no es el correcto, se debe aumentar o disminuir la cantidad de agua hasta lograr el asentamiento requerido.

Si no se obtiene el contenido de aire deseado para concreto con aire incluido, se debe estimar nuevamente la cantidad de aditivo para lograr el contenido de aire apropiado, teniendo en cuenta que esta incorporación de aire debe estar acompañado con los reajustes que se deben de hacer con la dosificación de agua para lograr el asentamiento solicitado.

Para toda reformulación de mezcla, se debe iniciar nuevamente el procedimiento desde el cuarto paso. Si es necesario se modificará el volumen de agregado grueso con la finalidad de obtener una trabajabilidad adecuada.

2.2.5 Ensayos del concreto en estado fresco

Se debe enfatizar la necesidad e importancia de tener muestras realmente representativas del concreto fresco para los ensayos de control. Las muestras se deben obtener y manejar de acuerdo con ASTM C 172, NTP 339.036.

2.2.5.1 Ensayo de asentamiento

Es una prueba usada extensamente en el campo en todo el mundo. Es necesario precisar que la prueba de asentamiento no mide la trabajabilidad del concreto, aunque ACI 116 R-90 la describe como medida de consistencia. La prueba es muy útil para revelar las variaciones en la uniformidad de determinadas mezclas de concreto.

ASTM C143 (1990) Método de ensayo estándar para la determinación del asentamiento en el concreto a base de cemento hidráulico, describe el procedimiento de la prueba.

Los cambios que puedan existir de la dosificación del agua pueden aumentar o disminuir el asentamiento del concreto. Además, ciertos factores como el cambio de las propiedades de los agregados o granulometría, proporciones de la mezcla, contenido de aire, temperatura del concreto o el uso de aditivos especiales pueden influir en el asentamiento del concreto, o inversamente, pueden resultar un cambio en el requerimiento de contenido de agua para mantener un asentamiento dado. Por ejemplo, una variación en exceso de la arena puede requerir más agua de mezclado que las proporciones estipuladas en el diseño de mezcla original, pero el asentamiento puede permanecer igual. Por lo tanto, no se puede suponer que

la relación agua/cemento sea mantenida simplemente porque el asentamiento esta entre los límites de la especificación.

El molde debe tener la forma de la superficie lateral de un cono truncado, con la base de 8 pulgadas (200 mm) de diámetro, la parte superior de 4 pulgadas (100 mm) de diámetro, y la altura de 12 pulgadas (300 mm).

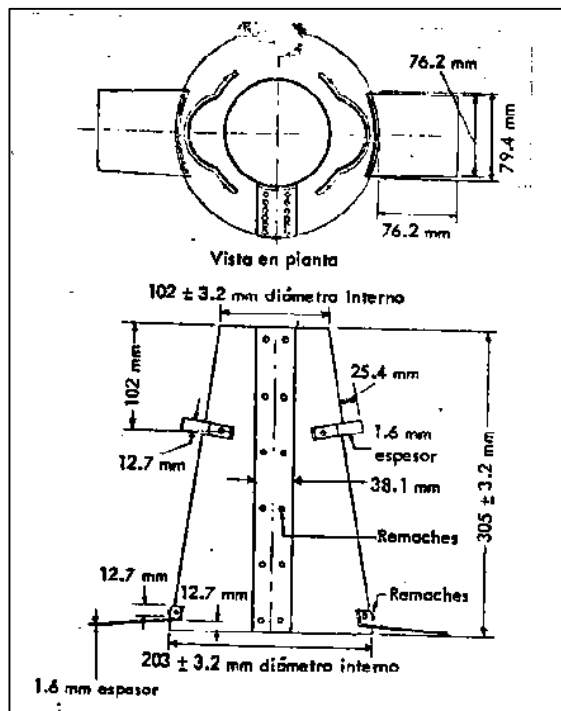


Figura 29. Cono de Abrams
Fuente: ASTM C 143 (1990)



Figura 30. Ensayo del asentamiento
Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

2.2.5.2 Ensayo de contenido de aire

Se pueden utilizar varios métodos para medir el contenido de aire. Existe el método por presión de la cual la describe la Norma ASTM C 231.

ASTM C231 (2008) Método de ensayo estándar para determinar por el método de presión el contenido de aire del concreto recién mezclado, describen el procedimiento de la prueba siendo empleados para determinar el contenido de aire de los concretos normal y pesado.

El método de prueba determinará la cantidad de vacíos de aire en el concreto, tanto incluido como atrapado. Será necesario la inclusión de aire a los concretos que estarán expuestos a ciclos de congelación y deshielo, y a químicos descongelantes. Los vacíos microscópicos de aire incluido aportan una fuente de alivio a la presión interna dentro del concreto para acomodar las presiones que se desarrollan cuando se forman los cristales de hielo en los poros y en los capilares del concreto. Sin el contenido de aire apropiado en el mortero del concreto, el concreto normal que está expuesto a ciclos de congelación y deshielo, se escamará y/o astillará, dando como resultado una falla en la durabilidad del concreto.

Sin embargo, debemos ser cuidadosos de no tener demasiado aire incluido en el concreto. Conforme se incrementa el contenido de aire, habrá una reducción correspondiente en la resistencia.



Figura 31. Medidor de presión de aire

Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

2.2.5.3 Ensayo de medición de temperatura

La Norma NTP 339.184 – ASTM C1064, se usan para determinar la temperatura del concreto en estado fresco, se debe terminar en un periodo de 5 minutos después de la tomada de la muestra.

Como la temperatura del concreto tiene una gran influencia sobre las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido, muchas especificaciones limitan su temperatura. Están disponibles termómetros de vidrio o con coraza (Fig. 32). El termómetro debe tener precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1^{\circ}\text{F}$) y debe permanecer en una muestra representativa de concreto por lo menos, 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Un mínimo de 75 mm de concreto debe rodear la porción sensitiva del termómetro. También están disponibles los medidores de temperatura electrónicos con lectura digital.



Figura 32. Medición de la temperatura

Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

2.2.5.4 Ensayo de fragua

La Norma NTP 339.082 – ASTM C 403, describe el ensayo para determinar el tiempo de fraguado del concreto, midiéndose la resistencia a la penetración producida en intervalos de tiempo regulares sobre el mortero de la mezcla de concreto (véase la figura 5).

El tiempo de fraguado inicial y final se determina como el tiempo correspondiente a la resistencia a la penetración es 35 kg/cm^2 o 3.5 MPa (500 lb/pulg^2) y 280 kg/cm^2 o 27.6 MPa (4000 lb/pulg^2), respectivamente. El fraguado inicial ocurre entre 2 y 6 horas después del mezclado, y el final ocurre entre las 4 y 12 horas. La velocidad de endurecimiento depende del tipo de cemento, uso de aditivos químicos, relación agua/cemento, temperatura, entre otros factores importantes.



Figura 33. Equipo Penetrómetro

Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

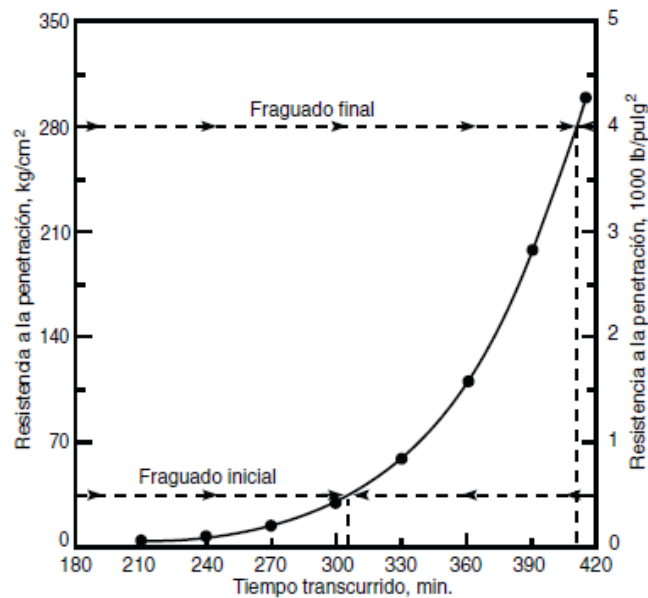


Figura 34. Curva de los resultados de la prueba

Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

2.2.6 Ensayos del concreto en estado endurecido

Los especímenes para resistencia a la compresión axial, compresión diametral, y flexión deben ser elaborados, transportados y curados de acuerdo a la Norma ASTM C 31. La resistencia del concreto es la propiedad más apreciada por los diseñadores y por los ingenieros de control de calidad.

Estructura, Propiedades y Materiales de Kumar Mehta y Paulo Monteiro (1993) explican sobre la definición de la resistencia:

La resistencia de un material se define como la habilidad para resistir esfuerzos sin fallar. La falla se identifica algunas veces con la aparición de grietas. Sin embargo, debe hacerse notar que a diferencia de la mayoría de los materiales estructurales, el concreto contiene grietas finas aun antes de estar sujeto a esfuerzos externos. En el concreto por lo tanto, la resistencia se relaciona con el esfuerzo requerido para causar fractura y es sinónimo del grado de falla en el que el esfuerzo aplicado alcanza su valor máximo (p. 33).

2.2.6.1 Resistencia a la Compresión

Se diseña de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos técnicos de la estructura. La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

La importancia de la resistencia a la compresión radica en lo siguiente:

- Se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia a la compresión especificada (f'_c) del proyecto.
- Se usan para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

La Norma ASTM C 39 y NTP 339.034, describe el método de ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

NTP 339.034 (2008) establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas:

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros o extracciones diamantinos a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de las probetas. (p.8).

Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos tan pronto como sea práctico luego de retirarlos de almacenaje de humedad. Las probetas de concreto deben ensayarse en condición humedad. Por lo tanto, las probetas deben estar protegidas de la pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje húmedo y el ensayo.

Tabla 19. Tolerancias de ensayo en la edad correspondiente

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 horas	± 0.5 h ó 2.1%
3 días	± 2 h ó 2.8%
7 días	± 6 h ó 3.6%
28 días	± 20 h ó 3.0%
90 días	± 48 h ó 2.2%

Fuente: NTP 339.034 (2008), Método de ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

Elaboración: los autores

El cálculo de la resistencia a la compresión se determina de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dónde:

σ = Resistencia a la compresión calculado, kg/cm²

P =Carga máxima, Kgf

A =Área de la sección transversal, cm²

Los ensayos deben cumplir un rango aceptable de los resultados individuales para la promedio resistencia a la compresión.

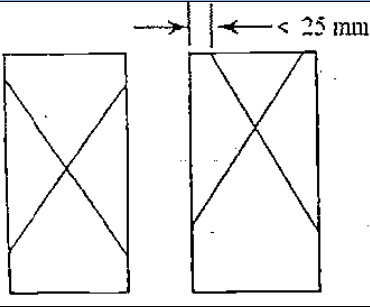
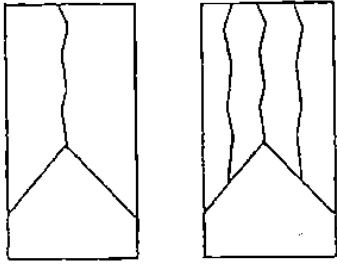

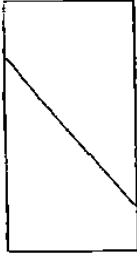
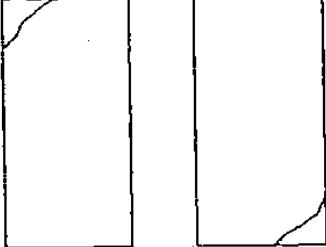

Tabla 20. Rango aceptable de resultados

	Coeficiente de variación	Rango aceptable	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindro de 150 mm x 300 mm Condiciones de Laboratorio.	2.40%	6.60%	7.80%
Cilindro de 150 mm x 300 mm Condiciones de Obra.	2.90%	8.00%	9.50%
Cilindro de 100 mm x 200 mm Condiciones de Laboratorio.	3.20%	9.00%	10.60%

Fuente: NTP 339.034 (2008), Método de ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

Elaboración: los autores

Tabla 21. Esquema de patrones de tipos de fracturas

Tipo de Falla	Descripción	Representación Gráfica
1	Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas	
2	Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base	
3	Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados	
4	Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I	
5	Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado	
6	Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado	

Fuente: NTP 339.034 (2008), Método de ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Elaboración: los autores

2.2.6.2 Resistencia a la Flexión

Es una prueba que se realiza a una viga de concreto (sin refuerzo), la cual es sometida a flexión usando una carga aplicada en dos puntos simétricos hasta que ocurre la falla. Con el presente ensayo se podrá determinar el módulo de rotura. La resistencia que se determina variará si existen diferencias en el tamaño de las vigas, su preparación, condiciones de humedad, o si la viga ha sido moldeada o cortada al tamaño requerido.

La resistencia a la flexión es de interés en el diseño de losas de pavimentos. La resistencia a la flexión nos aproxima a la resistencia mecánica de la pieza en su conjunto, ante agresiones de diferente naturaleza: cargas dinámicas y estáticas, rodaduras e impactos.

La Norma ASTM C 78 y NTP 339.078, describe el método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión de vigas simplemente apoyadas, moldeadas con concreto.

NTP 339.078 (2012) establece la determinación de la resistencia a la flexión:

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre. (p.6).

El cálculo de la resistencia a la flexión se determinará según los siguientes casos:

- a) Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{PL}{bh^2}$$

Dónde:

Mr = Módulo de rotura, en MPa

P =Carga máxima, en N

L =Luz libre entre apoyo, en mm

b =Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm

h =Altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm

Nota: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados.

- b)** Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente formula:

$$Mr = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Dónde:

Mr = Módulo de rotura, en MPa

P =Carga máxima, en N

a =Distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm

b =Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm

h =Altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm

Nota: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados.

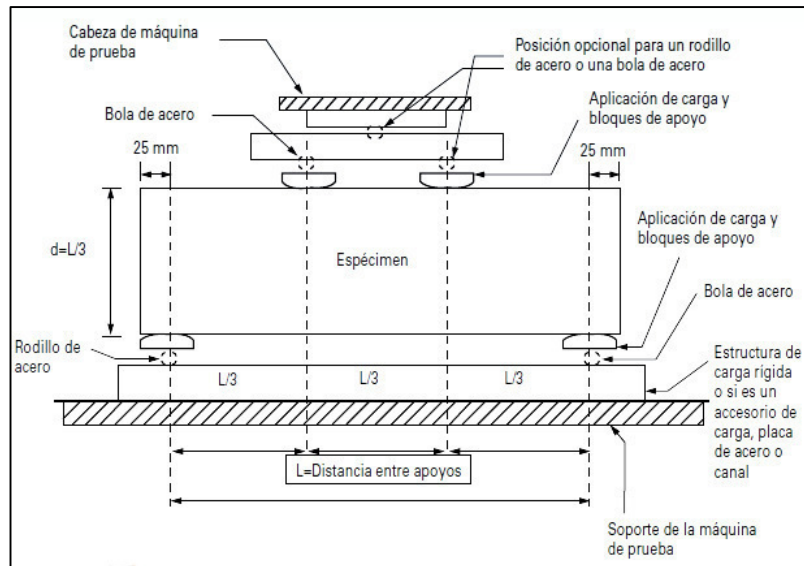


Figura 35. Diagrama para ensayar vigas a flexión
Fuente: NTP 339.078 (2012)

2.2.6.3 Resistencia a la compresión diametral

Mediante este ensayo se determinará la resistencia a la tracción simple del concreto, si bien es cierto que el concreto es un material que trabaja muy bien a esfuerzos de compresión, la tracción es una forma de comportamiento de este material de gran interés para el diseño de variedad de estructuras en la ingeniería civil a partir de mediados del siglo XX y en nuestros días es un valor muy importante como indicador de calidad del concreto dentro las obras de ingeniería.

La Norma ASTM C 496 y NTP 339.084, describe el método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

NTP 339.084 (2002) establece la determinación de la resistencia a la tracción simple:

Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de concreto, a una velocidad prescrita, hasta que ocurra la falla. Esta carga induce un esfuerzo de tracción en el plano bajo la carga y un relativamente elevado esfuerzo de compresión en el área inmediata alrededor de la carga aplicada. (p.7).

El cálculo de la resistencia a la tracción diametral se determina de la siguiente manera:

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

Dónde:

T = Resistencia a la tracción por compresión diametral, KPa

P = Carga máxima, en KN

l = Longitud, en m

d = Diámetro, en m



Figura 36. Ensayo de resistencia a la compresión diametral

Fuente: http://www.ingenieria.unam.mx/~revistafi/ejemplaresHTML/V14N3/V14N3_art13.php

2.3 Definición de términos básicos

a) Concreto

Mezcla de la combinación de cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, aditivos y adiciones minerales (PCA, Diseño y Control de mezclas, p.1).

b) Cemento Portland

Cemento hidráulico producido al pulverizar Clinker que consisten esencialmente en silicatos de calcio hidráulico, generalmente que contienen una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición en la intermolienda (Kumar Metha y Paulo Monteiro, 1998, P.131).

c) Diseño de Mezcla

Proceso de determinación de las características requeridas del concreto (PCA, Diseño y Control de mezclas, p.185).

d) Consistencia

Es la movilidad relativa o la capacidad del concreto recién mezclado para fluir. Incluye todo el intervalo de variación de la fluidez desde la más seca hasta las mezclas lo más húmedas posibles (Bryant Mather y Celik Ozyildirim, Cartilla del Concreto, p.3).

e) Trabajabilidad

Es la propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad con la cual se le puede mezclar, colocar, compactar, y terminar hasta alcanzar una condición homogénea (Bryant Mather y Celik Ozyildirim, Cartilla del Concreto, p.3).

f) Curado

Es la acción que se lleva a cabo para conservar las condiciones de humedad y de temperatura en una mezcla cementante recién

colocada a fin de permitir la hidratación del cemento hidráulico (Bryant Mather y Celik Ozyildirim, Cartilla del Concreto, p.29).

g) Durabilidad

Capacidad para resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro (ACI 201, citado por Kumar Metha y Paulo Monteiro, 1998, P.83).

2.4 Formulación de la hipótesis

a) Hipótesis general

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" tienen mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".

b) Hipótesis específicas

- La resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".
- La resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".
- La resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".
- La consistencia del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".
- El contenido del aire del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".

- La temperatura del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".
- La fragua del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol".

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

Es **básica**, porque genera conocimiento al comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", determinando su desempeño a través de ensayos estandarizados de concreto en estado fresco y endurecido.

Tiene un enfoque **cuantitativo**, ya que los valores de las variables son "números" (datos medibles).

3.2 Diseño de la Investigación

Para el desarrollo de la tesis se utilizó los siguientes diseños de investigación:

a) Experimental

Es experimental, ya que se estimuló las variables independientes (dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol") a través de ensayos estandarizados de laboratorio para medir los efectos causados en la variable dependiente (desempeño de las propiedades físicas y mecánicas).

b) Longitudinal

Es longitudinal porque todas las pruebas y los ensayos se realizaron en un laboratorio para obtener las características que sirvieron para comparar los dos tipos de concretos que se dieron en las etapas del proyecto planteadas inicialmente.

c) Prospectiva

Es prospectivo porque evaluará los resultados que se darán durante la ejecución del proyecto que se expresarán mediante cuadros y gráficos estadísticos, para determinar la veracidad de la hipótesis general.

3.3 Nivel de Investigación

a) **Correlacional:** ya que se busca medir el grado de relación existente entre el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" comparado con el cemento "Sol". Se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.

b) **Descriptiva:** porque describe los hechos como son observados durante el desarrollo de la investigación para determinar el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol".

3.4 Variables

En la tesis se ha identificado el objeto de estudio, la variable dependiente y la independiente:

- **Objeto de estudio:** comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del

concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio.

- **Variable independiente:** dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol".

Es la dosificación del cemento en cada diseño de mezcla a comparar, teniendo una característica que se manifiesta a través de sus indicadores.

- **Variable dependiente:** desempeño de las propiedades físicas y mecánicas. Variable que dependerá de la dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol" en cada diseño de mezcla, debido a que ambos poseen propiedades físicas y mecánicas que se comparan entre sí, teniendo cada uno de ellos sus indicadores, a fin de determinar su desempeño.

3.4.1 Operacionalización de variables

Tabla 22. Operacionalización de la variable general

VARIABLES	ÍNDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm ²)	%
	Ensayo de resistencia a la flexión (kg/cm ²)	%
	Ensayo de resistencia a la compresión diametral (kg/cm ²)	%
	Ensayo de consistencia (cm)	%
	Ensayo de contenido de aire (%)	%
	Ensayo de temperatura (°C)	%
	Ensayo de fragua (hh:mm)	%

Elaboración: los autores

Tabla 23. Operacionalización de las variables específicas

VARIABLES	ÍNDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm ²)	%
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la resistencia a la flexión	Ensayo de resistencia a la flexión (kg/cm ²)	%
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la resistencia a la compresión diametral	Ensayo de resistencia a la compresión diametral (kg/cm ²)	%
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la consistencia	Ensayo de consistencia (cm)	%
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño del contenido de aire	Ensayo de contenido de aire (%)	%
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la temperatura	Ensayo de temperatura (°C)	%
VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0-70
VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la fragua	Ensayo de fragua (hh:mm)	%

Elaboración: los autores

3.5 Población y Muestra

La población o universo tomado para la investigación de la tesis son las mezclas de concreto utilizados para los ensayos de concreto en estado fresco (consistencia, contenido de aire, temperatura y fragua) y ensayos de concreto en estado endurecido (probetas para resistencia a la compresión, probetas para la resistencia a la compresión diametral y vigas para la resistencia a la flexión). Para los ensayos del concreto en estado endurecido se elaboraron 168 muestras (en el ANEXO 03, metrado de materiales, se puede verificar la cantidad de muestras elaboradas para cada ensayo a ejecutar).

3.6 Técnicas de Investigación

Para realizar el contraste de la hipótesis se siguió la siguiente secuencia lógica:

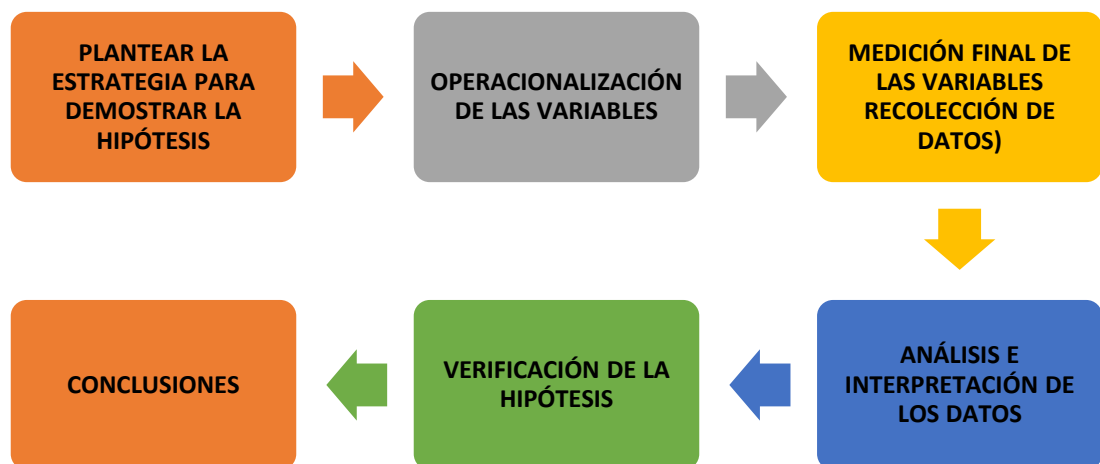


Figura 37. Secuencia de desarrollo de actividades
Elaboración: los autores

1º Para el planteamiento de la estrategia, se realizaron ensayos de laboratorio con diferentes relaciones de A/C en cada diseño de mezcla, para comparar las propiedades físicas y mecánicas entre el concreto

dosificado con cemento “Nacional” y el concreto dosificado con cemento “Sol”.

- 2º En este paso, se definen las variables implicadas y se aplica la experimentación:
 - V. Independiente (x) -> Dosificación del cemento “Nacional” y del cemento “Sol”.
 - V. Dependiente (y) -> Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas.
- 3º Se realizaran cuatro grupos de diseño de mezcla para la dosificación del concreto con cemento “Nacional” y dosificación del concreto con cemento “Sol” con las siguientes relaciones A/C: 0.70, 0.60, 0.50 y 0.45.
- 4º De acuerdo al desarrollo de la investigación, se procederán a analizar e interpretar cada resultado obtenido el los comparativo de diseño de mezcla según las relaciones A/C planteadas. Se empleó estadística aplicada, para a fin de analizar los resultados obtenidos en los ensayos correspondientes.
- 5º Se realiza el contraste de la hipótesis de acuerdo a los resultados obtenidos.
- 6º Se determinan las conclusiones de acuerdo a la interpretación de los resultados obtenidos.

3.7 Materiales y equipos

Los principales equipos a utilizar en la ejecución de todos los ensayos de concreto en estado fresco y endurecido son los siguientes:

- Cono de Abrams.
- Olla de Washington
- Termómetro
- Penetrómetro
- Prensa hidráulica a la compresión
- Prensa hidráulica a la flexión

- Balanza digital
- Mezcladores de 9 pie³

En cuanto a materiales se hizo el uso de cemento, agregados y agua potable. En el ANEXO 03, metrado de materiales, se puede verificar la cantidad de materiales a utilizar en la ejecución de todos los ensayos correspondientes.

En el Anexo 12 y Anexo 13 se adjunta los certificados de calibración de los equipos utilizados.

3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de observación experimental, ya que dichos datos se obtuvieron de la ejecución de ensayos estandarizados de laboratorio debidamente controlados. Como instrumento de recolección, se utilizaron hojas de registro de datos; elaborándose formatos para la medición de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” y del concreto dosificado con cemento “Sol”.

3.9 Procesamiento y análisis estadístico de los datos

El procesamiento de los datos del estudio se realizó a través de hojas de cálculo en la herramienta de Office (Microsoft Excel), cuyos formatos contenían la información necesaria para cada una de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” y del concreto dosificado con cemento “Sol”.

El análisis de los resultados se presentó a través de gráficos de líneas, también con la ayuda de Microsoft Excel, donde se registraron los datos de las mediciones con todas las relaciones a/c.

3.10 Cronograma de actividades

A continuación se muestra el cronograma de actividades en la tabla para el desarrollo de la tesis:

3.11 Presupuesto

Es necesario resaltar en este ítem el gran apoyo brindado por parte de la empresa Mixercon SA, por la colaboración con los ensayos de laboratorio, los cuales resultaron totalmente gratuitos.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Caso de investigación

Para el presente proyecto de investigación se propuso realizar cuatro diseños de mezclas para cada marca de cemento a comparar (“Nacional” y “Sol”), en este caso se comparan diseños por relación a/c: 0.70, 0.60, 0.50 y 0.45.

4.2 Ejecución de los ensayos en Laboratorio

4.2.1 Agregado Fino

a) Granulometría

Normas utilizadas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33.

La norma para la realización de la granulometría establece el procedimiento para efectuar el tamizado de determinados agregados; determina la granulometría, módulo de finura y la expresión gráfica dentro de los límites máximos y mínimos permisibles según la Norma ASTM C33 (Norma técnica de agregados para concreto).

Tabla 25. Análisis granulométrico del agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO							
NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012 -ASTM C136/C33							
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD							
Fecha:15/02/2017							
DATOS DE LA MUESTRA							
Identificación : MUESTRA DE AGREGADO FINO							
Procedencia : PUNTA HERMOSA							
Proveedor : CANTERA MIRANDA							
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	ACI - 304 Agregado Fino	
						Mínimo	Máximo
3"	75	0	0	0	100	100	100
2"	50	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	100	100
1"	25	0	0	0	100	100	100
3/4"	19	0	0	0	100	100	100
1/2"	12.5	0	0	0	100	100	100
3/8"	9.5	0	0	0	100	100	100
Nº 4	4.75	1.3	0.17	0.17	99.83	95	100
Nº 8	2.36	49.9	6.64	6.82	93.18	80	100
Nº 16	1.18	163.5	21.77	28.58	71.42	50	85
Nº 30	0.6	205.9	27.41	56	44	25	60
Nº 50	0.3	156.3	20.81	76.81	23.19	5	30
Nº 100	0.15	92.1	12.26	89.07	10.93	0	10
Nº 200	0.08	45.3	6.03	95.1	4.9	0	5
Fondo	0	36.8	4.9	100	0	0	0
Total		751.1	100				
MÓDULO DE FINURA		2.57					

Elaboración: los autores

A continuación, la curva granulométrica del agregado fino según los porcentajes pasantes en cada tamiz estándar:

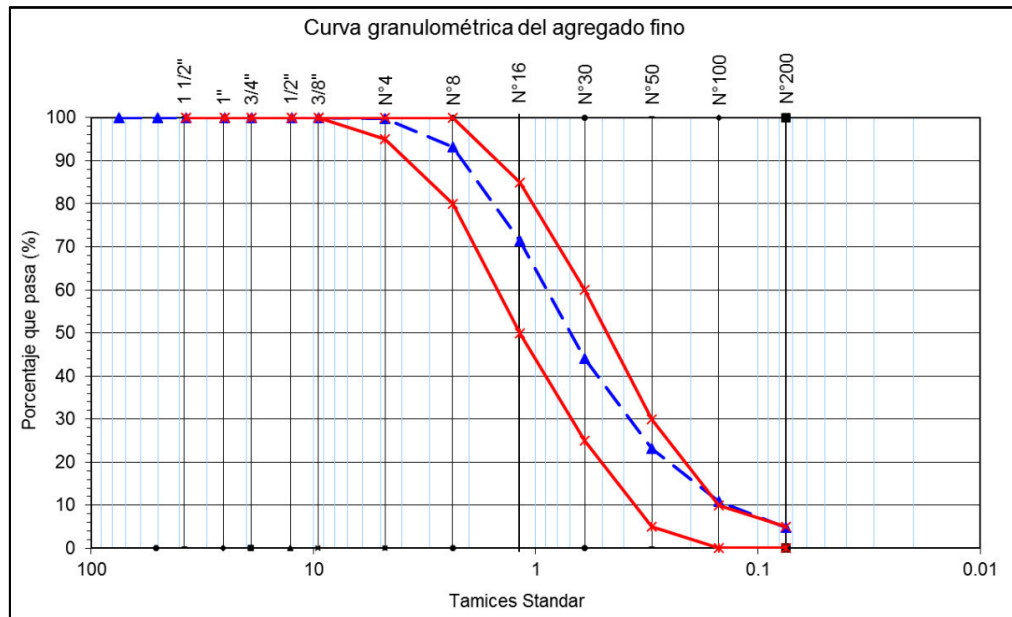


Figura 38. Curva granulométrica del agregado fino
Elaboración: los autores

b) Peso unitario suelto (PUS)

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Este ensayo tiene como procedimiento principal llenar el recipiente con agregado sin ejercer compactación por varillado (volumen de recipiente indicado en la Norma NTP 400.017).

Tabla 26. Peso unitario suelto del agregado fino

Peso unitario suelto (NTP 400.017 - ASTM C29)			
Identificación: AGREGADO FINO	Fecha: 18/02/17		
Procedencia: PUNTA HERMOZA			
Proveedor: CANTERA MIRANDA			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso unitario suelto (kg/m³)	1629	1630	1630

Elaboración: los autores

c) Peso unitario compactado (PUC)

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Este ensayo tiene como procedimiento principal llenar el recipiente con agregado ejerciendo compactación por varillado (volumen de recipiente indicado en la Norma NTP 400.017).

Tabla 27. Peso unitario compactado del agregado fino

Peso unitario suelto (NTP 400.017 - ASTM C29)			
Identificación: AGREGADO FINO		Fecha: 18/02/17	
Procedencia: PUNTA HERMOZA			
Proveedor: CANTERA MIRANDA			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1752	1757	1755

Elaboración: los autores

d) Peso específico y porcentaje de absorción

Normas utilizadas: NTP 400.022 – ASTM C128

Los pesos específicos y absorción son de vital importancia para el diseño de mezcla por volumen absoluto y corrección por humedad respectivamente.

La Norma Técnicas Peruana utilizada establece el procedimiento para determinar el peso específico masa, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas).

Tabla 28. Pesos específicos y absorción del agregado fino

Pesos específicos y porcentaje de absorción (NTP 400.022 - ASTM C128)			
Identificación: AGREGADO FINO		Fecha: 18/02/17	
Procedencia: PUNTA HERMOSA			
Proveedor: CANTERA MIRANDA			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso muestra superficialmente seca (gr)	500.50	500.00	500.25
Peso del picnómetro + agua (ml)	675.30	679.90	677.60
Peso del picnómetro + muestra superficialmente seca + agua (gr)	988.10	992.80	990.45
Peso muestra seca en horno a 105°C (gr)	495.50	495.10	495.30
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	312.80	312.90	312.85
<i>Peso específico de masa - PEM (g)</i>	<i>2.640</i>	<i>2.646</i>	2.643
<i>Peso específico de masa SSS</i>	<i>2.666</i>	<i>2.672</i>	2.669
<i>Peso específico aparente - PEA - (g)</i>	<i>2.712</i>	<i>2.717</i>	2.715
<i>Absorción (%)</i>	<i>1.009</i>	<i>0.990</i>	1.00

Elaboración: los autores

e) **Contenido de humedad**

Normas utilizadas: NTP 339.185 – ASTM C566

Es la cantidad de agua que contiene el agregado, tiene influencia en la corrección por humedad del diseño de mezcla con respecto a la cantidad de agua a utilizar para el cumplimiento de la relación agua/cemento.

Tabla 29. Contenido de humedad del agregado fino

Contenido de humedad (NTP 339.185 - ASTM C70)		
Identificación : AGREGADO FINO	Fecha: 18/02/17	
Procedencia : PUNTA HERMOSA		
Proveedor : CANTERA MIRANDA		
Peso húmedo	757.6	gr
Pesos seco	751.1	gr
% Humedad	0.87	%

Elaboración: los autores

4.2.2 **Agregado Grueso**

a) **Granulometría**

Normas utilizadas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33.

La norma para la realización de la granulometría establece el procedimiento para efectuar el tamizado de determinados agregados; determina la granulometría, módulo de finura y la expresión gráfica dentro de los límites máximos y mínimos permisibles según la Norma ASTM C33 (Norma técnica de agregados para concreto) para agregado grueso H57 con tamaño máximo nominal de 1”.

Tabla 30. Análisis granulométrico del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO							
NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012 -ASTM C136/C33							
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD							
Fecha:15/02/2017							
DATOS DE LA MUESTRA							
Identificación : MUESTRA DE AGREGADO GRUESO							
Procedencia : LURÍN							
Proveedor : CANTERA AGREXA H57							
Tamiz	Abertura. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	ACI - 304 Agregado Fino	
						Mínimo	Máximo
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	365.3	3.48	3.48	96.52	95	100
3/4"	19.00	2559.3	24.36	27.83	72.17	60	80
1/2"	12.50	3096.3	29.47	57.30	42.70	25	60
3/8"	9.50	1826.3	17.38	74.68	25.32	15	40
Nº 4	4.75	2030.6	19.32	94.00	6.00	0	10
Nº 8	2.36	463.2	4.41	98.41	1.59	0	5
Nº 16	1.18	80.6	0.77	99.18	0.82	0	0
Nº 30	0.60	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0
Nº 50	0.30	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0
Nº 100	0.15	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0
Nº 200	0.08	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0
Fondo	0.00	86.3	0.82	100.00	0.00	0	0
Total		10507.9	100.000				
MÓDULO DE FINURA			6.92				

Elaboración: los autores

A continuación la curva granulométrica del agregado grueso según los porcentajes pasantes en cada tamiz estándar:

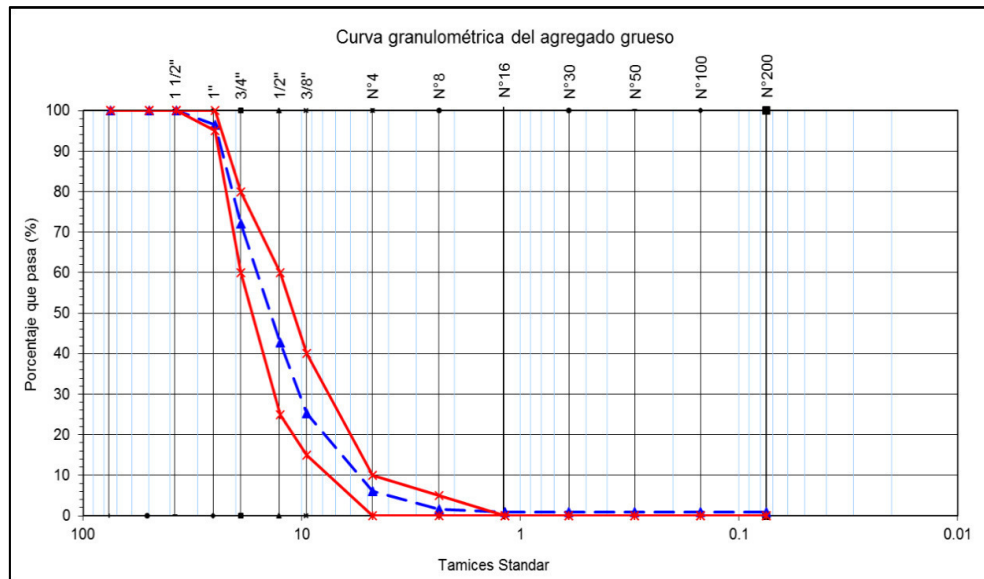


Figura 39. Curva granulométrica del agregado grueso
Elaboración: los autores

b) Peso unitario suelto (PUS)

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Este ensayo tiene como procedimiento principal llenar el recipiente con agregado grueso sin ejercer compactación por varillado (volumen de recipiente indicado en la Norma NTP 400.017, siendo un recipiente metálico de 1/3 pie³ ya que el tamaño máximo del agregado grueso es de 1”).

Tabla 31. Peso unitario suelto del agregado grueso

Peso unitario suelto (NTP 400.017 - ASTM C29)			
Identificación: AGREGADO GRUESO		Fecha: 18/02/17	
Procedencia: LURÍN			
Proveedor: CANTERA AGREXA H57			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1593	1591	1592

Elaboración: los autores

c) Peso unitario compactado (PUC)

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Este ensayo tiene como procedimiento principal llenar el recipiente con agregado grueso ejerciendo compactación por varillado (volumen de recipiente indicado en la Norma NTP 400.017; en este

caso se utilizó un recipiente metálico de 1/3 pie³, ya que el tamaño máximo del agregado grueso es de 1”).

Tabla 32. Peso unitario compactado del agregado grueso

Peso unitario suelto (NTP 400.017 - ASTM C29)			
Identificación: AGREGADO GRUESO		Fecha: 18/02/17	
Procedencia: LURÍN			
Proveedor: CANTERA AGREXA H57			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1696	1697	1696

Elaboración: los autores

d) Peso específico y porcentaje de absorción

Normas utilizadas: NTP 400.021 – ASTM C128

Los pesos específicos y absorción son de vital importancia para el diseño de mezcla por volumen absoluto y corrección por humedad respectivamente.

La Norma Técnicas Peruana utilizada establece el procedimiento para determinar el peso específico masa, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas).

Tabla 33. Pesos específicos y absorción del agregado grueso

Pesos específicos y porcentaje de absorción (NTP 400.022 - ASTM C128)			
Identificación: AGREGADO GRUESO		Fecha: 18/02/17	
Procedencia: LURÍN			
Proveedor: CANTERA AGREXA H57			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso muestra superficialmente seca (gr)	3020.60	3012.50	3016.55
Peso del picnómetro + agua (ml)	0.00	0.00	0.00
Peso del picnómetro + muestra superficialmente seca + agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso muestra seca en horno a 105° C (gr)	2996.90	2988.50	2992.70
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	1914.70	1913.20	1913.95
<i>Peso específico de masa - PEM (g)</i>	2.710	2.719	2.714
<i>Peso específico de masa SSS</i>	2.731	2.740	2.736
<i>Peso específico aparente - PEA - (g)</i>	2.769	2.779	2.774
<i>Absorción (%)</i>	0.791	0.803	0.80

Elaboración: los autores

e) **Contenido de humedad**

Normas utilizadas: NTP 339.185 – ASTM C566

Es la cantidad de agua que contiene el agregado, tiene influencia en la corrección por humedad del diseño de mezcla con respecto a la cantidad de agua a utilizar para el cumplimiento de la relación agua/cemento.

Tabla 34. Contenido de humedad del agregado grueso

Contenido de humedad (NTP 339.185 - ASTM C70)		
Identificación :	AGREGADO GRUESO	Fecha: 18/02/17
Procedencia :	LURÍN	
Proveedor :	CANTERA AGREXA H57	
Peso húmedo	5151.5	gr
Pesos seco	5067	gr
% Humedad	1.67	%

Elaboración: los autores

4.2.3 **Granulometría global de agregado fino y agregado grueso**

Bombeo de Concreto ACI 304 (1999) describe la combinación granulométrica de agregado grueso y fino que debe considerarse para el bombeo de concreto.

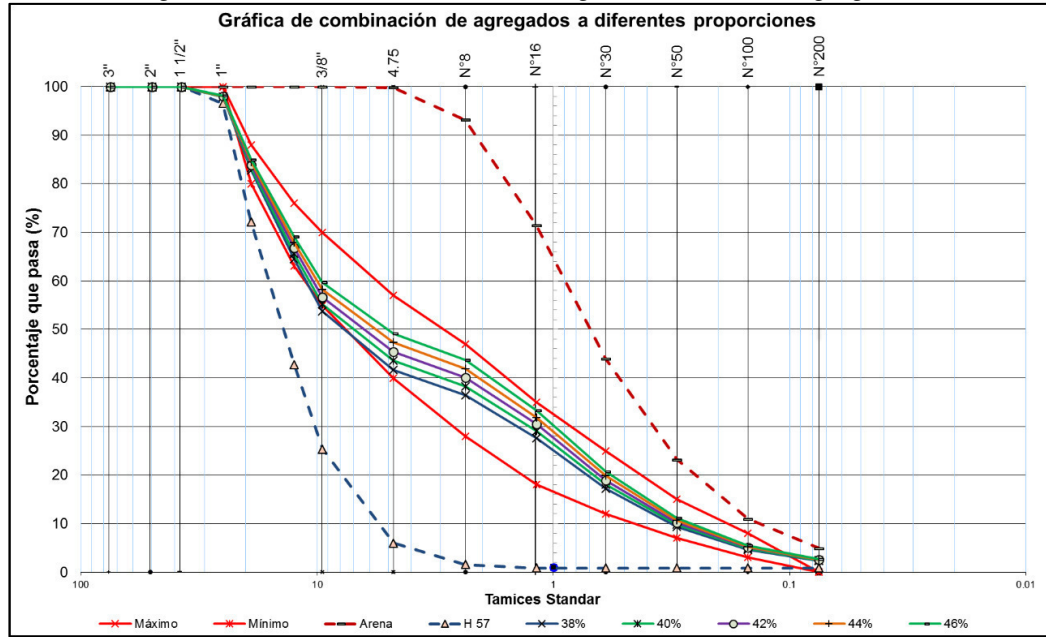
Según los resultados granulométricos individuales del agregado fino y grueso, se procedió a realizar combinaciones granulométricas a proporciones según el cuadro siguiente:

Tabla 35. Combinación granulométrica de agregados

GRÁFICA SEGÚN % QUE PASA EN CADA TAMIZ DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO										
DATOS DE LA MUESTRA										
AGREGADO FINO					AGREGADO GRUESO H57					
Procedencia : PUNTA HERMOSA					LURIN					
Proveedor : MIRANDA					AGREXA H57					
Tamiz	Abert. (mm)	Arena	H 57	38%	40%	42%	44%	46%	ACI - 304 TMN 1"	
									Mín	Máx
3"	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2"	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2"	38	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25	100	97	98	98	98	98	98	100	100
3/4"	19	100	72	83	83	84	84	85	80	88
1/2"	13	100	43	64	66	67	68	69	63	76
3/8"	10	100	25	54	55	57	58	60	55	70
Nº 4	5	100	6	42	44	45	47	49	40	57
Nº 8	2	93	2	36	38	40	42	44	28	47
Nº 16	1	71	1	28	29	30	32	33	18	35
Nº 30	1	44	1	17	18	19	20	21	12	25
Nº 50	0	23	1	9	10	10	11	11	7	15
Nº 100	0	11	1	5	5	5	5	5	3	8
Nº 200	0	5	1	2	2	3	3	3	0	0
Fondo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.57	4.55
M. de Finura		2.57	6.92	5.27	5.18	5.09	5.01	4.92		

Elaboración: los autores

Figura 40. Curvas de la combinación granulométrica de agregados



Elaboración: los autores

En el Anexo 05 se adjunta los resultados de agregados.

4.2.4 Diseño de mezcla

Para la presente Tesis se ha tomado de referencia las recomendaciones dadas por el **código ACI 211.1 (Proporcionamiento de mezclas)**, cuyo código tiene un método de diseño de mezcla con principios y consideraciones técnicas. Asimismo, las consideraciones dadas por el **ACI 304 (Bombeo de concreto)**, en las que se describen los límites de la curva granulométrica de la combinación de agregados finos y gruesos para bombeo de concreto.

Para el desarrollo de los diseños de mezcla e identificación de las características del concreto se procedió a determinar el tipo de concreto para el comparativo de cementos (“Nacional” y “Sol”) definiendo la relación agua/cemento, el huso de piedra y asentamiento según el cuadro siguiente:

Tabla 36. Tipos de concreto a comparar

Tipos de concreto a comparar para ambas marcas de cemento	
Diseño de mezcla N°1	Relación a/c=0.70, piedra Huso 57, slump de 4"-6"
Diseño de mezcla N°2	Relación a/c=0.60, piedra Huso 57, slump de 4"-6"
Diseño de mezcla N°3	Relación a/c=0.50, piedra Huso 57, slump de 4"-6"
Diseño de mezcla N°4	Relación a/c=0.45, piedra Huso 57, slump de 4"-6"

Elaboración: los autores

a) **Diseños de mezcla con el cemento Nacional**

Los datos de los insumos a emplear en los diseños de mezcla son los siguientes:

Tabla 37. Datos del diseño con cemento "Nacional"

Cemento		
Tipo	Cemento Portland Tipo I	
Marca - Procedencia	"Nacional" - Lima	
Peso específico (gr/cm ³)	3.04	
Agua		
Agua potable de la red pública que abastece en Villa el Salvador		
Peso específico (kg/m ³)	1000	
Agregados		
Tipo de Agregado	Arena Fina	Piedra H57
Cantera	Miranda	Agrex
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1630	1592
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1755	1696
Peso específico Saturado superficialmente seco (kg/m ³)	2669	2736
Módulo de finura	2.57	6.92
Tamaño máximo nominal	-	1"
Porcentaje de Absorción (%)	1	0.8
Contenido de humedad (%)	0.92	1.19

Elaboración: los autores

Nota: De acuerdo al cronograma de ensayos, se debe realizar el ensayo de contenido de humedades de los agregados para realizar la corrección por humedad de los diseños.

- **Proporcionamiento de diseño de mezcla $a/c=0.70$ H57 4"-6"**

1º Elección del asentamiento: conforme a las recomendaciones dadas por el Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002) para la elección del asentamiento de acuerdo al tipo de construcción, se optó por emplear un rango de asentamiento de **4"-6"**.

2º Tamaño máximo nominal del agregado: de acuerdo a la elección de los autores, se optó por utilizar el agregado grueso con tamaño máximo nominal de **1" (piedra huso 57)**.

3º Contenido de agua: para la elección del contenido de agua se debe tener en cuenta que está relacionado con el asentamiento que se requiere, en efecto para inicios de prueba podemos utilizar la cantidad de agua requerida recomendada por el ACI 211.1 que está en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del asentamiento requerido. Asimismo, se debe realizar mezclas de prueba para determinar la cantidad de agua a utilizar para cumplir con el intervalo de asentamiento de **4"-6"**.

Según tabla del Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), de acuerdo al asentamiento y tamaño máximo nominal del agregado grueso, se procedió a realizar las mezclas de pruebas con **200 L/m³** de agua (cantidad de agua obtenida interpolando las cantidades de agua recomendada para el tamaño máximo nominal de 1" e intervalo de asentamiento de **4"-6"**).

4º Contenido de aire: el contenido de aire está en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y de las condiciones de exposición. Según las recomendaciones del Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), para concreto

de tamaño máximo nominal de 1" se debe utilizar para el diseño 1.5% de aire atrapado.

Tabla 38. Cantidad de aire atrapado.

Contenido de aire atrapado	
Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Elaboración: los autores

5º Relación agua/cemento (a/c): la relación agua/cemento definida para el diseño de mezcla N°1 es **a/c=0.70**

6º Contenido de cemento:

$$\text{Cemento} = \text{Agua}/0.70$$

$$\text{Cemento} = 200/0.70$$

$$\text{Cemento} = 286 \text{ kg/m}^3$$

7º Selección del agregado fino y grueso: según el Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), de acuerdo al volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, el porcentaje de agregado fino a utilizar sería de 37%; este porcentaje de agregado fino se encuentra fuera de los parámetros permisibles para bombeo de concreto según el código ACI 304.

Bombeo de Concreto ACI 304 (1999) establece que el porcentaje de agregado fino debe estar en el rango de 40% y 57%, teniendo un valor promedio de 48.5% para una curva granulométría de agregado fino y grueso uniforme.

Bombeo de Concreto ACI 304 (1999) explica que para concretos más trabajables se pueden aumentar el porcentaje de agregado fino hasta en 10%.

Según la Combinación granulométrica de agregado fino y grueso a diferentes proporciones de los agregados empleados en el presente estudio, para el diseño de mezcla $a/c=0.70$ H57 4"-6" se utilizara **46% de volumen absoluto de agregado fino y 54% de volumen absoluto de agregado grueso H57**. Se obtiene esta proporción de agregados considerando que se encuentra dentro los límites permisibles para bombeo de concreto según el Código ACI 304 (Bombeo de Concreto).

8º Cálculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar los agregados

$$Cemento = \frac{286}{3.04 * 1000} = 0.09408 \text{ m}^3$$

$$Agua = \frac{200}{1000} = 0.200 \text{ m}^3$$

$$Aire \text{ atrapado} = \frac{1.5}{100} = 0.0150 \text{ m}^3$$

Tabla 39. Volúmenes absolutos del cemento, agua y aire atrapado

Material	Peso específico (kg/m ³)	Peso Saturado superficialmente seco (kg)	Volumen (m ³)
Cemento	3040	286	0.09408
Agua	1000	200	0.2000
Aire atrapado	-	1.5%	0.0150
TOTAL	-	-	0.3091

Elaboración: los autores

9º Cálculo del volumen de agregado fino y grueso

$$\text{Volumen de agregado fino y grueso} = 1 - 0.3091 = 0.6909 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.6909 * 0.46 = 0.3178 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.6909 * 0.54 = 0.3731 \text{ m}^3$$

10º Cálculo en peso del agregado fino y grueso en estado saturado superficialmente seco

$$\text{Agregado fino} = 0.3178 * 2669 = 848 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.3731 * 2736 = 1021 \text{ kg}$$

11º Presentación del diseño en estado saturado superficialmente seco

Tabla 40. Pesos para $a/c=0.70$ H57 4"-6"

Material	Peso saturado superficialmente seco (kg/m ³)
Cemento	286
Agua	200
Agregado fino	848
Agregado grueso	1021
Aire atrapado	1.5%
TOTAL	2355

Elaboración: los autores

12º Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado fino} = \left(\frac{0.92 - 1.00}{100} + 1 \right) * 848 = 848 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = \left(\frac{1.13 - 0.80}{100} + 1 \right) * 1021 = 1024 \text{ kg}$$

13º Aporte de humedad de los agregados

$$\text{Agregado fino} = 0.92 - 1.00 = -0.08\%$$

$$\text{Agregado grueso} = 1.19 - 0.80 = 0.39\%$$

$$\text{Agregado fino} = 848 * \left(-\frac{0.08}{100}\right) = -0.68 \text{ L}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1021 * \left(\frac{0.39}{100}\right) = 3.98 \text{ L}$$

$$\text{Cantidad total de agua} = -0.68 + 3.98 = 3.30 \text{ L}$$

14º Agua de mezcla efectiva

$$\text{Agua efectiva} = 200 - 3.30 = 197 \text{ L}$$

15º Cantidad de materiales corregidas por humedad

Tabla 41. Pesos corregidos por humedad para a/c=0.70 H57 4"-6"

Material	Peso corregido por humedad (kg/m ³)
Cemento	286
Agua	197
Agregado fino	848
Agregado grueso	1024
Aire atrapado	1.5%
TOTAL	2355

Elaboración: los autores

La cantidad de materiales necesarios para realizar los ensayos del concreto en estado fresco, y elaboración de muestras para ensayos de concreto endurecido se debe preparar mezclas de 0.21 m³ de volumen de concreto. La tanda (0.21 m³) deberá ser multiplicado a cada peso corregido por humedad para obtener los pesos a utilizar en la mezclas de concreto.

Al realizar la mezcla con el presente diseño, se tuvo que añadir agua adicional para obtener un asentamiento en el rango de 4"-6"; luego de la reformulación del diseño se repitieron todos los pasos anteriores utilizando 220 litros de agua por metro cúbico (cantidad de agua necesario para obtener un asentamiento en el rango de 4"-6").

16º Contenido de cemento

$$Cemento = Agua/0.70$$

$$Cemento = 220/0.70$$

$$Cemento = 315 \text{ kg/m}^3$$

17º Cálculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar los agregados

$$Cemento = \frac{315}{3.04 * 1000} = 0.1036 \text{ m}^3$$

$$Agua = \frac{220}{1000} = 0.220 \text{ m}^3$$

$$Aire \text{ atrapado} = \frac{1.5}{100} = 0.0150 \text{ m}^3$$

Tabla 42. Volúmenes absolutos del cemento, agua y aire atrapado

Material	Peso específico (kg/m³)	Peso Saturado superficialmente seco (kg)	Volumen (m³)
Cemento	3040	315	0.1036
Agua	1000	220	0.2200
Aire atrapado	-	1.5%	0.0150
TOTAL	-	-	0.3386

Elaboración: los autores

18º Cálculo del volumen de agregado fino y grueso

$$\text{Volumen de agregado fino y grueso} = 1 - 0.3386$$

$$\text{Volumen de agregado fino y grueso} = 0.6614 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.6614 * 0.46 = 0.3042 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.6614 * 0.54 = 0.3572 \text{ m}^3$$

19º Cálculo en peso del agregado fino y grueso en estado saturado superficialmente seco

$$\text{Agregado fino} = 0.3042 * 2669 = 812 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.3572 * 2736 = 977 \text{ kg}$$

20º Presentación del diseño en estado saturado superficialmente seco

Tabla 43. Pesos para a/c=0.70 H57 4"-6"

Material	Peso saturado superficialmente seco (kg/m³)
Cemento	315
Agua	220
Agregado fino	812
Agregado grueso	977
Aire atrapado	1.5%
TOTAL	2324

Elaboración: los autores

21º Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado fino} = \left(\frac{0.92 - 1.00}{100} + 1 \right) * 812 = 811 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = \left(\frac{1.13 - 0.80}{100} + 1 \right) * 977 = 980 \text{ kg}$$

22º Aporte de humedad de los agregados

$$\text{Agregado fino} = 0.92 - 1.00 = -0.08\%$$

$$\text{Agregado grueso} = 1.19 - 0.80 = 0.39\%$$

$$\text{Agregado fino} = 812 * \left(-\frac{0.08}{100}\right) = -0.65 \text{ L}$$

$$\text{Agregado grueso} = 977 * \left(\frac{0.39}{100}\right) = 3.81 \text{ L}$$

$$\text{Cantidad total} = -0.65 + 3.81 = 3.16 \text{ L}$$

23º Agua de mezcla efectiva:

$$\text{Agua efectiva} = 220 - 3.16 = 217 \text{ L}$$

24º Cantidad de materiales corregidas por humedad:

Tabla 44. Pesos corregidos por humedad para a/c=0.70 H57 4"-6"

Material	Peso corregido por humedad (kg/m³)
Cemento	315
Agua	217
Agregado fino	811
Agregado grueso	980
Aire atrapado	1.5%
TOTAL	2324

Elaboración: los autores

La cantidad de materiales necesarios para realizar los ensayos del concreto en estado fresco y muestras para los ensayos de concreto en estado endurecido se debe preparar mezclas de 0.21 m³ de volumen de concreto. La tanda (0.21 m³) deberá ser multiplicado a cada peso corregido por humedad para obtener los pesos a utilizar en la mezclas de concreto.

Análogamente, repetimos el procedimiento para los diseños $a/c=0.60$ H57 4"-6", $a/c=0.50$ H57 4"-6" y $a/c=0.45$ H57 4"-6" utilizando 46% agregado fino por volumen absoluto, según combinación granulométrica de agregados finos y gruesos de los agregados utilizados para el presente estudio. Se tiene como consolidado final para los diseños con el cemento Nacional según la siguiente tabla:

Tabla 45. Diseños para el cemento "Nacional"

Peso saturado superficialmente seco (kg/m³)				
Diseños	a/c=0.70 H57 4"-6"	a/c=0.60 H57 4"-6"	a/c=0.50 H57 4"-6"	a/c=0.45 H57 4"-6"
Cemento	315.00	365.00	450.00	530.00
Agua	220.00	220.00	225.00	240.00
Agregado fino	812.00	757.38	686.01	533.08
Agregado grueso	977.15	988.14	971.13	1014.86
Aire atrapado	1.5%	1.5%	1.50%	1.50%
TOTAL	2324.17	2330.54	2332.14	2317.95

Elaboración: los autores

Para la ejecución de las mezclas de concreto se deberá realizar la corrección por humedad de los agregados, multiplicando luego por la tanda de mezcla (en este caso 0.21 m³ para todos lo comparativos).

b) Diseños de mezcla con el cemento Sol

Se repite todos los procedimientos utilizados para los diseños del cemento Nacional, usando el cemento "Sol". En este caso se debe tener en cuenta que el pesos específico a utilizar es: 3.12 gr/cm³. Los diseños obtenidos con el cemento Sol se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 46. Diseños para el cemento "Sol"

Peso saturado superficialmente seco (kg/m³)				
Diseños	a/c=0.70 H57 4"-6"	a/c=0.60 H57 4"-6"	a/c=0.50 H57 4"-6"	a/c=0.45 H57 4"-6"
Cemento	315.00	365.00	450.00	530.00
Agua	220.00	220.00	225.00	240.00
Agregado fino	815.27	761.00	690.26	541.93
Agregado grueso	981.08	992.86	977.15	1031.70
Aire atrapado	1.5%	1.5%	1.50%	1.50%
TOTAL	2331.36	2338.87	2342.43	2343.64

Elaboración: los autores

En el Anexo 06 se adjunta los diseños de mezclas utilizados para cada estudio comparativo.

En el Anexo 11 se adjunta el panel fotográfico de los ensayos realizados en el laboratorio.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La información resultante de los ensayos de laboratorio es la parte más importante de la tesis, ya que a partir de ellos se obtienen las conclusiones y recomendaciones acerca del comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos en estudio.

En este capítulo se presentan los resultados, mediante tablas y gráficos, y se analizan para poder comparar el concreto elaborado con el cemento “Nacional” con respecto al concreto elaborado con cemento “Sol”, y determinar si el cemento “Nacional” es una buena alternativa en el mercado.

5.1 Contraste de la hipótesis

5.1.1 Hipótesis general

a) Hipótesis alterna (Ha)

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tienen mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

b) Hipótesis Nula (Ho)

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tienen mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

5.1.2 Hipótesis específicas

Hipótesis alterna 1 (H1):

La consistencia del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis Nula 1 (Ho):

La consistencia del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis alterna 2 (H2):

El contenido de aire del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis Nula 2 (Ho):

El contenido de aire del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis alterna 3 (H3):

La temperatura del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis Nula 3 (Ho):

La temperatura del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis alterna 4 (H4):

La fragua del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis Nula 4 (Ho):

La fragua del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis alterna 5 (H5):

La resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis Nula 5 (Ho):

La resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis alterna 6 (H6):

La resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis Nula 6 (Ho):

La resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis alterna 7 (H7):

La resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento “Nacional” **tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

Hipótesis Nula 7 (Ho):

La resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento “Nacional” **no tiene mejor desempeño** que el concreto dosificado con cemento “Sol”.

5.2 Análisis de los ensayos de laboratorio

a) Consistencia del concreto

Las siguientes tablas y figuras muestran las lecturas de la consistencia para cada diseño de mezcla en comparación.

Tabla 47. Consistencia para $a/c=0.70$ H57 4"-6"

PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO			
Diseño	$a/c=0.70$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	$a/c=0.70$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Tiempo (min)	Slump (cm)	Slump (cm)	Δ (cm)
0	16,5	13,5	3,0
30	12,0	11,5	0,5
60	7,5	8,0	-0,5
90	4,0	5,0	-1,0

Elaboración: los autores

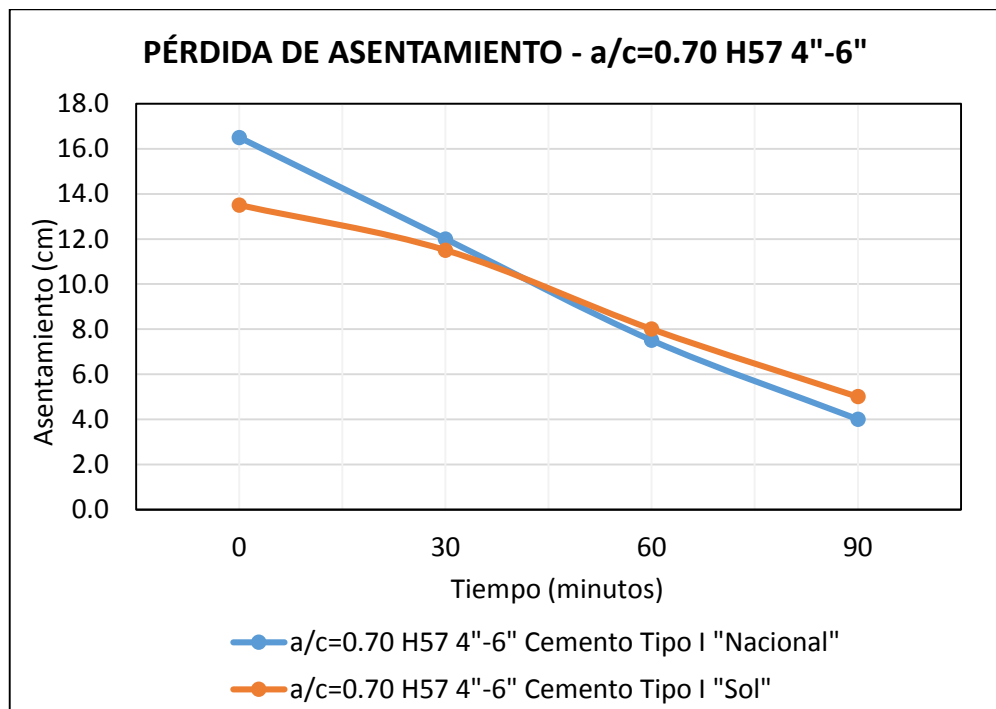


Figura 41. Pérdida de trabajabilidad para $a/c=0.70$ H57 4"-6"

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 47 se interpreta que la consistencia inicial para el diseño $a/c=0.70$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **22.2%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 1 (H1).

Tabla 48. Consistencia para $a/c=0.60$ H57 4"-6"

PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO			
Diseño	$a/c=0.60$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	$a/c=0.60$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Tiempo (min)	Slump (cm)	Slump (cm)	Δ (cm)
0	15,5	14	1,5
30	12,5	10,0	2,5
60	8,5	8,0	0,5
90	6,0	5,0	1,0

Elaboración: los autores

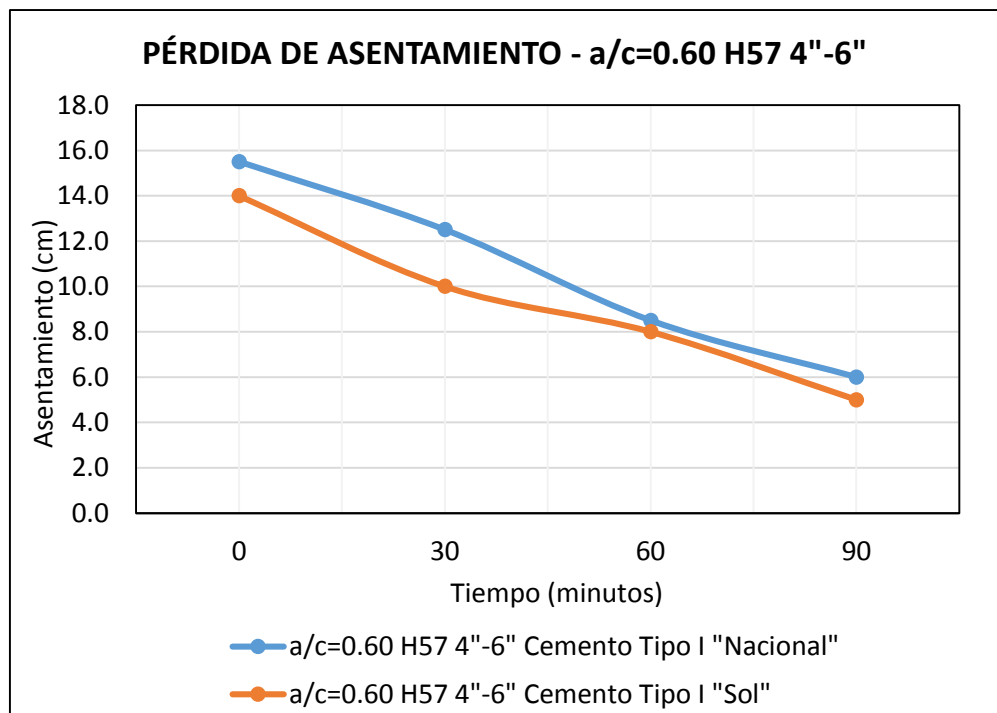


Figura 42. Pérdida de trabajabilidad para $a/c=0.60$ H57 4"-6"

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 48 se interpreta que la consistencia inicial para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **10.7%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se acepta la hipótesis alterna 1 (H1).

Tabla 49. Consistencia para $a/c=0.50$ H57 4"-6"

PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO			
Diseño	$a/c=0.50$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	$a/c=0.50$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Tiempo (min)	Slump (cm)	Slump (cm)	Δ (cm)
0	14.5	15	-0.5
30	10.5	11.5	-1.0
60	7.5	8.0	-0.5
90	4.0	3.0	1.0

Elaboración: los autores

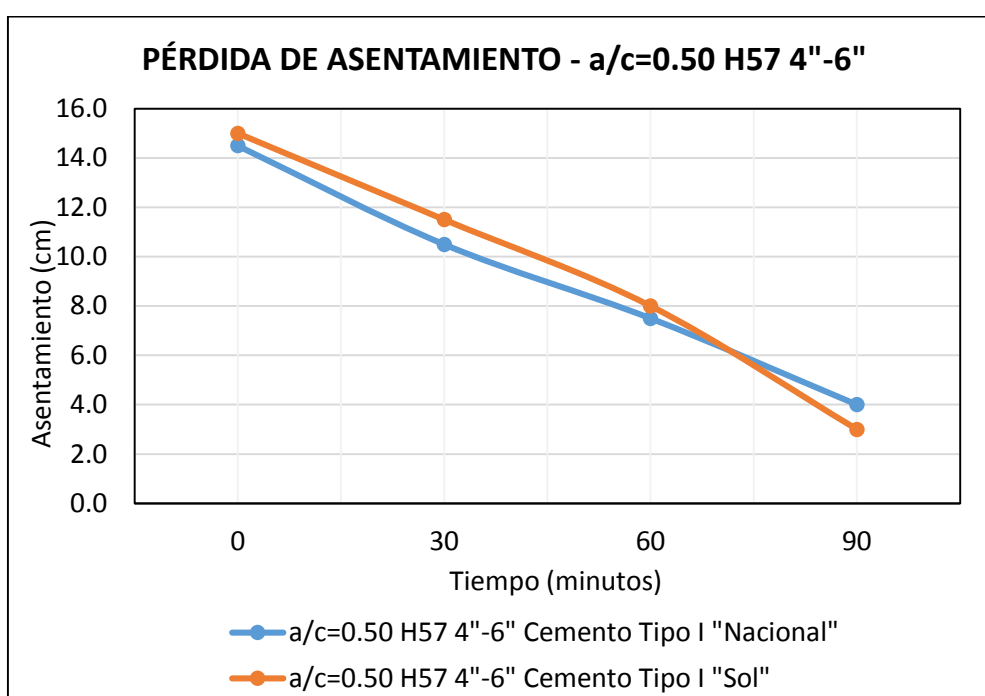


Figura 43. Perdida de trabajabilidad para $a/c=0.50$ H57 4"-6"

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 49 se interpreta que la consistencia inicial para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es menor en **3.3%** respecto al diseño con cemento "Sol"; se rechaza la hipótesis alterna 1 (H1).

Tabla 50. Consistencia para a/c=0.45 H57 4"-6"

PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO			
Diseño	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Tiempo (min)	Slump (cm)	Slump (cm)	Δ (cm)
0	13.5	14.0	-0.5
30	10.0	10.0	0.0
60	6.5	5.0	1.5

Elaboración: los autores

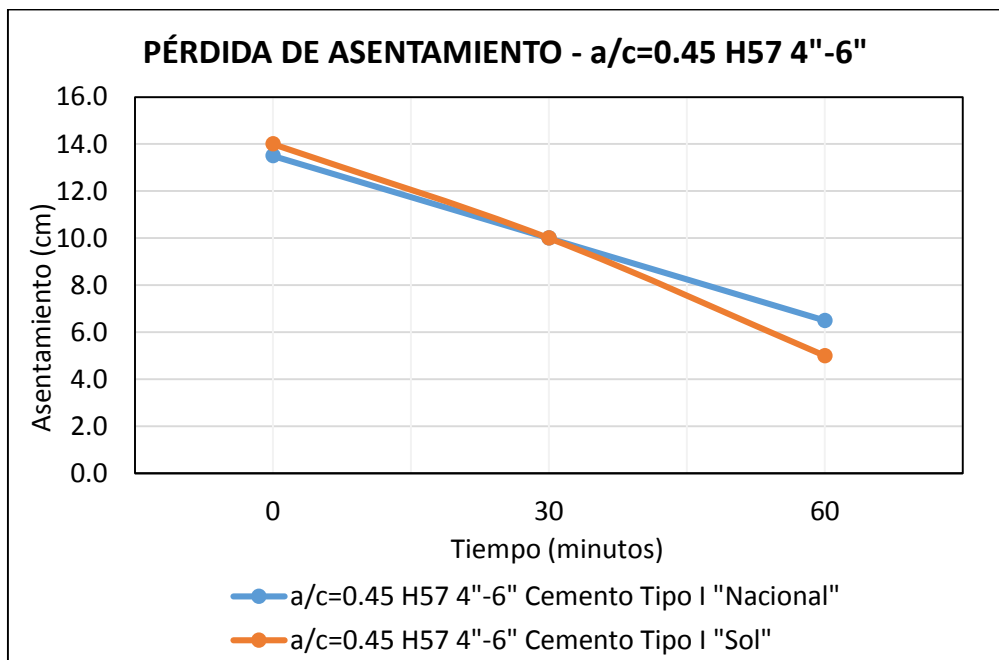


Figura 44. Pérdida de trabajabilidad para a/c=0.45 H57 4"-6"

Fuente: Elaboración propia
Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 50 se interpreta que la consistencia inicial para el diseño a/c=0.45 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es menor en **3.6%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se rechaza la hipótesis alterna 1 (H1).

b) Contenido de aire del concreto

Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados del contenido de aire para cada diseño de mezcla en comparación.

Tabla 51. Contenido de aire para a/c=0.70 H57 4"-6"

CONTENIDO DEL AIRE			
Diseño	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
%Aire	1.40%	1.50%	-0.10%

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 51 se interpreta que el contenido de aire para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es menor en **6.7%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 2 (H2).

Tabla 52. Contenido de aire para a/c=0.60 H57 4"-6"

CONTENIDO DEL AIRE			
Diseño	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
%Aire	1.60%	1.40%	0.20%

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 52 se interpreta que el contenido de aire para el diseño a/c=0.60 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **14.3%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se rechaza la hipótesis alterna 2 (H2).

Tabla 53. Contenido de aire para a/c=0.50 H57 4"-6"

CONTENIDO DEL AIRE			
Diseño	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
%Aire	1.80%	1.60%	0.20%

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 53 se interpreta que el contenido de aire para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **12.5%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se rechaza la hipótesis alterna 2 (H2).

Tabla 54. Contenido de aire para $a/c=0.45$ H57 4"-6"

CONTENIDO DEL AIRE			
Diseño	$a/c=0.45$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	$a/c=0.45$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
%Aire	1.30%	1.50%	-0.20%

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 54 se interpreta que el contenido de aire para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es menor en **13.3%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 2 (H2).

c) **Temperatura inicial del concreto**

Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados de la temperatura inicial del concreto.

Tabla 55. Temperatura del concreto para $a/c=0.70$ H57 4"-6"

TEMPERATURA DEL CONCRETO			
Diseño	$a/c=0.70$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	$a/c=0.70$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
T (°C)	21.60	21.70	-0.10

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 55 se interpreta que la temperatura del concreto para el diseño $a/c=0.70$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es menor en **0.5%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se acepta la hipótesis alterna 3 (H3).

Tabla 56. Temperatura del concreto para a/c=0.60 H57 4"-6"

TEMPERATURA DEL CONCRETO			
Diseño	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
T (°C)	23.90	24.80	-0.90

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 56 se interpreta que la temperatura del concreto para el diseño a/c=0.60 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es menor en **3.6%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 3 (H3).

Tabla 57. Temperatura del concreto para a/c=0.50 H57 4"-6"

TEMPERATURA DEL CONCRETO			
Diseño	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
T (°C)	25.00	25.10	-0.10

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 57 se interpreta que la temperatura del concreto para el diseño a/c=0.50 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es menor en **0.4%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 3 (H3).

Tabla 58. Temperatura del concreto para a/c=0.45 H57 4"-6"

TEMPERATURA DEL CONCRETO			
Diseño	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (%)
T (°C)	24.60	24.70	-0.10

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 58 se interpreta que la temperatura del concreto para el diseño a/c=0.45 H57 4"-6" dosificado con cemento

“Nacional” es menor en **0.4%** respecto al diseño dosificado con cemento “Sol”; se acepta la hipótesis alterna 3 (H3).

d) Fragua del concreto

Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados de fragua del concreto

Tabla 59. Fragua del concreto para a/c=0.70 H57 4"-6"

FRAGUA DEL CONCRETO			
Diseño	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (hh:mm)
Fragua Inicial (HH:MM)	04:59	04:46	00:13
Fragua Final (HH:MM)	06:25	06:15	00:10

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 59 se interpreta que la fragua final del concreto para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento “Nacional” es mayor en **2.7%** respecto al diseño dosificado con cemento “Sol”; se acepta la hipótesis alterna 4 (H4).

Tabla 60. Fragua del concreto para a/c=0.60 H57 4"-6"

FRAGUA DEL CONCRETO			
Diseño	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Δ (hh:mm)
Fragua Inicial (HH:MM)	04:51	04:36	00:15
Fragua Final (HH:MM)	06:35	06:18	00:17

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 60 se interpreta que la fragua final del concreto para el diseño a/c=0.60 H57 4"-6" dosificado con cemento

“Nacional” es mayor en **4.5%** respecto al diseño dosificado con cemento “Sol”; se acepta la hipótesis alterna 4 (H4).

Tabla 61. Fragua del concreto para $a/c=0.50$ H57 4"-6"

FRAGUA DEL CONCRETO			
Diseño	$a/c=0.50$ H57 4"-6" Cemento Tipo I “Nacional”	$a/c=0.50$ H57 4"-6" Cemento Tipo I “Sol”	Δ (hh:mm)
Fragua Inicial (HH:MM)	04:13	04:07	00:06
Fragua Final (HH:MM)	05:38	05:34	00:04

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 61 se interpreta que la fragua final del concreto para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento “Nacional” es mayor en **1.2%** respecto al diseño dosificado con cemento “Sol”; se acepta la hipótesis alterna 4 (H4).

Tabla 62. Fragua del concreto para $a/c=0.45$ H57 4"-6"

FRAGUA DEL CONCRETO			
Diseño	$a/c=0.45$ H57 4"-6" Cemento Tipo I “Nacional”	$a/c=0.45$ H57 4"-6" Cemento Tipo I “Sol”	Δ (hh:mm)
Fragua Inicial (HH:MM)	04:10	04:09	00:01
Fragua Final (HH:MM)	05:39	05:45	-00:06

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 62 se interpreta que la fragua final del concreto para el diseño $a/c=0.45$ H57 4"-6" dosificado con cemento “Nacional” es menor en **1.7%** respecto al diseño dosificado con cemento “Sol”; se rechaza la hipótesis alterna 4 (H4).

e) **Resistencia a la compresión**

Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados de resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla en comparación.

Tabla 63. Resistencia a la compresión para $a/c=0.70$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Diseño	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm²)	f'c promedio (kg/cm²)	Δ (kg/cm²)
3	173.84	172.02	1.8
7	223.26	214.69	8.6
28	301.92	290.63	11.3
56	327.65	311.00	16.7
90	330.55	323.31	7.2

Elaboración: los autores

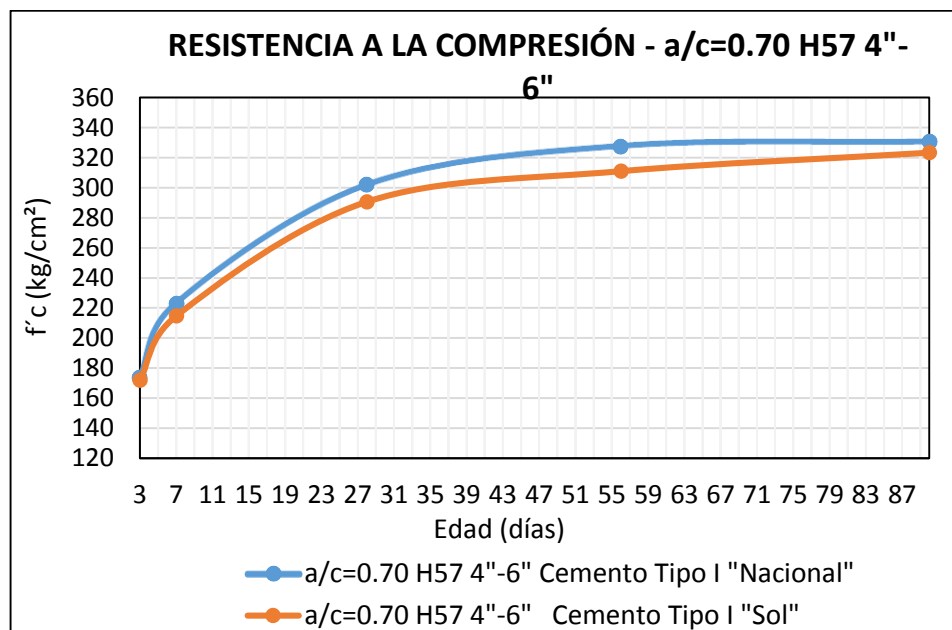


Figura 45. Resistencia a la compresión para $a/c=0.70$

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 63 se interpreta que la resistencia a la compresión a 3 días para el diseño $a/c=0.70$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en 1.1% respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 63 se interpreta que la resistencia a la compresión a 7 días para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **4.0%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 63 se interpreta que la resistencia a la compresión a 28 días para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **3.9%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 63 se interpreta que la resistencia a la compresión a 56 días para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **5.4%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 63 se interpreta que la resistencia a la compresión a 90 días para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **2.2%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Tabla 64. Resistencia a la compresión para a/c=0.60

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Diseño	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm²)	f'c promedio (kg/cm²)	Δ (kg/cm²)
3	198.32	193.01	5.3
7	282.18	273.82	8.4
28	334.39	305.26	29.1
56	374.42	344.74	29.7
90	384.57	351.58	33.0

Elaboración: los autores

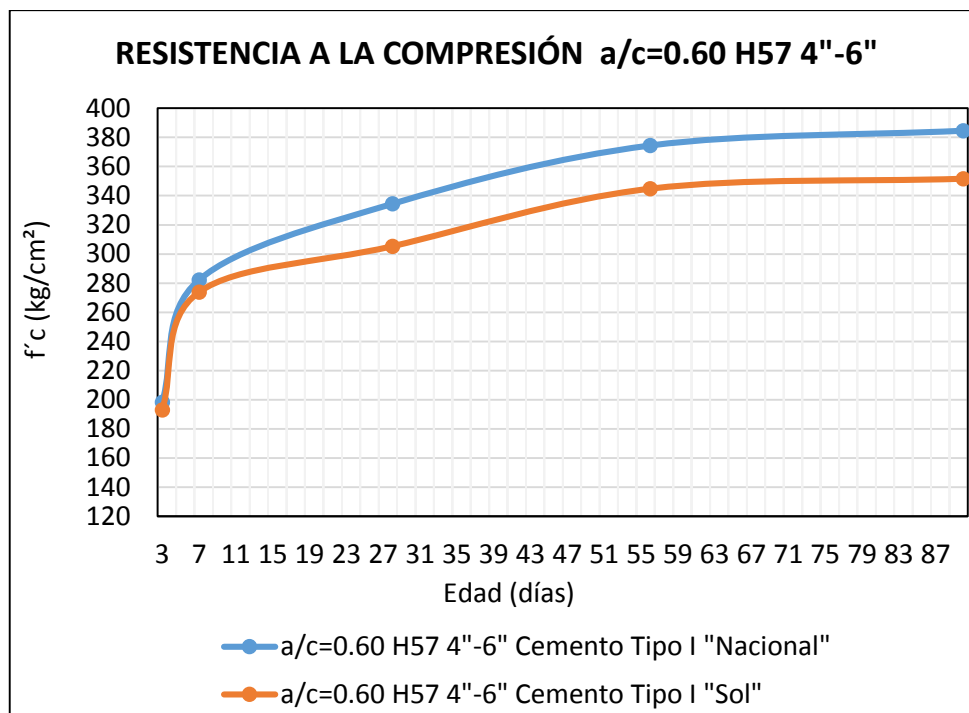


Figura 46. Resistencia a la compresión para $a/c=0.60$
Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 64 se interpreta que la resistencia a la compresión a 3 días para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **2.8%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 64 se interpreta que la resistencia a la compresión a 7 días para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **3.1%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 64 se interpreta que la resistencia a la compresión a 28 días para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **9.5%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 64 se interpreta que la resistencia a la compresión a 56 días para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado

con cemento "Nacional" es mayor en **8.6%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 64 se interpreta que la resistencia a la compresión a 90 días para el diseño a/c=0.60 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **9.4%** respecto al diseño dosificado con cemento Sol; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Tabla 65. Resistencia a la compresión para a/c=0.50

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Diseño	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)
3	300.98	294.13	6.9
7	350.26	344.12	6.1
28	414.91	400.19	14.7
56	430.05	419.11	10.9
90	469.27	433.07	36.2

Elaboración: los autores

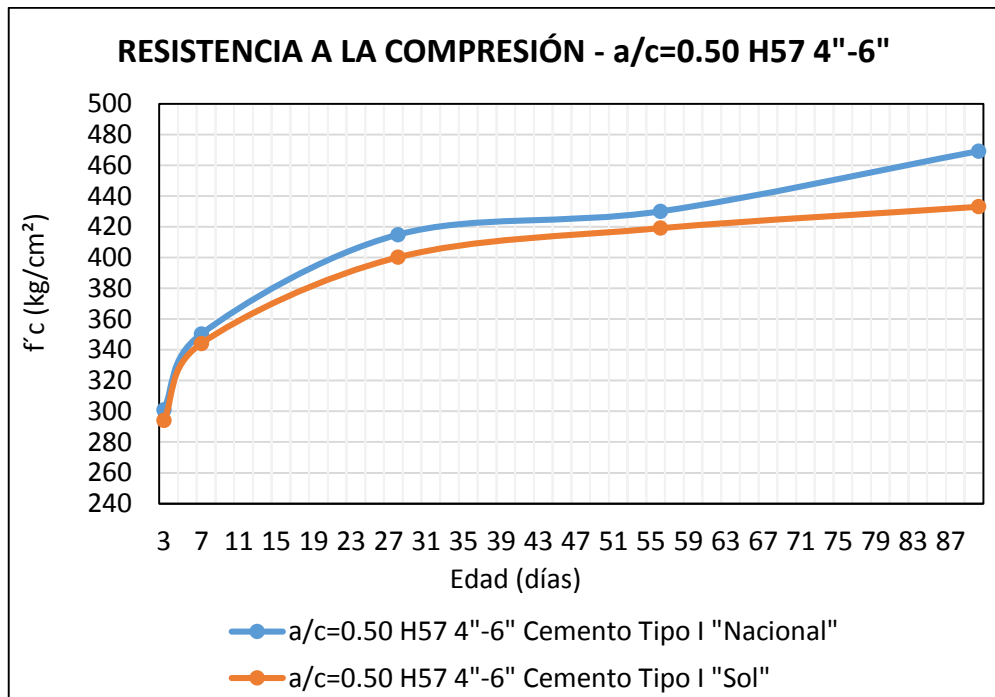


Figura 47. Resistencia a la compresión para a/c=0.50

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 65 se interpreta que la resistencia a la compresión a 3 días para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **2.3%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 65 se interpreta que la resistencia a la compresión a 7 días para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **1.8%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 65 se interpreta que la resistencia a la compresión a 28 días para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **3.7%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 65 se interpreta que la resistencia a la compresión a 56 días para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **2.6%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 65 se interpreta que la resistencia a la compresión a 90 días para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **8.4%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Tabla 66. Resistencia a la compresión para $a/c=0.45$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Diseño	$a/c=0.45$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	$a/c=0.45$ H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)
3	335.35	317.89	17.5
7	396.56	366.37	30.2
28	448.02	426.60	21.4
56	496.60	440.30	56.3
90	556.04	531.88	24.2

Elaboración: los autores

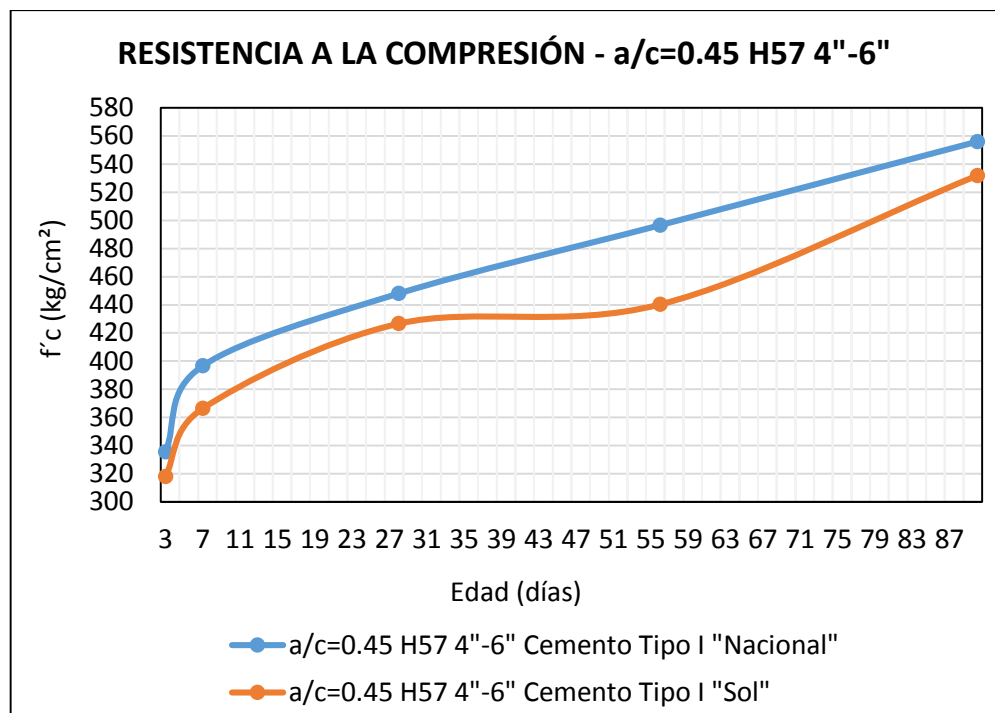


Figura 48. Resistencia a la compresión para $a/c=0.45$

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 66 se interpreta que la resistencia a la compresión a 3 días para el diseño $a/c=0.45$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **5.5%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 66 se interpreta que la resistencia a la compresión a 7 días para el diseño $a/c=0.45$ H57 4"-6" dosificado

con cemento "Nacional" es mayor en **8.2%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 66 se interpreta que la resistencia a la compresión a 28 días para el diseño a/c=0.45 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **5.0%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 66 se interpreta que la resistencia a la compresión a 56 días para el diseño a/c=0.45 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **12.8%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

Interpretación: de la Tabla 66 se interpreta que la resistencia a la compresión a 90 días para el diseño a/c=0.45 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **4.5%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 5 (H5).

f) Resistencia a la flexión

Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados de resistencia a la flexión para cada diseño de mezcla en comparación.

Tabla 67. Resistencia a la flexión para a/c=0.70

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
Diseño	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm²)	f'c promedio (kg/cm²)	Δ (kg/cm²)
7	30.63	28.27	2.4
28	43.16	36.11	7.1

Elaboración: los autores

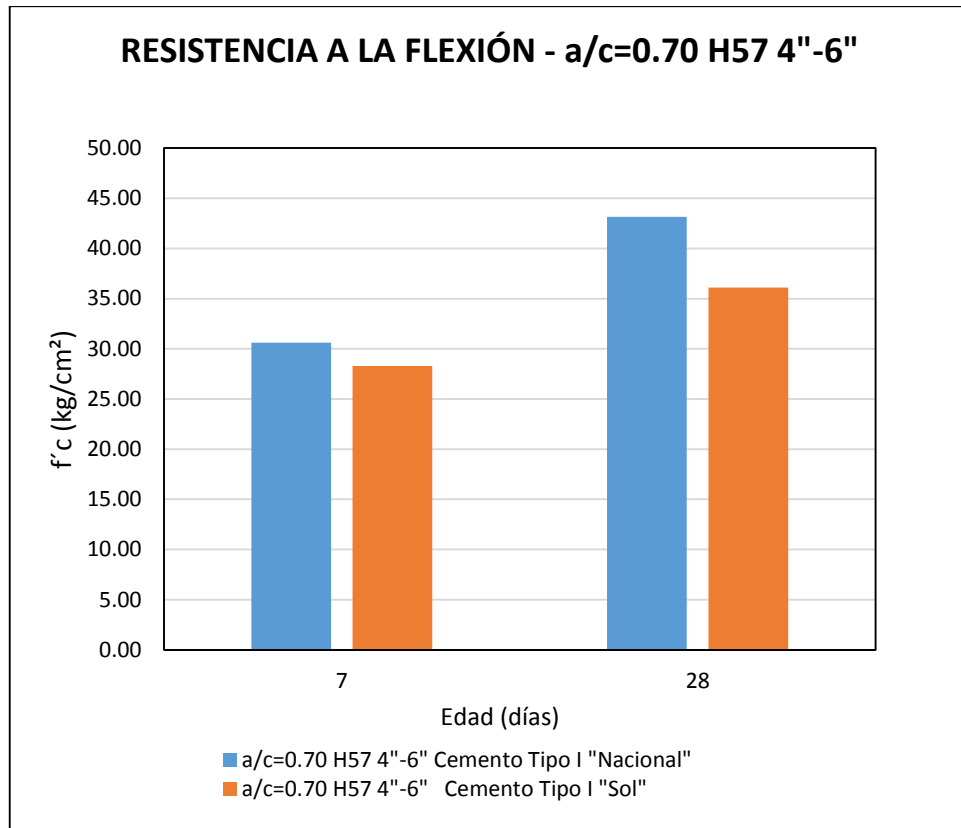


Figura 49. Resistencia a la flexión para a/c=0.70
Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 67 se interpreta que la resistencia a la flexión a 7 días para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **8.3%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

Interpretación: de la Tabla 67 se interpreta que la resistencia a la flexión a 28 días para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **19.5%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

Tabla 68. Resistencia a la flexión para $a/c=0.60$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL			
Diseño	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)
7	40.76	38.64	2.1
28	49.88	44.53	5.4

Elaboración: los autores

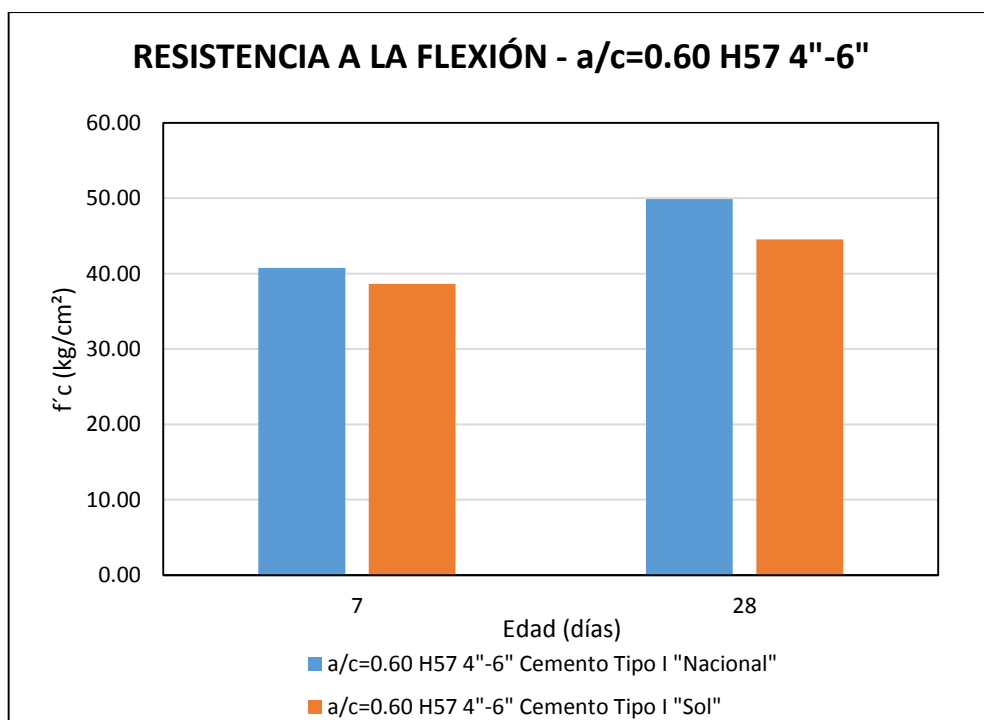


Figura 50. Resistencia a la flexión para $a/c=0.60$

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 68 se interpreta que la resistencia a la flexión a 7 días para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **5.5%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

Interpretación: de la Tabla 68 se interpreta que la resistencia a la flexión a 28 días para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **12.0%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

Tabla 69. Resistencia a la flexión para $a/c=0.50$

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
Diseño	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)
7	47.26	42.43	4.8
28	50.99	48.60	2.4

Elaboración: los autores

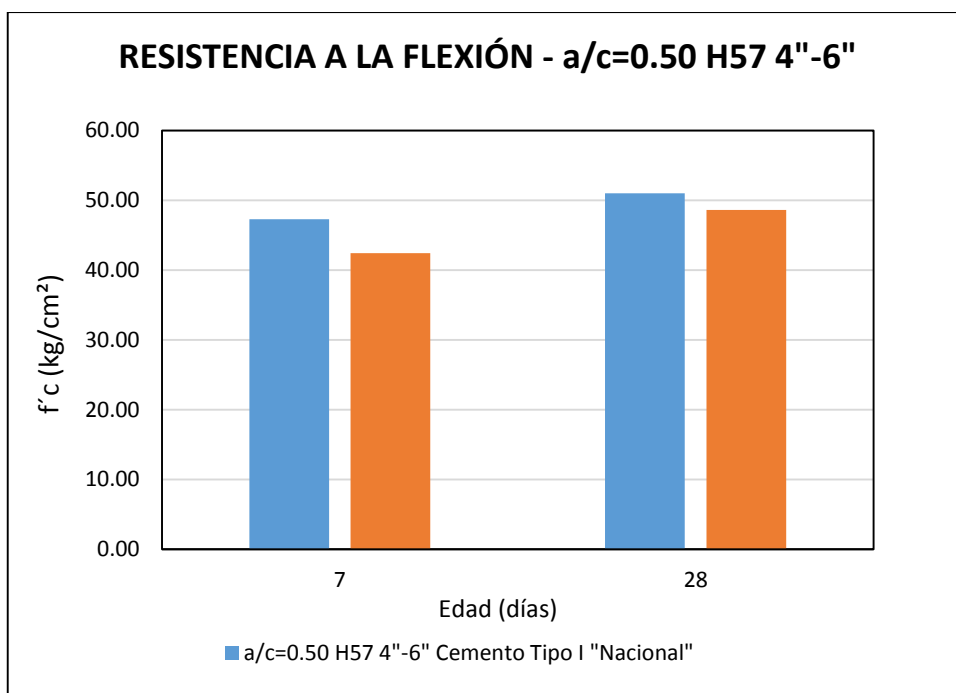


Figura 51. Resistencia a la flexión para $a/c=0.50$

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 69 se interpreta que la resistencia a la flexión a 7 días para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **11.4%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

Interpretación: de la Tabla 69 se interpreta que la resistencia a la flexión a 28 días para el diseño $a/c=0.50$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **4.9%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

Tabla 70. Resistencia a la flexión para $a/c=0.45$

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
Diseño	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)
7	49.28	43.37	5.9
28	57.20	55.51	1.7

Elaboración: los autores

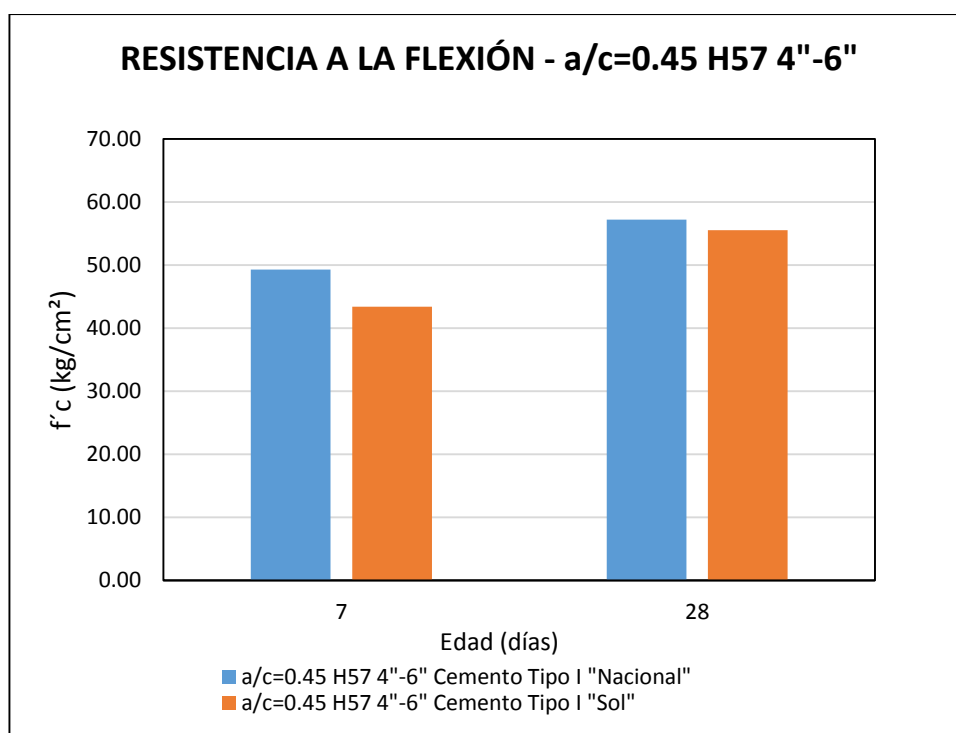


Figura 52. Resistencia a la flexión para $a/c=0.45$

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 70 se interpreta que la resistencia a la flexión a 7 días para el diseño $a/c=0.45$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **13.6%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

Interpretación: de la Tabla 70 se interpreta que la resistencia a la flexión a 28 días para el diseño $a/c=0.45$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **3.0%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 6 (H6).

g) Resistencia a la compresión diametral

Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados de resistencia a la compresión diametral para cada diseño de mezcla en comparación.

Tabla 71. Resistencia a la compresión diametral para a/c=0.70

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL			
Diseño	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.70 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm²)	f'c promedio (kg/cm²)	Δ (kg/cm²)
28	20.10	17.70	2.4

Elaboración: los autores

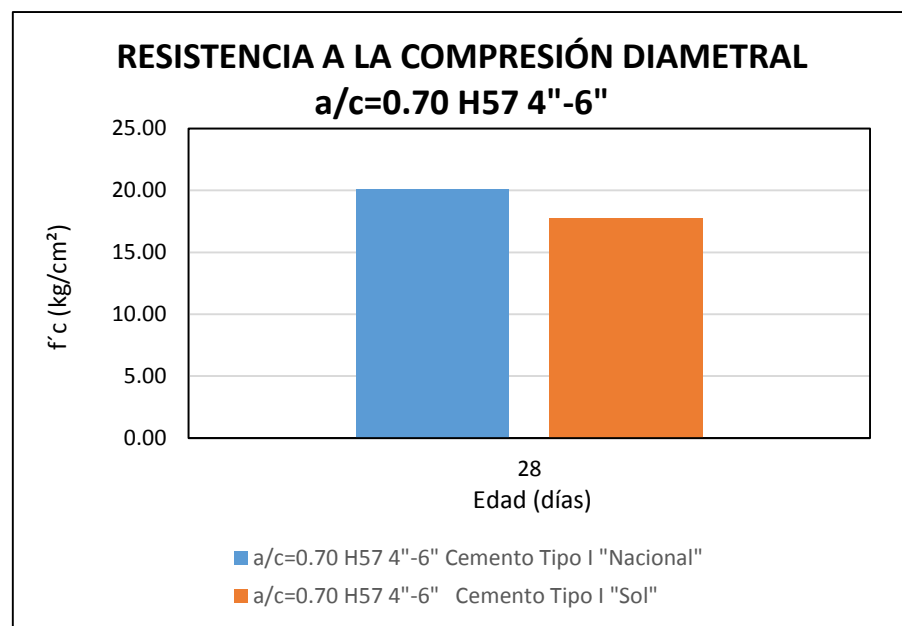


Figura 53. Resistencia a la compresión diametral para a/c=0.70

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 71 se interpreta que la resistencia a la compresión diametral a 28 días para el diseño a/c=0.70 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **13.6%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 7 (H7).

Tabla 72. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.60$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL			
Diseño	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.60 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm²)	f'c promedio (kg/cm²)	Δ (kg/cm²)
28	20.61	18.03	2.6

Elaboración: los autores

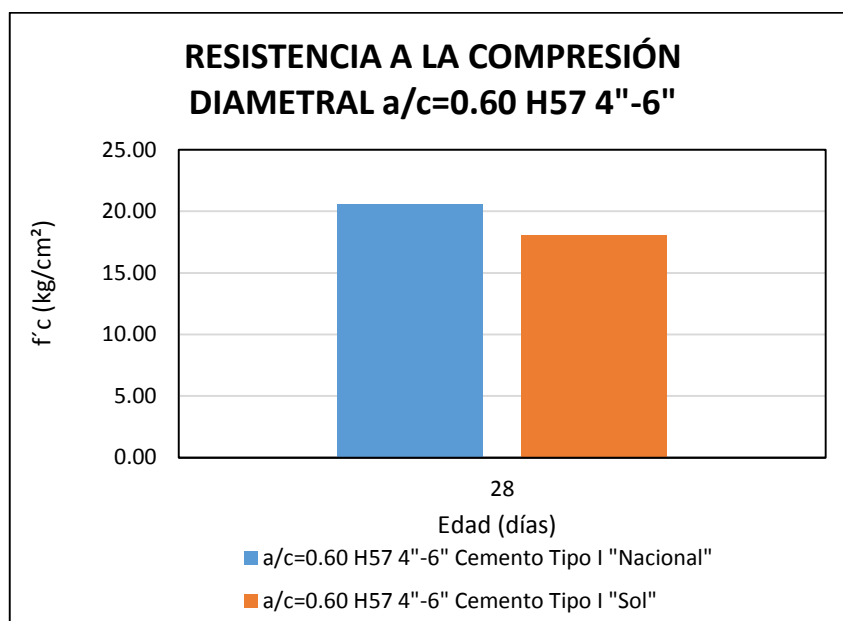


Figura 54. Resistencia a la compresión diametral para $a/c=0.60$

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 72 se interpreta que la resistencia a la compresión diametral a 28 días para el diseño $a/c=0.60$ H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **14.3%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 7 (H7).

Tabla 73. Resistencia a la compresión diametral para a/c=0.50

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL			
Diseño	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.50 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)
28	21.93	19.13	2.8

Elaboración: los autores

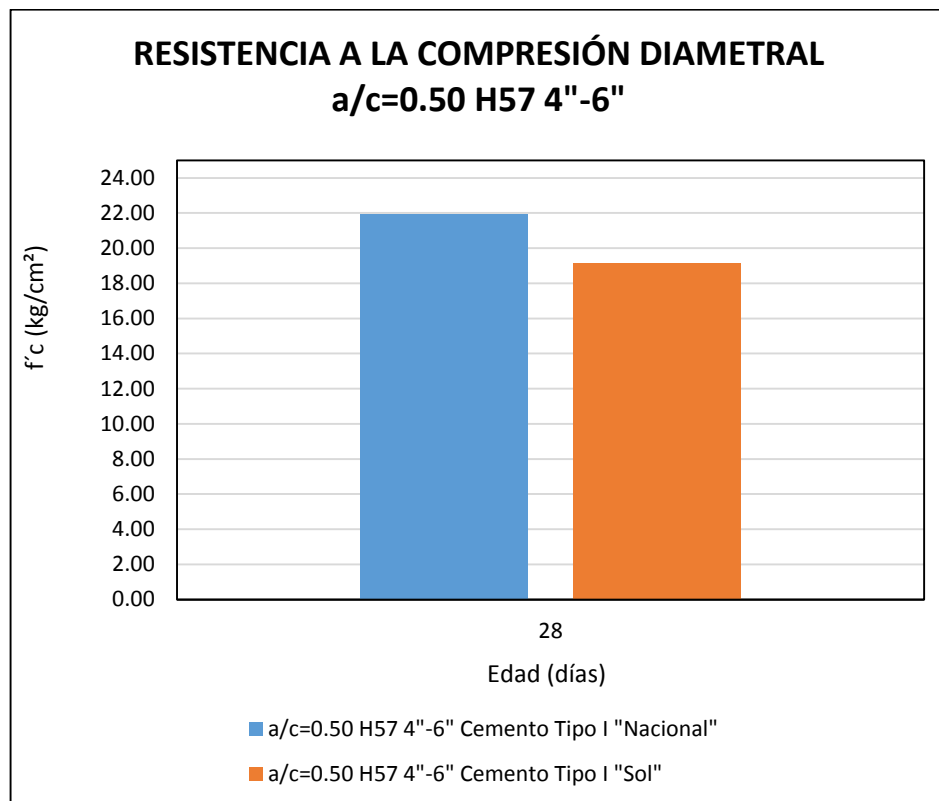


Figura 55. Resistencia a la compresión diametral para a/c=0.50

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 73 se interpreta que la resistencia a la compresión diametral a 28 días para el diseño a/c=0.50 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **14.6%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 7 (H7).

Tabla 74. Resistencia a la compresión diametral para a/c=0.45

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL			
Diseño	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Nacional"	a/c=0.45 H57 4"-6" Cemento Tipo I "Sol"	Diferencia
Edad (días)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)
28	23.94	20.53	3.4

Elaboración: los autores

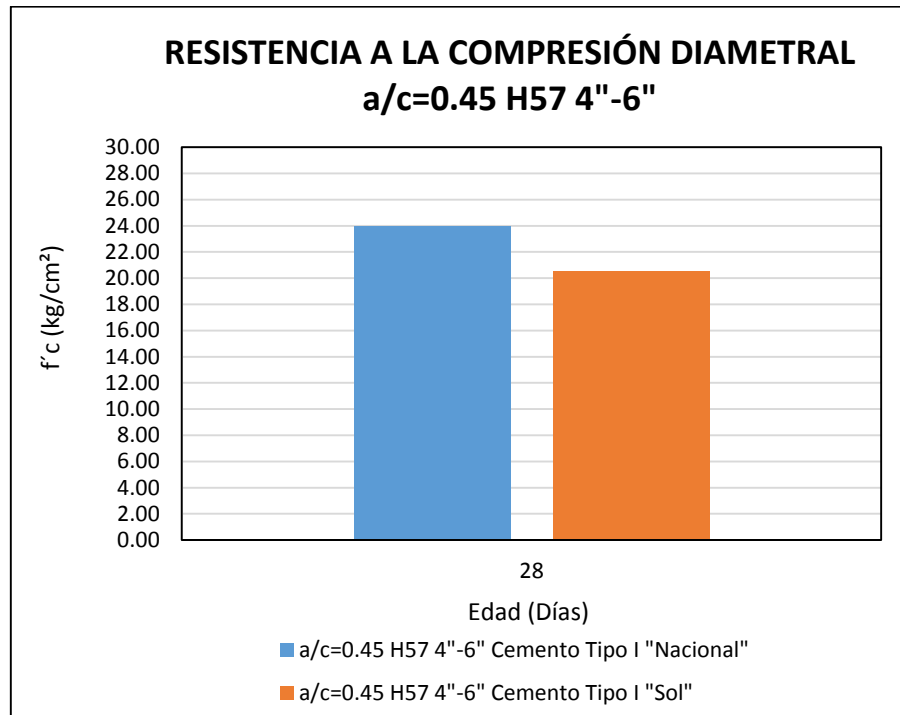


Figura 56. Resistencia a la compresión diametral para a/c=0.45

Elaboración: los autores

Interpretación: de la Tabla 74 se interpreta que la resistencia a la compresión diametral a 28 días para el diseño a/c=0.45 H57 4"-6" dosificado con cemento "Nacional" es mayor en **16.6%** respecto al diseño dosificado con cemento "Sol"; se acepta la hipótesis alterna 7 (H7).

En el Anexo 07 se adjunta las curvas de las fraguas obtenidas en cada comparativo de los diseños de mezclas ensayados.

En el Anexo 09 se adjunta el consolidado de resultados de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” y del concreto dosificado con cemento “Sol”.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

La presente tesis ha tenido como uno de sus propósitos principales dar a conocer las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional”, concluyendo luego de un análisis e interpretación de resultados las ventajas respecto al concreto dosificado con cemento Sol.

El proceso comparativo se realizó tomando las siguientes consideraciones: evaluación bajo las mismas condiciones, caracterización del diseño de mezcla a utilizar en cada comparativo según la relación agua/cemento a emplear, uso de las propiedades de cada material y realización de los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido.

Para realizar el contraste de la hipótesis se realizaron los siguientes ensayos:

- **Ensayo de concreto fresco:** consistencia, contenido de aire, temperatura y fragua.
- **Ensayo de concreto endurecido:** resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión diametral.

Luego, se realizó el análisis e interpretación de resultados para cada ensayo ejecutado con el objetivo de poder cuantificar las diferencias que

existen en las propiedades de los concretos dosificados con cemento “Nacional” y cemento Sol.

Con el propósito de discutir los resultados de cada ensayo podemos indicar lo siguiente:

- **Consistencia del concreto:** se obtuvieron resultados para los primeros comparativos a favor del cemento “Nacional” y en los dos siguientes comparativos a favor del cemento Sol, considerando los porcentajes cuantificados para cada comparativo, de los cuales se tiene como promedio que el cemento “Nacional” es mayor en 6.2% respecto al cemento Sol.

Existen diversas teorías sobre la variación que pueda existir en la consistencia, teniendo en cuenta que puede ser mayor al tener variación en el módulo de finura, textura y granulometría del agregado; además, de las características físicas del cemento, entre otros factores importantes. En este caso, los diseños de mezcla se han empleado con un mismo agregado para todos los comparativos, por lo tanto se puede inferir que la variación de la consistencia se debe al requerimiento de agua que necesita el diseño de mezcla para cada tipo de cemento; teniendo en cuenta que si un cemento te ofrece ventajas en la disminución de agua este estaría relacionado a la resistencia mecánica del concreto.

- **Contenido de aire, temperatura y fragua del concreto:** se obtuvieron resultados para cada ensayo en los comparativos realizados para cada tipo de diseño de mezcla que aceptan y rechazan la hipótesis alterna planteada. En este caso, debemos considerar que la diferencia que se presenta en los resultados para cada ensayo no son considerables como para inferir que pueda tener un impacto importante en las propiedades finales del concreto en estado endurecido. Por lo tanto, debemos tener en cuenta que las

diferencias presentadas son similares para cada ensayo con ambos tipos de cemento.

- **Resistencia a la compresión, flexión, y compresión diametral:** si se tiene en cuenta que los resultados obtenidos de los ensayos en concreto en estado fresco no han presentado variación significativa que pueda ser un indicador de las variaciones en las propiedades del concreto en estado endurecido, favoreciendo nuestro estudio nos permite definir nuestras conclusiones.

Es así, que al analizar los resultados de concreto en estado endurecido, se denota que en todos los comparativos de cada diseño de mezcla el concreto dosificado con cemento “Nacional” presenta mayores resultados respecto al concreto dosificado con el cemento “Sol”. Asimismo, se denota que los resultados de resistencia a la compresión guardan relación con los de la resistencia a la flexión y compresión diametral.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los análisis podemos concluir que el promedio de la **consistencia** obtenida en cada comparativo de los concretos dosificados con cemento “Nacional” es mayor en 6.5% respecto a los concretos dosificados con cemento “Sol”. En efecto, los diseños con cemento “Nacional” optimizan el consumo de agua para cumplir los requisitos de consistencia. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación.
2. El promedio del **contenido de aire** en cada comparativo de los concretos dosificados con cemento “Nacional” es mayor en 6.7% respecto a los dosificados con cemento “Sol”; por tanto, la diferencia promedio del contenido de aire no es significativa en los resultados finales en estado endurecido. Se rechaza la hipótesis de la investigación.
3. El promedio de la **temperatura** inicial en cada comparativo de los concretos dosificados con cemento “Nacional” es menor en 1.2% respecto a los concretos dosificados con cemento “Sol”; considerando que la diferencia existente está relacionada al calor de hidratación de cada cemento, la cual tiene efecto en la fragua del concreto. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación.
4. El promedio **fragua final** en cada comparativo de los concretos dosificado con cemento “Nacional” es mayor en 1.7% respecto a los concretos dosificados con cemento “Sol”. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación.

5. El promedio de **resistencia a la compresión** obtenidos en las diversas edades (3, 7, 28, 56 y 90 días), denota que el concreto dosificado con cemento “Nacional” es mayor respecto al concreto dosificado con cemento “Sol” en 3.3%, 6.7%, 3.8%, 7.2% para el comparativo de las relaciones $a/c=0.70$, $a/c=0.60$, $a/c=0.50$ y $a/c=0.45$ respectivamente. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación.
6. El promedio de **resistencia a la flexión** obtenidos en las diversas edades (7 y 28 días), denota que el concreto dosificado con cemento “Nacional” es mayor respecto al concreto dosificado con cemento “Sol” en 13.9%, 8.8%, 8.2%, 8.3% para el comparativo de las relaciones $a/c=0.70$, $a/c=0.60$, $a/c=0.50$ y $a/c=0.45$ respectivamente. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación.
7. El promedio de **resistencia a la compresión diametral** obtenidos en los 28 días de edad, denota que el concreto dosificado con cemento “Nacional” es mayor respecto al concreto dosificado con cemento “Sol” en 13.6%, 14.3%, 14.6%, 16.6% para el comparativo de las relaciones $a/c=0.70$, $a/c=0.60$, $a/c=0.50$ y $a/c=0.45$ respectivamente. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación.
8. Los resultados obtenidos nos permite determinar dosificaciones de concreto por cada tipo de cemento, para el diseño $a/c=0.70$ H57 4”-6” de acuerdo a la resistencia a la compresión a los 28 días, con el cemento “Nacional” se tiene una eficiencia de **0.96 kg/cm²** y con el cemento “Sol” se tiene una eficiencia de **0.92 kg/cm²**. Entonces, se puede inferir que para un diseño $f'c=210$ kg/cm² a 28 días, de acuerdo tabla de dosificaciones del **cemento “Sol”** se utilizan **8.80 bolsas/m³** de cemento (Anexo 14), con el cemento “Nacional” según su eficiencia se utilizarían **8.43 bolsas/m³** de cemento, equivalente a **4.20%** en menor dosis del cemento “Nacional” respecto al cemento “Sol”.
9. El diseño $a/c=0.60$ H57 4”-6” de acuerdo a la resistencia a la compresión a los 28 días, con el cemento “Nacional” se tiene una eficiencia de **0.92 kg/cm²** y con el cemento “Sol” se tiene una eficiencia de **0.84 kg/cm²**. Entonces, se puede inferir que para un diseño $f'c=280$ kg/cm² a 28 días, de acuerdo tabla de dosificaciones del **cemento “Sol”** se utilizan **10.40 bolsas/m³** de cemento (Anexo 14), con el cemento “Nacional” según su eficiencia se utilizarían **9.50 bolsas/m³** de cemento, equivalente a **8.65 %** en menor dosis del cemento “Nacional” respecto al cemento “Sol”.

10. Finalmente, la investigación determina que las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” es mejor que el concreto dosificado con cemento “Sol” en los ensayos de consistencia, contenido de aire, fragua, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión diametral, excepto en el ensayo de temperatura.

RECOMENDACIONES

1. Tener similar temperatura, para que los resultados sean totalmente representativos, cuando se realicen los ensayos comparativos de diseño de mezcla.
2. Contar con los equipos necesarios y el personal suficiente para realizar los ensayos sin tener ningún tipo de percance que puedan afectar los resultados finales del concreto.
3. Realizar pruebas de diseños de mezclas para determinar las dosificaciones de los materiales según su desempeño.
4. Reformular los diseños de mezcla acorde a los requerimientos de consistencia que se necesitan, considerando que se podrían optimizar el consumo de materiales (agua y cemento).
5. Realizar una investigación de resistencias a edades tempranas, para poder relacionarlos con el tiempo de desencofrado de las estructuras en las obras de construcción civil.
6. Realizar una investigación futura con adiciones minerales (puzolana, fly ash, filler).
7. Ampliar el presente estudio utilizando aditivos reductores de agua de alto rango.

FUENTES DE INFORMACIÓN

ACI (*American Concrete Institute*). (2002). Normas ACI (1era ed.) USA.

Adam M. Neville (2013). Tecnología del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto: Publicaciones Mexicanas.

Alvarez, F. B. (2007, abril 2). *Retrieved septiembre 27, 2013, from* Universidad de Oviedo: <http://www.uniovi.es/usr/fblanco/>.

ASTM (*American Society for Testing and Materials*). (2000). ASTM Normas C (1era ed.) USA.

ASOCEM (Asociación de Productores de cemento). (2008). Boletines Técnicos. Lima - Perú: ASOCEM.

Carrillo, J. S. (1996). Cementos Portland. In F. M. Martin, Degradación y conservación del patrimonio arquitectónico (p. 105). Madrid: *Complutense*.

Goma, F. (1979). El cemento Portland y otros Aglomerantes. Barcelona: técnicos asociados.

Gonzales de la Cotera S, M. (1992). Características físicas y mecánicas del cemento. ASOCEM, Asociación de productores de cemento.

Hidalgo, J. R. (2009). Componentes y procesos químicos del cemento.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). (2001). Normas Técnicas Peruanas. Lima-Perú: 2da Edición.

Kockal, N. U., & Turker, F. (2006). *Effect of environmental conditions on the properties of concretes.*

Kumar Mehta y Paulo Monteiro (1998). Concreto: Estructura, Propiedades y Materiales. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto: Publicaciones Mexicanas.

Samohod A. (2017). Apuntes de clases.

Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. *Portland Cement Association.*

ANEXOS

	Página
ANEXO 01: Matriz de consistencia	158
ANEXO 02: Cronograma de actividades	160
ANEXO 03: Metrado de materiales	162
ANEXO 04: Certificados de los cementos	164
ANEXO 05: Resultados de los agregados	167
ANEXO 06: Diseños de mezclas	173
ANEXO 07: Fraguas de los concretos	182
ANEXO 08: Resistencias mecánicas de los concretos	191
ANEXO 09: Consolidado de resultados finales	196
ANEXO 10: Relación de la resistencia a la compresión del concreto con cemento “nacional” y cemento “sol”	200
ANEXO 11: Panel fotográfico	202
ANEXO 12: Certificados de calibración de los equipos de laboratorio de cemento, agregado y concreto	213
ANEXO 13: Tabla de dosificaciones del cemento sol	215

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 01: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
DESEMPEÑO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" COMPARADO CON EL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"						
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			METODOLOGÍA
			VARIABLES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN	
GENERAL						
¿Cuál es el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	Las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" tienen mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p style="text-align: center;">Tipo de Investigación</p> <p style="text-align: center;">Básica</p> <p>Es básica, porque genera conocimiento al comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", determinando su desempeño a través de ensayos estandarizados de concreto en estado fresco y endurecido</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm ²)	%	
				Ensayo de resistencia a la flexión (kg/cm ²)	%	
				Ensayo de resistencia a la compresión diametral (kg/cm ²)	%	
				Ensayo de consistencia (cm)	%	
				Ensayo de contenido de aire (%)	%	
				Ensayo de temperatura (°C)	%	
Ensayo de fragua (hh:mm)	%					
ESPECÍFICOS						
¿Cuál es el desempeño de la resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar la resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	La resistencia a la compresión del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p>Tiene un enfoque cuantitativo, ya que los valores de las variables son "números" (datos medibles)</p> <p style="text-align: center;">Diseño de Investigación</p> <p style="text-align: center;">Experimental</p> <p>Es experimental ya que se estimuló las variables independientes (la dosificación de los dos cementos a comparar) a través de ensayos estandarizados de laboratorio para medir los efectos causados en la variable dependiente (desempeño de las propiedades físicas y mecánicas).</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm ²)	%	
¿Cuál es el desempeño de la resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar la resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	La resistencia a la flexión del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p style="text-align: center;">Longitudinal</p> <p>Es longitudinal porque todas las pruebas y los ensayos se realizaron en un laboratorio para obtener las características que sirvieron para comparar los dos tipos de concretos que se dieron en las etapas del proyecto planteadas inicialmente.</p> <p style="text-align: center;">Prospectiva</p> <p>Es prospectivo porque evaluará los resultados que se darán durante la ejecución del proyecto que se expresaran mediante cuadros y gráficos estadísticos, para determinar la veracidad de la hipótesis general.</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la resistencia a la flexión	Ensayo de resistencia a la flexión (kg/cm ²)	%	
¿Cuál es el desempeño de la resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar la resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	La resistencia a la compresión diametral del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p style="text-align: center;">Nivel de Investigación</p> <p style="text-align: center;">Correlacional</p> <p>Es correlacional ya que se busca medir el grado de relación existente entre el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" comparado con el concreto dosificado con cemento "Sol". Se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.</p> <p style="text-align: center;">Descriptiva</p> <p>Describe los hechos como son observados durante el desarrollo de la investigación para determinar el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol"</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la resistencia a la compresión diametral	Ensayo de resistencia a la compresión diametral (kg/cm ²)	%	
¿Cuál es el desempeño de la consistencia del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar la consistencia del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	La consistencia del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p style="text-align: center;">Nivel de Investigación</p> <p style="text-align: center;">Correlacional</p> <p>Es correlacional ya que se busca medir el grado de relación existente entre el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" comparado con el concreto dosificado con cemento "Sol". Se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.</p> <p style="text-align: center;">Descriptiva</p> <p>Describe los hechos como son observados durante el desarrollo de la investigación para determinar el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol"</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la consistencia	Ensayo de consistencia (cm)	%	
¿Cuál es el desempeño del contenido de aire del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar el contenido de aire del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	El contenido de aire del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p style="text-align: center;">Correlacional</p> <p>Es correlacional ya que se busca medir el grado de relación existente entre el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" comparado con el concreto dosificado con cemento "Sol". Se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.</p> <p style="text-align: center;">Descriptiva</p> <p>Describe los hechos como son observados durante el desarrollo de la investigación para determinar el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol"</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño del contenido de aire	Ensayo de contenido de aire (%)	%	
¿Cuál es el desempeño de la temperatura del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar la temperatura del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	La temperatura del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p style="text-align: center;">Correlacional</p> <p>Es correlacional ya que se busca medir el grado de relación existente entre el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" comparado con el concreto dosificado con cemento "Sol". Se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.</p> <p style="text-align: center;">Descriptiva</p> <p>Describe los hechos como son observados durante el desarrollo de la investigación para determinar el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol"</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la temperatura	Ensayo de temperatura (°C)	%	
¿Cuál es el desempeño de la fragua del concreto dosificado con cemento "Nacional" en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"?	Comparar la fragua del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos estandarizados de laboratorio	La fragua del concreto dosificado con cemento "Nacional" tiene mejor desempeño en comparación con el concreto dosificado con cemento "Sol"	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación del cemento "Nacional" y del cemento "Sol"	Relación A/C	0.45 - 0.70	<p style="text-align: center;">Correlacional</p> <p>Es correlacional ya que se busca medir el grado de relación existente entre el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" comparado con el concreto dosificado con cemento "Sol". Se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.</p> <p style="text-align: center;">Descriptiva</p> <p>Describe los hechos como son observados durante el desarrollo de la investigación para determinar el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" y del concreto dosificado con cemento "Sol"</p>
			VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño de la fragua	Ensayo de fragua (hh:mm)	%	

Elaboración: los autores.

ANEXO 02: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS DEL PROYECTO DE TESIS

NOMBRE DEL PROYECTO		DESEMPEÑO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" COMPARADO CON EL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"																											
		5 MESES																											
DURACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO EN MESES		FECHAS																											
N°	ACTIVIDAD	15/2/17	16/2/17	17/2/17	18/2/17	20/2/17	21/2/17	22/2/17	24/2/17	25/2/17	27/2/17	1/3/17	2/3/17	3/3/17	4/3/17	6/3/17	8/3/17	22/3/17	24/3/17	27/3/17	29/3/17	19/4/17	21/4/17	24/4/17	26/4/17	23/5/17	25/5/17	28/5/17	30/5/17
		1	Selección de agregados (Arena y Piedra).	■																									
2	Ensayo de Granulometría y malla#200	■	■																										
3	Ensayo de Pesos Específicos y Absorción.		■	■																									
4	Ensayo de Equivalente Arena, Impurezas Organicas y Sales.			■	■																								
5	Ensayo de Puesto Unitario Suelto y Compactado.				■	■																							
6	Selección y almacenamiento de Cemento Nacional y Sol.					■	■																						
7	Selección de muestras de Cemento para ensayos físicos y químicos en Laboratorio.						■	■																					
8	Consolidación de resultados físicos y químicos de agregados.							■	■																				
9	Desarrollo de Diseños de Mezcla por relación agua cemento según Proyecto de Tesis.								■	■																			
10	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con relación a/c=0.7, realizando ensayos de concreto fresco según Proyecto de									■	■																		
11	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con relación a/c=0.60, realizando ensayos de concreto fresco según Proyecto de										■	■																	
12	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño con relación a/c=0.70											■	■																
13	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con relación a/c=0.50, realizando ensayos de concreto fresco según Proyecto de												■	■															
14	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño con relación a/c=0.60													■	■														
15	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con relación a/c=0.45, realizando ensayos de concreto fresco según Proyecto de														■	■													
16	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño con relación a/c=0.70															■	■												
17	Ensayo de rotura a flexión a 7 días del diseño con relación a/c=0.70																■	■											
18	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño con relación a/c=0.50																	■	■										
19	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño con relación a/c=0.60																		■	■									
20	Ensayo de rotura a flexión a 7 días del diseño con relación a/c=0.60																			■	■								
21	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño con relación a/c=0.45																				■	■							
22	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño con relación a/c=0.50																					■	■						
23	Ensayo de rotura a flexión a 7 días del diseño con relación a/c=0.50																						■	■					
24	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño con relación a/c=0.45																							■	■				
25	Ensayo de rotura a flexión a 7 días del diseño con relación a/c=0.45																								■	■			
26	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño con relación a/c=0.70																									■	■		
27	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño con relación a/c=0.70																											■	■
28	Ensayo de rotura a compresión diametral a 28 días del diseño con relación a/c=0.70																												■
29	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño con relación a/c=0.60																												■
30	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño con relación a/c=0.60																												■
31	Ensayo de rotura a compresión diametral a 28 días del diseño con relación a/c=0.60																												■
32	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño con relación a/c=0.50																												■
33	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño con relación a/c=0.50																												■
34	Ensayo de rotura a compresión diametral a 28 días del diseño con relación a/c=0.50																												■
35	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño con relación a/c=0.45																												■
36	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño con relación a/c=0.45																												■
37	Ensayo de rotura a compresión diametral a 28 días del diseño con relación a/c=0.45																												■
38	Ensayo de rotura a compresión a 56 días del diseño con relación a/c=0.70																												■
39	Ensayo de rotura a compresión a 56 días del diseño con relación a/c=0.60																												■
40	Ensayo de rotura a compresión a 56 días del diseño con relación a/c=0.50																												■
41	Ensayo de rotura a compresión a 56 días del diseño con relación a/c=0.45																												■
42	Ensayo de rotura a compresión a 90 días del diseño con relación a/c=0.70																												■
43	Ensayo de rotura a compresión a 90 días del diseño con relación a/c=0.60																												■
44	Ensayo de rotura a compresión a 90 días del diseño con relación a/c=0.50																												■
45	Ensayo de rotura a compresión a 90 días del diseño con relación a/c=0.45																												■

■ Realizado
■ Por realizar

Elaboración: los autores

ANEXO 03: METRADO DE MATERIALES

METRADO DE MATERIALES				
Peso Unitario (kg/m ³) (Aproximado)	:		2420	
Agua (kg/m ³) (Aproximado)	:		230	
Porcentaje de Arena (Aproximado)	:		45%	
Diseños propuestos para metrado de materiales.				
Materiales	a/c=0.50 H57 4"-6"	a/c=0.55 H57 4"-6"	a/c=0.60 H57 4"-6"	a/c=0.70 H57 4"-6"
Cemento	460	420	383	330
Agua	230	230	230	230
Arena	779	797	813	837
Piedra	952	974	994	1023
Peso Unitario (kg/m³)	2420	2420	2420	2420
Cantidad de concreto para ensayos por cada diseño de mezcla.				
Tipo de Ensayo	Cantidad	Volumen (m³)	Total Volumen (m³)	
Pruebas para definir cantidad de agua	1	0.0200	0.020	
Perdida de asentamiento	1	0.0150	0.015	
Peso unitario y contenido de aire	1	0.0200	0.020	
Ensayo de fragua	2	0.0200	0.040	
Elaboración de Probetas 4x8	15	0.0016	0.024	
Elaboración de Vigas	4	0.0169	0.068	
Elaboración de probetas 6x12	2	0.0054	0.011	
Volumen total por cada diseño (m³).			0.197	
Cantidad de materiales para todas las pruebas (8 pruebas).				
Materiales\Diseños	a/c=0.50 H57 4"-6" (Dos diseños:	a/c=0.55 H57 4"-6" (Dos diseños:	a/c=0.60 H57 4"-6" (Dos diseños:	a/c=0.70 H57 4"-6" (Dos diseños:
Cemento	181.64	165.85	151.24	130.31
Agua	90.82	90.82	90.82	90.82
Arena	307.41	314.51	321.09	330.51
Piedra	375.72	384.41	392.44	403.95
Cantidad total de materiales para los 8 diseños considerando un 4% de desperdicio.				
Cemento (bolsas)	15			
Agua (kg)	378			
Arena (m ³)	0.88			
Piedra (m ³)	1.08			
Nota: Para el total de la cantidad de cemento, se requerira la mitad de cemento Nacional (7.5 bolsas) y la mitad cemento Sol (7.5 bolsas)				

Elaboración: los autores

ANEXO 04: CERTIFICADOS DE LOS CEMENTOS



CERTIFICADO DE CALIDAD

TIPO DE CEMENTO: CEMENTO PORTLAND TIPO I
 MARCA : CEMENTO NACIONAL

MES: 16 de Febrero 2017

ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADOS (%)	REQUISITOS NORMA NTP 334.009, ASTM C-150	
COMPOSICION QUÍMICA				
DÍOXIDO DE SILICE (SiO ₂)	%	21.40		
ÓXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	%	5.20		
ÓXIDO DE FIERRO (Fe ₂ O ₃)	%	3.35		
ÓXIDO DE CALCIO (CaO)	%	60.30		
ÓXIDO DE MAGNESIO (MgO)	%	0.90	Máx	6.00%
TRÍOXIDO DE AZUFRE (SO ₃)	%	2.80	Máx	3.50%
ÓXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	%	0.72		
ÓXIDO DE SODIO (Na ₂ O)	%	0.22		
PÉRDIDA AL FUEGO (LOI)	%	3.00	Máx	3.00%
FASES MINERALÓGICAS				
SILICATO TRICÁLCICO (C ₃ S)	%	50		
SILICATO DICÁLCICO (C ₂ S)	%	14		
ALUMINATO TRICÁLCICO	%	7		
FERRO ALUMINATO TETRACÁLCICO	%	12		
REQUERIMIENTOS QUÍMICOS OPCIONALES				
ÁLCALI EQUIVALENTE	%	0.68		
ENSAYOS FÍSICOS				
RETENIDO EN MALLA 325 (45um)	%	6.0		
SUPERFICIE ESPECÍFICA (BLAINE)	cm ² /g	3960	Mín	2600
CONTENIDO DE AIRE	%	9	Máx	12
EXPANSIÓN AUTOCLAVE	%	0.02	Máx	0.80
DENSIDAD	g/cm ³	3.04		
FRAGUADO VICAT INICIAL	min	122	Mín	45
FRAGUADO VICAT FINAL	min	280	Máx	375
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
24 Horas	Kg/cm ²	140		
03 Días	Kg/cm ²	275	Mín	122
07 Días	Kg/cm ²	355	Mín	194
28 Días	Kg/cm ²	445		
REQUERIMIENTOS FÍSICOS OPCIONALES				
FALSO FRAGUADO	min	74		
CALOR DE HIDRATACIÓN				
07 Días	Cal/g	84		
28 Días		94		
RESISTENCIA A LOS SULFATOS				
14 Días	%	0.03		
CONTROL DE CALIDAD				

Nota: Los resultados de Resistencias a la compresión a 28 días y Calor de Hidratación corresponden al mes de Enero

INFORME DE CONTROL DE CALIDAD
SOBRE CALIDAD DE CEMENTO

TIPO DE CEMENTO: CEMENTO PORTLAND TIPO I

REMITIDA A.: MIXERCON

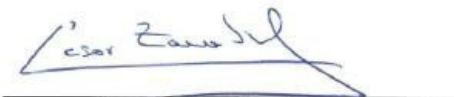
COMPOSICION TIPICA DEL MES: ENERO

FECHA: 08/02/2017

ANALISIS QUIMICO	VALORES	NTP 334.009, ASTM C-150 CEMENTO PORTLAND REQUISITOS
DIOXIDO DE SILICE (SiO ₂) %	19.08	
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃) %	5.84	
OXIDO DE FIERRO (Fe ₂ O ₃) %	3.06	
OXIDO DE CALCIO (CaO) %	62.04	
OXIDO DE MAGNESIO (MgO) %	3.03	6.0 max
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃) %	2.99	3.5 max
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O) %	0.82	
OXIDO DE SODIO (Na ₂ O) %	0.23	
PERDIDA POR IGNICION (P.I.) %	2.21	3.0 max
RESIDUO INSOLUBLE (%)	0.72	1.5 max
CAL LIBRE (CaO (l)) (%)	0.37	
CO ₂ (%)	1.30	
CALIZA (%)	3.5	5.0 max
CaCO ₃ en Caliza	73	70 min
Composición Fases Potenciales (%)		
C3S	53	
C2S	14	
C3A	10	
C4AF	9	
Requerimientos Químicos Opcionales		
ALCALI EQUIVALENTE	0.77	
ENSAYOS FISICOS		
RETENIDO MALLA 325 (%)	2.83	
SUPERFICIE ESPECIFICA BLAINE (m ² /kg)	368	260 min
CONTENIDO DE AIRE (%)	6.16	
EXPANSION AUTOCLAVE (%)	0.07	
DENSIDAD (g/cm ³)	3.12	
FRAGUADO VICAT INICIAL (min)	124	45 min
FRAGUADO VICAT FINAL (min)	297	375 max
RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)		
3 DIAS	321	122 min.
7 DIAS	381	194 min.
28 DIAS	437	286 min
COMENTARIOS: LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS CORRESPONDE A DICIEMBRE		

Este informe muestra las CARACTERISTICAS TIPICAS DEL PROMEDIO MENSUAL DE LA PRODUCCION confirmando que este cemento cumple las especificaciones de las Normas Técnicas NTP 334.009 y ASTM C-150

V° B°



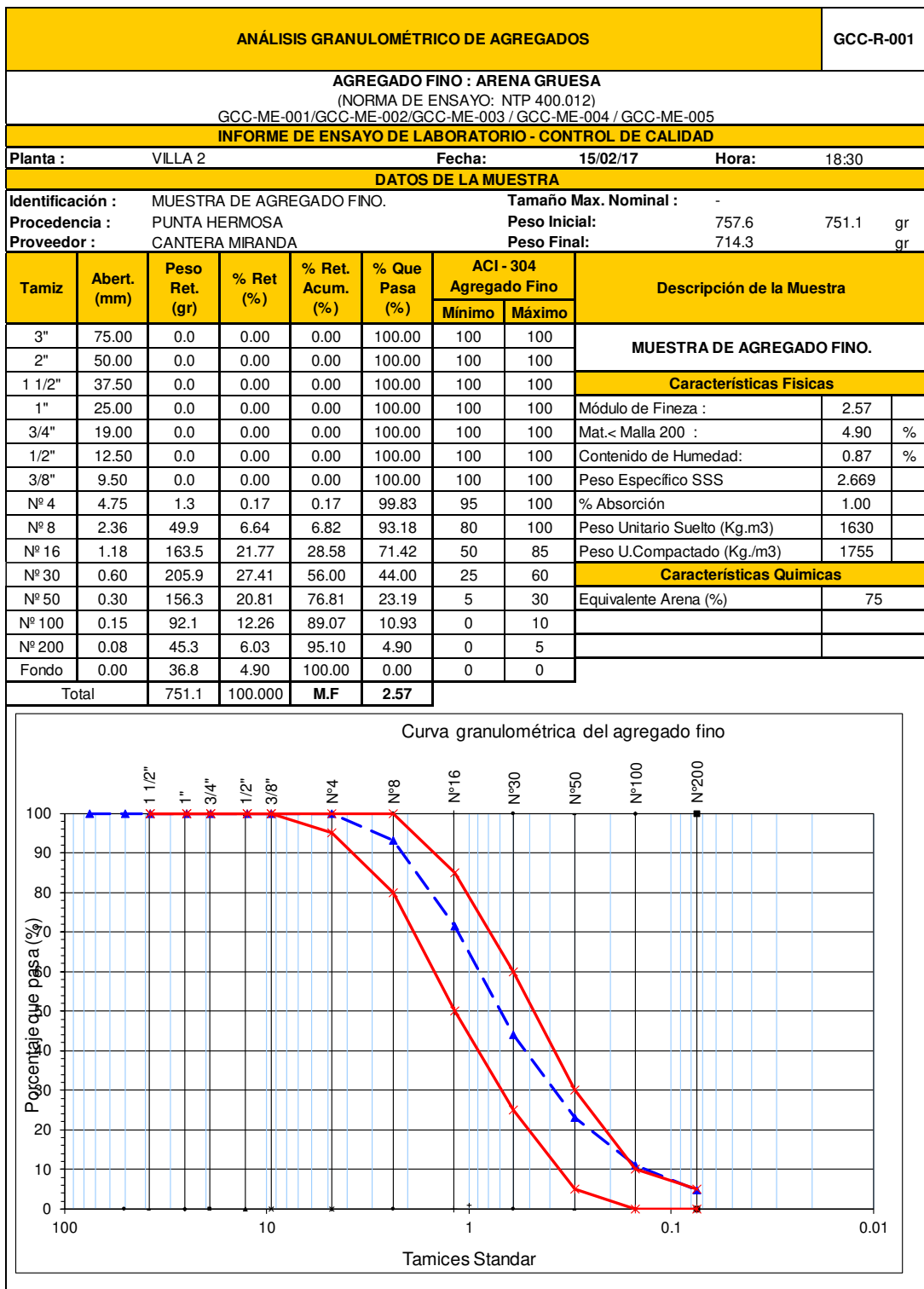
 Ing. Cesar Zanabria
 Jefe de División Control de Calidad Atocongo a.i.

V° B°



 Ing. Juan Asmat
 Gerente de Operaciones Atocongo

ANEXO 05: RESULTADOS DE AGREGADOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS										GCC-R-001	
AGREGADO GRUESO : PIEDRA H57 (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012) GCC-ME-001/GCC-ME-002/GCC-ME-003 / GCC-ME-004 / GCC-ME-005											
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD											
Planta :		VILLA 2			Fecha:		15/02/17		Hora:		18:30
DATOS DE LA MUESTRA											
Identificación :				MUESTRA DE AGREGADO GRUESO				Tamaño Max. Nominal :		1"	
Procedencia :				LURIN				Peso Inicial:		5151.5 5067.0 gr	
Proveedor :				CANTERA AGREXA H57				Peso Final:		5034 gr	
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	ACI - 304 TMN 1"		Descripción de la Muestra			
						Mínimo	Máximo				
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	MUESTRA DE AGREGADO GRUESO			
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100				
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100				
Características del Agregado											
1"	25.00	365.3	3.48	3.48	96.52	95	100	Módulo de Fineza :	6.92		
3/4"	19.00	2559.3	24.36	27.83	72.17	60	80	Mat.< Malla 200 :	0.65 %		
1/2"	12.50	3096.3	29.47	57.30	42.70	25	60	Contenido de Humedad:	1.67 %		
3/8"	9.50	1826.3	17.38	74.68	25.32	15	40	Peso Específico SSS	2.736		
Nº 4	4.75	2030.6	19.32	94.00	6.00	0	10	% Absorción	0.80		
Nº 8	2.36	463.2	4.41	98.41	1.59	0	5	Peso Unitario Suelto (Kg./m3)	1592		
Nº 16	1.18	80.6	0.77	99.18	0.82	0	0	Peso U.Compactado (Kg./m3)	1696		
Nº 30	0.60	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0	Características Químicas			
Nº 50	0.30	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0	Equivalente Arena (%)	-		
Nº 100	0.15	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0				
Nº 200	0.08	0.0	0.00	99.18	0.82	0	0				
Fondo	0.00	86.3	0.82	100.00	0.00	0	0				
Total		10507.9	100.000	M.F	6.92						

Curva granulométrica del agregado grueso

Elaboración: los autores

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD		GCC-R-002	
Identificación:	MUESTRA DE AGREGADO FINO	Fecha:	18/02/17
Procedencia:	PUNTA HERMOSA	Hora:	04:00
Proveedor:	CANTERA MIRANDA	Responsable:	WILLIAM ACEVEDO DAMIAN
ENSAYOS FÍSICOS AGREGADO FINO			
% Humedad - GCC-ME-005			
Peso de muestra original (gr)		757.6	
Peso de muestra seca (gr)		751.1	
% de Humedad		0.87%	
Pasante de malla 200 - GCC-ME-004			
Peso de muestra seca (gr)		751.1	
Peso de muestra después de lavado seco (gr)		714.3	
% de pasante de malla 200		4.90%	
Módulo de finura		2.57	
PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN - GCC - ME - 007			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso muestra superficialmente seca (gr)	500.50	500.00	500.25
Peso del picnómetro + agua (ml)	675.30	679.90	677.60
Peso del picnómetro + muestra superficialmente seca + agua (gr)	988.10	992.80	990.45
Peso muestra seca en horno a 105 °C (gr)	495.50	495.10	495.30
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	312.80	312.90	312.85
Peso específico de masa - P.E.M. (g)	2.640	2.646	2.643
Peso específico de masa S.S.S.	2.666	2.672	2.669
Peso específico aparente - P.E.A. - (g)	2.712	2.717	2.715
Absorción (%)	1.009	0.990	1.00
Peso Unitario - GCC - ME - 008			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso muestra suelto (Kg)	1629	1630	1630
Peso muestra compactado (Kg)	1752	1757	1755
ENSAYOS QUÍMICOS			
EQUIVALENCIA DE ARENA - GCC - ME - 009			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso de la muestra (gr)	150.1	150.0	150.1
Lectura de la Arcilla	6.1	6.0	6.1
Lectura de la Arena	4.6	4.5	4.6
Equivalente de Arena (%)	75.4	75.0	75.2
IMPUREZAS ORGÁNICAS - GCC - ME - 011			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Nº de Impurezas Orgánicas (Colorímetro)	0	0	0.0

Elaboración: los autores

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD			GCC-R-002
Identificación:	MUESTRA DE AGREGADO GRUESO	Fecha:	18/02/17 Hora: 04:00
Procedencia:	LURIN	Responsable:	WILLIAM ACEVEDO DAMIAN
Proveedor:	CANTERA AGREXA H57		
ENSAYOS FÍSICOS AGREGADO HUSO - 57			
% Humedad - GCC-ME-005			
	Peso de muestra original (gr)		5151.5
	Peso de muestra seca (gr)		5067
	% de Humedad		1.67%
Pasante de malla 200 - GCC-ME-004			
	Peso de muestra seca (gr)		5067
	Peso de muestra después de lavado seco (gr)		5034
	% de pasante de malla 200		0.65%
	Módulo de finura		6.92
PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN - GCC - ME - 007			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso muestra superficialmente seca (gr)	3020.60	3012.50	3016.55
Peso del picnometro + agua (ml)	0.00	0.00	0.00
Peso del picnometro + muestra superficialmente seca + agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso muestra seca en horno a 105 °C (gr)	2996.90	2988.50	2992.70
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	1914.70	1913.20	1913.95
<i>Peso específico de masa - P.E.M. (g)</i>	<i>2.710</i>	<i>2.719</i>	<i>2.714</i>
<i>Peso específico de masa S.S.S.</i>	<i>2.731</i>	<i>2.740</i>	<i>2.736</i>
<i>Peso específico aparente - P.E.A. - (g)</i>	<i>2.769</i>	<i>2.779</i>	<i>2.774</i>
<i>Absorción (%)</i>	<i>0.791</i>	<i>0.803</i>	<i>0.80</i>
PESO UNITARIO - GCC - ME - 008			
Nº de ensayo	1	2	Promedio
Peso muestra suelto (Kg)	1593	1591	1592
Peso muestra compactado (Kg)	1696	1697	1696

Elaboración: los autores

ANÁLISIS DE LA COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO FINO Y GRUESO

GCC-R-003

AGREGADO GLOBAL TMN 1"
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD

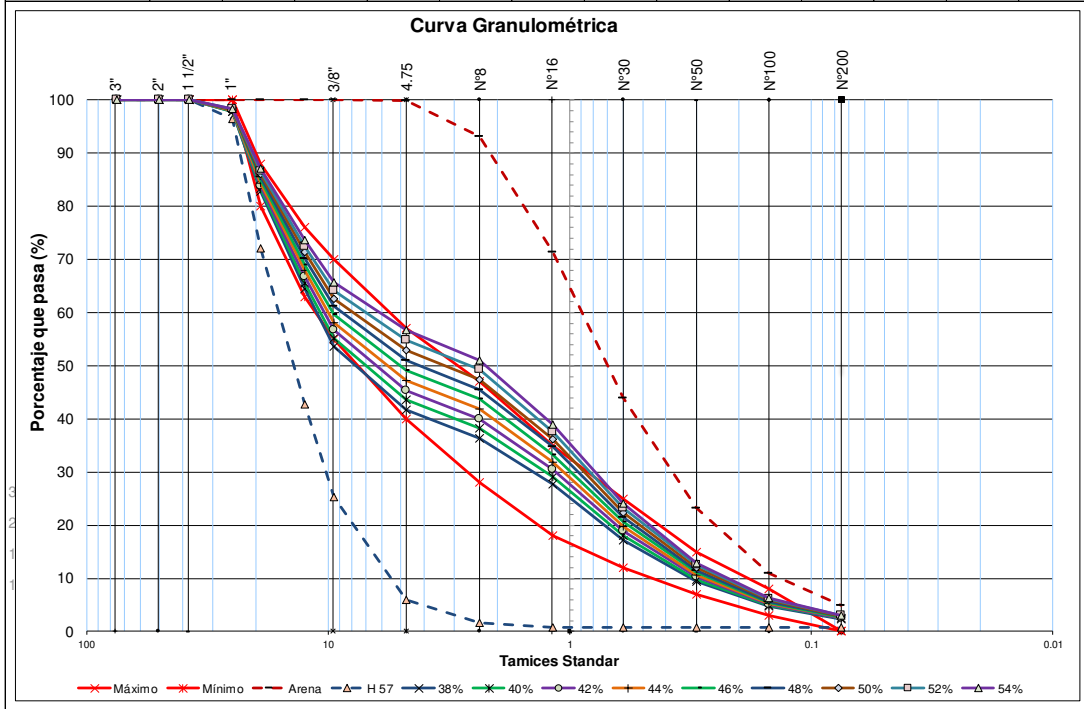
Planta : Villa el Salvador **Fecha:** 15/02/2017
Ubicación : Panamerica Sur km16.5 **Responsable :** Acevedo Damian William

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO FINO **AGREGADO GRUESO H57**
Procedencia : PUNTA HERMOSA **Procedencia :** LURIN
Proveedor : MIRANDA **Proveedor :** AGREXA H57

GRÁFICA SEGÚN % QUE PASA EN CADA TAMIZ DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO

Tamiz	Abert. (mm)	Arena	H 57	38%	40%	42%	44%	46%	48%	50%	52%	54%	ACI - 304 TMN 1"	
													Mínimo	Máximo
3"	75.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
2"	50.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.500	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
1"	25.000	100.00	96.52	97.84	97.91	97.98	98.05	98.12	98.19	98.26	98.33	98.40	100	100
3/4"	19.000	100.00	72.17	82.74	83.30	83.86	84.41	84.97	85.53	86.08	86.64	87.20	80	88
1/2"	12.500	100.00	42.70	64.47	65.62	66.77	67.91	69.06	70.20	71.35	72.50	73.64	63	76
3/8"	9.500	100.00	25.32	53.70	55.19	56.69	58.18	59.67	61.17	62.66	64.15	65.65	55	70
Nº 4	4.750	99.83	6.00	41.65	43.53	45.41	47.28	49.16	51.04	52.91	54.79	56.67	40	57
Nº 8	2.360	93.18	1.59	36.39	38.22	40.06	41.89	43.72	45.55	47.38	49.22	51.05	28	47
Nº 16	1.180	71.42	0.82	27.65	29.06	30.47	31.88	33.30	34.71	36.12	37.53	38.94	18	35
Nº 30	0.600	44.00	0.82	17.23	18.09	18.96	19.82	20.68	21.55	22.41	23.27	24.14	12	25
Nº 50	0.300	23.19	0.82	9.32	9.77	10.22	10.66	11.11	11.56	12.01	12.45	12.90	7	15
Nº 100	0.150	10.93	0.82	4.66	4.86	5.07	5.27	5.47	5.67	5.88	6.08	6.28	3	8
Nº 200	0.075	4.90	0.82	2.37	2.45	2.53	2.62	2.70	2.78	2.86	2.94	3.02	0	0
Fondo	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
Total		0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.57	4.55
M. de Finura		2.57	6.92	5.27	5.18	5.09	5.01	4.92	4.83	4.75	4.66	4.57		



Elaboración: los autores

ANEXO 06: DISEÑOS DE MEZCLAS

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM" HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS										GID – R – 001																							
DISEÑO CON CEMENTO NACIONAL a/c=0.7 H57 4"-6"																																	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					DOSIFICACIÓN CEMENTO					FECHA : CÓDIGO : RESPONSABLE :																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>%#200 Arena</td><td>4.90</td></tr> <tr><td>%#200 Piedra H8</td><td>0.65</td></tr> </table>		%#200 Arena	4.90	%#200 Piedra H8	0.65	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Humedad Arena</td><td>0.92</td><td>%</td></tr> <tr><td>Humedad PH67</td><td>1.13</td><td>%</td></tr> </table>		Humedad Arena	0.92	%	Humedad PH67	1.13	%	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Cementante total</td><td>315</td><td>kg</td></tr> <tr><td>Adición</td><td>0</td><td>%</td></tr> </table>		Cementante total	315	kg	Adición	0	%	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>R a/cto</td><td>0.70</td></tr> <tr><td>R a/cte</td><td>0.70</td></tr> </table>		R a/cto	0.70	R a/cte	0.70	22/02/2017		D-CN 0.70		William Acevedo Damian	
%#200 Arena	4.90																																
%#200 Piedra H8	0.65																																
Humedad Arena	0.92	%																															
Humedad PH67	1.13	%																															
Cementante total	315	kg																															
Adición	0	%																															
R a/cto	0.70																																
R a/cte	0.70																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>M.F. Arena</td><td>2.57</td></tr> <tr><td>M.F. Piedra # 8</td><td>6.98</td></tr> <tr><td>M.F. Global</td><td>4.95</td></tr> </table>		M.F. Arena	2.57	M.F. Piedra # 8	6.98	M.F. Global	4.95	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Vol. Agregados</td><td>0.6614</td><td></td></tr> <tr><td>Arena</td><td>46</td><td>%</td></tr> <tr><td>Piedra # 8</td><td>54</td><td>%</td></tr> </table>		Vol. Agregados	0.6614		Arena	46	%	Piedra # 8	54	%															
M.F. Arena	2.57																																
M.F. Piedra # 8	6.98																																
M.F. Global	4.95																																
Vol. Agregados	0.6614																																
Arena	46	%																															
Piedra # 8	54	%																															
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.										TANDA DE PRUEBA (m³) 0.21																							
MATERIALES										TEMPERATURA DE LOS MATERIALES																							
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E.S.SS kg/m³	HUM. %	ABS. %	%H-%A	PESOS SSS kg/m³	VOL. m³	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA DOSIFICACIÓN	UND	Cemento	Agua	Agregado Fino	Agregado Grueso																			
CEMENTO TIPO I	NACIONAL	3040				315	0.1036	315	66.15	kg	22.0	21.2	20.1	19.9																			
AGUA	POTABLE VILLA EL SALVADOR	1000				220	0.2200	217	45.66	L																							
AGREGADO FINO	CANTERA MIRANDA	2669	0.92	1.00	-0.08	812	0.3042	811	170.38	kg																							
AGREGADO GRUESO	CANTERA AGREGA H57	2736	1.13	0.80	0.33	977	0.3571	980	205.88	kg																							
AIRE ATRAPADO						1.50%	0.0150	-	-																								
TOTAL						2324.17	1.0000	2324.16	488.07	kg																							
CONTROL DE CALIDAD										DATOS PESO UNITARIO				PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL															
Inicio Mezclado	09:00	hh:mm	Tara	3.27	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (días)	Diametro (cm)	f'c prom. (Kg/cm²)	Relación Re/R28 (%)																	
Fin Mezclado	09:10	hh:mm	Volumen	0.00703	m3												0	09:13	6 1/2	16.5	21.6	20.7	73.8	3	10.0	173.84	58%						
Probetas 4"x8"	-	Und	Tara+Concreto	19.70	kg	30	09:43	4 5/7	12.0	21.6	22.6	61.6	7	10.0	223.26	74%																	
Probetas 6"x12"	-	Und	P.U. Real	2337	kg/m3	60	10:13	3	7.5	21.7	25.3	55.8	28	10.0	301.92	100%																	
Vigas	-	Und	%de Aire	1.4	%	90	10:43	1 4/7	4.0	22.0	25.9	53.8	56	10.0	327.65	109%																	
Fragua Inicial	04:59	hh:mm	P.U.Teórico	2324.2	kg/m3	120							90	10.0	330.55	109%																	
Fragua Final	06:25	hh:mm	Rendimiento	0.99		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL				RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																							
OBSERVACIONES:					Edad (días)		Diametro (cm)		f'c promedio (Kg/cm²)		Edad (días)		Dimensiones (cmxcmxcm)		f'c promedio (Kg/cm²)																		
					28		20.0		20.10		7		15x15x75		30.63																		
						28						15x15x75		43.16																			

Elaboración: los autores

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM" HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS										GID - R - 001						
DISEÑO CON CEMENTO SOL a/c=0.7 H57 4"-6"																
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					DOSIFICACIÓN CEMENTO					FECHA : 22/02/2017						
%#200 Arena		4.90	Humedad Arena		0.92	%	Cementante total		315	kg	R a/cto	0.70				
%#200 Piedra H8		0.65	Humedad PH67		1.13	%	Adición		0	%	R a/cte	0.70				
M.F. Arena		2.57	Vol. Agregados		0.6640						RESPONSABLE : William Acevedo Damian					
M.F. Piedra # 8		6.98	Arena		46	%										
M.F. Global		4.95	Piedra # 8		54	%										
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E.S.SS kg/m ³	HUM. %	ABS. %	%H-%A	PESOS SSS kg/m ³	VOL. m ³	PESOS CORREGIDOS POR	TANDA PRUEBA		TANDA DE PRUEBA (m ³)	0.21				
CEMENTO TIPO I	SOL	3120				315	0.1010	315	66.15	kg						
AGUA	POTABLE VILLA EL SALVADOR	1000				220	0.2200	217	45.66	L						
AGREGADO FINO	CANTERA MIRANDA	2669	0.92	1.00	-0.08	815	0.3055	815	171.07	kg						
AGREGADO GRUESO	CANTERA AGREGA H57	2736	1.13	0.80	0.33	981	0.3586	984	206.71	kg						
AIRE ATRAPADO						1.50%	0.0150	-	-							
TOTAL						2331.36	1.0000	2331.34	489.58	kg						
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.																
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL				
Inicio Mezclado	09:00	hh:mm	Tara	3.27	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (días)	Diametro (cm)	f'c prom. (Kg/cm ²)	Relación Re/R28 (%)
Fin Mezclado	09:08	hh:mm	Volumen	0.00703	m ³	0	09:13	5 1/3	13.5	21.7	21.0	72.7	3	10.0	172.02	59%
Probetas 4"x8"	-	Und	Tara+Concreto	19.82	kg	30	09:43	4 1/2	11.5	21.6	22.6	61.6	7	10.0	214.69	74%
Probetas 6"x12"	-	Und	P.U. Real	2354	kg/m ³	60	10:13	3 1/7	8.0	21.9	25.3	55.8	28	10.0	290.63	100%
Vigas	-	Und	%de Aire	1.5	%	90	10:43	2	5.0	22.4	25.9	53.8	56	10.0	311.00	107%
Fragua Inicial	04:46	hh:mm	P.U.Teórico	2331.4	kg/m ³	120							90	10.0	323.31	111%
Fragua Final	06:15	hh:mm	Rendimiento	0.99												
OBSERVACIONES:						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL						RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
						Edad (días)	Diametro (cm)	f'c promedio (Kg/cm ²)				Edad (días)	Dimensiones (cmxcmxcm)	f'c promedio (Kg/cm ²)		
						28	20.0	17.70				7	15x15x75	28.27		
												28	15x15x75	36.11		

Elaboración: los autores

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM" HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS										GID – R – 001						
DISEÑO CON CEMENTO NACIONAL a/c=0.6 H57 4"-6"																
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					DOSIFICACIÓN CEMENTO					FECHA : CÓDIGO : RESPONSABLE :						
%#200 Arena	4.90	Humedad Arena	0.90	%	Cementante total	365	kg	R a/clo	0.60	24/02/2017						
%#200 Piedra H8	0.65	Humedad PH67	0.84	%	Adición	0	%	R a/cle	0.60	D-CN 0.60						
M.F. Arena	2.57	Vol. Agregados	0.6449	%								William Acevedo Damian				
M.F. Piedra # 8	6.98	Arena	46	%												
M.F. Global	4.95	Piedra # 8	54	%												
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E.S.SS kg/m ³	HUM. %	ABS. %	%H-%A	PESOS SSS kg/m ³	VOL. m ³	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA		TANDA DE PRUEBA (m ³)	0.21				
CEMENTO TIPO I	NACIONAL	3040				365.00	0.1201	365	DOSIFICACIÓN	UND						
AGUA	POTABLE VILLA EL SALVADOR	1000				220.00	0.2200	220								
AGREGADO FINO	CANTERA MIRANDA	2669	0.90	1.00	-0.10	791.81	0.2967	791								
AGREGADO GRUESO	CANTERA AGREGA H57	2736	0.84	0.80	0.04	952.85	0.3483	953								
AIRE ATRAPADO						1.50%	0.0150	-								
TOTAL						2329.68	1.0000	2329.66								
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.																
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL				
Inicio Mezclado	15:44	hh:mm	Tara	3.27	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:m m)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (días)	Diametro (cm)	f'c prom. (Kg/cm ²)	Relación Re/R28 (%)
Fin Mezclado	15:52	hh:mm	Volumen	0.00703	m ³	0	16:05	6 1/9	15.5	23.9	22.6	63.4	3	10.0	198.32	59%
Probetas 4"x8"	-	Und	Tara+Concreto	19.81	kg	30	16:35	5	12.5	23.7	22.8	64.7	7	10.0	282.18	84%
Probetas 6"x12"	-	Und	P.U. Real	2353	kg/m ³	60	17:05	3 1/3	8.5	23.0	22.0	67.9	28	10.0	334.39	100%
Vigas	-	Und	% de Aire	1.6	%	90	17:35	2 1/3	6.0	20.9	20.8	72.9	56	10.0	374.42	112%
Fragua Inicial	04:51	hh:mm	P.U.Teórico	2329.7	kg/m ³	120							90	10.0	384.57	115%
Fragua Final	06:35	hh:mm	Rendimiento	0.99												
OBSERVACIONES:						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL						RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
						Edad (días)	Diametro (cm)	f'c promedio (Kg/cm ²)				Edad (días)	Dimensiones (cmxcmxcm)	f'c promedio (Kg/cm ²)		
						28	15.0	20.61				7	15x15x50	40.76		
												28	15x15x50	49.88		

Elaboración: los autores

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM" HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS										GID - R - 001						
DISEÑO CON CEMENTO SOL a/c=0.6 H57 4"-6"																
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					DOSIFICACIÓN CEMENTO					FECHA : 24/02/2017						
%#200 Arena		4.90	Humedad Arena		0.90	%	Cementante total		365	kg	CÓDIGO : D-CS 0.60					
%#200 Piedra H8		0.65	Humedad PH67		0.84	%	Adición		0	%	RESPONSABLE : William Acevedo Damian					
M.F. Arena		2.57	Vol. Agregados		0.6480											
M.F. Piedra # 8		6.98	Arena		46	%										
M.F. Global		4.95	Piedra # 8		54	%										
MATERIALES										TANDA DE PRUEBA (m³)						
PROCEDENCIA										TANDA DE PRUEBA (m³)						
P.E.S.S.S										TEMPERATURA DE LOS MATERIALES						
HUM.										Cemento						
ABS.										Agua						
%H-%A										Agregado Fino						
PESOS SSS										Agregado Grueso						
VOL.																
PESOS CORREGIDOS POR																
TANDA PRUEBA																
DOSIFICACIÓN																
UND																
CEMENTO TIPO I										0.21						
AGUA										20.9						
AGREGADO FINO										21.2						
AGREGADO GRUESO										20.1						
AIRE ATRAPADO										19.9						
TOTAL																
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.																
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL				
Inicio Mezclado	15:44	hh:mm	Tara	3.27	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (días)	Diametro (cm)	f'c prom. (Kg/cm²)	Relación Re/R28 (%)
Fin Mezclado	15:52	hh:mm	Volumen	0.00703	m3	0	16:05	5 1/2	14.0	24.8	22.6	63.4	3	10.0	193.01	63%
Probetas 4"x8"	-	Und	Tara+Concreto	19.89	kg	30	16:35	4	10.0	24.6	22.8	64.7	7	10.0	273.82	90%
Probetas 6"x12"	-	Und	P.U. Real	2364	kg/m3	60	17:05	3 1/7	8.0	22.7	21.8	69.3	28	10.0	305.26	100%
Vigas	-	Und	%de Aire	1.4	%	90	17:35	2	5.0	21.5	21.9	72.2	56	10.0	344.74	113%
Fragua Inicial	04:36	hh:mm	P.U.Teórico	2338.0	kg/m3	120							90	10.0	351.58	115%
Fragua Final	06:18	hh:mm	Rendimiento	0.99												
OBSERVACIONES:						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL						RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
						Edad (días)						Dimensiones (cmxcmxcm)				
						Diametro (cm)						f'c promedio (Kg/cm²)				
						28						15x15x50				
						15.0						38.64				
						18.03						44.53				

Elaboración: los autores

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM"										GID - R - 001						
HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS																
DISEÑO CON CEMENTO NACIONAL a/c=0.5 H57 4"-6"																
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					DOSIFICACIÓN CEMENTO					FECHA : 27/02/2017						
%#200 Arena		4.90	Humedad Arena		0.81	%	Cementante total		450	kg	R a/cto	0.50				
%#200 Piedra H8		0.65	Humedad PH67		1.33	%	Adición		0	%	R a/cte	0.50				
M.F. Arena		2.57	Vol. Agregados		0.6120						RESPONSABLE : William Acevedo Damian					
M.F. Piedra # 8		6.98	Arena		46	%										
M.F. Global		4.95	Piedra # 8		54	%										
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.ESSS kg/m ³	HUM. %	ABS. %	%H-%A	PESOS SSS kg/m ³	VOL. m ³	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA		TANDA DE PRUEBA (m ³)	0.21				
CEMENTO TIPO I	NACIONAL	3040				450.00	0.1480	450	DOSIFICACIÓN	UND						
AGUA	POTABLE VILLA EL SALVADOR	1000				225.00	0.2250	222								
AGREGADO FINO	CANTERA MIRANDA	2669	0.81	1.00	-0.19	751.34	0.2815	750								
AGREGADO GRUESO	CANTERA AGREGA H57	2736	1.33	0.80	0.53	904.15	0.3305	909								
AIRE ATRAPADO						1.50%	0.0150	-								
TOTAL						2330.51	1.0000	2330.50	489.40	kg						
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.																
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL				
Inicio Mezclado	16:26	hh:mm	Tara	3.27	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:m m)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (días)	Diametro (cm)	f'c prom. (Kg/cm ²)	Relación Re/R28 (%)
Fin Mezclado	16:34	hh:mm	Volumen	0.00703	m ³	0	16:39	5 5/7	14.5	25.0	22.6	63.2	3	10.0	300.98	73%
Probetas 4"x8"	-	Und	Tara+Concreto	19.84	kg	30	17:09	4 1/7	10.5	24.6	22.0	65.2	7	10.0	350.26	84%
Probetas 6"x12"	-	Und	P.U. Real	2357	kg/m ³	60	17:39	3	7.5	23.7	20.6	70.6	28	10.0	414.91	100%
Vigas	-	Und	%de Aire	1.8	%	90	18:09	1 4/7	4.0	23.6	20.1	72.5	56	10.0	430.05	104%
Fragua Inicial	04:13	hh:mm	P.U.Teórico	2330.5	kg/m ³	120							90	10.0	469.27	113%
Fragua Final	05:38	hh:mm	Rendimiento	0.99												
OBSERVACIONES:			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL						RESISTENCIA A LA FLEXIÓN							
			Edad (días)	Diametro (cm)	f'c promedio (Kg/cm ²)		Edad (días)	Dimensiones (cmxcmxcm)		f'c promedio (Kg/cm ²)						
			28	15.0	21.93		7	15x15x50		47.26						
							28	15x15x50		50.99						

Elaboración: los autores

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM"										GID - R - 001											
HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS																					
DISEÑO CON CEMENTO SOL a/c=0.5 H57 4"-6"																					
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					DOSIFICACIÓN CEMENTO					FECHA :											
										27/02/2017											
										D-CS 0.50											
										RESPONSABLE : William Acevedo Damian											
%#200 Arena	4.90	Humedad Arena	0.81	%	Cementante total	450	kg	R a/cto	0.50												
%#200 Piedra H8	0.65	Humedad PH67	1.33	%	Adición	0	%	R a/cte	0.50												
M.F. Arena	2.57	Vol. Agregados	0.6158																		
M.F. Piedra # 8	6.98	Arena	46	%																	
M.F. Global	4.95	Piedra # 8	54	%																	
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E.S.SS kg/m ³	HUM. %	ABS. %	%H-%A	PESOS SSS kg/m ³	VOL. m ³	PESOS CORREGIDOS POR	TANDA PRUEBA												
CEMENTO TIPO I	SOL	3120				450.00	0.1442	450	94.50	kg											
AGUA	POTABLE VILLA EL SALVADOR	1000				225.00	0.2250	222	46.54	L											
AGREGADO FINO	CANTERA MIRANDA	2669	0.81	1.00	-0.19	756.00	0.2833	755	158.46	kg											
AGREGADO GRUESO	CANTERA AGREGA H57	2736	1.33	0.80	0.53	909.76	0.3325	915	192.06	kg											
AIRE ATRAPADO						1.50%	0.0150	-	-												
TOTAL						2340.78	1.0000	2340.77	491.56	kg											
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.										TANDA DE PRUEBA (m ³) 0.21											
CONTROL DE CALIDAD										TEMPERATURA DE LOS MATERIALES											
			DATOS PESO UNITARIO			PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD				Cemento 20.5											
Inicio Mezclado	16:26	hh:mm	Tara	3.27	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Agua 22.4								
Fin Mezclado	16:34	hh:mm	Volumen	0.00703	m ³	0	16:39	6	15.0	25.1	22.6	63.2	Agregado Fino 19.8								
Probetas 4"x8"	-	Und	Tara+Concreto	19.91	kg	30	17:09	4 1/2	11.5	24.6	22.0	65.2	Agregado Grueso 19.9								
Probetas 6"x12"	-	Und	P.U. Real	2367	kg/m ³	60	17:39	3 1/7	8.0	24.0	20.6	70.6									
Vigas	-	Und	% de Aire	1.6	%	90	18:09	1 1/6	3.0	23.1	20.1	72.5									
Fragua Inicial	04:07	hh:mm	P.U. Teórico	2340.8	kg/m ³	120															
Fragua Final	05:34	hh:mm	Rendimiento	0.99																	
OBSERVACIONES:										RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL											
										Edad (días)		Diametro (cm)		f'c prom. (Kg/cm ²)		Relación Re/R28 (%)					
										3		10.0		294.13		73%					
										7		10.0		344.12		86%					
										28		10.0		400.19		100%					
										56		10.0		419.11		105%					
										90		10.0		433.07		108%					
										RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL				RESISTENCIA A LA FLEXIÓN							
										Edad (días)		Diametro (cm)		f'c promedio (Kg/cm ²)		Edad (días)		Dimensiones (cmxcmxcm)		f'c promedio (Kg/cm ²)	
										28		15.0		19.13		7		15x15x50		42.43	
																28		15x15x50		48.60	

Elaboración: los autores

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM" HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS										GID – R – 001													
DISEÑO CON CEMENTO NACIONAL a/c=0.45 H57 4"-6"																							
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					DOSIFICACIÓN CEMENTO					FECHA : 01/03/2017													
%#200 Arena		4.90	Humedad Arena		0.89	%	Cementante total		530	kg	CÓDIGO : D-CN 0.45												
%#200 Piedra H8		0.65	Humedad PH67		0.75	%	Adición		0	%	RESPONSABLE : William Acevedo Damian												
M.F. Arena		2.57	Vol. Agregados		0.5707		R a/cto		0.45														
M.F. Piedra # 8		6.98	Arena		46	%	R a/cte		0.45														
M.F. Global		4.95	Piedra # 8		54	%																	
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E.S.S.S kg/m ³	HUM. %	ABS. %	%H-%A	PESOS SSS kg/m ³	VOL. m ³	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA		TANDA DE PRUEBA (m ³)												
									DOSIFICACIÓN	UND	0.21												
CEMENTO TIPO I	NACIONAL	3040				530.00	0.1743	530	111.30	kg													
AGUA	POTABLE VILLA EL SALVADOR	1000				240.00	0.2400	241	50.65	L													
AGREGADO FINO	CANTERA MIRANDA	2669	0.89	1.00	-0.11	700.62	0.2625	700	146.97	kg													
AGREGADO GRUESO	CANTERA AGREGA H57	2736	0.75	0.80	-0.05	843.11	0.3082	843	176.97	kg													
AIRE ATRAPADO						1.50%	0.0150	-	-														
TOTAL						2313.75	1.0000	2313.73	485.88	kg													
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.																							
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL											
Inicio Mezclado	16:02	hh:mm	Tara	3.27	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:m m)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (días)	Diametro (cm)	f'c prom. (Kg/cm ²)	Relación Re/R28 (%)							
Fin Mezclado	16:10	hh:mm	Volumen	0.00703	m ³								3	10.0	335.35	75%							
Probetas 4"x8"	-	Und	Tara+Concreto	19.60	kg								0	16:14	5 1/3	13.5	24.6	24.7	54.0	7	10.0	396.56	89%
Probetas 6"x12"	-	Und	P.U. Real	2323	kg/m ³								30	16:44	4	10.0	25.6	24.0	51.0	28	10.0	448.02	100%
Vigas	-	Und	% de Aire	1.3	%								60	17:14	2 5/9	6.5	26.1	23.2	62.3	56	10.0	496.60	111%
Fragua Inicial	04:10	hh:mm	P.U. Teórico	2313.7	kg/m ³								90							90	10.0	556.04	124%
Fragua Final	05:39	hh:mm	Rendimiento	1.00		120							6.35										
OBSERVACIONES:						RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL						RESISTENCIA A LA FLEXIÓN											
						Edad (días)	Diametro (cm)	f'c promedio (Kg/cm ²)		Edad (días)	Dimensiones (cmxcmxcm)	f'c promedio (Kg/cm ²)											
						28	15.0	23.94		7	15x15x50	49.28											
										28	15x15x50	57.20											

Elaboración: los autores

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM"											GID - R - 001														
HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS																									
DISEÑO CON CEMENTO SOL a/c=0.45 H57 4"-6"																									
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS						DOSIFICACIÓN CEMENTO				FECHA :															
										01/03/2017															
										D-CS 0.45															
										RESPONSABLE : William Acevedo Damian															
%#200 Arena		4.90		Humedad Arena		0.89		%		Cementante total		530		kg		R a/ccto		0.45							
%#200 Piedra H8		0.65		Humedad PH67		0.75		%		Adición		0		%		R a/cte		0.45							
M.F. Arena		2.57		Vol. Agregados		0.5751																			
M.F. Piedra # 8		6.98		Arena		46		%																	
M.F. Global		4.95		Piedra # 8		54		%																	
MATERIALES		PROCEDENCIA		P.ESSS		HUM.		ABS.		%H-%A		PESOS SSS		VOL.		PESOS CORREGIDOS POR		TANDA PRUEBA							
				kg/m ³		%		%		%		kg/m ³		m ³				DOSIFICACIÓN UND							
CEMENTO TIPO I		SOL		3120								530.00		0.1699		530		111.30 kg							
AGUA		POTABLE VILLA EL SALVADOR		1000								240.00		0.2400		241		50.65 L							
AGREGADO FINO		CANTERA MIRANDA		2669		0.89		1.00		-0.11		706.11		0.2646		705		148.12 kg							
AGREGADO GRUESO		CANTERA AGREGA H57		2736		0.75		0.80		-0.05		849.72		0.3106		849		178.35 kg							
AIRE ATRAPADO												1.50%		0.0150											
TOTAL												2325.84		1.0000		2325.83		488.42 kg							
																		TANDA DE PRUEBA (m ³) 0.21							
																		TEMPERATURA DE LOS MATERIALES							
																		Cemento 20.1							
																		Agua 21.4							
																		Agregado Fino 19.2							
																		Agregado Grueso 19.1							
RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y EN ESTADO ENDURECIDO.																									
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL														
Inicio Mezclado		16:02		hh:mm		Tara		3.27		Kg		Tiempo (min)		Hora (hh:mm)		Slump (pulg)		Slump (cm)		TC (°C)		TA (°C)		HR (%)	
Fin Mezclado		16:10		hh:mm		Volumen		0.00703		m ³		0		16:14		5 1/2		14.0		24.7		24.7		54.0	
Probetas 4"x8"		-		Und		Tara+Concreto		19.8		kg		30		16:44		4		10.0		25.0		24.0		51.0	
Probetas 6"x12"		-		Und		P.U. Real		2351		kg/m ³		60		17:14		2		5.0		25.8		23.2		62.3	
Vigas		-		Und		% de Aire		1.5		%		90													
Fragua Inicial		04:09		hh:mm		P.U.Teórico		2325.8		kg/m ³		120													
Fragua Final		05:45		hh:mm		Rendimiento		0.99																	
OBSERVACIONES:											RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL					RESISTENCIA A LA FLEXIÓN									
											Edad (días)		Diametro (cm)		f'c promedio (Kg/cm ²)		Edad (días)		Dimensiones (cmxcmxcm)		f'c promedio (Kg/cm ²)				
											28		15.0		20.53		7		15x15x50		43.37				
																	28		15x15x50		55.51				

Elaboración: los autores

ANEXO 07: FRAGUAS DE LOS CONCRETOS

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "NACIONAL" - A/C=0.70 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 22/02/2017

Diseño: a/c=0.7 H57 4"-6" CN

Hora Inicio de Mezclado : 09:00

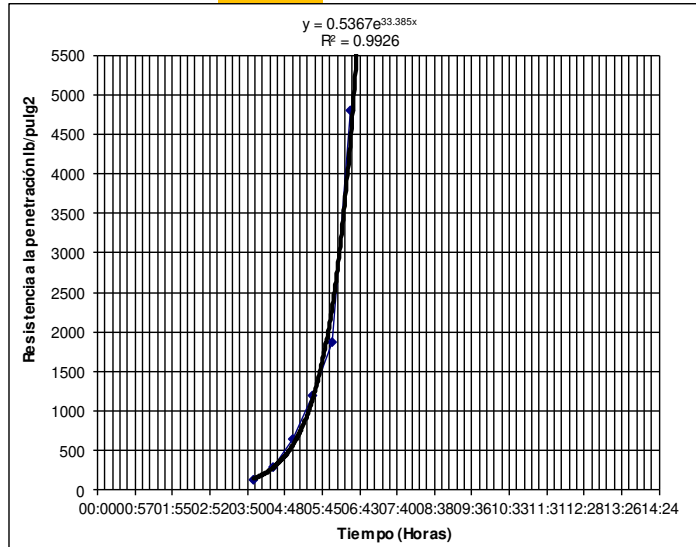
Hora Inicio de Mezclado : 09:00

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrido	T° Con	T° Amb
1 1/8"	130	130	13:00	04:00	23.0	25.0
13/16"	142	284	13:30	04:30	23.4	25.2
9/16"	160	640	14:00	05:00	23.8	24.4
5/16"	120	1200	14:30	05:30	24.1	24.1
4/16"	94	1880	15:00	06:00	24.2	23.6
3/16"	120	4800	15:30	06:30	24.3	22.9

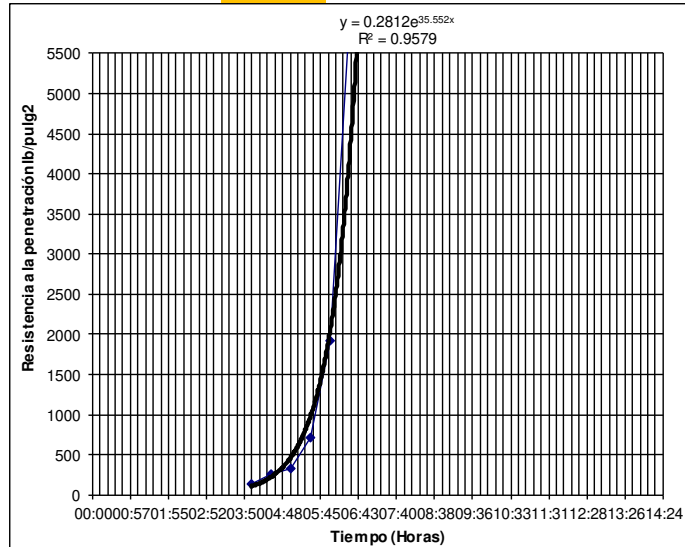
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrido	T° Con	T° Amb
1 1/8"	130	130	13:00	04:00	23.0	25.0
13/16"	132	264	13:30	04:30	23.4	25.2
9/16"	80	320	14:00	05:00	23.8	24.4
5/16"	72	720	14:30	05:30	24.1	24.1
4/16"	96	1920	15:00	06:00	24.2	23.6
3/16"	150	6000	15:30	06:30	24.3	22.9

F. Inicial 500 04:54 hh:mm
 F. Final 4000 06:24 hh:mm

F. Inicial 500 05:03 hh:mm
 F. Final 4000 06:27 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000



04:59 hh:mm
06:25 hh:mm

Elaboración: los autores

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "SOL" - A/C=0.70 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 22/02/2017

Diseño: a/c=0.7 H57 4"-6" CS

Hora Inicio de Mezclado : 09:00

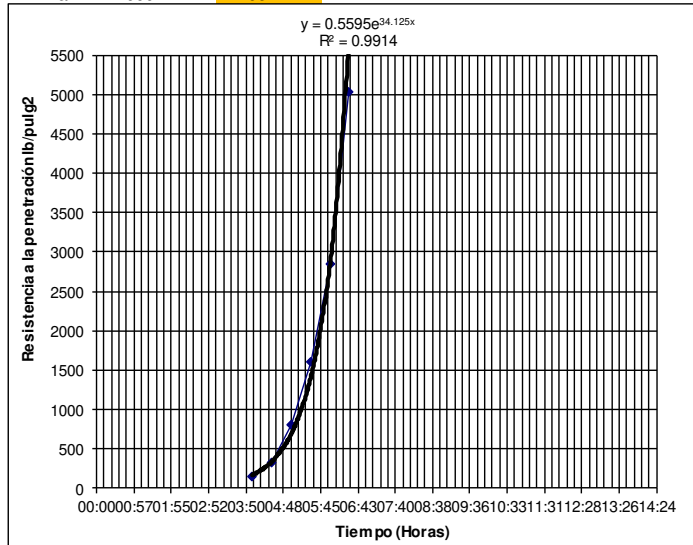
Hora Inicio de Mezclado : 09:00

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	148	148	13:00	04:00	23.0	25.0
13/16"	160	320	13:30	04:30	23.3	25.2
9/16"	200	800	14:00	05:00	23.7	24.4
5/16"	160	1600	14:30	05:30	24.0	24.1
4/16"	142	2840	15:00	06:00	24.0	23.7
3/16"	126	5040	15:30	06:30	24.5	23.2

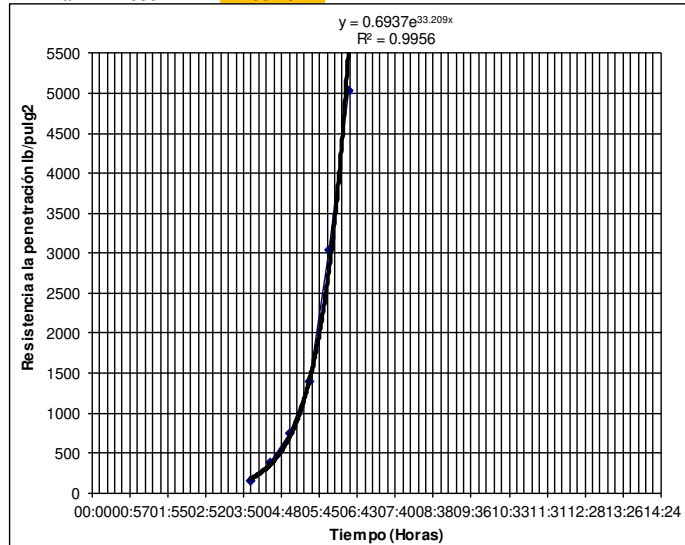
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	158	158	13:00	04:00	23.0	25.0
13/16"	188	376	13:30	04:30	23.3	25.2
9/16"	186	744	14:00	05:00	23.7	24.4
5/16"	140	1400	14:30	05:30	24.0	24.1
4/16"	152	3040	15:00	06:00	24.0	23.7
3/16"	126	5040	15:30	06:30	24.5	23.2

F. Inicial 500 04:46 hh:mm
 F. Final 4000 06:14 hh:mm

F. Inicial 500 04:45 hh:mm
 F. Final 4000 06:15 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000



04:46 hh:mm
06:15 hh:mm

Elaboración: los autores

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "NACIONAL" - A/C=0.60 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 24/02/2017

Diseño: a/c=0.6 H57 4"-6" CN

Hora Inicio de Mezclado : 15:44

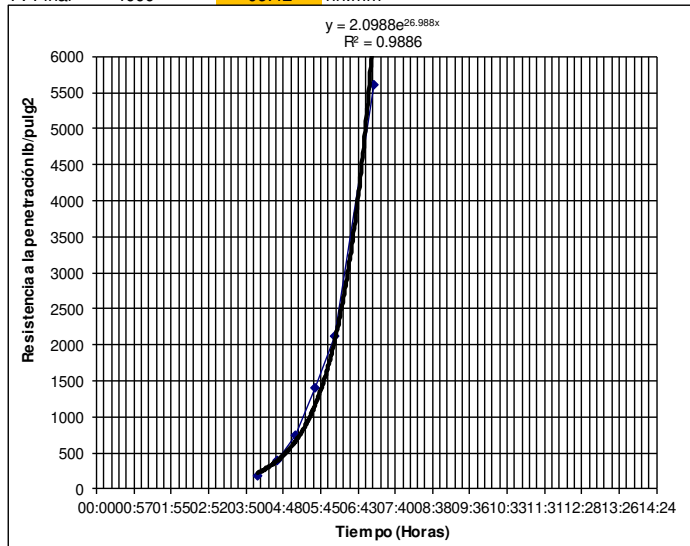
Hora Inicio de Mezclado : 15:44

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	T° Con	T° Amb
1 1/8"	184	184	19:52	04:08	20.1	19.3
13/16"	198	396	20:22	04:38	20.4	19.3
9/16"	184	736	20:52	05:08	20.8	19.4
5/16"	140	1400	21:22	05:38	21.1	19.4
4/16"	106	2120	21:52	06:08	21.3	19.5
3/16"	140	5600	22:52	07:08	21.5	19.9

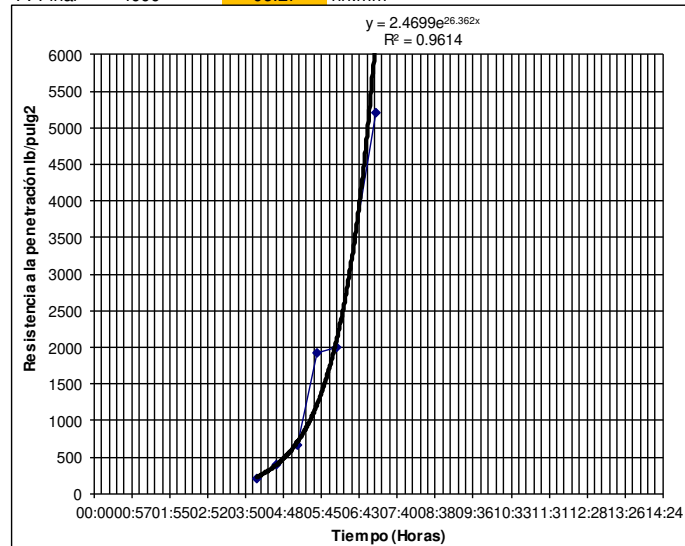
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	T° Con	T° Amb
1 1/8"	198	198	19:52	04:08	20.1	19.3
13/16"	194	388	20:22	04:38	20.4	19.3
9/16"	164	656	20:52	05:08	20.8	19.4
5/16"	192	1920	21:22	05:38	21.1	19.4
4/16"	100	2000	21:52	06:08	21.3	19.5
3/16"	130	5200	22:52	07:08	21.5	19.9

F. Inicial 500 04:52 hh:mm
 F. Final 4000 06:42 hh:mm

F. Inicial 500 04:50 hh:mm
 F. Final 4000 06:27 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000



04:51 hh:mm
06:35 hh:mm

Elaboración: los autores

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "SOL" - A/C=0.60 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 24/02/2017

Diseño: a/c=0.6 H57 4"-6" CS

Hora Inicio de Mezclado : 15:44

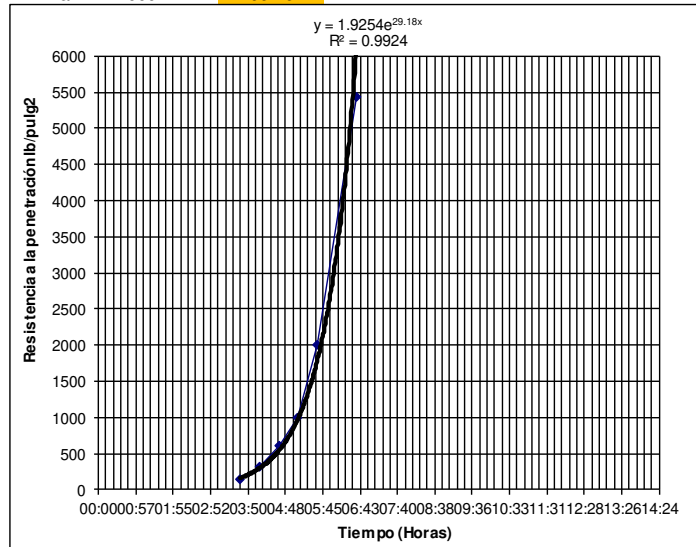
Hora Inicio de Mezclado : 15:44

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	T° Con	T° Amb
1 1/8"	136	136	19:22	03:38	20.5	19.5
13/16"	154	308	19:52	04:08	20.8	19.3
9/16"	152	608	20:22	04:38	21.0	19.3
5/16"	100	1000	20:52	05:08	21.4	19.3
4/16"	100	2000	21:22	05:38	21.8	19.5
3/16"	136	5440	22:22	06:38	22.4	19.3

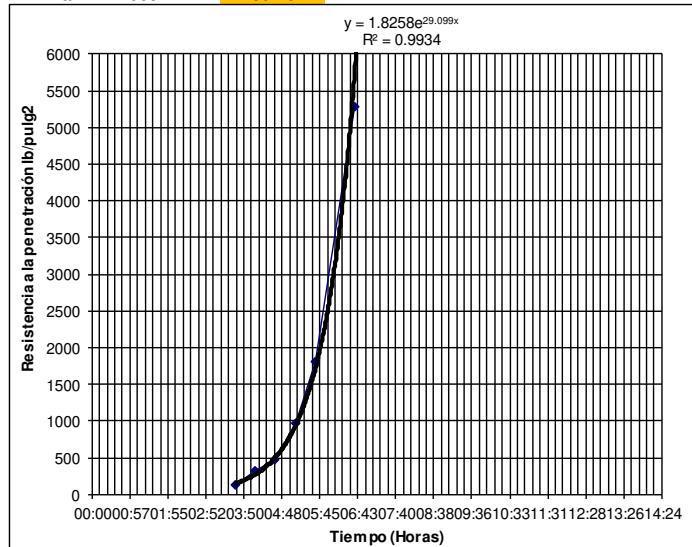
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	T° Con	T° Amb
1 1/8"	130	130	19:22	03:38	20.5	19.5
13/16"	160	320	19:52	04:08	20.8	19.3
9/16"	120	480	20:22	04:38	21.0	19.3
5/16"	96	960	20:52	05:08	21.4	19.3
4/16"	90	1800	21:22	05:38	21.8	19.5
3/16"	132	5280	22:22	06:38	22.4	19.3

F. Inicial 500 04:34 hh:mm
 F. Final 4000 06:16 hh:mm

F. Inicial 500 04:37 hh:mm
 F. Final 4000 06:20 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000



04:36 hh:mm
06:18 hh:mm

Elaboración: los autores

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "NACIONAL" - A/C=0.50 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 27/02/2017

Diseño: a/c=0.5 H57 4"-6" CN

Hora Inicio de Mezclado : 16:44

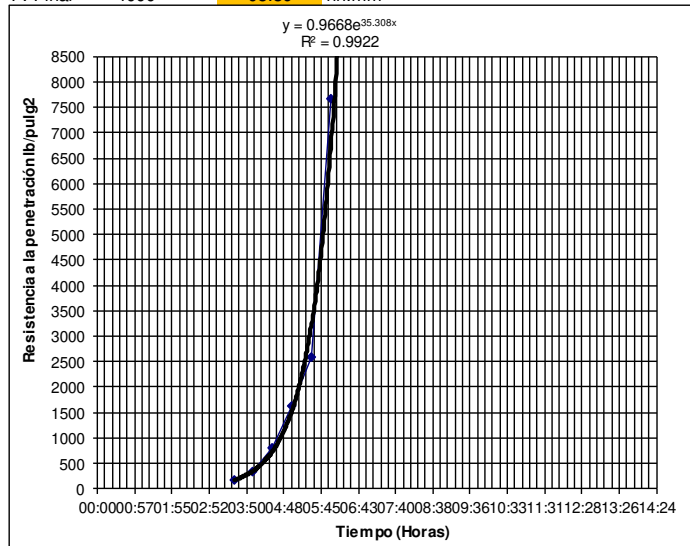
Hora Inicio de Mezclado : 16:44

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	174	174	20:15	03:31	19.8	19.5
13/16"	170	340	20:45	04:01	20.1	19.4
9/16"	200	800	21:15	04:31	20.4	19.2
5/16"	162	1620	21:45	05:01	20.5	19.1
4/16"	130	2600	22:15	05:31	20.8	19.0
3/16"	192	7680	22:45	06:01	21.0	18.4

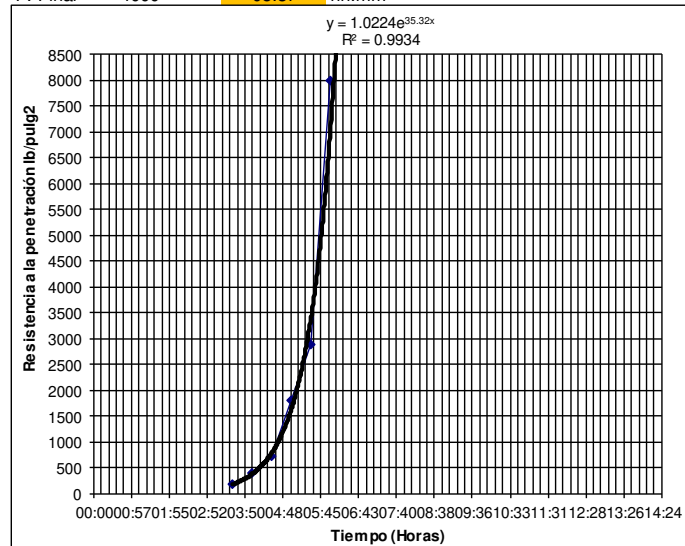
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	182	182	20:15	03:31	19.8	19.5
13/16"	200	400	20:45	04:01	20.1	19.4
9/16"	180	720	21:15	04:31	20.4	19.2
5/16"	180	1800	21:45	05:01	20.5	19.1
4/16"	144	2880	22:15	05:31	20.8	19.0
3/16"	200	8000	22:45	06:01	21.0	18.4

F. Inicial 500 04:14 hh:mm
 F. Final 4000 05:39 hh:mm

F. Inicial 500 04:12 hh:mm
 F. Final 4000 05:37 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000



04:13 hh:mm
05:38 hh:mm

Elaboración: los autores

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "SOL" - A/C=0.50 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 27/02/2017

Diseño: a/c=0.5 H57 4"-6" CS

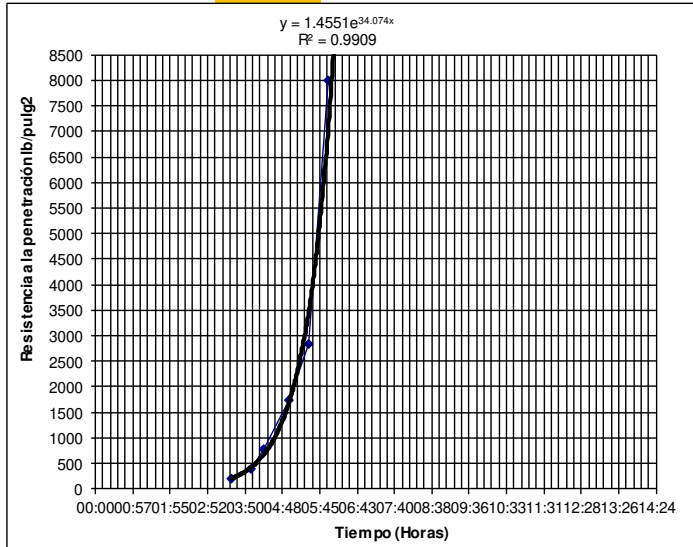
Hora Inicio de Mezclado : 16:44

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	198	198	20:13	03:29	20.6	19.5
13/16"	200	400	20:43	03:59	20.9	19.4
9/16"	194	776	21:03	04:19	20.9	19.3
5/16"	174	1740	21:43	04:59	21.3	19.1
4/16"	142	2840	22:13	05:29	21.5	19.0
3/16"	200	8000	22:43	05:59	21.8	18.4

Hora Inicio de Mezclado : 16:44

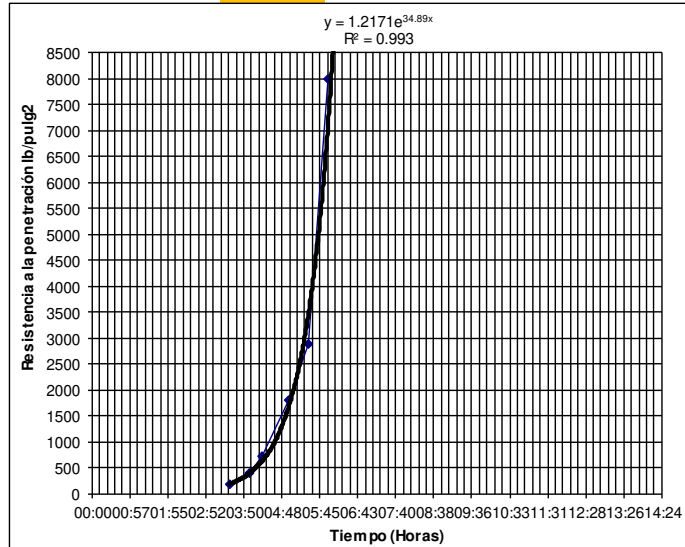
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	182	182	20:13	03:29	20.6	19.5
13/16"	200	400	20:43	03:59	20.9	19.4
9/16"	180	720	21:03	04:19	20.9	19.3
5/16"	180	1800	21:43	04:59	21.3	19.1
4/16"	144	2880	22:13	05:29	21.5	19.0
3/16"	200	8000	22:43	05:59	21.8	18.4

F. Inicial 500 04:06 hh:mm
 F. Final 4000 05:34 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000

F. Inicial 500 04:08 hh:mm
 F. Final 4000 05:34 hh:mm



04:07 hh:mm
05:34 hh:mm

Elaboración: los autores

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "SOL" - A/C=0.50 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 27/02/2017

Diseño: a/c=0.5 H57 4"-6" CS

Hora Inicio de Mezclado : 16:44

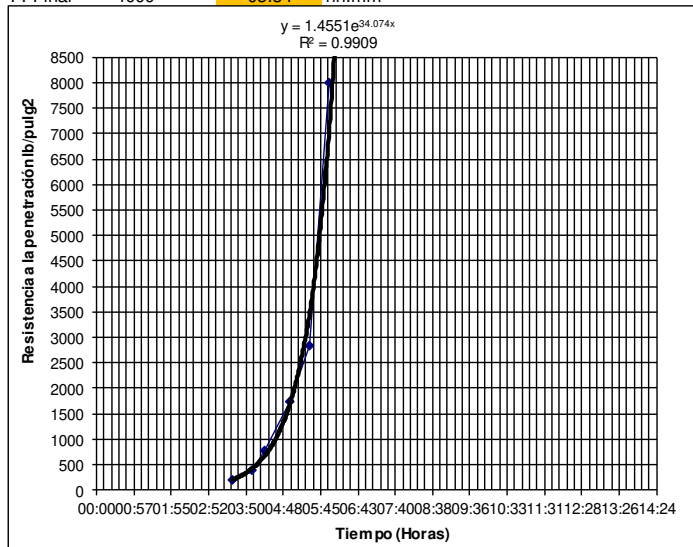
Hora Inicio de Mezclado : 16:44

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	T° Con	T° Amb
1 1/8"	198	198	20:13	03:29	20.6	19.5
13/16"	200	400	20:43	03:59	20.9	19.4
9/16"	194	776	21:03	04:19	20.9	19.3
5/16"	174	1740	21:43	04:59	21.3	19.1
4/16"	142	2840	22:13	05:29	21.5	19.0
3/16"	200	8000	22:43	05:59	21.8	18.4

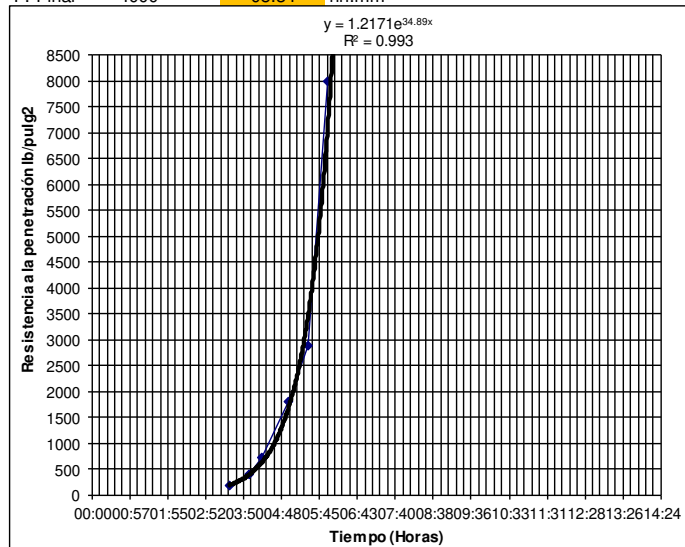
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	T° Con	T° Amb
1 1/8"	182	182	20:13	03:29	20.6	19.5
13/16"	200	400	20:43	03:59	20.9	19.4
9/16"	180	720	21:03	04:19	20.9	19.3
5/16"	180	1800	21:43	04:59	21.3	19.1
4/16"	144	2880	22:13	05:29	21.5	19.0
3/16"	200	8000	22:43	05:59	21.8	18.4

F. Inicial 500 04:06 hh:mm
 F. Final 4000 05:34 hh:mm

F. Inicial 500 04:08 hh:mm
 F. Final 4000 05:34 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000



04:07 hh:mm
05:34 hh:mm

Elaboración: los autores

FRAGUA DEL DISEÑO CON CEMENTO "SOL" - A/C=0.50 H57 4"-6"

Técnico : William Acevedo Damian
 Fecha : 27/02/2017

Diseño: a/c=0.5 H57 4"-6" CS

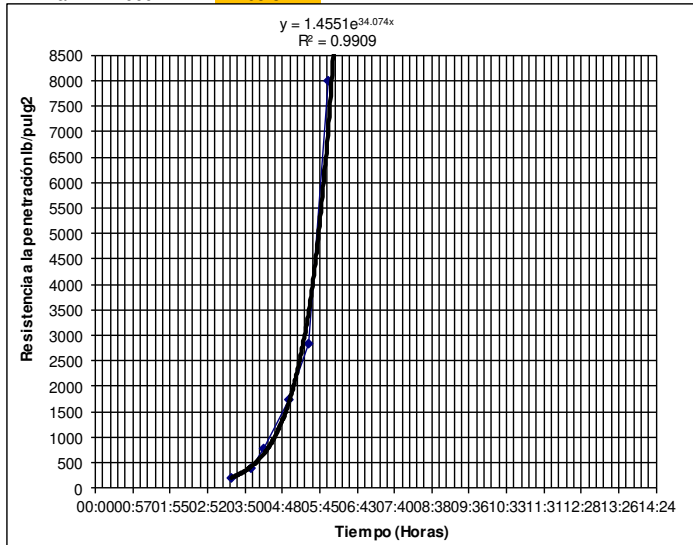
Hora Inicio de Mezclado : 16:44

Muestra N° 1						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	198	198	20:13	03:29	20.6	19.5
13/16"	200	400	20:43	03:59	20.9	19.4
9/16"	194	776	21:03	04:19	20.9	19.3
5/16"	174	1740	21:43	04:59	21.3	19.1
4/16"	142	2840	22:13	05:29	21.5	19.0
3/16"	200	8000	22:43	05:59	21.8	18.4

Hora Inicio de Mezclado : 16:44

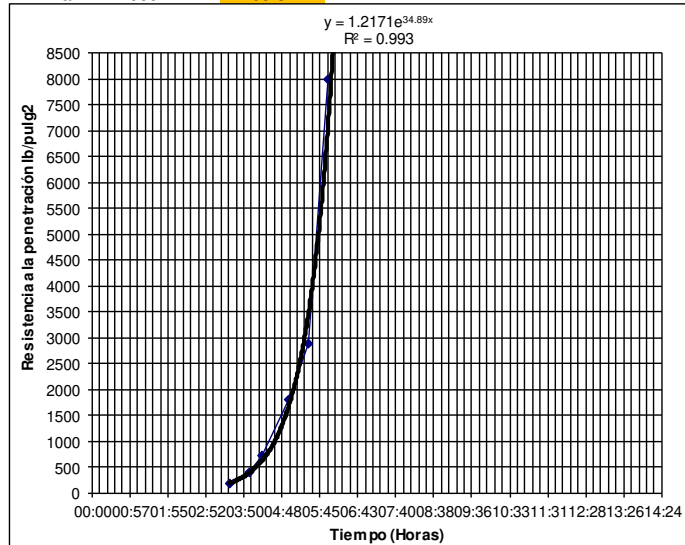
Muestra N° 2						
Diámetro aguja (pulg)	Carga	lb/pulg2	Hora	Tiempo Transcurrid	Tº Con	Tº Amb
1 1/8"	182	182	20:13	03:29	20.6	19.5
13/16"	200	400	20:43	03:59	20.9	19.4
9/16"	180	720	21:03	04:19	20.9	19.3
5/16"	180	1800	21:43	04:59	21.3	19.1
4/16"	144	2880	22:13	05:29	21.5	19.0
3/16"	200	8000	22:43	05:59	21.8	18.4

F. Inicial 500 04:06 hh:mm
 F. Final 4000 05:34 hh:mm



F. Inicial 500
 F. Final 4000

F. Inicial 500 04:08 hh:mm
 F. Final 4000 05:34 hh:mm



04:07 hh:mm
05:34 hh:mm

Elaboración: los autores

ANEXO 08: RESISTENCIAS MECÁNICAS DE LOS CONCRETOS

RESULTADOS DE RESISTENCIAS DE LOS CONCRETOS FABRICADOS CON LOS DOS TIPOS DE CEMENTO									
RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "NACIONAL"					RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "SOL"				
a/c=0.7 H57 4"-6"					a/c=0.7 H57 4"-6"				
Resistencia a Compresión					Resistencia a Compresión				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
3D	10	13486	171.71	172.02	3D	10	14509	184.73	173.84
	10	13173	167.72			10	13502	171.91	
	10	13872	176.62			10	12948	164.86	
7D	10	15722	200.18	214.69	7D	10	18655	237.52	223.26
	10	17640	224.60			10	16671	212.26	
	10	17223	219.29			10	17279	220.00	
28D	10	23561	299.99	301.92	28D	10	21816	277.77	290.63
	10	23473	298.87			10	24563	312.75	
	10	24104	306.90			10	22100	281.39	
56D	10	25699	327.21	327.65	56D	10	23905	304.37	311.00
	10	25701	327.24			10	24573	312.87	
	10	25800	328.50			10	24800	315.76	
90D	10	25683	327.01	330.55	90D	10	25473	324.33	323.31
	10	25139	320.08			10	26100	332.32	
	10	27063	344.58			10	24606	313.29	
Resistencia a Compresión Diametral					Resistencia a Compresión Diametral				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
28D	15	14966	21.17	20.10	28D	15	11739	16.61	17.70
	15	13445	19.02			15	13289	18.80	
Resistencia a Flexión					Resistencia a Flexión				
Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
7D	15x15x50	2280	30.40	30.63	7D	15x15x50	2058	27.44	28.27
	15x15x50	2315	30.87			15x15x50	2182	29.09	
28D	15x15x50	3196	42.62	43.16	28D	15x15x50	2696	35.95	36.11
	15x15x50	3278	43.71			15x15x50	2720	36.27	

Elaboración: los autores

RESULTADOS DE RESISTENCIAS DE LOS CONCRETOS FABRICADOS CON LOS DOS TIPOS DE CEMENTO									
RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "NACIONAL"					RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "SOL"				
a/c=0.6 H57 4"-6"					a/c=0.6 H57 4"-6"				
Resistencia a Compresión					Resistencia a Compresión				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
3D	10	14786	188.26	193.01	3D	10	15083	192.04	198.32
	10	15180	193.28			10	16572	211.00	
	10	15510	197.48			10	15072	191.90	
7D	10	20740	264.07	282.18	7D	10	21176	269.62	273.82
	10	22917	291.79			10	21708	276.39	
	10	22830	290.68			10	21633	275.44	
28D	10	25275	321.81	334.39	28D	10	24718	314.72	305.26
	10	26014	331.22			10	22416	285.41	
	10	27500	350.14			10	24791	315.65	
56D	10	29657	377.60	374.42	56D	10	26665	339.51	344.74
	10	29156	371.23			10	27486	349.96	
	10	29407	374.42			10	27076	344.74	
90D	10	29964	381.51	384.57	90D	10	26560	338.17	351.58
	10	29785	379.23			10	27990	356.38	
	10	30863	392.96			10	28290	360.20	
Resistencia a Compresión Diametral					Resistencia a Compresión Diametral				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
28D	15	14942	21.14	20.61	28D	15	12669	17.92	18.03
	15	14193	20.08			15	12814	18.13	
Resistencia a Flexión					Resistencia a Flexión				
Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
7D	15x15x50	2986	39.82	40.76	7D	15x15x50	2898	38.64	38.64
	15x15x50	3128	41.71			15x15x50	2897	38.63	
28D	15x15x50	3786	50.48	49.88	28D	15x15x50	3390	45.20	44.53
	15x15x50	3696	49.28			15x15x50	3289	43.86	

Elaboración: los autores

RESULTADOS DE RESISTENCIAS DE LOS CONCRETOS FABRICADOS CON LOS DOS TIPOS DE CEMENTO									
RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "NACIONAL"					RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "SOL"				
a/c=0.5 H57 4"-6"					a/c=0.5 H57 4"-6"				
Resistencia a Compresión					Resistencia a Compresión				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
3D	10	23395	297.87	294.13	3D	10	24917	317.25	300.98
	10	22149	282.01			10	22270	283.55	
	10	23758	302.50			10	23729	302.13	
7D	10	27849	354.58	344.12	7D	10	26959	343.25	350.26
	10	26730	340.34			10	27879	354.97	
	10	26503	337.45			10	27690	352.56	
28D	10	33236	423.17	414.91	28D	10	30719	391.13	400.19
	10	32363	412.06			10	32547	414.40	
	10	32161	409.49			10	31027	395.05	
56D	10	33968	432.49	430.05	56D	10	33010	420.30	419.11
	10	33917	431.84			10	32823	417.92	
	10	33443	425.81			10	32917	419.11	
90D	10	37770	480.90	469.27	90D	10	32110	408.84	433.07
	10	37720	480.27			10	33520	426.79	
	10	35080	446.65			10	36410	463.59	
Resistencia a Compresión Diametral					Resistencia a Compresión Diametral				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
28D	15	14522	20.54	21.93	28D	15	13550	19.17	19.13
	15	16474	23.31			15	13500	19.10	
Resistencia a Flexión					Resistencia a Flexión				
Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
7D	15x15x50	3498	46.64	47.26	7D	15x15x50	3176	42.35	42.43
	15x15x50	3590	47.87			15x15x50	3188	42.51	
28D	15x15x50	3884	51.79	50.99	28D	15x15x50	3591	47.88	48.60
	15x15x50	3764	50.19			15x15x50	3698	49.31	

Elaboración: los autores

RESULTADOS DE RESISTENCIAS DE LOS CONCRETOS FABRICADOS CON LOS DOS TIPOS DE CEMENTO									
RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "NACIONAL"					RESULTADOS DEL CONCRETO CON CEMENTO "SOL"				
a/c=0.45 H57 4"-6"					a/c=0.45 H57 4"-6"				
Resistencia a Compresión					Resistencia a Compresión				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
3D	10	25647	326.55	335.35	3D	10	23070	293.74	317.89
	10	26993	343.69			10	26748	340.57	
	10	26374	335.80			10	25083	319.37	
7D	10	31906	406.24	396.56	7D	10	28693	365.33	366.37
	10	30853	392.83			10	29128	370.87	
	10	30679	390.62			10	28502	362.90	
28D	10	36301	462.20	448.02	28D	10	33095	421.38	426.60
	10	38084	484.90			10	33933	432.05	
	10	31177	396.96			10	33488	426.38	
56D	10	39287	500.22	496.60	56D	10	34085	433.98	440.30
	10	38719	492.99			10	34744	442.37	
	10	39003	496.60			10	34915	444.55	
90D	10	43751	557.06	556.04	90D	10	41541	528.92	531.88
	10	43671	556.04			10	40870	520.37	
	10	43591	555.02			10	42910	546.35	
Resistencia a Compresión Diametral					Resistencia a Compresión Diametral				
Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Diámetro	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
28D	15	17931	25.37	23.94	28D	15	14269	20.19	20.53
	15	15916	22.52			15	14753	20.87	
Resistencia a Flexión					Resistencia a Flexión				
Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	Edad	Dimensión	carga	f'c (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
7D	15x15x50	3506	46.75	49.28	7D	15x15x50	3275	43.67	43.37
	15x15x50	3886	51.82			15x15x50	3230	43.07	
28D	15x15x50	4181	55.75	57.20	28D	15x15x50	4158	55.44	55.51
	15x15x50	4398	58.64			15x15x50	4168	55.58	

Elaboración: los autores

**ANEXO 09: CONSOLIDADO DE RESULTADOS
FINALES**

**CONSISTENCIA DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL"
Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"**

DISEÑO	CEMENTO "NACIONAL"	CEMENTO "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
	Slump (cm)	Slump (cm)	Δ (cm)	%
a/c=0.70 H57 4"-6"	16.5	13.5	3.0	22.2%
a/c=0.60 H57 4"-6"	15.5	14.0	1.5	10.7%
a/c=0.50 H57 4"-6"	14.5	15.0	-0.5	-3.3%
a/c=0.45 H57 4"-6"	13.5	14.0	-0.5	-3.6%

Promedio	15.0	14.1	0.9	6.5%
-----------------	-------------	-------------	------------	-------------

**CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO
"NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"**

DISEÑO	CEMENTO "NACIONAL"	CEMENTO "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
	(%)	(%)	Δ (%)	%
a/c=0.70 H57 4"-6"	1.4	1.5	-0.1	-6.7%
a/c=0.60 H57 4"-6"	1.6	1.4	0.2	14.3%
a/c=0.50 H57 4"-6"	1.8	1.6	0.2	12.5%
a/c=0.45 H57 4"-6"	1.3	1.5	-0.2	-13.3%

Promedio	1.5	1.5	0.0	1.7%
-----------------	------------	------------	------------	-------------

**TEMPERATURA DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL"
Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"**

DISEÑO	CEMENTO "NACIONAL"	CEMENTO "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
	(°C)	(°C)	Δ (°C)	%
a/c=0.70 H57 4"-6"	21.6	21.7	-0.1	-0.5%
a/c=0.60 H57 4"-6"	23.9	24.8	-0.9	-3.6%
a/c=0.50 H57 4"-6"	25.0	25.1	-0.1	-0.4%
a/c=0.45 H57 4"-6"	24.6	24.7	-0.1	-0.4%

Promedio	23.8	24.1	-0.3	-1.2%
-----------------	-------------	-------------	-------------	--------------

**FRAGUA FINAL DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL"
Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"**

DISEÑO	CEMENTO "NACIONAL"	CEMENTO "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
	(HH:MM)	(HH:MM)	Δ (HH:MM)	%
a/c=0.70 H57 4"-6"	06:25	06:15	00:10	2.7%
a/c=0.60 H57 4"-6"	06:35	06:18	00:17	4.5%
a/c=0.50 H57 4"-6"	05:38	05:34	00:04	1.2%
a/c=0.45 H57 4"-6"	05:39	05:45	-00:06	-1.7%

Promedio	0.3	0.2	0.0	1.7%
-----------------	------------	------------	------------	-------------

Elaboración: los autores

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.70 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.70 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD (DÍAS)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
3	173.84	172.02	1.8	1.1%
7	223.26	214.69	8.6	4.0%
28	301.92	290.63	11.3	3.9%
56	327.65	311.00	16.7	5.4%
90	330.55	323.31	7.2	2.2%
		Promedio	9.1	3.3%

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.60 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.60 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD (DÍAS)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
3	198.32	193.01	5.3	2.8%
7	282.18	273.82	8.4	3.1%
28	334.39	305.26	29.1	9.5%
56	374.42	344.74	29.7	8.6%
90	384.57	351.58	33.0	9.4%
		Promedio	21.1	6.7%

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.50 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.50 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD (DÍAS)	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
3	300.98	294.13	6.9	2.3%
7	350.26	344.12	6.1	1.8%
28	414.91	400.19	14.7	3.7%
56	430.05	419.11	10.9	2.6%
90	469.27	433.07	36.2	8.4%
		Promedio	15.0	3.8%

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.45 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.45 H57 4" 6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
3	335.35	317.89	17.5	5.5%
7	396.56	366.37	30.2	8.2%
28	448.02	426.6	21.4	5.0%
56	496.6	440.3	56.3	12.8%
90	556.04	531.88	24.2	4.5%
		Promedio	29.9	7.2%

Elaboración: los autores

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.70 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.70 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
7	30.63	28.27	2.4	8.3%
28	43.16	36.11	7.1	19.5%
		Promedio	4.7	13.9%

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.60 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.60 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
7	40.76	38.64	2.1	5.5%
28	49.88	44.53	5.4	12.0%
		Promedio	3.7	8.8%

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.50 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.50 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
7	47.26	42.43	4.8	11.4%
28	50.99	48.6	2.4	4.9%
		Promedio	3.6	8.2%

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO	a/c=0.45 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "NACIONAL"	a/c=0.45 H57 4"-6" CEMENTO TIPO I "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
EDAD	f'c promedio (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	Δ (kg/cm ²)	%
7	49.28	43.37	5.9	13.6%
28	57.2	55.51	1.7	3.0%
		Promedio	3.8	8.3%

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL" Y CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"				
DISEÑO/EDAD	CEMENTO "NACIONAL"	CEMENTO "SOL"	DIFERENCIA (CN-CS)	VARIACIÓN
	f'c promedio (kg/cm ²) 28 Días	f'c promedio (kg/cm ²) 28 Días	Δ (kg/cm ²)	%
a/c=0.70 H57 4"-6"	20.10	17.70	2.4	13.6%
a/c=0.60 H57 4"-6"	20.61	18.03	2.6	14.3%
a/c=0.50 H57 4"-6"	21.93	19.13	2.8	14.6%
a/c=0.45 H57 4"-6"	23.94	20.53	3.4	16.6%

Elaboración: los autores

**ANEXO 10: RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON CEMENTO
“NACIONAL” Y CEMENTO “SOL”**

RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, RESISTENCIA A LA FLEXIÓN, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "NACIONAL"					
ENSAYO	RELACIÓN AGUA/CEMENTO	a/c=0.70	a/c=0.60	a/c=0.50	a/c=0.45
Resistencia a la compresión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	301.92	334.39	414.91	448.02
Resistencia a la flexión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	43.16	49.88	50.99	57.20
Resistencia a la compresión diametral	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	20.10	20.61	21.93	23.94
% Relación de la resistencia a la flexión/resistencia a la compresión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	14%	15%	12%	13%
% Relación de la resistencia a la compresión diametral/resistencia a la compresión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	7%	6%	5%	5%

RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, RESISTENCIA A LA FLEXIÓN, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO "SOL"					
ENSAYO	RELACIÓN AGUA/CEMENTO	a/c=0.70	a/c=0.60	a/c=0.50	a/c=0.45
Resistencia a la compresión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	290.63	305.26	400.19	426.60
Resistencia a la flexión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	36.11	44.53	48.60	55.51
Resistencia a la compresión diametral	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	17.70	18.03	19.13	20.53
% Relación de la resistencia a la flexión/resistencia a la compresión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	12%	15%	12%	13%
% Relación de la resistencia a la compresión diametral/resistencia a la compresión	f'c promedio (kg/cm ²) 28 días	6%	6%	5%	5%

Elaboración: los autores

ANEXO 11: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 57. Producción del agregado en cantera
Elaboración: los autores



Figura 58. Cuarteo del agregado grueso para la ejecución de ensayos
Elaboración: los autores

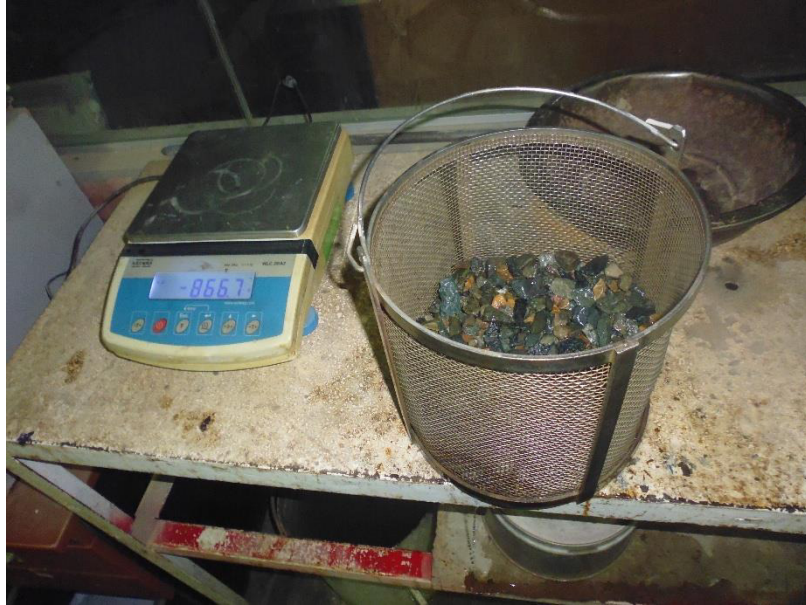


Figura 59. Ensayo para la determinación del peso específico y absorción del agregado grueso
Elaboración: los autores



Figura 60. Ensayo para la determinación del peso específico y absorción del agregado fino
Elaboración: los autores



Figura 61. Ensayo para la determinación del equivalente arena
Elaboración: los autores



Figura 62. Ensayo para la determinación de las impurezas orgánicas del agregado
fino
Elaboración: los autores



Figura 63. Almacenamiento de los cementos
Elaboración: los autores



Figura 64. Pesaje de los materiales
Elaboración: los autores



Figura 65. Materiales pesados para el diseño con cemento “Nacional” y con cemento “Sol”
Elaboración: los autores



Figura 66. Supervisión del mezclado del concreto en el trompo
Elaboración: los autores



Figura 67. Medición de la consistencia del concreto fabricado con cemento "Nacional"
Elaboración: los autores



Figura 68. Medición de la consistencia del concreto fabricado con cemento "Sol"
Elaboración: los autores



Figura 69. Medición del contenido de aire del concreto
Elaboración: los autores



Figura 70. Medición de la temperatura del concreto
Elaboración: los autores



Figura 71. Elaboración de las probetas para ensayos de resistencia la compresión
Elaboración: los autores



Figura 72. Identificación de las muestras para la medición de las propiedades
mecánicas
Elaboración: los autores



Figura 73. Ensayos de fragua del concreto
Elaboración: los autores



Figura 74. Ensayos de resistencia a la compresión
Elaboración: los autores



Figura 75. Fractura de la probeta por compresión axial
Elaboración: los autores

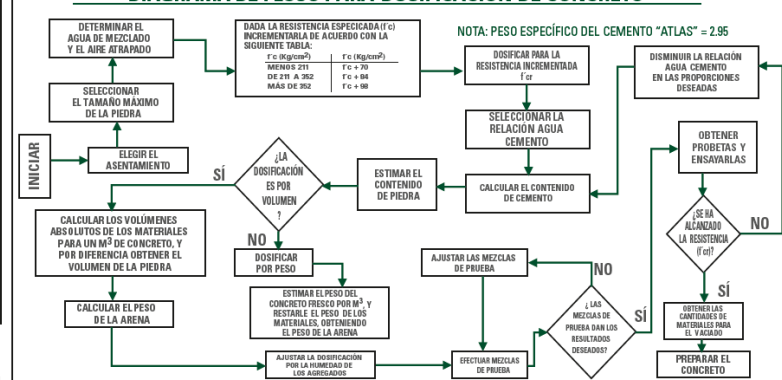
**ANEXO 12: TABLA DE DOSIFICACIONES DEL
CEMENTO SOL**

DOSIFICACIONES PARA DIFERENTES ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO (DOSIFICACIONES POR M³ DE CONCRETO CON CEMENTO SOL, TIPO V Y ATLAS) USAR LAS MISMAS PROPORCIONES PARA EL CEMENTO ATLAS - TENIENDO EN CUENTA LOS AJUSTES INDICADOS EN EL DIAGRAMA DE FLUJO

ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO	f _c Resistencia a 28 días Kg/cm ²	TAMAÑO DE PIEDRA	PESO				
				CEMENTO Kg (bolsas)	AGUA (Litros)	ARENA Kg	PIEDRA Kg	HORMIGÓN Kg
1- CIMENTO	1.1- CIMENTO CORRIDO 1.1.1- CON ADICIÓN DE PIEDRA GRANDE (8")	100	1"	242 (5.7)	171	774	1,170	--
		100	--	242 (5.7)	178	--	--	1,885
	1.1.2- CON ADICIÓN DE PIEDRA MEDIANA (6")	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
		140	--	283 (6.7)	240	--	--	1,792
	1.2- FALSA ZAPATA 1.2.1- CON ADICIÓN DE PIEDRA MEDIANA (6")	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
	1.3- ZAPATA CON O SIN REFUERZO	175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
2- SOBRECIMIENTO	2.1- SOBRECIMIENTO 2.1.1- CON ADICIÓN DE PIEDRA MEDIANA (6")	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
		140	--	283 (6.7)	240	--	--	1,792
	2.1.2- CONCRETO SIMPLE	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
		175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
		175	3/4"	324 (7.6)	249	829	993	--
	2.1.3- SOBRECIMIENTO REFORZADO	175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
	175	3/4"	324 (7.6)	249	829	993	--	
3- ELEMENTOS VERTICALES	3.1- COLUMNAS Y PLACAS	210	1"	375 (8.8)	230	735	1,035	--
		210	3/4"	385 (8.1)	235	740	955	--
		210	1/2"	388 (8.1)	237	840	941	--
		280	1"	443 (10.4)	222	629	990	--
		280	3/4"	460 (10.8)	230	655	924	--
		280	1/2"	463 (10.9)	232	730	810	--
	3.2- MUROS DE CONTENCIÓN 3.2.1- DE CONCRETO CICLOPEO 3.2.1.1- CON ADICIÓN DE PIEDRA GRANDE (8")	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
	3.2.1.2- CON ADICIÓN DE PIEDRA MEDIANA (6")	175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
	3.2.2- DE CONCRETO REFORZADO	175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
		210	1"	375 (8.8)	230	735	1,035	--
		210	3/4"	385 (8.1)	235	740	955	--
		280	1"	443 (10.4)	222	629	990	--
		280	3/4"	460 (10.8)	230	655	924	--
		280	1/2"	463 (10.9)	232	730	810	--

ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO	f _c Resistencia a 28 días Kg/cm ²	TAMAÑO DE PIEDRA	PESO				
				CEMENTO Kg (bolsas)	AGUA (Litros)	ARENA Kg	PIEDRA Kg	HORMIGÓN Kg
4- ELEMENTOS HORIZONTALES	4.1- FALSO PISO	100	1"	242 (5.7)	171	774	1,170	--
		100	--	242 (5.7)	178	--	--	1,885
	4.2- PISO	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
	4.3- VIGAS, LOSAS MACIZAS Y TECHOS ALIGERADOS	175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
		210	1"	375 (8.8)	230	735	1,035	--
		210	3/4"	385 (8.1)	235	740	955	--
5- ELEMENTOS INCLINADOS	5.1- GRADAS 5.1.1- DE CONCRETO CICLOPEO CON ADICIÓN DE PIEDRA MEDIANA (6")	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
		175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
	5.1.2- DE CONCRETO SIMPLE	175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
	5.2- ESCALERAS REFORZADAS	175	1"	317 (7.5)	244	816	1,029	--
		210	1"	375 (8.8)	230	735	1,035	--
		210	3/4"	385 (8.1)	235	740	955	--
		280	1"	443 (10.4)	222	629	990	--
		280	3/4"	460 (10.8)	230	655	924	--
		280	1/2"	463 (10.9)	232	730	810	--

DIAGRAMA DE FLUJO PARA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO



**ANEXO 13: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE
LOS EQUIPOS DE LABORATORIO DE CEMENTO,
AGREGADO Y CONCRETO**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-108-2016**

Peticionario : MIXERCON S.A.
Atención : Ing. Javier Valdez
Lugar de calibración : Laboratorio de Control de Calidad de Cemento Nacional - Planta Villa I
Mz. C, Lt. 4. Asociación La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Lima.
Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica
Capacidad del equipo : 250,000 lbf (113 TN)
División de escala : 10 Kgf
Marca : HUMBOLDT
Nº de serie del equipo : 121018H
Panel digital : TMI
Código interno : PRE-001
Nº de serie panel digital : DIR-121017-270
Procedencia : USA
Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
Temp.(°C) y H.R.(%) Inicial : 23,9°C / 60%
Temp.(°C) y H.R.(%) Final : 24,0°C / 61%
Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8517B0416
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2016-09-30

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2016-10-05


Vladimir Tello Torre
TÉCNICO DE LABORATORIO
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84287

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
9	10000	9988	9903	9976	9956	0,4	0,1
18	20000	19929	19920	19955	19935	0,3	0,1
27	30000	29930	29919	29900	29916	0,3	0,1
35	40000	39873	39889	39903	39888	0,3	0,1
44	50000	49886	49825	49859	49857	0,3	0,1
53	60000	59886	59848	59864	59866	0,2	0,1
62	70000	69930	69961	69854	69915	0,1	0,1
71	80000	79884	79882	79839	79868	0,2	0,1
80	90000	89876	89863	89865	89868	0,1	0,1
88	100000	99935	99857	99864	99885	0,1	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.






**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-197-2016**

Peticionario : MIXERCON S.A.
Atención : Ing. Javier Valdez
Lugar de calibración : Laboratorio de Control de Calidad de Cemento Nacional - Planta Villa I
Mz. C, Lt. 4. Asociación La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Lima.
Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático
Marca : OHAUS Clase : I
Número de serie : 8033311055 Tipo : Electrónica
Código de identificación : BAL-001
Modelo : PA214
Capacidad máxima : 210 g
División de escala (d) : 0,0001 g
División de verificación (e) : 0,001 g
Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25,6 °C / 50%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25,6 °C / 50%
Patrones de referencia : Trazabilidad INDECOPI , 01 jgo. de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 g a 500g con certificado de calib. N° LM-C-507-2014.
Número de páginas : 3
Fecha de calibración : 2016-09-30

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-10-05	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ TAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84288

RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

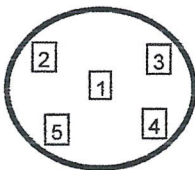
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
T. (°C)	25,6	25,6

	Inicial	Final
H. R. (%)	50	50

Medición N°	Carga L1 = 105,0000 g			Carga L2 = 210,0000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005
2	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005
3	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005
4	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005
5	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005
6	105,0000	0,0000	0,00005	209,9999	0,0000	-0,00005
7	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005
8	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005
9	105,0000	0,0000	0,00005	209,9999	0,0000	-0,00005
10	105,0000	0,0000	0,00005	210,0000	0,0000	0,00005

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENRICIDAD


Posición de las cargas

	Inicial	Final		Inicial	Final
T. (°C)	25,7	25,7	H. R. (%)	50	50

Posición de carga	Determinación de E _o				Determinación del error corregido E _c				
	carga en cero* (g)	I (g)	ΔL (g)	E _o (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	0,0100	0,0100	0,0000	0,00005	70,0000	70,0000	0,0000	0,00005	0,00000
2	0,0100	0,0100	0,0000	0,00005	70,0000	70,0000	0,0000	0,00005	0,00000
3	0,0100	0,0100	0,0000	0,00005	70,0000	69,9999	0,0000	-0,00005	-0,00010
4	0,0100	0,0100	0,0000	0,00005	70,0000	70,0001	0,0000	0,00015	0,00010
5	0,0100	0,0100	0,0000	0,00005	70,0000	70,0002	0,0000	0,00025	0,00020

*valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	25,8	25,8

H. R. (%)	Inicial	Final
	50	50

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,0100	0,0100	0,0000	0,00005	(*)					
0,1000	0,1000	0,0000	0,00005	0,00000	0,1000	0,0000	0,00005	0,00000	0,001
1,0000	1,0001	0,0000	0,00015	0,00010	1,0000	0,0000	0,00005	0,00000	0,001
5,0000	5,0000	0,0000	0,00005	0,00000	5,0000	0,0000	0,00005	0,00000	0,001
10,0000	10,0000	0,0000	0,00005	0,00000	10,0000	0,0000	0,00005	0,00000	0,001
20,0000	20,0000	0,0000	0,00005	0,00000	20,0000	0,0000	0,00005	0,00000	0,001
40,0000	40,0000	0,0000	0,00005	0,00000	40,0000	0,0000	0,00005	0,00000	0,001
60,0000	60,0000	0,0000	0,00005	0,00000	60,0000	0,0000	0,00005	0,00000	0,002
100,0000	100,0000	0,0000	0,00005	0,00000	100,0000	0,0000	0,00005	0,00000	0,002
150,0000	149,9999	0,0000	-0,00005	-0,00010	149,9999	0,0000	-0,00005	-0,00010	0,002
210,0000	209,9999	0,0000	-0,00005	-0,00010	209,9999	0,0000	-0,00005	-0,00010	0,003

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,000024g + (0,00000015)I$
------------------------------	---------------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-200-2016**

Peticionario : MIXERCON S.A.

Atención : Ing. Javier Valdez

Lugar de calibración : Laboratorio de Control de Calidad de Cemento Nacional - Planta Villa I
Mz. C, Lt. 4. Asociación La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Lima.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : ADAM EQUIPMENT Clase : III

Número de serie : AE683436 Tipo : Electrónica

Código de identificación : BAL-004 Procedencia : USA

Modelo : CBK16aH

Capacidad máxima : 8000 g

División de escala (d) : 0,1 g

División de verificación (e) : 1,0 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 23,9 °C / 60%




Temp.(°C) y H.R.(%) final : 23,9 °C / 60%

Patrones de referencia : Trazabilidad INDECOPI , 01 jgo. de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 g a 500g con certificado de calib. N° LM-C-507-2014, 01 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calib. N° LM-C-497-2014, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calib. N° LM-1007-2014, LM-1008-2014, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° LM-1011-2014.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2016-09-30

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-10-05	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ TAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84286

RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	23,9	23,9		60	60

Medición N°	Carga L1 = 4000 g			Carga L2 = 8000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
2	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
3	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
4	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
5	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
6	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
7	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
8	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
9	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62
10	4000,0	0,05	0,45	8000,2	0,08	0,62

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	3
5		4

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	23,9	23,9		60	60

Posición de carga	Determinación de E ₀				Determinación del error corregido E _c				
	carga en cero* (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	10,0	10,0	0,03	0,47	2500,0	2500,0	0,05	0,45	-0,02
2	10,0	10,0	0,03	0,47	2500,0	2499,9	0,06	0,34	-0,13
3	10,0	10,0	0,03	0,47	2500,0	2500,0	0,06	0,44	-0,03
4	10,0	10,0	0,03	0,47	2500,0	2500,0	0,05	0,45	-0,02
5	10,0	10,0	0,03	0,47	2500,0	2499,9	0,06	0,34	-0,13

* valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_0$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	23,9	23,9

H. R. (%)	Inicial	Final
	60	60

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10,0	0,05	0,45	(*)					
50,0	50,0	0,05	0,45	0,00	50,0	0,05	0,45	0,00	1,0
100,0	100,0	0,06	0,44	-0,01	100,0	0,06	0,44	-0,01	1,0
200,0	200,0	0,06	0,44	-0,01	200,0	0,06	0,44	-0,01	1,0
500,0	500,0	0,06	0,44	-0,01	500,0	0,06	0,44	-0,01	1,0
1000,0	1000,0	0,06	0,44	-0,01	1000,0	0,06	0,44	-0,01	2,0
2000,0	2000,0	0,07	0,43	-0,02	2000,0	0,07	0,43	-0,02	2,0
3000,0	3000,0	0,07	0,43	-0,02	3000,0	0,07	0,43	-0,02	3,0
4000,0	4000,0	0,07	0,43	-0,02	4000,0	0,07	0,43	-0,02	3,0
6000,0	6000,0	0,07	0,43	-0,02	6000,1	0,07	0,53	0,08	3,0
8000,0	8000,2	0,08	0,62	0,17	8000,2	0,08	0,62	0,17	3,0

(*) Carga para determinar Eo

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,018g + (0,000055)l$
------------------------------	----------------------------

l = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-198-2016**

Peticionario : MIXERCON S.A.

Atención : Ing. Javier Valdez

Lugar de calibración : Laboratorio de Control de Calidad de Cemento Nacional - Planta Villa I
Mz. C, Lt. 4. Asociación La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Lima.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automatico

Marca : A&D Clase : II

Número de serie : 15615892 Tipo : Electrónica

Código de identificación : BAL-003

Modelo : FX500i

Capacidad máxima : 520 g

División de escala (d) : 0,001 g

División de verificación (e) : 0,01 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automatico clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 23,4 °C / 60%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 23,4 °C / 60%




Patrones de referencia : Trazabilidad INDECOPI , 01 jgo. de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 g a 500g con certificado de calib. N° LM-C-507-2014.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2016-09-30

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-10-05	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ TAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84286

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

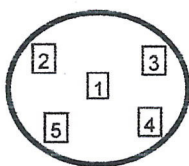
T. (°C)	Inicial	Final
	23,4	23,4

H. R. (%)	Inicial	Final
	60	60

Medición N°	Carga L1 = 260,000 g			Carga L2 = 520,000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	260,000	0,000	0,0005	520,001	0,000	0,0015
2	260,000	0,000	0,0005	520,002	0,000	0,0025
3	260,000	0,000	0,0005	520,001	0,000	0,0015
4	260,000	0,000	0,0005	520,002	0,000	0,0025
5	260,000	0,000	0,0005	520,001	0,000	0,0015
6	260,000	0,000	0,0005	520,001	0,000	0,0015
7	260,000	0,000	0,0005	520,002	0,000	0,0025
8	260,000	0,000	0,0005	520,002	0,000	0,0025
9	260,000	0,000	0,0005	520,001	0,000	0,0015
10	260,000	0,000	0,0005	520,001	0,000	0,0015

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

T. (°C)

Inicial	Final
23,5	23,5

H. R. (%)

Inicial	Final
59	59

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,100	0,100	0,000	0,0005	170,000	170,000	0,000	0,00050	0,00000
2	0,100	0,100	0,000	0,0005	170,000	169,999	0,000	-0,00095	-0,00145
3	0,100	0,100	0,000	0,0005	170,000	170,000	0,000	0,00005	-0,00045
4	0,100	0,100	0,000	0,0005	170,000	170,002	0,000	0,00205	0,00155
5	0,100	0,100	0,000	0,0005	170,000	170,000	0,000	0,00005	-0,00045

* valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	23,5	23,5

H. R. (%)	Inicial	Final
	59	59

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,010	0,010	0,000	0,0005	(*)					
0,100	0,100	0,000	0,0005	0,0000	0,100	0,000	0,0005	0,0000	0,010
1,000	1,000	0,000	0,0005	0,0000	1,000	0,000	0,0005	0,0000	0,010
10,000	10,000	0,000	0,0005	0,0000	10,000	0,000	0,0005	0,0000	0,010
50,000	50,000	0,000	0,0005	0,0000	50,000	0,000	0,0005	0,0000	0,010
100,000	100,000	0,000	0,0005	0,0000	100,000	0,000	0,0005	0,0000	0,020
150,000	150,000	0,000	0,0005	0,0000	150,000	0,000	0,0005	0,0000	0,020
200,000	200,000	0,000	0,0005	0,0000	200,000	0,000	0,0005	0,0000	0,020
300,000	300,000	0,000	0,0005	0,0000	300,000	0,000	0,0005	0,0000	0,030
400,000	400,000	0,000	0,0005	0,0000	400,000	0,000	0,0005	0,0000	0,030
520,000	520,001	0,000	0,0015	0,0010	520,001	0,000	0,0015	0,0010	0,030

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,00011g + (0,0000012)I$
------------------------------	-------------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incetidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



Status	Descripción		Valor	min	max
PC_Vac	Primary chamber pressure	[Pa]	32000	0	35000
SP_Vac	Spectrometer pressure	[Pa]	0	0	20
RackTemp	Electronic rack temperature	[C]	37.24933	20	45
TankTemp	Spectrometer tank temperature	[C]	36.73	20	40
FPCPress	FPC pressure	[Pa]	105450	90000	115000
FPCFlow	FPC gas flow	[ul/min]	5106	2000	40000
kV	X-ray tube voltage	[kV]	> 29.984	-0.5	.5
mA	X-ray tube current	[mA]	> 1.665	-0.5	.5
TubeTmp	X-ray tube temperature	[C]	47	15	55
FilamCur	X-ray tube filament current	[A]	3.121	1	3.5
XrayArcs	X-ray tube arc count	[]	0	0	200
LabTmp	Laboratory ambient temperature	[C]	21.8	15	30
XGenTmp	Air temperature near x-ray generator	[C]	30.4	15	45
MainsL1	Main voltage (230 V : L1 phase)	[V]	222.64	200	250
G_HVPS	Gonio detectors high voltage	[V]	1689.316	1300	2400
G_XTemp	Gonio crystal holder temperature	[C]	43.0009	20	45

Status	Descripción		Valor	min	max
PC_Vac	Primary chamber pressure	[Pa]	32000	0	35000
SP_Vac	Spectrometer pressure	[Pa]	1.01138	0	20
RackTemp	Electronic rack temperature	[C]	38.41046	20	45
TimeWork	Instrument total working time	[h]	34386.48	0	1000000
TankTemp	Spectrometer tank temperature	[C]	37.01	20	40
FPCPress	FPC pressure	[Pa]	105575	90000	115000
FPCFlow	FPC gas flow	[ul/min]	6210	2000	40000
kV	X-ray tube voltage	[kV]	> 49.987	-0.5	.5
mA	X-ray tube current	[mA]	> 1	-0.5	.5
TubeTmp	X-ray tube temperature	[C]	47	15	55
FilamCur	X-ray tube filament current	[A]	2.998	1	3.5
XrayArcs	X-ray tube arc count	[]	0	0	200
LabTmp	Laboratory ambient temperature	[C]	21.6	15	30
XGenTmp	Air temperature near x-ray generator	[C]	28.2	15	45
MainsL1	Main voltage (230 V : L1 phase)	[V]	222.08	200	250
G_HVPS	Gonio detectors high voltage	[V]	1790.917	1300	2400
G_XTemp	Gonio crystal holder temperature	[C]	42.9987	20	45



Ciente: MIXERCON S.A
Fecha: 20/07/2016
Equipo: ARL OPTIM'X - 392
Generado por: Ing. Juan Aponte

SHORT TERM STABILITY TEST

XRF

CONDICIONES TUBO: 40kV - 1.25mA
GONIOMETRO

LINEA	MUESTRA	INT PROM	ED%	MAX	RESULTADO
SiKa1,2	ARL STAB-2	4.6063	0.2700	0.3089	Bien
AlKa1,2a	ARL STAB-2	1.3953	0.3900	0.5562	Bien
CaKa1,2	ARL STAB-2	1.2108	0.4100	0.5967	Bien
FeKa1,2a	ARL STAB-2	1.3373	0.4800	0.5680	Bien

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-008-2017**

Peticionario : MIXERCON S.A.

Atención : Ing. Leonor Nancy Ruiz Panduro

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : SORES Modelo : AFM

Número de serie : AFM-X05259 Tipo : Digital

Capacidad máxima : 60 kg Clase : III

División de escala (d) : 5 g

División de verificación (e) : 10 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición Usando pesas de sustitución.

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26,1 °C / 70%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26,2 °C / 70%

Patrones de referencia : Trazabilidad INACAL , 01 juego de pesas Hiweigh clase OIML F1 de 1 mg a 1 kg con certificado de calibración N° LM-C-539-2016, 02 pesas Hiweigh clase OIML F1 de 2 kg con certificado de calibración N° LM-600-2016, 01 pesa Hiweigh clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° LM-595-2016 y 02 pesas Hiweigh clase OIML F1 de 10 Kg con certificados de calibración N° LM-596-2016 y LM-597-2016.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2017-01-27

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello


Fecha

Hecho por

Revisado por



2017-02-02


Vladimir Tello Torre
TECNICO DE LABORATORIO
JOSEPH ARNALDO
RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 89945

RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	No

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final
	26,1	26,1

H. R. (%)	Inicial	Final
	70	70

Medición N°	Carga L1 = 30,000 Kg			Carga L2 = 60,000 Kg		
	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)
1	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
2	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
3	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
4	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
5	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
6	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
7	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
8	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
9	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002
10	30,000	0,006	-0,001	60,000	0,007	-0,002

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	3
5		4

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final
	26,1	26,1

H. R. (%)	Inicial	Final
	70	70

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	Eo (Kg)	Carga L (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	Ec (Kg)
1	0,050	0,050	0,005	0,000	20,000	20,000	0,006	-0,001	-0,001
2	0,050	0,050	0,005	0,000	20,000	20,000	0,006	-0,001	-0,001
3	0,050	0,050	0,005	0,000	20,000	19,995	0,006	-0,006	-0,006
4	0,050	0,050	0,005	0,000	20,000	20,000	0,006	-0,001	-0,001
5	0,050	0,050	0,005	0,000	20,000	20,000	0,006	-0,001	-0,001

* valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	26,2	26,2

H. R. (%)	Inicial	Final
	70	70

Carga L (Kg)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (Kg)
	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	Ec (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	Ec (Kg)	
0,050	0,050	0,004	0,001	(*)					
1,000	1,000	0,005	0,000	-0,001	1,000	0,005	0,000	-0,001	0,010
2,000	2,000	0,005	0,000	-0,001	2,000	0,005	0,000	-0,001	0,010
5,000	5,000	0,005	0,000	-0,001	5,000	0,005	0,000	-0,001	0,010
10,000	10,000	0,006	-0,001	-0,002	10,000	0,006	-0,001	-0,002	0,020
15,000	15,000	0,006	-0,001	-0,002	15,000	0,006	-0,001	-0,002	0,020
20,000	20,000	0,006	-0,001	-0,002	20,000	0,006	-0,001	-0,002	0,020
30,000	30,000	0,006	-0,001	-0,002	30,000	0,006	-0,001	-0,002	0,030
40,000	40,000	0,006	-0,001	-0,002	40,000	0,006	-0,001	-0,002	0,030
50,000	50,000	0,007	-0,002	-0,003	50,000	0,007	-0,002	-0,003	0,030
60,000	60,000	0,007	-0,002	-0,003	60,000	0,007	-0,002	-0,003	0,030

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,001 \text{ Kg} + (0,000047)I$
-------------------------------------	--------------------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incetidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-216-2016**

Peticionario : MIXERCON S.A.

Atención : Ing. Pedro Badillo Macazana.

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : Exact Scale Clase : III

Número de serie : 1207180C70 Tipo : Electrónica

Modelo : REX Procedencia : No indica

Capacidad máxima : 100 kg

División de escala (d) : 0,02 Kg

División de verificación (e) : 0,02 Kg

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición Usando pesas de sustitución.

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,1°C / 85%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,1°C / 85%

Patrones de referencia : Trazabilidad INDECOPÍ , 01 jgo. de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 g a 500g con certificado de calib. N° LM-C-507-2014, 01 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calib. N° LM-C-497-2014, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calib. N° LM-1007-2014, LM-1008-2014, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° LM-1011-2014 y 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 Kg con certificados de calibración N° LM-1010-2014 y LM-1009-2014.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2016-09-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-09-30	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 89945

RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	No

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final
	19,1	19,1

H. R. (%)	Inicial	Final
	85	85

Medición N°	Carga L1 = 50,00 Kg			Carga L2 = 100,00 Kg		
	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)
1	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
2	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
3	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
4	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
5	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
6	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
7	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
8	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
9	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015
10	50,00	0,008	-0,003	100,02	0,010	0,015

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	3
5		4

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final
	19,1	19,1

H. R. (%)	Inicial	Final
	85	85

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	Eo (Kg)	Carga L (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	Ec (Kg)
1	0,10	0,10	0,004	0,001	30,00	30,00	0,004	0,001	0,000
2	0,10	0,10	0,004	0,001	30,00	30,02	0,004	0,021	0,020
3	0,10	0,10	0,004	0,001	30,00	30,00	0,004	0,001	0,000
4	0,10	0,10	0,004	0,001	30,00	30,00	0,004	0,001	0,000
5	0,10	0,10	0,004	0,001	30,00	30,02	0,004	0,021	0,020

* valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	18,9	19,1

H. R. (%)	Inicial	Final
	86	86

Carga L (Kg)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (Kg)
	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	Ec (Kg)	I (Kg)	ΔL (Kg)	E (Kg)	Ec (Kg)	
0,10	0,10	0,004	0,001	(*)					
0,20	0,20	0,004	0,001	0,000	0,20	0,004	0,001	0,000	0,020
0,50	0,50	0,004	0,001	0,000	0,50	0,004	0,001	0,000	0,020
1,00	1,00	0,004	0,001	0,000	1,00	0,004	0,001	0,000	0,020
5,00	5,00	0,004	0,001	0,000	5,00	0,004	0,001	0,000	0,020
10,00	10,00	0,006	-0,001	-0,002	10,00	0,004	0,001	0,000	0,020
20,00	20,00	0,006	-0,001	-0,002	20,00	0,006	-0,001	-0,002	0,040
30,00	30,00	0,006	-0,001	-0,002	30,00	0,006	-0,001	-0,002	0,040
50,00	50,00	0,008	-0,003	-0,004	50,00	0,006	-0,001	-0,002	0,060
80,00	80,00	0,008	-0,003	-0,004	80,00	0,006	-0,001	-0,002	0,060
100,00	100,02	0,008	0,017	0,016	100,02	0,008	0,017	0,016	0,060

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 1,35g + (0,0057)I$
------------------------------	-------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



INFORME TÉCNICO 305-16

A : Ing. Pedro Badillo Macazana – MIXERCON S.A.

De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.

Asunto: Calibración y Mantenimiento preventivo de balanza digital marca Exact Scale, con N° de serie 1207180C70, Modelo REX, de 100 Kg. De Capacidad, perteneciente a la Planta Huachipa. Realizado el 22 de Setiembre del 2016.

Fecha : 30 de Setiembre del 2016.

Estimado Ingeniero; respecto al mantenimiento del equipo arriba descrito, tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo se encontraba en buen estado de funcionamiento, se procedió al mantenimiento que incluyo:

- Desarmado general del equipo.
- Limpieza general de las partes.
- Cambio de batería interna
- Pintado del soporte del panel
- Armado general.
- Pruebas de funcionamiento.

2.- Cuando se sometió el equipo a pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración del mismo, se observó que las lecturas indicadas por el equipo no eran similares al del patrón utilizado por lo que se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;




Ing. Vladimir Tello
Asesor Técnico
CELDA EIRL



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCMA-007-2017**

Peticionario : MIXERCON S.A.
Atención : Ing. Pedro Badillo Macazana.
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima
Tipo de equipo : Medidor contenido de aire de concreto fresco "PRESS-AIRE-METER"
Capacidad del equipo : 0% - 100% de aire
División de escala : 0,1% de 0% a 6% ; 0,2% de 6% a 8%; 0,5% de 8% a 15% ; 1% de 15% a 30% ; 5% de 30% a 50%; 10% de 50% a 100% .
Marca : FORNEY
Modelo : LA-0316
Capacidad del recipiente : 1/4 de pie cúbico
Código : No Indica.
N° de serie : 20150519/00494
Procedencia : USA
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25,8°C / 71%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25,8°C / 71%
Método de calibración : Norma ASTM C-231
Patrón de referencia : 02 canister marca ELE - INTERNATIONAL, modelo 34-3267/10, con números de serie 080312 y 070312, certificado de calibración CSA-1869-15 y CSA-1868-15 respectivamente; cada uno de 5% de capacidad con respecto a un volumen de 1/4 de pie cúbico.
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2017-01-19

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-01-23	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 89945

Resultados de medición

Con 01 canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	Contenido de aire con 01 canister (%)	Error (%)	Incertidumbre K=2
1	5,0	5,0	5,0	0,0	0,1
2	5,0				
3	5,0				

Con 02 canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	Contenido de aire con 02 canister (%)	Error (%)	Incertidumbre K=2
1	10,0	10,0	10,0	0,0	0,1
2	10,0				
3	10,0				

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El cero "0" inicial del cual debe partir la aguja en el equipo es - 3 % y esta indicado con un stiker en el dial indicador.

El equipo se encuentra calibrado.



INFORME TÉCNICO 019-17

A : Ing. Pedro Badillo Macazana.- MIXERCON S.A.

De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.

Asunto: Calibración de equipo medidor de aire confinado en Mezclas de Concreto Fresco marca Forney, modelo LA-0316, N° de Serie 20150519/00494, Perteneciente a la planta de Diseño de Mezclas. Villa II - Mz. C, Lt. 4, Asociación La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Lima, realizado el 19 de Enero del 2017.

Fecha : 23 de Enero del 2017.

Estimado Ingeniero; respecto a la calibración realizada al equipo arriba descrito, tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo no se encontraba operativo, se procedió a la reparación que incluyo:

- Desarmado de las partes.
- Limpieza de las partes.
- Evaluación de componentes.
- Reemplazo de los sellos de la cámara de aire.
- Reemplazo de la válvula de paso de aire.
- Reemplazo del manómetro del equipo.
- Armado general del equipo.
- Pruebas de funcionamiento.

2.- Cuando se sometió el equipo a pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración del mismo, se observó que las lecturas indicadas por el equipo eran similares al del patrón utilizado, por lo que no se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;




Ing. Vladimir Tello
Asesor Técnico
CELDA EIRL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-004-2017**

Peticionario : MIXERCON S.A.

Atención : Ing. Pedro Badillo Macazana

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : RADWAG Clase : II

Número de serie : 356506 Tipo : Digital.

Modelo : WLC 20/A2 Procedencia : CHINA.

Capacidad máxima : 20000 g

División de escala (d) : 0,1 g

División de verificación (e) : 1,0 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición.

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26,3 °C / 71%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26,5 °C / 71%

Patrones de referencia : Trazabilidad INACAL , 01 juego de pesas Hiweigh clase OIML F1 de 1 mg a 1 kg con certificado de calibración N° LM-C-539-2016, 02 pesas Hiweigh clase OIML F1 de 2 kg con certificado de calibración N° LM-600-2016, 01 pesa Hiweigh clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° LM-595-2016 y 02 pesas Hiweigh clase OIML F1 de 10 Kg con certificados de calibración N° LM-596-2016 y LM-597-2016.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2017-01-13

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-01-16	 Vladimir Tello Torro TECNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 89945

RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final
	26,3	26,3

H. R. (%)	Inicial	Final
	71	71

Medición N°	Carga L1 = 10000 g			Carga L2 = 20000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
2	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
3	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
4	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
5	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
6	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
7	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
8	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
9	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12
10	10000,0	0,05	0,00	19999,9	0,07	-0,12

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	3
5		4

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final
	26,4	26,4

H. R. (%)	Inicial	Final
	71	71

Posición de carga	Determinación de E ₀				Determinación del error corregido E _c				
	carga en cero* (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	10,0	10,0	0,04	0,01	6000	6000,0	0,05	0,00	-0,01
2	10,0	10,0	0,04	0,01	6000	6000,0	0,05	0,00	-0,01
3	10,0	10,0	0,04	0,01	6000	5999,9	0,05	-0,10	-0,11
4	10,0	10,0	0,04	0,01	6000	5999,8	0,05	-0,20	-0,21
5	10,0	10,0	0,04	0,01	6000	5999,9	0,05	-0,10	-0,11

* valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_0$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	26,5	26,5

H. R. (%)	Inicial	Final
	71	71

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10,0	0,04	0,01	(*)					
100	100,0	0,04	0,01	0,00	100,0	0,04	0,01	0,00	1,0
500	500,0	0,04	0,01	0,00	500,0	0,04	0,01	0,00	1,0
1000	1000,0	0,04	0,01	0,00	1000,0	0,04	0,01	0,00	1,0
2000	2000,0	0,04	0,01	0,00	2000,0	0,04	0,01	0,00	1,0
4000	4000,0	0,05	0,00	-0,01	4000,0	0,05	0,00	-0,01	1,0
6000	6000,0	0,05	0,00	-0,01	6000,0	0,05	0,00	-0,01	2,0
8000	8000,0	0,05	0,00	-0,01	8000,0	0,05	0,00	-0,01	2,0
12000	12000,0	0,06	-0,01	-0,02	12000,0	0,06	-0,01	-0,02	2,0
16000	16000,0	0,06	-0,01	-0,02	16000,0	0,06	-0,01	-0,02	2,0
20000	19999,9	0,07	-0,12	-0,13	19999,9	0,07	-0,12	-0,13	2,0

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,0079g + (0,0000026)I$
-------------------------------------	------------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



INFORME TÉCNICO 012-17

A : Ing. Pedro Badillo Macazana - MIXERCON S.A.

De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.

Asunto: Mantenimiento y Calibración de balanza electrónica digital, marca RADWAG, con N° de Serie 356506, modelo WLC 20/A2, de 20000g x 0,1g de capacidad, con código No Indica, perteneciente a la planta Oquendo II - Av. Néstor Gambetta Km. 7.5 Lt. 58A, Ex Fundo Oquendo - Callao, realizado el 13 de Enero del 2017.

Fecha : 16 de Enero del 2017.

Estimado Ingeniero; respecto al mantenimiento y calibración del equipo arriba descrito, tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo no se encuentra en buen estado de funcionamiento, se procedió con el mantenimiento que incluyó:


- Desarmado del equipo.
- Limpieza de las partes.
- Evaluación de componentes.
- Reemplazo de la batería interna del equipo.
- Armado del equipo.
- Pruebas de funcionamiento.

2.- Cuando se sometió la balanza a prueba para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración del mismo, se observó que las lecturas indicada por el equipo no eran similares a las pesas patrones utilizadas por lo que se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;




Ing. Vladimir Tello
Asesor Técnico
CELDA EIRL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCTC-001-2017**

Peticionario : MIXERCON S.A.
Atención : Ing. Leonor Nancy Ruiz Panduro
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima
Tipo de instrumento : Termómetro con indicación digital
Alcance de indicación : -50 °C a 150 °C
Resolución : 0,1 °C
Marca : Hanna Instruments
N° de serie : 09C234
Método de calibración : Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales
PC 017 - Indecopi - primera edición
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26,4 °C / 71%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26,7 °C / 71%
Patrones de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Fluke, modelo 9009, N° de serie B38334, certificado de calibración reporte N° B3815065
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2017-01-27

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-01-30	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 89945

RESULTADOS DE MEDICIÓN

TCV (°C)	INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
10,0	10,0	0,0	0,03
20,0	20,0	0,0	0,03
34,9	35,0	-0,1	0,03

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

TCV = Indicación del termómetro + corrección

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ que corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CPC-006-2016**

Peticionario : MIXERCON S.A.

Atención : Ing. José Luis Viacava Espinoza

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima

Tipo de equipo : Penetrómetro para determinar tiempos de fraguados

Capacidad del equipo : 200 lbf

División de escala : 2 lbf

Marca : FORNEY

Modelo : LA-4110

Número de serie : 1235

Tipo de indicador de carga : Analógico Wika.

Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25,4°C / 64%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25,4°C / 64%

Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8295, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8295F1314

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2016-03-02

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-03-07	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión de arriba hacia abajo.

Indicación de fuerza del equipo de ensayo		Indicación de fuerza en celda patrón			Promedio patrón	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(lbf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
10	20	21,4	22,0	21,8	21,7	-8,0	0,3
20	40	40,5	40,2	40,2	40,3	-0,8	0,1
30	60	60,2	60,5	60,2	60,3	-0,5	0,1
40	80	80,5	80,7	80,5	80,6	-0,7	0,1
50	100	100,0	100,7	99,6	100,1	-0,1	0,1
60	120	120,0	120,3	120,5	120,3	-0,2	0,1
70	140	141,0	141,2	141,2	141,1	-0,8	0,1
80	160	160,1	160,3	160,5	160,3	-0,2	0,1
90	180	180,1	180,3	180,3	180,2	-0,1	0,1
100	200	200,5	200,3	200,8	200,5	-0,3	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



INFORME TÉCNICO 103-16

A : Ing. José Luis Viacava Espinoza - MIXERCON S.A.

De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.

Asunto: Mantenimiento y Calibración de Penetrómetro para determinar tiempos de fraguado, Marca FORNEY, con N° de Serie 1235, modelo LA-4110, de 200 lbf de capacidad, perteneciente al laboratorio de Diseño de Mezclas. Planta Villa II, realizado en nuestras instalaciones, el 02 de Marzo del 2016.

Fecha : 07 de Marzo del 2016.

Estimado Ingeniero; respecto a la calibración del equipo arriba descrito, tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo se encuentra en buen estado de funcionamiento, se procedió con el mantenimiento que incluyó:

- Desarmado de la parte hidráulica.
- Limpieza general de las partes.
- Cambio de aceite hidráulico.
- Reemplazo del seguro de tapa de aceite dañado.
- Armado general del equipo.
- Pruebas de funcionamiento.

2.- Cuando se sometió el equipo a prueba para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración del mismo, se observó que las lecturas indicada por el equipo no eran similares a las del patrón utilizado, por lo que se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;






Ing. Vladimir Tello
Asesor Técnico
CELDA EIRL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-002-2017**

Peticionario : MIXERCON S.A.
Atención : Ing. Pedro Badillo Macazana.
Lugar de calibración : Laboratorio Mixercon Mz. C, Lt. 4. Asoc. La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Planta Villa II
Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial eléctrico-hidráulica
Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. 6 113 TN)
División de escala : 0,1 kN
Marca : ELE - INTERNATIONAL
Modelo : 36-0650/06
Nº de serie del equipo : 1012000042
Lector digital : ADR ELE-INTERNATIONAL
Nº de serie lector digital : 1886-1-4578
Procedencia : USA
Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26,2°C / 66%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26,3°C / 68%
Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, Nº de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte Nº C-8517B0416
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2017-01-11

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-01-13	 Vladimir Tello Tór TÉCNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. Nº 89945

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso (kN)	2° ascenso (kN)	3° ascenso (kN)			
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
9	100	99,6	99,8	99,9	99,7	0,3	0,1
18	200	199,8	199,9	199,8	199,8	0,1	0,1
27	300	300,1	300,1	300,1	300,1	0,0	0,1
36	400	400,0	399,9	399,9	399,9	0,0	0,1
45	500	499,9	500,1	500,1	500,1	0,0	0,1
54	600	599,7	600,1	599,9	599,9	0,0	0,1
63	700	700,3	699,9	700,0	700,1	0,0	0,1
72	800	799,7	799,5	799,9	799,7	0,0	0,1
81	900	900,9	901,2	901,2	901,1	-0,1	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.



INFORME TÉCNICO 009-17

A : Ing. Pedro Badillo Macazana – MIXERCON S.A.
De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.
Asunto: Reparación de electrobomba marca Forney, y calibración de prensa de Concreto marca Ele - International, de 250000 Lbf. de capacidad, N° de Serie 1012000042. Perteneciente a la planta Villa II - Mz. C, Lt. 4, Asociación La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Lima, realizado el 11 de Enero del 2017.
Fecha : 13 de Enero del 2017.

Estimado Ingeniero; respecto a la reparación de la electrobomba realizado al equipo arriba descrito, tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo no se encontraba operativo, se procedió a la reparación de acuerdo a nuestro protocolo de mantenimiento que incluye:

- Desarmado general del equipo.
- Limpieza general de las partes.
- Evaluación de componentes.
- Cambio de aceite.
- Reparación de la válvula reguladora, incluyo asentamiento de válvulas de admisión y descarga.
- Instalación de una manguera nueva.
- Instalación de acoples a prensa nuevos.
- Instalación del transductor de fuerza.
- Armado general del equipo.
- Pruebas de funcionamiento.

2.- Cuando se sometió el equipo a pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración del mismo, se observó que las lecturas indicadas por el equipo no eran similares al del patrón utilizado, por lo que se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;


Ing. Vladimir Tello
Asesor Técnico
CELDA EIRL
