

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO CON FIBRA SIKACEM
EN LA DURABILIDAD Y REDUCCIÓN DE CONTRACCIÓN DEL
CONCRETO EN EL CENTRO POBLADO DE PARAGSHA**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Katheryn Luz, ESCANDON HIDALGO

PASCO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFLUENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO CON FIBRA SIKACEM
EN LA DURABILIDAD Y REDUCCIÓN DE CONTRACCIÓN DEL
CONCRETO EN EL CENTRO POBLADO DE PARAGSHA

TESIS

SUSTENTADO Y APROBADO POR LA COMISION DE JURADOS

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCIA

PRESIDENTE

Mg. Cayo PALACIOS ESPIRITU

MIEMBRO

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA

MIEMBRO

Arq. Jose German RAMIREZ MEDRANO

ASESOR

II

DEDICATORIA

QUIERO DEDICAR ESTA TESIS A MIS PADRES JORGE Y JUANA PORQUE ELLOS HAN DADO RAZON A MI VIDA, POR SUS CONSEJOS, SU APOYO INCONDICIONAL Y SU PACIENCIA, TODO LO QUE HOY SOY ES GRACIAS A ELLOS.

A MIS HERMANOS EMILY, THAYLIN E ITALO QUE MAS QUE HERMANOS SON MIS VERDADEROS AMIGOS.

A TODA MI FAMILIA QUE ES LO MEJOR Y MAS VALIOSO QUE DIOS ME HA DADO.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme en todo momento, y poner en mi camino a las mejores personas que me impulsaron día tras día para llegar hasta este momento tan anhelado.

Agradezco a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por acogerme entre sus aulas y brindarme los instrumentos y conocimientos necesarios para mi formación profesional.

Agradezco a mi asesor de tesis, Arq. German RAMIREZ MEDRANO, por su disposición y empeño, compartiendo sus conocimientos y experiencia a fin de terminar satisfactoriamente el presente trabajo de investigación.

Agradezco a los docentes y colegas de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por compartir sus conocimientos y gratos momentos durante esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi familia y amigos, por sus infinitas muestras de apoyo desinteresado económico y moral, en todo momento.

Dios los guie en todos los momentos de su vida. Gracias

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo principal analizar el comportamiento del concreto en su estado fresco y endurecido, para ello realizamos 03 tipos diferentes de diseños de mezcla sin adicionarle fibra sintética y con fibra sintética llamada SikaCem, de dichos diseños se analizaron los agregados que se usó, también se analizó el concreto en su estado fresco y su estado endurecido, los cuales nos ayudaron a sacar nuestras conclusiones y se demostró que al adicionar la fibra sintética a cuales quiera de los diseños de mezcla mejora la resistencia y disminuye el agrietamiento en un 50%, por tanto se demostró que la fibra sintética funciona para climas agrestes como Pasco, el análisis se realizó en los meses que cae hielo por la madrugada y por el medio día tenemos una temperatura media de 15° C, el cual ayudó a que el concreto se agriete.

Las grietas que se presentaron fueron de 0.15 mm, 0.10 mm en los diseños de mezcla sin adición de fibra sintética y cuando se agregó la fibra sintética la grieta que se presentaron fueron de 0.05 mm, esto quiere decir que disminuyó en un 50 % el tamaño de las grietas y los días en que salieron dichas grietas fueron en 60 días, también se puede mencionar que la adición de la fibra Sikacem mejoró la resistencia de compresión de las probetas, por tanto podemos concluir que la fibra sintética mejora la resistencia y la durabilidad del concreto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPITULO I.....	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1. Determinación del problema	12
1.2. Formulación del problema	14
1.2.1. Problema General.....	14
1.2.2. Problemas Específicos.....	14
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo General	14
1.3.2. Objetivos Específicos	15
1.4. Justificación del problema	16
1.5. Importancia y Alcances de la Investigación	17
1.6. Limitaciones	17
CAPITULO II	19
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.2. Bases Teóricas - Científicos.....	20
2.2.1. Fibras por contracción plástica	20
2.2.2. Cemento	21
2.2.3. Agregado Fino	26
2.2.4. Agregado Grueso.....	28
2.2.5. Hormigón.....	30
2.2.6. Agua.....	31
2.2.7. Relación Agua – Material Cementante.....	33

2.2.8.	Granulometría del agregado fino.....	34
2.2.9.	Módulo de Finura.....	36
2.2.10.	Peso Específico.....	37
2.2.11.	Porcentaje de Absorción.....	38
2.2.12.	Peso Unitario.....	39
2.2.13.	Diseño de mezcla.....	43
2.2.14.	Propiedades del Concreto.....	47
2.2.15.	Elaboración y Curado de Especímenes.....	56
2.2.16.	ENSAYOS AL CONCRETO.....	67
3.	Compactación.....	81
4.	Alisado, limpiado y pesado.....	82
2.2.17.	Contracción de Concreto.....	99
2.2.18.	Control de agrietamiento debido a la contracción por secado.....	110
2.2.19.	Contracción por secado.....	112
2.2.20.	Factores que influyen en la contracción del concreto.....	114
2.3.	Definición de Términos.....	118
2.4.	Hipótesis.....	122
2.4.1.	Hipótesis General.....	122
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	122
2.5.	Identificación de Variables.....	123
2.5.1.	Variables Independientes.....	123
2.5.2.	Variables Dependientes.....	123
2.5.3.	Variables Intervenientes.....	123
	CAPITULO III.....	125

III.	METODOLOGÍA.....	125
3.1.	Tipo de Investigación.....	125
3.2.	Diseño de la Investigación.....	125
3.3.	Población y Muestra	127
3.4.	Métodos de Investigación	130
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	130
3.6.	Técnicas de procesamiento y Análisis de datos	132
3.7.	Tratamiento Estadístico de Datos	133
	CAPITULO IV	135
IV.	Resultados y Discusión.....	135
4.1.	Tratamiento Estadístico e Interpretación de Cuadros.....	135
4.2.	Presentación de Resultados	138
	Ensayos de agregados.....	138
4.3.	Pruebas de hipótesis.....	171
4.4.	Discusión de Resultados	171
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	178
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	181

Índice de Figuras

Figura 1. Agregado fino (Méndez Silva, 2012)	28
Figura 2. Agregado grueso (Méndez Silva, 2012).	30
Figura 3. Ensayo de granulometría del agregado grueso.	30
Figura 4. Ensayo de granulometría del agregado fino	36
Figura 5. Ensayo de peso unitario del agregado.	41
Figura 6. Vaciado de los Materiales en la mezcladora.....	59
Figura 7. Moldes para la elaboración de especímenes	59
Figura 8. Moldes para probetas	62
Figura 9. Curado de probetas	63
Figura 10. Dimensiones del anillo de contracción.	64
Figura 11. Anillo de acero.....	64
Figura 12. Moldes de acero para contracción.	65
Figura 13. Espécimen de concreto.....	67
Figura 14. Equipo para determinar el asentamiento del concreto.....	70
Figura 15. Temperatura del concreto.....	79
Figura 16. Ensayo a la compresión simple.	92
Figura 17. Vista de Planta del Espécimen de Contracción.	94
Figura 18. Comparador de grietas.....	95
Figura 19. Microscopio para visualizar grietas.	95
Figura 20. Lupa para visualizar grietas.....	96
Figura 21. Espécimen de concreto.....	97
Figura 22. Visualización de grieta con el microscopio	98
Figura 23. Visualización de grieta con el microscopio.	98
Figura 24. Medición de grieta.....	98

Índice de Tablas

Tabla 1. Compuestos del cemento portland tipo I	23
Tabla 2. Características químicas del cemento pórtland tipo I	24
Tabla 3. Características químicas del cemento pórtland tipo I	25
Tabla 4. Límites de granulometría	27
Tabla 5. Requisitos y normas del agua	32
Tabla 6. Límites granulométricos del agregado fino.....	35
Tabla 7. Variables e Indicadores	123
Tabla 8. Preparación de muestras.	128
Tabla 9. Preparación de muestras con fibra sintética	129
Tabla 10. Preparación de anillos sin fibra sintética	129
Tabla 11. Preparación de anillos con fibra sintética	130
Tabla 12. Preparación de muestras.	134
Tabla 13. Preparación de muestras con fibra sintética	134
Tabla 14. Cuadro estadístico	135
Tabla 15. Granulometría del agregado fino	139
Tabla 16. Granulometría del agregado grueso.	140
Tabla 17. Estudio al agregado fino.....	141
Tabla 18. Estudio al agregado grueso.....	142

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como principal propósito estudiar la influencia de la mezcla de concreto con fibra SikaCem en la durabilidad y reducción de contracción del concreto en el Centro Poblado de Paragsha, la investigación tiene como finalidad reducir la contracción del concreto, ya que en nuestra ciudad las obras que se realizan con concreto no duran por que a medida que pasa el tiempo las fisuras se convierten en grietas afectando seriamente las estructuras.

La humedad, las altas temperaturas del medio día, la helada que cae en nuestra ciudad causan severos daños al concreto, esto quiere decir que durante la noche y la madrugada el concreto se contrae y durante el día y a partir de las 11:00 a.m. soporta altas temperaturas dejando que el concreto se expanda y si realizamos el curado respectivo el concreto sufre fisuramiento hasta convertirse en grietas que dañan la estructura monolítica, dejando expuestas al acero de refuerzo y haciéndolo más susceptible a la corrosión, por tal motivo se realizó esta investigación, llegando a la conclusión que la fibra sintética SikaCem reduce en un 50% las fisuras que se producen por los cambios volumétricos del concreto, así como también aumenta la resistencia a la compresión.

CAPITULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del problema

Desde muchos años atrás venimos utilizando el concreto convencional para todo tipo de construcciones ya sea viales, hidráulicas, edificaciones, etc. Los cuales podemos mencionar en las diferentes aplicaciones presentan varios problemas, así como:

El problema de contracción que existe en el concreto ya sea en su estado plástico o en su estado endurecido, forman fisuras la cual dañan la construcción monolítica, dejando al aire libre al acero de refuerzo expuesto al oxígeno y a la humedad y hacerlo más susceptible a la corrosión.

La mala calidad de los agregados afecta a la resistencia y la buena calidad del concreto en correlación a la aplicación del diseño.

El efecto de diseño, las prácticas de construcción, factores ambientales y el tiempo juegan un papel importante en la contracción del concreto. Para evitar dicha retracción del

concreto utilizaremos una fibra sintética llamada sikacem, mejorando así la retracción del concreto e impidiendo la propagación de fisuras, para tal efecto se hará una comparación entre el concreto sin fibra y el concreto con fibra, con una relación de A/C igual para ambos casos, para evaluar cómo influye la fibra sintética. Por tal motivo el estudio de esta investigación desarrollará conceptos, aplicaciones, ventajas, desventajas, costos que permitan optimizar tiempo, economía, materiales para mejorar las propiedades mecánicas – resistencia a la compresión en el concreto y la durabilidad de este, en las construcciones de los pavimentos rígidos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera la mezcla de concreto con fibra Sikacem influye en la durabilidad y reducción de contracción del concreto, en el Centro Poblado de Paragsha?.

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cómo incide la relación de A/C a disminuir la contracción del concreto para aumentar la resistencia del concreto?
- b. ¿De qué manera influye la fibra SikaCem a disminuir la contracción del concreto?.
- c. ¿Cómo incide la fibra SikaCem a maximizar la durabilidad del concreto?.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Demostrar si mediante el uso de la fibra SikaCem influye en la reducción de contracción del concreto, para maximizar la durabilidad del concreto en el Centro Poblado de Paragsha

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar cómo incide la relación de A/C a disminuir la contracción del concreto para aumentar la resistencia del concreto.
- b. Explicar de qué manera influye la fibra SikaCem a disminuir la contracción por secado del concreto.
- c. Analizar como incide la fibra SikaCem a maximizar la durabilidad del concreto.

1.4. Justificación del problema

Una de las contribuciones más importante de este tipo de concreto con la fibra sintética SikaCem es elevar la calidad del concreto para evitar el deterioro de las vías, la filtración de agua en los canales de agua y tanques de agua a falta de una investigación en la reducción de fisuración del concreto se ha convertido en un problema en el mundo de la construcción. En respuesta a ello, esta investigación desarrollara un concreto especial, con el fin de frenar la fisuración del concreto y mejorar la calidad de los caminos pavimentados, canales de agua, tanques de agua entre otros, y así aumentar la vida útil de los mismos.

Además, debido a su consistencia, se puede garantizar una perfecta compactación de la mezcla ofreciendo una elevada calidad de acabado evitando cangrejas o imperfecciones que dan lugar a gastos adicionales por la reparación. En los pavimentos rígidos mejora la compactación por tener una buena consistencia.

La necesidad de aprender el comportamiento de los materiales de construcción y siendo el concreto el más importante nos lleva estudiar e investigar el comportamiento de los concretos con la incorporación de los aditivos con la finalidad de mejorar

la durabilidad y serviciabilidad de las estructuras de una manera fácil y sencilla para obtener resultados favorables.

1.5. Importancia y Alcances de la Investigación

Esta investigación es motivada por el problema de contracción que existe en el concreto ya sea en su estado plástico o endurecido, por lo que se plantea y propone como una alternativa de solución, la utilización de aditivos en la mezcla de concreto, como propuesta para verificar su influencia en la durabilidad bajo determinadas condiciones climáticas, ambientales y exposición de tráfico.

Esta investigación pretende alcanzar mediante el uso de la fibra sintética SikaCem la disminución de retracción del concreto para darle mayor serviciabilidad y durabilidad al concreto.

Los resultados nos permitirán conocer el adecuado diseño de mezcla con diferentes proporciones para reducir el fisuramiento que existe por la contracción del concreto, el cual ayudara aumentar la durabilidad del concreto.

1.6. Limitaciones

No es parte de esta investigación determinar cuál es la dosificación más adecuada para el concreto con fibra sintética

SikaCem, puesto que el diseño de mezcla se hará en la ciudad de Pasco a 4380 m.s.n.m., para otras ciudades se tiene que hacer un diferente diseño porque la temperatura es diferente, por tanto este diseño de mezcla solo se hará para ciudades con temperaturas bajas como la de Pasco.

Actualmente, en nuestro país no se cuenta con mayores investigaciones en mejorar la disminución de fisuramiento y durabilidad del concreto, existe normativa escasa vigente para el uso de estas, por lo que la información disponible es escasa.

Otra de las limitaciones reside en las limitaciones impuestas por los reglamentos de diseño existentes, pero éstos probablemente desaparecerán en el futuro.

CAPITULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Desde hace muchos años atrás se estudian las propiedades de las fibras para ayudar al concreto en mejorar su resistencia a la tracción y evitar fisuraciones ya sea en su estado plástico o endurecido.

Es así, que surgen investigaciones para mejorar las propiedades del concreto con el uso de fibras adicionando en diferentes proporciones, tales como “Hormigón con la Incorporación de Fibras”.

Madrid – España: Universidad Politécnica de Madrid, en la que concluyen que: la utilización de materiales fibrosos para el refuerzo de materiales frágiles y quebradizos se remonta a los albores de la humanidad.

Las fibras siempre estuvieron presentes en materiales que tuvieron usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal entre otros.

Las fibras vegetales son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos.

El uso de las fibras naturales como un componente más en materiales de relleno o aglomerantes, no es así nuevo y se remonta varios siglos atrás. En concreto existen referencias tempranas de experimentación con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos) que se remontan a 1910.

2.2. Bases Teóricas - Científicos

2.2.1. Fibras por contracción plástica

Según Barlow P., Darwin D., Liu T. y Scanlon A. conjuntamente con el Comité ACI 224. American Concrete Intitute. En ACI 224.1R-93 “Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón”. USA: ACI; 1993 indica que: La fisuración por retracción plástica ocurre cuando está sujeto a una pérdida de humedad muy rápida provocada por una combinación de factores que incluyen las temperaturas del aire y el hormigón, la humedad relativa y la velocidad del viento en la superficie del hormigón. Estos factores pueden combinarse de manera de provocar niveles altos de evaporación superficial tanto en clima caluroso como en clima frío. Si la humedad se evapora de la superficie del hormigón recién colocado más rápido de lo que puede ser remplazada por el agua de exudación, el hormigón superficial se contrae. Debido a la restricción

proporcionada por el hormigón debajo de la capa superficial que se seca, en el hormigón débil, plástico y en proceso de rigidización se desarrollan tensiones de retracción que provocan fisuras poco profundas, pero de profundidad variable, que pueden formar un patrón poligonal aleatorio, o bien pueden aparecer básicamente paralelas unas a otras. Estas fisuras a menudo son bastante anchas en la superficie. Su longitud varía entre pocos milímetros y más de un metro, y su separación puede ser de pocos milímetros o de hasta 3 m. Las fisuras por retracción plástica comienzan como fisuras de poca profundidad, pero pueden convertirse en fisuras cuya profundidad abarque la totalidad de la altura del elemento.

2.2.2. Cemento

Según la norma ASTM C-150, el Cemento Portland es definido como el producto obtenido de la pulverización muy fina del Clinker, el cual está constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico, posteriormente a la calcinación se le adiciona agua y sulfato de calcio (yeso).

La norma ASTM C-150 clasifica el cemento portland en cinco diferentes tipos de acuerdo a las propiedades de los

cuatro compuestos principales: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, Tipo V.

Se presenta en forma de un polvo finísimo, de color gris que, mezclado con agua, forma una pasta que endurece tanto bajo agua como el aire. La primera de estas características es que necesita agua para el fraguado y se define como un aglomerante hidráulico.

El cemento es obtenido mediante un proceso de fabricación que utiliza principalmente dos materias primas: una caliza, con un alto contenido de cal en forma de óxidos de calcio, y un componente rico en sílice, constituido normalmente por arcilla o eventualmente por una escoria de alto horno. Estos componentes son mezclados en proporciones adecuadas y sometidas a un proceso de fusión incipiente en un horno rotatorio, del cual se obtiene un material granular denominado Clinker, constituido de 4 compuestos básicos:

a) Silicato Tricálcico C_3S (30% a 60%)

Define la resistencia inicial en la primera semana y tiene mucha importancia en el proceso de hidratación.

b) Silicato Dicálcico C₂S (15% a 60%)

Define la resistencia a largo plazo y tiene menor incidencia en el calor de hidratación.

c) Aluminato Tricálcico C₃A (7% a 15%)

Acelera el endurecimiento en las primeras horas, también es responsable de la resistencia del cemento y los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas.

d) Aluminio – Férrico Tetracálcico C₄AF (8% a 10%) Tiene la trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Tabla 1. Compuestos del cemento portland tipo I

COMPUESTOS	NOMENCLATURA	%
Silicato Tricálcico	C ₃ S	30% a 60%
Silicato Dicálcico	C ₂ S	15% a 60%
Aluminato Tricálcico	C ₃ A	7% a 15%
Aluminio Férrico Tetracálcico	C ₄ AF	8% a 10%

Estos son presentados en forma de cuatro fases mineralizadas, en conjunto con una fase vítrea, integrada por los dos últimos. Estas fases constituyen un 95% del peso total del Clinker, siendo 5% restante componentes menores, principalmente óxidos de sódico, potasio, titanio, residuos insolubles y otros.

El Clinker es sometido a molienda mediante molinos de bolas hasta convertirlo en el polvo finísimo ya mencionado, adicionándose en esta etapa una proporción de yeso alrededor de un 5% de su peso, destinado a regular el proceso de fraguado de la pasta de cemento, la que de otra manera endurecería en forma casi instantánea.

Tabla 2. Características químicas del cemento pórtland tipo I.

ELEMENTO	SOL TIPO I
Óxido de calcio, CaO (%)	63.20
Óxido de sílice, SiO ₂	19.79
Óxido de Aluminio, Al ₂ O ₃ (%)	6.15
Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃ (%)	2.82
Óxido de potasio, K ₂ O (%)	0.96
Óxido de sodio, Na ₂ O (%)	0.28
Trióxido de azufre, SO ₃ (%)	2.58

Óxido de magnesio, MgO (%)	3.16
Cal libre (%)	0.52
Punto de ignición (%)	0.80
Residuos insolubles (%)	0.62
CaO libre (%)	0.52
Álcalis (%)	0.91

Tabla 3. Características químicas del cemento pórtland tipo I

DESCRIPCIÓN	TIPO I
Peso específico (g/cm ³)	3.11
Fineza malla 100 (%)	0.04
Fineza malla 200 (%)	4.14
Superficie específico Blaine (cm ² /g)	34.77
Contenido de aire (%)	9.99
Expansión de autoclave (%)	0.18
Fraguado inicial vicat (h:min)	01:49
Fraguado final vicat (h:min)	03:29
F'c a 3 días (kg/cm ²)	254
F'c a 7 días (kg/cm ²)	301
F'c a 28 días (kg/cm ²)	357
Calor de hidratación, 7 días (cal/g)	70.60
Calor de hidratación, 28 días (cal/g)	84.30

Características del cemento sol tipo I.

En la presente tesis se hará uso del cemento pórtland tipo I, marca “SOL”, el cual tiene como calidad la norma ASTM C-150 y la NTP 334.009.

Este tipo de cemento es de uso general en la construcción, donde no se requiere que el cemento tenga alguna propiedad particular.

2.2.3. Agregado Fino

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.4 mm (3/8”) y cumple con los límites establecidos en las normas NTP 400.037 ó ASTM C33.

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes, libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas. (Rivva López, 2007)

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la Norma Técnica Peruana 400.037, es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- a) La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 de la serie de Tyler.
- b) El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- c) En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

Tabla 4. Límites de granulometría

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	10 – 30
N° 100	2 - 10

El porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 225 kg/m³o en concretos sin aire incorporado cuyo contenido de cemento es de 300 kg/m³. (Rivva López, 2007).



Figura 1. Agregado fino (Méndez Silva, 2012)

2.2.4. Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material proveniente de la desintegración natural o artificial, retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4) y cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.012 ó ASTM C33. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o

agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humos, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. (Rivva López, 2007).



Figura 2. Agregado grueso (Méndez Silva, 2012).



Figura 3. Ensayo de granulometría del agregado grueso.

2.2.5. Hormigón

El agregado denominado comúnmente hormigón es una mezcla natural, en proporciones arbitrarias, de agregado fino y grueso procedente de Río o cantera.

En lo que sea aplicable se seguirán para el hormigón las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso. El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica, u otras sustancias dañinas para el concreto. Su granulometría

deberá estar comprendida entre la malla 2" como máximo y la malla N° 100 como mínimo. El hormigón deberá ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto. El hormigón deberá emplearse únicamente en la elaboración de concretos con resistencias en compresión hasta de 100 kg/cm² a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será de 255 kg/m³. (Rivva López, 2007).

2.2.6. Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Peruana 334.088 y ser de preferencia potable. Está prohibido el empleo de aguas ácidas; calcáreas; minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor de 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados. (Rivva López, 2007)

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali – agregado es posible. (Rivva López, 2007).

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, únicamente si están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elemento embebidos. (Rivva López, 2007)

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas en la medida que no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencia o corrosión del acero de refuerzo. (Rivva López, 2007).

Tabla 5. Requisitos y normas del agua

REQUISITOS	UNIDAD	MÁXIMO
Cloruros	ppm	300
Sulfatos	ppm	300
Sales de magnesio	ppm	125
Sales solubles	ppm	500
PH		Mayor de 7

Sólidos en suspensión	ppm	500
Materia orgánica expresada en oxígeno	ppm	10

2.2.7. Relación Agua – Material Cementante.

Naturaleza de la Relación Agua – Cemento:

La interrelación entre relación agua – cemento y la resistencia a la compresión, la cual ha sido identificada en los concretos de baja resistencia, se ha encontrado que es igualmente válida para los concretos con adiciones de plástico.

Así, los concretos de alto contenido de cemento y bajo contenido de agua han producido altas resistencias. Sin embargo, el proporcionamiento de grandes cantidades de cemento en la mezcla también incrementa la demanda de agua de esta. Es así que los incrementos del contenido de cemento más allá de un cierto punto no siempre incrementan la resistencia en compresión, a ello se suman otros factores los cuales puede limitar el contenido máximo de cemento de la mezcla. (Rivva López, 2007).

2.2.8. Granulometría del agregado fino

Es la distribución ideal según el tamaño de las partículas que forman el agregado fino, proporción uniforme e ideal para la fabricación de mezclas de concreto.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.012 la granulometría es la distribución del tamaño de sus partículas. Su propósito es determinar la gradación o distribución por tamaños del agregado. Se determina haciendo pasar una muestra representativa de arena por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor, y se imprimirá un movimiento permanente con direcciones frecuentemente cambiantes hasta que no pase más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz en el transcurso de un minuto.

El material para la granulometría del agregado fino proviene de la cantera de Sacra Familia, dicho material es limpia, libres de productos químicos, duras, resistentes, los cuales se pasaron por los tamices para ser seleccionados con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30 y N° 100 de la serie de Tyler, se recomienda para la granulometría los siguientes límites.

Tabla 6. Límites granulométricos del agregado fino

Agregado Fino		
NTP 400.012		Límites ASTM C 33-84
Abertura	Designación Previa	
9,5 mm	3/8"	100
4,75 mm	No 4	95-100
2,36 mm	No 8	80-100
1,18 mm	No 16	50-85
600 µm	No 30	25-60
300 µm	No 50	10-30
150 µm	No 100	2-10

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado o un contenido de cemento mayor de 255 kg/m³; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas

mallas, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

El módulo de fineza no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 obteniendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla. Si se sobrepasa el valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla.



Figura 4. Ensayo de granulometría del agregado fino

2.2.9. Módulo de Finura.

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las

series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM No 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma N.T.P. 400.011.

Los valores típicos tienen un rango entre 2,3 y 3,1 donde un valor más alto indica una gradación más gruesa.

$$\text{Módulo de Finura} = M.F. = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

2.2.10. Peso Específico.

El Peso Específico según la norma ASTM C 127-84 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas.

- **Peso Específico de Masa (G).**

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V - W}$$

- **Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco (G_{ss}).**

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G}_{ss}) = \frac{500}{V - W}$$

- **Peso Específico Aparente (G_a).**

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$\text{Peso específico aparente (G}_{a}) = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

2.2.11. Porcentaje de Absorción.

Se denomina así a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y

de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

$$\text{Porcentaje de absorción (a \%)} = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$

2.2.12. Peso Unitario.

El Peso Unitario o Densidad de Masa de un Agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el Peso Unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en kg/m^3 .

El Peso Unitario depende de lo compactado que esté el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, para propósitos de prueba, debe especificarse el grado de compactación. La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

- **Peso Unitario Suelto:**

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un recipiente de diámetro y profundidad prescrita que depende del tamaño máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado pasando la varilla por la superficie. Se obtiene el Peso Unitario Suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.S = f \times W_s$$



Figura 5. Ensayo de peso unitario del agregado.

- **Peso Unitario Compactado:**

El recipiente se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen del recipiente con 25 golpes con la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro. Se obtiene el Peso Unitario Compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_c$$

- **Contenido de Humedad**

Podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).

Si el agregado tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua al concreto para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto será menor, ya que los agregados aportarán agua. Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar al concreto teniendo en

cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el concreto, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua-cemento y disminuirá la resistencia, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada. Ambas observaciones influyen mucho en la resistencia y propiedades del concreto, por lo que es importante saber controlar este concepto para tener resultados óptimos.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

- **Cantidad de material que Pasa la Malla N° 200.**

Según la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.018 el Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\% \text{ que pasa la malla N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

El procedimiento aplicado se detalla a continuación:

- Se superpone el tamiz N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm) de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.
- El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.
- Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.
- Se repite la operación hasta que las aguas de lavado sean claras, se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en el tamiz N° 200 y finalmente se seca la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.

2.2.13. Diseño de mezcla

Actualmente, el concreto es el elemento más usado en el ámbito mundial para la construcción, lo que conlleva a la evolución de las exigencias para cada uso del mencionado elemento.

La demanda del concreto ha sido la base para la elaboración de los diferentes diseños de mezcla, ya que estos métodos permiten a los usuarios conocer no sólo las dosis precisas de los componentes del concreto, sino también la forma más apropiada para elaborar la mezcla. Los métodos de diseño de mezcla están dirigidos a mejorar calificativamente la resistencia, la calidad y la durabilidad de todos los usos que pueda tener el concreto.

Diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o las especificaciones de obra.

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, se debe recordar que la composición de la misma está determinada por:

- Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones de obra.
- Las propiedades del concreto en estado fresco, las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero constructor en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.
- El costo de la unidad cúbica de concreto.

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto es necesario conocer, además de las propiedades que se requieren y del empleo que se va a dar al concreto, así como las características geográficas y ambientales de la zona en la cual él va a ser utilizado, información básica sobre las propiedades de los materiales integrantes del mismo.

La selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto deberá permitir que este alcance a los 28 días, o a la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida. En este sentido y como cuestión fundamental, la selección de las proporciones de la mezcla deberá basarse en la información obtenida de los resultados de los ensayos de laboratorio.

Otro factor que debe tenerse en cuenta para seleccionar las proporciones de la mezcla son las condiciones de colocación, la calidad y experiencia del personal profesional y técnico, la interrelación entre las diversas propiedades del concreto; así como la consideración de que el concreto debe ser económico no solo en su primer costo sino también en sus futuros servicios.

El diseño de mezcla que realizaremos será por el método de combinación de agregados, para tal efecto consideramos un 50% de agregado grueso y un 50% de agregado fino, para todas las mezclas con 3 tipos de relación de agua /cemento y con diferente porcentaje de aditivo, para ver cómo influye en la mitigación de la fisuración.

2.2.14. Propiedades del Concreto

Propiedades del Concreto en Estado Fresco

a. Consistencia o Fluidéz:

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidéz de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda esta la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

El método de determinación empleado es el ensayo del "Cono de Abrams" ó "Slump" (ASTM C -143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría.

Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm).

b. Trabajabilidad:

Es aquella propiedad del concreto que determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación.

La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las características y perfil del encofrado; a la cantidad y distribución del acero de refuerzo y elementos embebidos; y al procedimiento empleado para compactar el concreto. Sin embargo, para facilidad de trabajo y de selección de las

proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla; granulometría, relación de los agregados fino - grueso, y proporción del agregado en la mezcla; con la cantidad de agua y aire en la mezcla; y con las condiciones ambientales.

Entre otras consideraciones se tiene que, la presencia, en porcentajes adecuados, de las partículas más finas del agregado tiende a mejorar la trabajabilidad del concreto. Se recomienda para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 50 del 10% al 30%; y para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 100 del 2% al 10%. Sin embargo, la ausencia de las partículas finas en el agregado puede ser compensada por el empleo de cementos Tipo I ó IP, o por la adición de arenas muy finas, cenizas volcánicas, puzolana, o escorias de altos hornos finamente molida, siempre que se tenga en consideración la posible influencia de estas adiciones sobre la demanda de agua y las propiedades del concreto.

Propiedades del Concreto Endurecido

a. Resistencia:

La resistencia es considerada como una de las propiedades más importantes del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

Está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

La resistencia del concreto está principalmente determinada por la cantidad neta de agua empleada por unidad de cemento. El factor que influye en forma determinante sobre la resistencia del concreto es la relación agua-cemento de la mezcla, siendo mayores las resistencias conforme dicha relación se hace menor. En resumen, la resistencia al concreto es función de cuatro factores:

- Relación agua-cemento.
- Relación cemento-agregado. Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado.

- Tamaño máximo del agregado.

Adicionalmente a los factores indicados, pueden influir sobre la resistencia final del concreto y por lo tanto deben ser tomados en consideración en el diseño de mezcla los siguientes:

- Cambio en el tipo, marca y tiempo de almacenamiento del cemento y materiales cementantes empleados.
- Características del agua en aquellos casos en que no se emplea agua potable.
- Presencia de limo, arcilla, mica, carbón, humus, materia orgánica, sales químicas en el agregado. Todos los compuestos enunciados disminuyen la resistencia del concreto principalmente debido a que se incrementan los requisitos de agua, se facilita la acción del intemperismo, se inhibe el desarrollo de una máxima adherencia entre el cemento hidratado y los agregados, se dificulta la hidratación normal del cemento, y se facilita la reacción química de los agregados con los elementos que componen el cemento.

- Modificaciones en la granulometría del agregado con el consiguiente incremento en la superficie específica y en la demanda de agua para una consistencia determinada.
- Presencia de aire en la mezcla, la cual modifica la relación poros-cemento, siendo mayor la resistencia del concreto cuanto menor es esta relación.
- Empleo de aditivos que pudieran modificar el proceso de hidratación del cemento y por tanto la resistencia del concreto.
- El empleo de materiales puzolánicos, cenizas, o escorias de alto horno finamente divididas, los cuales por sí mismos pueden desarrollar propiedades cementantes.

b. Durabilidad:

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo, por lo tanto, un concreto durable es aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido.

Entre los agentes externos o internos capaces de atentar contra la durabilidad del concreto se encuentran los procesos de congelación y deshielo; los de humedecimiento y secado; los de calentamiento y enfriamiento; la acción de agentes químicos, especialmente cloruros y sulfatos; y la de aditivos descongelantes.

La resistencia del concreto a algunos de los factores mencionados, con el consiguiente incremento en la durabilidad, puede ser mejorada por el empleo de cemento de bajo contenido de aluminato tricálcico; cementos de bajo contenido de álcalis; cementos puzolánicos; cementos de escorias; puzolanas, cenizas o escorias de alto horno finamente molidas; agregados seleccionados para prevenir posibles expansiones debidas a la reacción álcali-agregados; o empleo de agregados de dureza adecuada y libres de cantidades excesivas de partículas blandas, en todos aquellos casos en que se requiera resistencia al desgaste por abrasión superficial.

El empleo de las relaciones agua-cemento bajas deberán prolongar la vida del concreto al reducir el volumen de poros capilares, incrementar la relación gel-espacio y reducir la permeabilidad y absorción; disminuyendo por todas las razones expuestas la posibilidad de penetración de agua o líquidos agresivos.

La resistencia a los procesos de intemperismo severo, especialmente acciones de congelación y deshielo, mejora significativamente por la incorporación, en todos los concretos expuestos a ambientes menores de 4° C, de una cantidad adecuada de aire, el cual debe obligatoriamente ser empleado siempre que exista la posibilidad de que se presenten procesos de congelación durante la vida del concreto. El aire incorporado al ser dispersado a través de la masa de concreto en forma de minúsculas burbujas, proporciona espacios en los cuales las fuerzas mecánicas que causan la desintegración son disipadas.

La incorporación de aire igualmente incrementa la durabilidad por reducción de la capilaridad y disminución

del volumen y sección de los canales de agua o poros capilares del concreto endurecido, por disminución de la exudación y segregación del concreto fresco.

La resistencia del concreto a la acción de las heladas depende de la naturaleza de los agregados y de su granulometría; del volumen de agua de la mezcla; de la estructura capilar del concreto, y de su resistencia a la compresión.

c. Elasticidad:

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo de deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Módulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

En el diseño de mezcla debe tenerse presente que el módulo de elasticidad del concreto depende, entre otros, de los siguientes factores:

- La resistencia a la compresión del concreto.
- A la igualdad de resistencia, de la naturaleza petrográfica de los agregados.
- De la tensión de trabajo.
- De la forma y tiempo de curado del concreto.
- Del grado de humedad del concreto.

El módulo de elasticidad del concreto aumenta al incrementarse la resistencia en compresión y, para un mismo concreto, disminuye al aumentar la tensión de trabajo.

2.2.15. Elaboración y Curado de Especímenes

Elaboración y curado de probetas en el laboratorio de concreto.

El procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio está bajo estricto control de los materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración.

La norma NTP 339.033: 1999 establece el procedimiento para elaborar y curar, probetas cilíndricas, como los equipos y aparatos que se utilizaran en la elaboración de probetas de concreto para las pruebas de resistencia a la compresión.

Aparatos y Equipo.

- Moldes en general – Los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes que deben estar en contacto con el concreto deben ser de acero, hierro forjado, o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Los moldes deben estar hechos conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para el cual van a ser usados. Los moldes deben ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida. Un sellante apropiado como arcilla, parafina, grasa o cera microcristalina, puede ser utilizado para impedir filtraciones por las uniones. Para fijar el molde a la base del mismo, éste debe tener medios adecuados para ello. Los moldes reutilizables se deben cubrir ligeramente con aceite mineral o un material apropiado de desprendimiento, antes de su uso.

- Recipiente con capacidad mínima de 15 litros (carretilla), impermeable, limpio y no absorbente, para permitir un mezclado fácil de la muestra.
- Balanza electrónica o báscula que cumpla con las especificaciones requeridas.
- Varilla para la compactación, de sección circular y lisa.
- Cucharón metálico.
- Los moldes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, deben estar de acuerdo con la especificación ASTM C-470 "Molds For Forming Concrete Test Cylinders Vertically".
- Placa o regla enrasadora.
- Termómetro de temperatura para concreto.
- Equipo para determinar el revenimiento.
- Equipo para masa volumétrica.
- Moldes cilíndricos de 15cm de diámetro por 30cm de alto.
- Mazo de hule de neopreno.
- Trompo basculante con capacidad suficiente para realizar las mezclas.
- Herramienta auxiliar como palas, cucharas de albañil y cinta métrica.

- Equipo de seguridad: casco, botas, guantes y lentes de seguridad.



Figura 6. Vaciado de los Materiales en la mezcladora



Figura 7. Moldes para la elaboración de especímenes

Procedimiento

Elaboración de especímenes

1. Después de obtener la cantidad de agregados, agua y cemento para nuestro diseño se procede a revolver los componentes de cada mezcla.
2. Se prepara una lechada de cemento de aproximadamente el 10% de la cantidad total de la mezcla con la finalidad de no perder parte de la mezcla que se adhiere a las espas y paredes, antes de incorporar los materiales componentes y se desecha el material no adherido.
3. Preparación de las mezclas.
 - Antes de poner en marcha la operación del trompo se vacía el agregado grueso y el agregado fino y se deja girar de 30 a 50 segundos hasta que se homogenizan los agregados.
 - Para la mezcla con Sikacem - fiber se recomienda que después de mezclado el cemento con el agua y los agregados se debe añadir la fibra sintética en pequeñas proporciones y dejar girar hasta unos 30 segundos hasta que se mezcle.

4. Después de obtener la mezcla se saca la temperatura del concreto y determina la consistencia del concreto mediante la prueba de revenimiento.
5. Se determina el peso unitario de la muestra.
6. Para determinar la resistencia a la compresión se utilizaron moldes cilíndricos y se elaboraron de la siguiente manera:
 - Se limpian y se engrasan los moldes, en este caso se usaron moldes de acero para facilitar el desmolde de los especímenes.
 - El cilindro se llena en una tercera parte de su volumen.
 - Compactar esta primera capa introduciendo la varilla 25 veces en forma de espiral hacia el centro del cilindro.
 - Golpear el cilindro con la comba de goma para expulsar el aire atrapado.
 - Realizar el mismo procedimiento para llenar la segunda capa, procurando que la varilla penetre en la capa anterior.
 - Para la tercera capa se llena el cilindro colocando un excedente de material que sobrepase el borde superior y se compacta de igual manera.
 - Con la regla enrasadora y el badilejo se da el acabado final al cilindro.

- Los especímenes cilíndricos se desmoldaron después de fraguado del concreto.



Figura 8. Moldes para probetas

7. Los especímenes en condiciones de curado, serán mantenidos húmedos para favorecer la hidratación de los materiales cementantes en la mezcla durante un periodo determinado.



Figura 9. Curado de probetas

ELABORACIÓN Y CURADO DE LOS ANILLOS DE CONTRACCIÓN RESTRINGIDA.

Para la correcta elaboración y curado de los anillos de contracción se siguió el procedimiento que marca la norma de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) con designación PP 34-99.

Equipo:

- Anillo de acero: las caras interiores y exteriores tienen que ser lisas, redondeadas y pulidas, plataforma de acero.

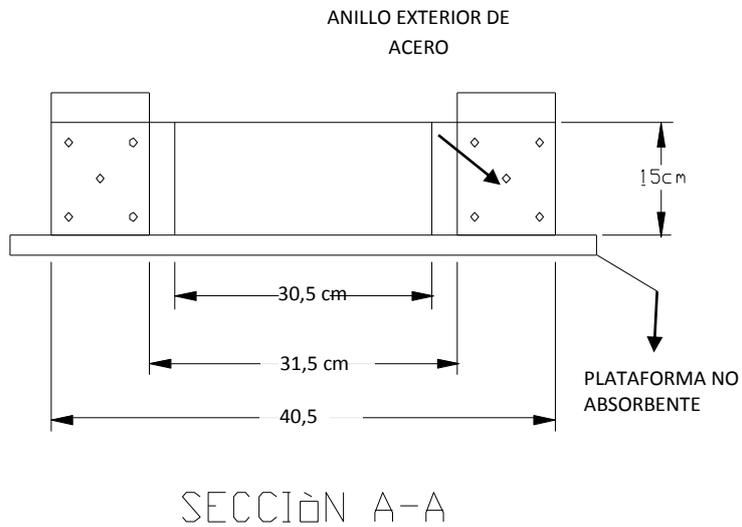


Figura 10. Dimensiones del anillo de contracción.



**Figura 11.
acero.**

Anillo de

- Base de acero curada con diesel para evitar que absorba agua de la mezcla.

- Varilla para compactar
- Barra o regla enrasadora.
- Mazo de neopreno.



Figura 12. Moldes de acero para contracción.

Procedimiento:

1. Se engrasan sólo las paredes interiores del anillo exterior, la pared exterior del anillo de acero interior no se engrasa para no afectar los efectos de la contracción.
2. Se fija el anillo exterior de acero y el anillo interior de acero a la base de acero no absorbente para darle rigidez al molde y al momento del colado del espécimen no haya movimientos laterales o torsionales del molde.
3. Los moldes se llenan en tres capas del mismo espesor.

- a. La primera capa corresponde a una altura aproximada de 5cm y se compacta de 30 a 35 veces con la varilla de manera uniforme en toda el área de la circunferencia.
 - b. La segunda capa corresponde a una altura de 10cm, y se compacta de la misma forma que la primera, procurando que la varilla penetre en la capa anterior.
 - c. En la tercera capa se coloca un excedente de concreto por encima del borde superior y se compacta de la misma forma que la segunda.
 - d. Por cada capa se golpea el molde con el mazo de hule para asentar el concreto y eliminar las burbujas de aire adheridas en las paredes del molde.
 - e. Terminada la compactación de la última capa se da el acabado final a la superficie del concreto con ayuda de la regla enrasadora. Se limpia la superficie exterior y se retira toda la mezcla que haya caído sobre la base de acero.
4. Se le da el acabado final con el badilejo o la regla enrasadora.
 5. Se cubren los moldes con un plástico o hule durante las primeras 24 horas después de haber colado el concreto para evitar la pérdida de humedad.

6. Se desmoldan los especímenes después de 24 horas y se curan a medio ambiente, monitoreando los cambios de temperatura del ambiente.



Figura 13. Espécimen de concreto

2.2.16. ENSAYOS AL CONCRETO

ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

En la presente etapa se realizará una breve descripción de los ensayos utilizados en la recolección de datos de las propiedades del concreto en estado fresco: segregación estática, asentamiento, temperatura, peso unitario, rendimiento, exudación y tiempo de fraguado.

- ASTM C143-00 Sampling Freshly Mixed Concrete

Asentamiento

Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor a 37,5 mm (1½") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Si el agregado grueso es superior a 37,5 mm (1½"), el concreto deberá tamizarse con el tamiz de este tamaño según la norma MTC 701 "Muestras de Concreto Fresco".

Concretos que presenten asentamientos menores a 15 mm (1/2") pueden no ser adecuadamente plásticos y concretos que presenten asentamientos mayores a 230 mm (9") pueden no ser adecuadamente cohesivos para que este ensayo tenga significado. Se debe tener precaución en la interpretación de estos resultados.

La muestra de concreto recién mezclado se coloca y compacta con una varilla metálica (chuceo) en un molde con forma de cono trunco. El molde se levanta y el concreto fluye. La distancia vertical entre la posición original (el

tamaño del molde) y la desplazada producto del asentamiento del centro de la superficie superior del concreto es medida y registrada como el asentamiento del concreto.

- NTP 339.035:1999 HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.
- ASTM C143- 00 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.
- AASHTO: T 119M Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

Equipo necesario.

- Molde – Debe ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debe ser la superficie lateral de un tronco de cono de 203 ± 2 mm ($8" \pm 1/8"$) de diámetro en la base mayor, 102 ± 2 mm ($4" \pm 1/8"$) de diámetro en la base menor y 305 ± 2 mm ($12" \pm 1/8"$) de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar

provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies.

- Placa: de metal, rígida, plana y no absorbente u otro material no absorbente.
- Varilla de compactación: una barra de acero de sección circular, rígida, lisa de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm (24") de largo, no absorbente con uno de sus extremos de forma semiesférica del mismo diámetro de la varilla.
- Equipo auxiliar: pala cucharón y cinta métrica.
- Equipo de seguridad: casco, guantes de hule, botas y lentes de seguridad.



Figura 14. Equipo para determinar el asentamiento del concreto

Procedimiento.

1. Se obtiene la muestra de concreto fresco.
2. Se homogeniza la muestra de concreto fresco con una pala o cucharón para garantizar uniformidad en la mezcla.
3. Se humedece el molde y se coloca sobre una placa metálica, plana, rígida y húmeda. La placa debe estar nivelada y libre de vibraciones.
4. Se apoyan los pies en los estribos para mantener el molde firme durante la operación de llenado.
5. A continuación, se llena el molde con el cucharón en tres capas de aproximadamente el mismo volumen. La primera capa corresponde a un volumen aproximado de 7cm de su altura y se compacta con 25 penetraciones de la varilla, introduciéndola por el extremo redondeado, distribuidas uniformemente en el área, por lo que en un principio es necesario inclinar la varilla en la zona perimetral y conforme se avanza en espiral hacia el centro se varilla de forma vertical.
6. La segunda capa debe llegar a una altura de aproximadamente 15cm y se compacta de la misma

forma que la primera procurando que la varilla penetre en la capa anterior aproximadamente 2 cm.

7. La tercera capa se llena al extremo del molde colocando un ligero excedente de concreto por encima del borde superior antes de empezar la compactación. Se compacta de la misma forma que la segunda capa y en caso de que el concreto en esta última capa se asiente a un nivel inferior del borde, a la décima y/o vigésima penetración se agrega concreto en exceso para mantener su nivel por encima del borde.
8. Después de terminar la compactación de la última capa, se enrasa el concreto mediante un movimiento de rodamiento de la varilla. Se limpia la superficie exterior y se retira toda la mezcla que haya caído sobre la placa metálica.
9. Inmediatamente después se levanta el molde con cuidado en dirección vertical sujetándolo por las asas. La operación de levantar el molde debe de hacerse en 5 ± 2 segundos sin movimientos laterales o torcionales.
10. Se mide el revenimiento colocando el molde invertido a un lado del concreto, se apoya la varilla

horizontalmente sobre el borde superior del cono y con la cinta métrica se mide la diferencia de altura entre la parte inferior de la varilla y el centro desplazado de la superficie superior del espécimen. Si alguna porción del concreto se desliza y cae hacia un lado se desecha, la prueba se efectúa de nuevo el procedimiento con la misma muestra. Si dos muestras presentan el mismo problema la prueba de revenimiento no es aplicable.

11. La operación completa desde el comienzo del llenado hasta que se levanta el molde debe hacerse sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 minutos.

Peso Unitario

La norma NTP 339.046 indica el procedimiento a seguir para determinar el peso unitario y rendimiento de la mezcla de concreto fresco. La secuencia de actividades para la realización del presente ensayo en laboratorio.

Determinar la densidad del concreto recién mezclado que proporcionará fórmulas para calcular el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del concreto.

- **NTP 339.046:1979** HORMIGÓN (CONCRETO).
Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.
- **ASTM C138/C138M-01a** Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

Equipo requerido.

- Balanza electrónica: debe tener una precisión de 0.1% de la carga de la muestra, dentro del rango de uso, es decir, desde la masa del recipiente vacío, hasta la masa del mismo más su contenido de concreto.
- Varilla de compactación: una barra de acero de sección circular, rígida, lisa de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm (24") de largo, no absorbente con uno de sus extremos de forma semiesférica del mismo diámetro de la varilla.
- Recipiente o unidad de medición: se debe emplear un recipiente cilíndrico suficientemente rígido para conservar su forma. El peso de este recipiente se tara y se anota el resultado. (El tamaño del recipiente es de acuerdo al tamaño máximo del agregado grueso.

Tabla 11.- Tamaño de recipientes de acuerdo al TM del agregado grueso

CAPACIDAD		TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	
ps ³	dm ³	pulg.	mm
1/10	3	1/2	12,5
1/3	10	1	25,4
1/2	15	1 1/2	38,1
1	30	2	50,8

En el caso nuestro utilizaremos el recipiente de $\frac{1}{2}$ ps³

- Placa enrasadora: debe ser una placa rectangular y plana de metal.
- Martillo de goma.
- Equipo de seguridad: guantes, botas, lentes de seguridad y faja.

Calibración del recipiente.

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7° C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7° C (1 000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7°C

necesario para llenar el recipiente. Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

Procedimiento.

1. Se tara el recipiente.
2. Se toma una muestra representativa de la mezcla.
3. Se coloca el recipiente designado para esta prueba en una superficie rígida horizontal y se vacía el concreto en tres capas iguales ($1/3$ del recipiente). La primera capa se compacta con 25 penetraciones de la varilla, iniciando por el extremo redondeado del recipiente y avanzando hacia el centro del mismo en espiral.
4. Luego se golpea con el martillo de goma 10 a 15 veces.
5. La segunda capa ($2/3$ del recipiente) y se compacta de la misma forma que la primera, procurando que la varilla penetre en la capa anterior aproximadamente 2cm, luego se golpea 10 a 15 veces con el martillo de goma.
6. La tercera capa se llena colocando un excedente de concreto por encima del borde superior, se compacta y se enraza.
7. Se pesa se registra el resultado obtenido.

Temperatura

La norma NTP 339.184 señala el procedimiento para determinar la temperatura de mezcla de concreto en estado fresco.

- NTP 339.184:2002 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)
- ASTM C1064/C1064M-01 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete.

Equipo requerido

- Recipiente. - Debe estar elaborado de un material no absorbente y debe tener dimensiones tales que permitan un recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75 mm) de hormigón en todas las direcciones alrededor del sensor medidor de temperatura. La cantidad de hormigón que debe cubrir, tiene que ser mínimo tres

veces el tamaño máximo del agregado grueso.

- Medidor de temperatura. - Debe de ser calibrado para medir la temperatura del hormigón recién mezclado con una variación de $\pm 0,5$ °C, dentro de un rango entre 0°C a 50°C. El dispositivo que mide la temperatura (sensor) requerirá la inmersión de 3 pulgadas (75 mm) o más en el hormigón, durante la operación.

Procedimiento

- Colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el sensor esté sumergido un mínimo de 75 mm. Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.
- Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el concreto fresco por un mínimo de 2 minutos, pero no más de 5 minutos, y a continuación leer y registrar la temperatura, con una precisión de 0,5 °C . No retirar el dispositivo del concreto durante la lectura de la temperatura.



Figura 15. Temperatura del concreto

Contenido de Aire

- NTP 339.080:1981 HORMIGÓN (CONCRETO).
Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas. Ensayo tipo hidráulico.
- ASTM C231-97e1 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure

Method

Equipo requerido

- Balanza – Tendrá precisión de aproximadamente el 0,3% (45g, 0,1lb) de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del intervalo de uso. El intervalo de uso debe abarcar desde la masa del medidor vacío, hasta dicha masa vacía más su contenido.
- Varilla compactadora – Debe ser de hierro, liso, cilíndrica, de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24 pulg); el extremo compactador debe ser semiesférico con radio de 8 mm (5/16 pulg). Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
- Martillos – Pueden ser de cabeza de caucho o de cuero, con una masa de aproximadamente 600 ± 200 g ($1,25 \pm 0,50$ lb) para medidores de 14 dm^3 ($0,5 \text{ pies}^3$) o menos, y otro con una masa de aproximadamente 1000 ± 200 g para medidores de volumen superior a 14 dm^3 ($0,5 \text{ pies}^3$).
- Placa enrasadora – Debe ser metálica, rectangular, de por lo menos 6 mm (1/4 pulg) de espesor o una placa de vidrio o acrílica de por lo menos 13 mm (1/2 pulg) de

espesor, con un ancho y un largo superiores en 50 mm (2 pulg) al diámetro del medidor con el cual va a ser usada. Los bordes de la placa deben ser rectos y lisos dentro de una tolerancia de 1,6 mm (1/16 pulg).

- Pala, badilejo y regla.

Calibración del recipiente.

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7° C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7° C (1 000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7°C necesario para llenar el recipiente. Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

Procedimiento

Llenado del recipiente

1. Se llena hasta un tercio de su capacidad y se compacta con el número de golpes indicados en 3 (compactación).
2. Llenar las dos capas restantes, cuidando que la última se llene con exceso.
3. Compactación

En la primera capa no debe golpear el fondo del recipiente. Al compactar la segunda y tercera capa la barra penetre ligeramente en la superficie de la capa anterior. Los golpes de la compactación se distribuyen uniformemente sobre la sección. Cuando se use un recipiente de $\frac{1}{2}$ pie³, cada capa se compactará con 25 golpes, y cuando se use un recipiente de 1 pie³, cada capa se compactará con 50 golpes.

La superficie exterior del recipiente se golpea con cuidado de 10 a 15 veces o hasta que aparezcan burbujas de aire en la superficie de la capa compactada.

4. Alisado, limpiado y pesado.

La superficie superior se alisa, cuidando de dejar el recipiente lleno. Se limpia la parte externa del recipiente y pesar el recipiente lleno.

Toda mezcla de concreto tiene aire atrapado entre los materiales (agua, cemento y agregados). La cantidad de este aire depende de las propiedades físicas del agregado, del método de compactación y de las proporciones en que se han combinado los

ingredientes en la mezcla. Generalmente este aire ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla salvo que el concreto esté expuesto a cambios bruscos de temperatura (congelarse y descongelarse), para lo cual se necesita incorporar aire mediante el uso de aditivos, por lo tanto el volumen de aire en la mezcla aumentaría.

Hay tres métodos para medir el contenido de aire total en el concreto fresco:

- a) GRAVIMÉTRICO.
- b) VOLUMÉTRICO.
- c) DE PRESIÓN.

El método más confiable y exacto es el de presión, el cual se basa en la relación entre el volumen de aire y la presión aplicada (a una temperatura constante). No se necesita conocer las proporciones de la mezcla o las propiedades de los materiales, el porcentaje de aire se obtiene directamente.

Exudación.

Determinar la cantidad relativa de agua que exuda una

muestra fresca de concreto.

- NTP 339.077 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo gravimétrico para determinar la exudación de hormigón (concreto).
- ASTM C 232 Standard Test Methods Bleeding of Concrete.
- AASHTO T 158 Standard Test Methods Bleeding of concrete.

Las fórmulas a ser usadas según la **N.T.P. 339.077** se presentan a continuación.

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde:

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

Equipo requerido

- Balanza (opcional) – Con sensibilidad de 1 gramo, para determinar la masa de agua exudada y los sedimentos.
- Varilla compactadora – De acero estructural, cilíndrico de 16 mm (5/8") de diámetro y de longitud aproximada de 610 mm (24"); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 16 mm (5/8").
- Martillo de goma.
- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
- Pala, badilejo y regla.
- Pipeta o instrumento similar (jeringa) para extraer el agua libre de la superficie de la probeta.
- Tubo graduado con capacidad suficiente para recoger y medir la cantidad de agua extraída.

Preparación de la muestra

1. El concreto (hormigón) elaborado en el laboratorio, se prepara de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana (N.T.P. 339.045) "Elaboración y curado de especímenes de concretos hechos en el Laboratorio".
2. El concreto (hormigón) preparado en el campo se

muestrea con el Método de Muestreo del concreto (hormigón) Fresco. (N.T.P. 339.047).

3. Se llena el recipiente con el concreto (hormigón) en 3 capas, (en partes iguales, la primera se llena a $1/3$ del recipiente, luego compactar 25 veces con la barra compactadora, luego golpear con el martillo de goma (10 a 15 golpes), llenar a $2/3$ del recipiente con concreto y seguir el mismo paso con la barra compactadora y el martillo de goma, finalmente llenar con concreto el recipiente y dejar 2 pulgadas de la superficie del recipiente.

Procedimiento

1. Después de llenar, nivelar y alisar la superficie del recipiente se anota la hora, peso y su contenido.
2. Se extrae el agua que se haya acumulado en la superficie (con una pipeta) a intervalos de 10 min. Durante los primeros 40 min., y a intervalos de 30 min. de allí en adelante hasta que cese la exudación, se inclina el recipiente colocando un taco de aproximadamente 5 cm. de espesor debajo de uno de los lados del recipiente 2 min. antes de extraer el agua.
3. Después que el agua haya sido extraída, se devuelve

el recipiente a su posición original, y después de cada extracción transferir el agua a un tubo graduado. Se anota la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia.

4. Cuando se requiere solamente el volumen total de agua exudada el procedimiento de extracción periódica puede ser omitido y la extracción se hará en una sola operación.

Expresión de resultados

1. Se calcula el volumen de agua de exudación por unidad de superficie con la siguiente ecuación:

En donde:

V1: Volumen en centímetros cúbicos del agua de exudación, durante un intervalo seleccionado.

A: Área expuesta del concreto, en centímetros cuadrados.

2. Se calcula el agua acumulada de exudación, expresada como porcentaje del agua de mezclado contenida en la probeta de ensayo; como sigue:

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$E = \frac{D}{C} \times 100$$

En donde:

C Masa de agua en la muestra de ensayo, en kilogramos.

W Masa total de la tanda, en kilogramos.

w Masa del agua efectiva en la tanda, en kilogramos.

S Masa de la muestra, en kilogramos.

D Volumen total de agua de exudación extraída de la muestra de ensayo en L multiplicada por 1 kg/l.

Ensayo del Concreto en Estado Endurecido

Resistencia a la Compresión (NTP 339.034)

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de

especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales. Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

Equipo, Aparatos y/o Instrumentos:

- Máquina de Ensayo – La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad descritas
- Dispositivos de lectura de carga: la máquina para ensayo a compresión debe estar provista de una escala graduada que se pueda leer por lo menos con una aproximación de 2.5% de la carga aplicada.
- Equipo de seguridad: guantes, botas, faja y lentes de seguridad.

Procedimiento.

1. El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.
2. Las muestras se deben mantener húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.
3. Colocación de la Muestra – Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior. Se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se debe rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida en la Sección Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.
4. Velocidad de Carga – Se aplica la carga continuamente

sin golpes bruscos. La carga se deberá aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (35 ± 7 psi/s). La velocidad escogida se debe mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro. Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.

5. Si es necesario se aplica la carga hasta que aparezca la falla de ruptura y se registra en el informe.
6. Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal del espécimen de prueba. El resultado de la prueba se expresa como una aproximación de 100 kPa (1 kg/cm^2).



Figura 16. Ensayo a la compresión simple.

Determinación de la Tendencia al Agrietamiento en el Concreto (AASHTO PP 34-99).

La finalidad de este método de prueba consiste en poder determinar la tendencia al agrietamiento del concreto en especímenes de concreto restringido y para poder evaluar el desempeño de los materiales utilizados. El procedimiento es comparativo y no está destinado para determinar el tiempo inicial de agrietamiento del concreto en un tipo específico de estructura.

El método de prueba consiste principalmente en un anillo de concreto colocado sobre una base de acero que sella la superficie inferior del anillo, y la superficie superior es sellada por una capa de silicón o con plástico, por lo que se crean condiciones simétricas de secado en el espécimen de concreto. Cuando el concreto empieza a endurecer y a secarse, se contrae, y debido a que el anillo de acero restringe la contracción se crea una presión interna uniforme en el concreto, por lo que aparecen las grietas de contracción en la superficie cilíndrica del concreto.

Equipo requerido:

Comparador de grietas: es un aparato que se asemeja a un microscopio y que tiene una graduación en el lente para medir las grietas hasta con una precisión de 0.02 mm.

Grietómetro: es una mica de plástico que tiene distintas graduaciones para medir el ancho de grieta.

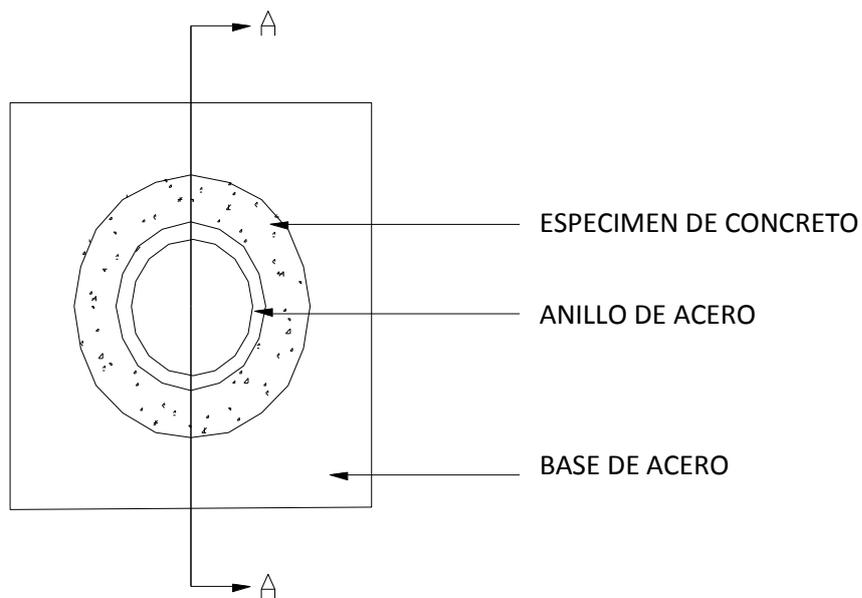


Figura 17. Vista de Planta del Especimen de Contracción.

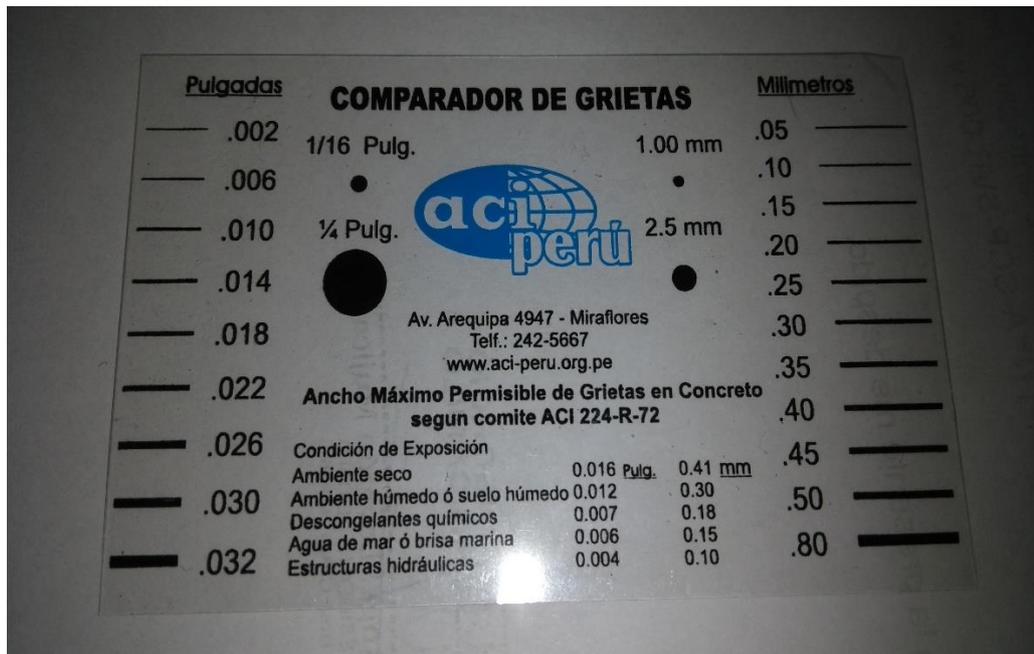


Figura 18. Comparador de grietas.



Figura 19. Microscopio para visualizar grietas.



Figura 20. Lupa para visualizar grietas.

Procedimiento:

1. Los especímenes se desmoldan después de 24 horas, tiempo que permanecieron cubiertos con una bolsa de plástico para no perder humedad.
2. Inmediatamente después se desmolda el anillo exterior, solo se deja el anillo interior de acero para que exista restricción.
3. Se dejan los especímenes al medio ambiente, se toma la temperatura cada hora y se inspeccionan visualmente hasta que aparezca la primera grieta visible, se mide el ancho de grieta con el comparador de grietas y se registra la información.



Figura 21. Espécimen de concreto

4. Los datos de temperatura se van registrando desde el día de colado de los especímenes hasta los 28 días que es cuando alcanzan la resistencia máxima de diseño.

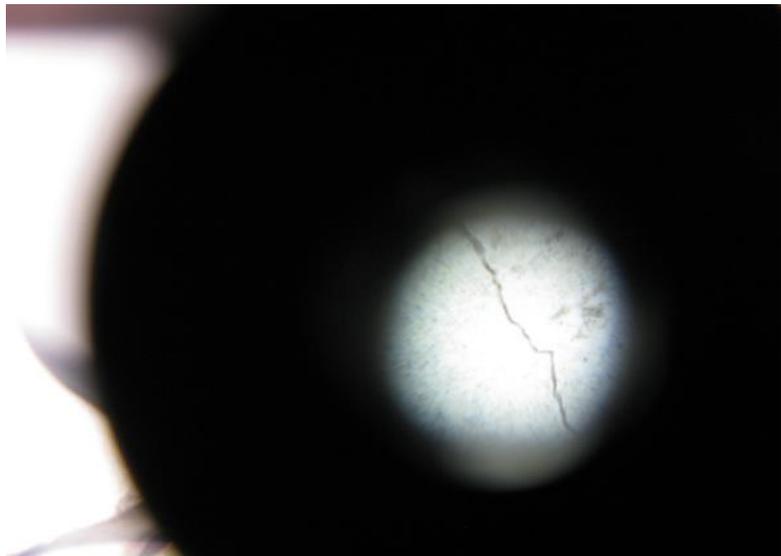


Figura 22. Visualización de grieta con el microscopio



Figura 23. Visualización de grieta con el microscopio.

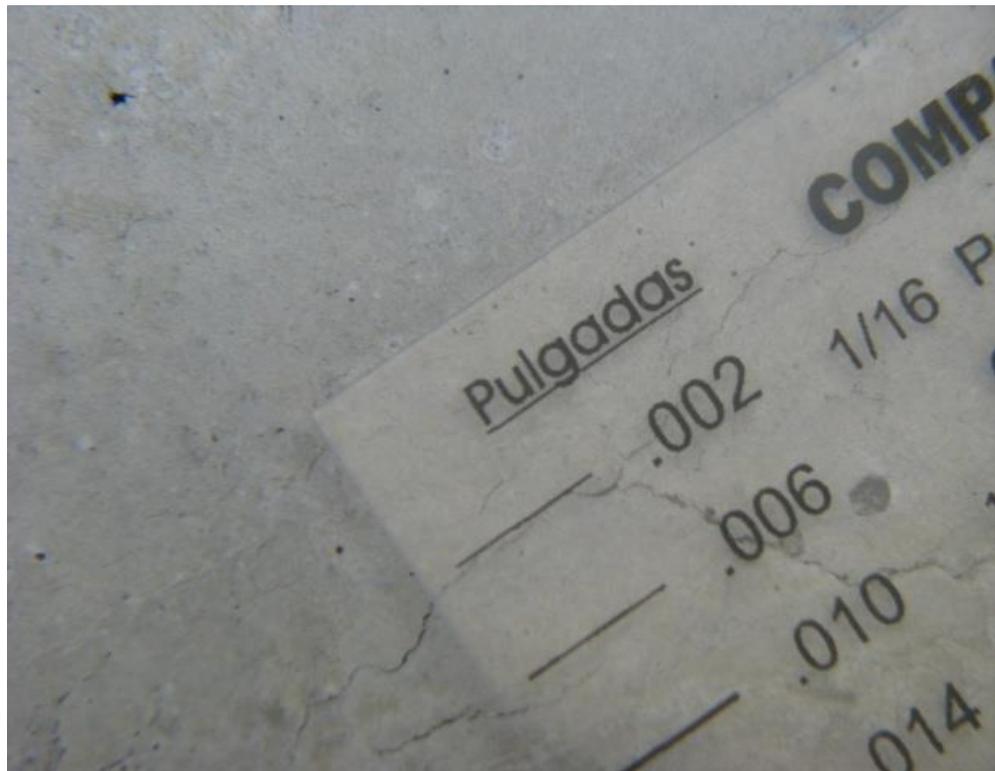


Figura 24. Medición de grieta

2.2.17. Contracción de Concreto

La contracción está estrechamente ligada con las reacciones químicas que se presentan en la mezcla al igual que con las presiones capilares que se generan dentro de la pasta de cemento (Holt E. E., 2001; Holt E. E., 2001). La contracción del concreto tiene lugar en dos etapas: a edades tempranas y edades tardías. Se puede definir como edad temprana aquella que está comprendida en las 24 horas iniciales, tiempo en el que la mezcla de concreto es elaborada y colocada, esta clase de contracción y las fisuras que la misma genera son especialmente problemáticas pues se producen cuando la mezcla no tiene la capacidad de disipar los esfuerzos a tensión que se desarrollan y que pueden estar relacionadas por manejos inadecuados de la mezcla, un pobre diseño de mezcla o un curado incorrecto o pobre (Chengqing, 2003). Las 24 horas posteriores después de los procesos anteriores se conoce como edad tardía. Durante esta etapa se lleva a cabo el desmolde de los elementos, así como la medición de la contracción por medio de procesos estandarizados. Por lo general las mediciones que se realizan después del desmolde y que tratan la contracción, son las que más documentadas están en la literatura

existente. Entre estas dos edades se dan diferentes procesos físicos y químicos que pueden ser medidos en especímenes fabricados para tales fines.

Dado que los procesos de contracción se dan en dos etapas dicha definición debe ser más amplia puesto que existen diferentes tipos de contracción según la cantidad de tiempo transcurrido.

Tipos de contracción

Contracción Térmica.

Este tipo de contracción se refiere a los cambios de volumen que están relacionados con los cambios de temperatura en la mezcla de concreto producto de las reacciones que se presentan en las diferentes edades del concreto; existe expansión del concreto cuando la temperatura aumenta y retracción cuando baja la temperatura, por tanto, si los cambios son demasiado bruscos o existen gradientes en secciones transversales dichos cambios son más nocivos. (Berke & Dallaire, 1994) Durante las primeras horas el concreto está en un constante aumento de la temperatura debido a la hidratación del cemento, en un proceso adiabático en donde la temperatura oscila entre 5 y 8 grados

de temperatura por cada 45 Kg de cemento. Según lo anterior es claro que un mortero aumentara mucho más su temperatura en comparación con un concreto dado que tiene más contenido de cemento. Así pues, durante las primeras 12 horas habrá un aumento de la temperatura, pasada esta etapa iniciará el posterior enfriamiento y la disminución del volumen de la mezcla. Mayormente el aumento de volumen y posterior disminución del mismo se hará de manera elástica, sin embargo, si alguna parte de la mezcla no se comporta de esta manera existirá lo que hemos venido tratando como contracción a edad temprana.

Los gradientes de temperatura del ambiente y la mezcla, producirán esfuerzos en la mezcla y a la postre fisuras producto de la contracción, dado que no se puede conseguir un equilibrio entre ambas temperaturas de manera rápida especialmente en elementos muy robustos.

Contracción por carbonatación

La contracción por carbonatación se presenta cuando la pasta del concreto que se está endureciendo y entra en contacto con el dióxido de carbono presente en el aire ocasionando una reducción en el pH del concreto que a la

postre genera fisuras. La reducción del pH además de provocar fisuras puede ocasionar en el concreto otros procesos de deterioro, como la corrosión del acero de refuerzo que genera expansión en el mismo y agrietamiento en los elementos de concreto.

La cantidad de carbonatación del concreto depende de la densidad y calidad del mismo, pero por lo general se limita a 2cm de profundidad sobre la superficie expuesta. Su influencia en los elementos está sujeta a la edad del concreto y al medio ambiente al que está expuesto el elemento.

Dado que la carbonatación es un proceso que es nocivo para el concreto después de grandes periodos de tiempo, se considera un problema de durabilidad que toma muchos años en donde la medida que se toman, lo retrasaran más no evitaran su aparición.

Contracción por secado.

Está relacionada con el cambio en el volumen del concreto producto de la pérdida de agua. Primeramente, el agua de la mezcla sube a la superficie como agua de exudación, dado que las partículas más pesadas se asientan. En el proceso

de endurecimiento de la mezcla, el agua de la superficie se evapora y la mezcla de concreto continúa secándose aun cuando haya exceso de agua, la misma será absorbida desde el interior de la mezcla. Por el proceso anteriormente descrito, es común encontrar la aparición de fisuras en los elementos.

Este fenómeno se produce cuando los poros internos de la mezcla una vez ocupados por el exceso de agua van siendo llenados a causa de los procesos de hidratación del cemento dentro de la mezcla. Es claro que entre menor densidad de poros vacíos exista en la mezcla, mayor será la durabilidad del concreto, efecto dominado por la humedad y el agua de exudación. Durante el secado del concreto la tasa de evaporación de la mezcla puede superar a la cantidad de agua que sube a la superficie para bajar y que es usada para controlar la temperatura del concreto durante el endurecimiento, dado que no hay como

controlar dichas temperaturas se presenta el fenómeno de la contracción por secado.

Por lo tanto, la contracción por secado depende de la cantidad de agua perdida y la tasa de evaporación. Si el agua de sube a la superficie supera al agua evaporada esto

hará que el agua de curado actúe como una capa protectora, por lo tanto, no existirá contracción por secado así pues se evitará la presión en los capilares para evitar las tensiones que producen las fracturas.

La contracción por secado se presenta en el tiempo en los diferentes estados de la mezcla, durante el primer día después del mezclado, colocación del concreto y endurecimiento de la mezcla. Completado el estado de endurecimiento (pasadas 24h) la contracción del concreto puede ser medida usando las practicas adecuadas y normalizadas para tales fines; durante el primer día es necesario definir cuál de ellos es el más adecuado para realizar la medición.

Durante el desarrollo de este tipo de contracción se ha demostrado que los materiales así como la dosificación de los mismos dentro de la mezcla son secundarios, más bien toman un papel preponderante en el desarrollo de otro tipo de procesos de contracción, por tanto al ser un fenómeno asociado a la tasa de evaporación son las condiciones ambientales las que tienen mayor influencia, pues alteran el sangrado (periodo en el que se presenta) aumentando de esta manera el lapso de fisuración (Holt & Leivo, 2003).

Contracción autógena

Está definida como el cambio de volumen macroscópico que se produce sin transmisión de humedad con el ambiente que rodea a la mezcla en cuestión. Es un proceso asociado al agrietamiento por concepto de las reacciones químicas producto de la hidratación del cemento, se presenta una reducción del volumen interno al tiempo que la contracción autógena es un cambio en el volumen externo, por tanto, es posible medir este fenómeno como un cambio lineal del elemento de concreto. En principio se estudió este fenómeno y se encontró que era principalmente generado por relaciones agua/cemento bajas que hacían más propensa a la mezcla al desarrollo de esta clase de contracción. Dado que con el pasar de los años y la inclusión de componentes adicionales a la mezcla, han hecho que se manejen relaciones agua/cemento aún más bajas en búsqueda de mayores resistencias, hemos visto como este fenómeno se ha hecho más propenso a aparecer. Anteriormente se asociaba a la contracción autógena como un fenómeno independiente dominado principalmente por los cambios de volumen asociados a la hidratación del cemento y por lo tanto a las relaciones agua cemento, sin embargo en los

concretos modernos este fenómeno se ha agudizado puesto que los cambios de volumen térmicos asociados a los fenómenos normales del concreto están sucediendo paralelamente con los de la contracción autógena, causando un alta tasa de fisuración en elementos con una esbeltez considerable (Chu, Kwon, Nasir Amin, & Kim, 2012). A largo plazo generadas por este fenómeno se han podido apreciar deformaciones luego de un día, lo anterior debido a la auto desecación es decir la contracción autógena a largo plazo, por tanto la misma como vimos anteriormente está ligada a la relación agua cemento de la mezcla especialmente cuando la misma es menor a 0.42 (Holt & Leivo, 2003). Dado que hablamos de contracción autógena a largo plazo, en el corto plazo las reacciones generadas por la hidratación de las partículas de cemento y los demás componentes de la mezcla (agregados) pueden generar redes de poros más finos, que aumentan la curvatura y esfuerzos de compresión en los meniscos bajo la superficie de la mezcla traduciéndose en fisuras, sin embargo la aparición de las mismas puede ser controlada mediante agregados que mitiguen el escenario anteriormente mencionado reduciendo los espacios vacíos. El uso adecuado de técnicas de curado

reducirá sustancialmente la aparición de esta clase de fenómenos sin embargo no los evitará.

Contracción Plástica

Este fenómeno se presenta durante las primeras horas posteriores a la colocación del concreto en el elemento que se va a elaborar y antes de que el mismo obtenga una resistencia significativa, aparecen fisuras en la superficie del elemento que hacen que el acabado del mismo sea poco estético; además de que estas últimas podrían dar lugar a grietas más grandes asociadas a la contracción por secado (Naaman, Wongtanakitchaoren, & Hauser, 2005). Concretos retardados son más propensos a presentar grietas por contracción plástica dado que la mezcla permanece más tiempo en estado plástico (Cement Concrete and Aggregates Australia, 2005). Al igual que con la contracción autógena la contracción plástica es el resultado de un desbalance en la tasa de evaporación de la mezcla de concreto, dado que la cantidad de agua que es evaporada no es compensada y suficiente para poder reducir el aumento en la temperatura

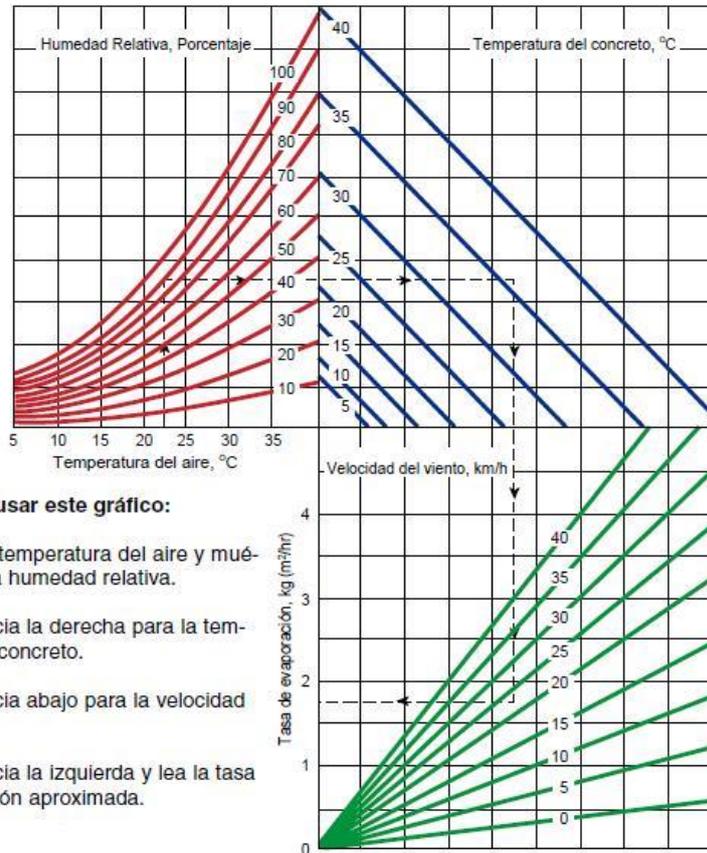
de la mezcla cuando se está endureciendo (Naaman, Wongtanakitchaoren, & Hauser, 2005).

El fenómeno anteriormente mencionado genera presiones capilares negativas en las mezclas que se traducen en meniscos en la superficie de la mezcla y por consiguiente en fisuras. La tasa de evaporación en las mezclas de concreto está influenciada por cuatro importantes factores: la temperatura del aire, la temperatura del concreto, la humedad relativa y la velocidad del viento (ACI Committee 308, 2001; ACI Committee 305, 2000). La fuerza necesaria para la evaporación del agua en la superficie del concreto “es la diferencia de presión entre el vapor de agua en la superficie y el vapor de agua en el aire por encima de esa superficie” cuando dicha diferencia de presión aumenta, en igual condición aumenta la evaporación en la mezcla de concreto.

Con el objeto de prevenir la aparición de fisuras por contracción se ha demostrado la efectividad de hacer un proceso de curado extendido previendo la pérdida excesiva de agua en la mezcla (Nemkumar & Gupta, 2006). Sin embargo, en algunas condiciones es imposible poder garantizar este curado extendido por lo que es necesario adoptar medidas más amplias a fin de evitar la aparición de

fisuras producto de la contracción. Tales medidas podrían incluir el control de la temperatura, las velocidades del viento y el diseño de mezclas que permitan controlar el sangrado de la mezcla o el uso de aditivos que reduzcan el agrietamiento. Se ha demostrado mediante condiciones simuladas en el laboratorio que es posible estimar la cantidad de agua que pierde la mezcla dependiendo de las condiciones ambientales como ya se ha mencionado.

Uno de estos métodos para evaluar la cantidad de evaporación en la mezcla es el nomograma Figura 3 insertado en 1992 en el documento de la ACI Manual of Concrete Practice en la sección denominada Hot Weather Concreting (ACI Committee 305, 2000), orientado a ciertas instituciones relacionadas con la producción de concreto y que está basado en la ecuación de Menzel.



Para usar este gráfico:

1. Entre con la temperatura del aire y muévase hacia la humedad relativa.
2. Muévase hacia la derecha para la temperatura del concreto.
3. Muévase hacia abajo para la velocidad del viento.
4. Muévase hacia la izquierda y lea la tasa de evaporación aproximada.

Figura 3. Nomograma, obtención de tasa de evaporación (ACI – 305, 2000)

2.2.18. Control de agrietamiento debido a la contracción por secado

El agrietamiento del concreto debido a la contracción por secado es el aspecto de mayor atención para los ingenieros. Es uno de los problemas más serios que enfrentan las construcciones de concreto. Diseño y prácticas constructivas adecuadas para minimizar la cantidad de agrietamiento y eliminar las grietas grandes visibles mediante empleo de refuerzo adecuado y juntas de contracción.

Formación de grietas.

Las grietas o el despostillado en pisos que cubren sustratos de concreto son de especial preocupación al aparecer en estacionamientos, puentes, almacenes, o acabados en general. Las formas como se presentan, están relacionadas con las diferentes deformaciones entre el sustrato y el piso, originados por la contracción por secado, las variaciones de temperatura, los asentamientos, o las cargas externas.

Si la contracción del concreto originada por el secado puede presentarse sin ninguna restricción, el concreto no se agrieta. Sin embargo, en una estructura, el concreto está siempre sujeto a algún grado de restricción, ya sea por la cimentación o alguna otra parte de la estructura, o por el acero de refuerzo del concreto. Esta combinación de contracción y restricción origina esfuerzo de tensión. Cuando estos esfuerzos de tensión alcanzan su resistencia, el concreto se agrieta.

Otro tipo de restricción se origina por la diferencia de la contracción en la superficie y en el interior de un miembro de concreto, especialmente a edades tempranas. Ya que la

contracción por secado es siempre mayor en la superficie expuesta, la parte interna del miembro restringe la contracción del concreto superficial, desarrollándose esfuerzos de tensión. Estas grietas superficiales, con el tiempo, pueden penetrar más, cuando la parte interna del concreto está sujeta a contracción adicional.

2.2.19. Contracción por secado

Cuando el concreto se seca, se contrae, y cuando se humedece de nuevo, se expande. Estos cambios de volumen, con cambios en el contenido de humedad, son características inherentes a los concretos del cemento hidráulico. Es el cambio en el contenido de humedad de la pasta de cemento la que causa la contracción o la expansión del concreto, mientras que los agregados proporcionan una restricción interna, la cual reduce en forma importante la magnitud de estos cambios de volumen.

La mayor parte de la contracción se observa en los primeros 90 días. El comportamiento de un piso de concreto ante la contracción, depende de las restricciones que se le ha impuesto al mismo, siendo el agrietamiento y el alabeo, los efectos más indeseables.

Cuando el cemento se mezcla con agua, tiene lugar a varias reacciones químicas. Estas reacciones llamadas comúnmente “hidratación”, originan un producto de hidratación consistente principalmente de algunos materiales cristalinos (principalmente hidróxido de calcio). En una pasta de cemento endurecida, algo de agua está en los poros capilares de la pasta. La contracción se debe a la pérdida de agua absorbida por la pasta, durante el secado el agua que se pierde primero es la que ocupa los espacios capilares más grandes en la pasta de cemento. Esta pérdida de agua origina muy poca contracción. Esta pérdida de agua absorbida y la que se encuentra entre capas dentro del gel de hidratación que causa la contracción de la pasta. Cuando un concreto está expuesto a condiciones por secado, la humedad migra lentamente del interior de la masa de concreto hacia la superficie, donde se pierde por evaporación. Con el humedecimiento este proceso revierte, originando una expansión del concreto.

2.2.20. Factores que influyen en la contracción del concreto

Los factores de mayor influencia en la contracción son el tipo de agregado, contenido de agua, composición del cemento y el proporcionamiento de las mezclas.

Influencia del cemento. - En el cemento muestran que la proporción de yeso tiene un efecto importante en la contracción.

La finura del cemento puede tener influencia en la contracción por secado, los cementos más finos generalmente conducen a mayores contracciones del concreto, pero el incremento en la contracción con el incremento a la finura no es grande.

Influencia del tipo de agregado. - Los agregados grueso y fino que ocupan un 65% a 70% del volumen total del concreto tienen gran influencia en la contracción del concreto. El concreto se puede considerar como una estructura de pasta de cemento cuya contracción potencial más grande está restringida por el agregado. La contracción por secado de un concreto será una fracción (aproximadamente de $1/4$ a $1/6$) de la correspondiente a la

pasta de cemento. Los factores que influyen en la capacidad de los agregados para restringir la contracción incluyen:

- a. La compresibilidad del agregado y deformabilidad de la pasta.
- b. La adherencia entre la pasta y el agregado.
- c. El agregado de agrietamiento de la pasta de cemento, y
- d. La contracción de las partículas de agregados debido al secado.

De estos factores, la compresibilidad del agregado tiene la influencia más grande en la magnitud de la contracción por secado del concreto.

Mientras más grande es la rigidez o módulo de elasticidad de un agregado mayor será su efectividad en la reducción de la contracción del concreto. El tamaño máximo de agregado tiene efecto en la contracción del concreto, en conclusión, cuanto más grande es el agregado requiere menor consumo de agua y tendrá mayor efecto para resistir la contracción.

Influencia del contenido de agua y el proporcionamiento

de las mezclas. - El contenido de agua también influye en la contracción del concreto, porque un incremento del contenido de agua también reduce el volumen de los agregados que restringen la contracción y por tanto incrementa la contracción.

La contracción del concreto se puede minimizar manteniendo el contenido de agua de la pasta tan bajo como sea posible y el contenido total de agregados del concreto lo más alto posible. Esto dará como resultado un contenido de agua más bajo por volumen unitario de concreto y así tener una contracción más baja.

Los concretos proporcionados para colocarse por medio de bomba con contenido de arena excesivamente alto presentaran contracciones significativamente mayores que las que alcanzan mezclas similares con contenidos normales de arena.

La cantidad de agua de mezclado requerida para concreto de un revenimiento dado depende importantemente del tamaño máximo del agregado. El área superficial de agregados la cual debe ser recubierta por la pasta de

cemento, disminuye con el aumento en el tamaño del mismo.

Influencia de los aditivos químicos. - Los aditivos químicos se usan para impartir ciertas propiedades deseables al concreto. Lo más comúnmente usados son aditivos inclusores de aire, reductores de agua, retardantes del fraguado y acelerantes.

Se podría esperar que cuando se usa un aditivo inclusor de aire incrementa la cantidad de vacíos, aumentando la contracción por secado. Sin embargo, debido a que la inclusión de aire permite una reducción en el consumo de agua, sin reducción del revenimiento, la contracción no se ve afectada en forma importante para el contenido de aire de hasta 5 por ciento. Algunos agentes inclusores de aire son además retardantes muy activos y, para compensar el retardo, incluyen acelerantes que pueden incrementar la contracción por secado de 5 a 10 por ciento.

Aunque el empleo de aditivos reductores de agua y retardantes del fraguado permitirá una reducción en el consumo de agua en las mezclas de concreto, usualmente

esto no da como resultado una reducción en la contracción del concreto. En realidad, algunos de estos aditivos pueden aumentar la contracción a edades tempranas de secado, aunque a edades posteriores la contracción de estos concretos será aproximadamente iguales al que corresponde a las mezclas SIN FIBRA.

Efecto de la duración del curado húmedo. - La duración del curado húmedo del concreto no tiene efecto significativo en la contracción por secado, la misma contracción se muestran para los concretos curados por 7, 14, 28 días, antes de que comience el secado. En lo que concierne a la tendencia del concreto al agrietamiento, el curado húmedo no necesariamente es benéfico. Aunque la resistencia se incrementa con la edad, el modulo de elasticidad también se incrementa, casi en el mismo porcentaje, y el resultado final es solamente un incremento pequeño en la deformación a tensión que el concreto pueda soportar.

2.3. Definición de Términos

Concreto

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo.

Igualmente, las mezclas de concreto también se utilizan con frecuencia otros aditivos minerales, tales como las puzolanas, las cenizas y escorias de alto horno finamente molidos. Esta incorporación puede responder a consideraciones de economía o se puede efectuar para mejorar determinadas propiedades del concreto: reducir el calor de hidratación, aumentar la resistencia final, o mejorar el comportamiento del concreto frente al ataque por sulfatos o a la reacción de álcali agregados.

La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto al estado fresco y el endurecido. (Rivva López, 2007)

Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla consiste básicamente en la selección de las proporciones de los materiales, integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como el diseño de la mezcla.

También es definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador e indicados en los planos y/o las especificaciones de obra. (Rivva López, 2007).

Fibra SikaCem

Es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros, está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.

SIKACEM – 1 FIBER, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros.

Durante la mezcla SikaCem®-1 Fiber se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme (SIKA, 2007)

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga, los esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra (NTP 339.034,1999).

Durabilidad

Propiedad de la mezcla que hace que el pavimento sea capaz de resistir la desintegración debido al tránsito y al clima. Éste último, afecta principalmente al asfalto de la capa superficial por estar en contacto con el sol, el aire y el agua, pues produce que este material, pierda las propiedades aglutinantes, se oxide, se endurece y envejece, afectando la vida útil del pavimento. (Ramirez, 2006).

Contracción

La contracción es un fenómeno aparentemente simple del concreto cuando este pierde agua.

Estrictamente hablando la contracción es una deformación tridimensional, pero se expresa comúnmente como una deformación lineal por que en la mayoría de los elementos de concreto

expuestos, una o dos dimensiones son mucho más pequeñas que la tercera dimensión y el efecto de la contracción es mayor en la dimensión más grande.

2.4. Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General.

La fibra SikaCem influye en un 50% a 70% en la durabilidad y reducción de contracción del concreto, en el Centro Poblado de Paragsha.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- La relación de A/C incide entre un 20% a 40% a disminuir la contracción del concreto para aumentar entre un 20% a 30% la resistencia del concreto.
- La fibra SikaCem influye entre un 60% a 80% a disminuir la contracción por secado del concreto.
- La fibra SikaCem maximiza entre un 40% a 60% la durabilidad del concreto.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables Independientes.

Diseño de mezcla de Concreto con fibra SikaCem.

2.5.2. Variables Dependientes

Durabilidad del concreto

Reducción de contracción del concreto.

2.5.3. Variables Intervinientes

Tabla 7. Variables e Indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente (X)			
X	Consiste en determinar las cantidades relativas de	Fibra SikaCem	N.T.P. 321.149 - 2003
Diseño de mezcla de Concreto.	materiales que hay que emplear en la mezcla para obtener un concreto óptimo para un uso determinado.	Relación de a/c	Método ACI, NTP 334.082
Dependiente (Y)			

<p>Y</p> <p>Durabilidad</p> <p>y</p> <p>retracción de</p> <p>contracción</p>	<p>Consiste en un concreto que cumple con una buena consistencia, ofreciendo una elevada calidad de acabado.</p>	<p>Resistencia.</p> <p>Agrietamiento.</p> <p>Durabilidad (Resistencia del concreto)</p>	<p>AASHTO 93</p> <p>Determinación de la tendencia al agrietamiento en el concreto AASHTO PP 34-99</p> <p>Ensayo de resistencia a la compresión NTP 334.051</p>
--	--	---	--

CAPITULO III

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

Según la tipología que presenta Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (2003), la metodología que se aplica es de tipo correlacional - descriptivo, la primera es porque evalúa la relación que existe entre la variable independiente y la variable dependiente, esto quiere decir que a medida que se encuentre el diseño de la mezcla de concreto con la fibra SikaCem ayudará a maximizar la durabilidad y a reducir la contracción del concreto en el Centro Poblado de Paragsha y descriptivo por que especifica propiedades y características del diseño de la mezcla de concreto con la fibra SikaCem, es decir miden, evalúan o recolectan datos sobre las variables.

3.2. Diseño de la Investigación.

El diseño de ésta investigación es experimental, debido a que se va a encontrar el diseño de la mezcla de concreto con la

fibra SikaCem, con la cual analizaremos la resistencia a la compresión, la durabilidad del concreto. Si mejoramos estas condiciones que afecta al concreto entonces aumentaremos la durabilidad del concreto y los pasos a seguir para la realización de esta investigación son:

1. Obtener la granulometría de los agregados, estos serán de la misma cantera y se usarán para los diferentes diseños de mezcla.
2. Se diseñará una mezcla convencional SIN FIBRA, para luego hacer el ensayo a compresión de donde obtendremos el resultado de resistencia a la compresión a los 28 días y la verificación de fisuras se hará con los anillos de contracción.
3. Se diseñará una mezcla con la fibra SikaCem, para luego hacer el ensayo a compresión de donde obtendremos el resultado de resistencia a la compresión a los 28 días, y la verificación de fisuras se hará con los anillos de contracción.
4. Se diseñará la mezcla de concreto con 50% de fibra SikaCem, para luego hacer el ensayo a compresión de donde obtendremos el resultado de resistencia a la compresión a los 28 días y la verificación de fisuras se hará con los anillos de contracción.

5. Evaluaremos las probetas de los anillos de contracción de concreto para maximizar la durabilidad del concreto y reducir la contracción del concreto.
6. Se tomará los datos de los análisis realizados en campo y en laboratorio para luego hacer un cuadro de comparación entre los diseños de mezcla, también se tomarán fotografías de todas las evaluaciones.
7. Evaluaremos los costos generados en el diseño de mezcla convencional y en la mezcla con aditivo.

3.3. Población y Muestra

Población de estudio.

Según Hernández (2003), el objetivo es generalizar los datos de una muestra a una población (de un grupo pequeño a uno mayor).

Sobre una población de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 20 cm (8 pulgadas) de altura de concreto, se tomaron como población a 90 probetas y 18 anillos de contracción para evaluar el fisuramiento del concreto.

Diseño muestral.

El procedimiento para elegir la cantidad de probetas y cantidad de anillos de contracción, para lo cual se ha tenido el siguiente criterio:

- La Norma E-60 del Reglamento Nacional de Edificaciones nos dice que se debe contar con un mínimo de 15 especímenes, para realizar los ensayos de resistencia a la compresión.
- En nuestro estudio haremos un total de 18 especímenes para ser ensayadas para obtener un ajuste estadístico óptimo para el diseño, lo cual se aprecia en la tabla 8:

Tabla 8. Preparación de muestras.

Descripción	Cantidad
Mezcla convencional con 0.45 a/c	3
Mezcla convencional con 0.55 a/c	3
Mezcla convencional con 0.65 a/c	3

- Para analizar la muestra de probetas creadas con la fibra sintética, se tomarán un total de 15 especímenes para ser ensayadas para obtener un ajuste estadístico óptimo para el diseño, lo cual se aprecia en la tabla 9:

Tabla 9. Preparación de muestras con fibra sintética

Descripción	Cantidad
Mezcla con fibra sintética 0.45 a/c	3
Mezcla con fibra sintética 0.55 a/c	3
Mezcla con fibra sintética 0.65 a/c	3

- Para el análisis de anillos de contracción, se tomarán un total de 02 especímenes para ser ensayadas por cada diseño de mezcla para obtener un ajuste estadístico óptimo para el diseño, lo cual se aprecia en la tabla 10 y estarán dentro del distrito de Simón Bolívar – Pasco, donde la temperatura en los meses de mayo, junio y julio oscila entre -10°C a 18°C.

Tabla 10. Preparación de anillos sin fibra sintética

Descripción	Cantidad
Mezcla convencional con 0.45 a/c	02
Mezcla convencional con 0.55 a/c	02
Mezcla convencional con 0.65 a/c	02

Tabla 11. Preparación de anillos con fibra sintética

Descripción	Cantidad
Mezcla con fibra sintética 0.45 a/c	02
Mezcla con fibra sintética 0.55 a/c	02
Mezcla con fibra sintética 0.65 a/c	02

3.4. Métodos de Investigación

El método a usar para esta investigación será el método experimental, porque se manipulará intencionalmente la cantidad de fibra sintética en los distintos diseños de mezcla ($a/c = 0.45$, $a/c = 0.55$ y $a/c = 0.65$) para ver sus efectos en la reducción de fisuras al concreto y aumentar la resistencia del concreto para verificar la durabilidad del concreto.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

A. Técnicas

Las técnicas a las cuales se han acudido son las fuentes primarias y secundarias, las cuales se mencionan en los ensayos correspondientes.

B. Técnicas e instrumentos

Para esta investigación se usará el laboratorio para determinar las características de los agregados, granulometría, peso unitario, contenido de humedad, porcentaje de absorción, etc. de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas 400.037, 400.017, 400.010, 400.021 y 400.022, Ensayo a la compresión del concreto NTP 334.051

Ensayo de durabilidad

Determinación de la tendencia al agrietamiento en el concreto AASHTO PP 34-99

Para el diseño de mezcla se optó por usar el método del ACI, así mismo se eligió una relación $a/c=0.45$, $a/c=0.55$, $a/c=0.65$.

Para la recolección de datos se realizará los ensayos de laboratorio a los materiales que se usará para esta investigación y que a continuación se muestra:

- Se usará el agregado de la cantera de Sacra familia.

- Tipo de agregado, se obtendrá la granulometría, que servirá para todos los diseños de mezcla.
- Diseño de mezcla con la relación de a/c de 0.45, 0.55 y 0.65, sin fibra sintética.
- Diseño de mezcla con la relación de a/c de 0.45, 0.55 y 0.65, con fibra sintética.
- Se procederá a diseñar probetas de los diseños de mezcla para el ensayo a compresión a los 3, 14 y 28 días.
- Se seleccionará la mezcla que tiene la mayor resistencia a la compresión.
- Se procederá a diseñar en los anillos de contracción probetas de los diseños de mezcla de concreto sin fibra sintética y con fibra sintética; se tomará datos de las fisuras con un microscopio.

3.6. Técnicas de procesamiento y Análisis de datos

- Se tomará los datos del ensayo a compresión a los 3, 14 y 28 días, para luego ingresar a una tabla Excel y realizar la comparación de resistencia entre las diferentes probetas de cada diseño de mezcla.
- Se tomará los datos del ensayo de Contracción (determinación de la tendencia al agrietamiento), para

luego ingresar a una tabla Excel y realizar la comparación de reducción de fisuras de los diferentes diseños de mezcla.

- Resistencia a la temperatura.
- Comparación de costos de un concreto convencional con el concreto con la fibra sintética.

3.7. Tratamiento Estadístico de Datos

Para analizar los resultados de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y el control de fisuración en los anillos de contracción, se consideró que es indispensable la selección de las proporciones de los materiales en los diferentes tipos de diseños de mezcla, Para realizar la comparación de los diferentes tipos de concreto y observar las diferencias existentes, usaremos la prueba estadística Anova de un factor, que es una prueba paramétrica que se utiliza para comparar las medias aritméticas de dos o más poblaciones independientes.

- En nuestro estudio haremos un total de 15 especímenes de probetas para ser ensayadas para obtener un ajuste estadístico óptimo para el diseño, lo cual se aprecia en la tabla 12:

Tabla 12. Preparación de muestras.

Descripción	Cantidad
Mezcla convencional con 0.45 a/c	2
Mezcla convencional con 0.55 a/c	2
Mezcla convencional con 0.65 a/c	2

- Para analizar la muestra de probetas creadas con la fibra sintética, se tomarán un total de 15 especímenes para ser ensayadas para obtener un ajuste estadístico óptimo para el diseño, lo cual se aprecia en la tabla 13:

Tabla 13. Preparación de muestras con fibra sintética

Descripción	Cantidad
Mezcla con fibra sintética 0.45 a/c	1
Mezcla con fibra sintética 0.55 a/c	1
Mezcla con fibra sintética 0.65 a/c	1

- Para el análisis de anillos de contracción, se tomarán un total de 09 especímenes para ser ensayadas para obtener un ajuste estadístico óptimo para el diseño, lo cual se aprecia en la tabla 9 y 10; estarán dentro del

distrito de Simón Bolívar – Pasco, donde la temperatura en los meses de mayo, junio y julio oscila entre -10°C a 18°C.

CAPITULO IV

IV. Resultados y Discusión

4.1. Tratamiento Estadístico e Interpretación de Cuadros.

Tabla 14. Cuadro estadístico

		Estadísticos		
		agua/cemento	Resistencia en Kg/cm ²	Fibra Sintética
N	Válidos	12	12	12
	Perdidos	6	6	6
Media		2,00	379,2808	1,50
Mediana		2,00	385,7100	1,50
Moda		1 ^a	325,70 ^a	1 ^a
Desv. típ.		,853	41,26850	,522
Varianza		,727	1703,089	,273
Mínimo		1	325,70	1
Máximo		3	430,38	2
Suma		24	4551,37	18

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Días sin fisuración					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18	2	11,1	16,7	16,7
	20	2	11,1	16,7	33,3
	25	2	11,1	16,7	50,0
	55	2	11,1	16,7	66,7

58	1	5,6	8,3	75,0
60	3	16,7	25,0	100,0
Total	12	66,7	100,0	
Perdidos Sistema	6	33,3		
Total	18	100,0		

Días sin fisuración

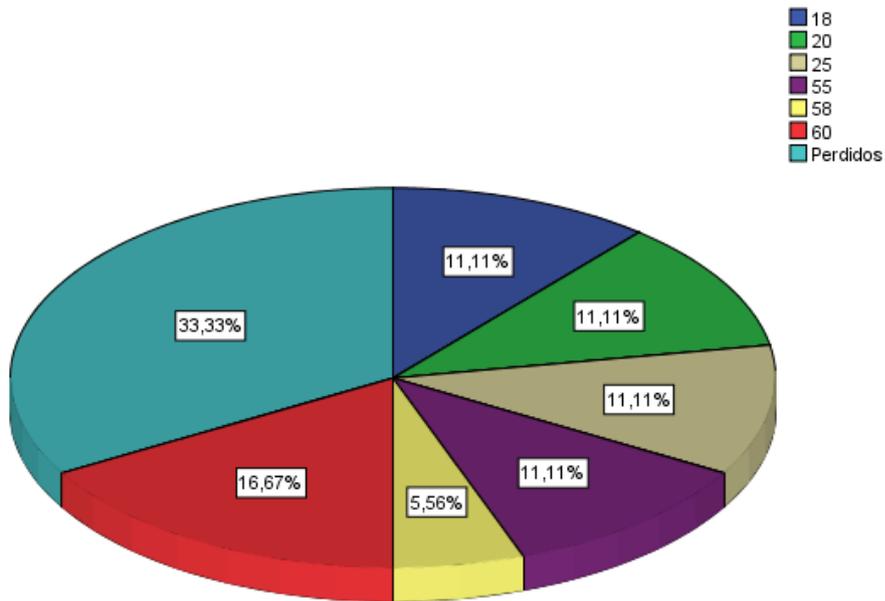


Gráfico 1. Distribución días sin fisuración

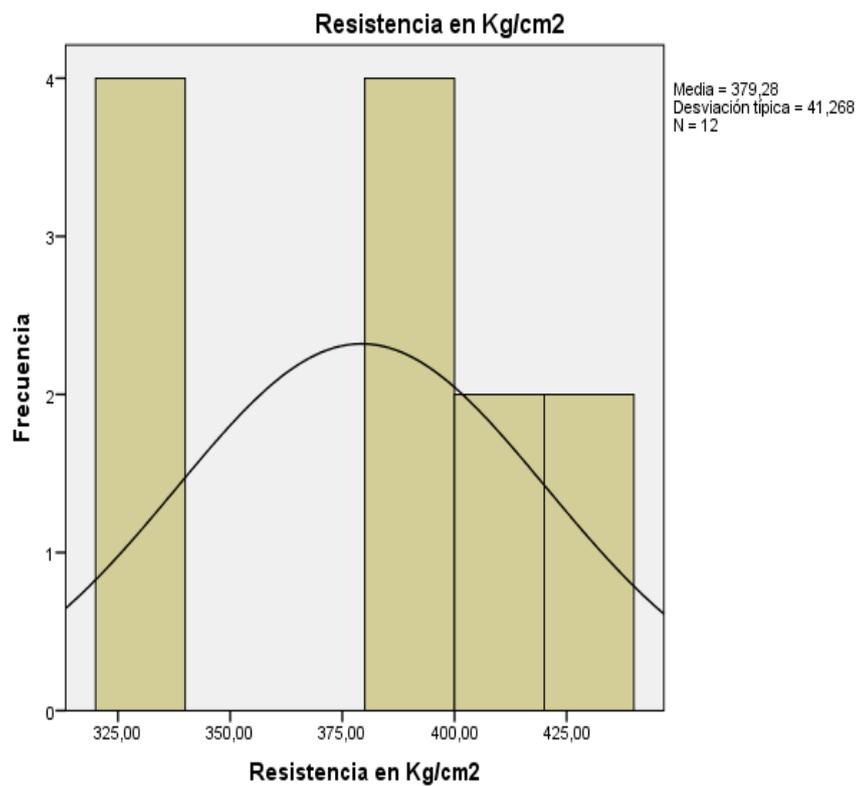


Gráfico 2. Histograma de Resistencia de concreto

Tamaño de fisuras en milímetros

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Fisuras: Pequeñas	9	50,0	75,0	75,0
	Fisuras: Medianas	3	16,7	25,0	100,0
	Total	12	66,7	100,0	
Perdidos	Sistema	6	33,3		
Total		18	100,0		

Tamaño de fisuras en milímetros

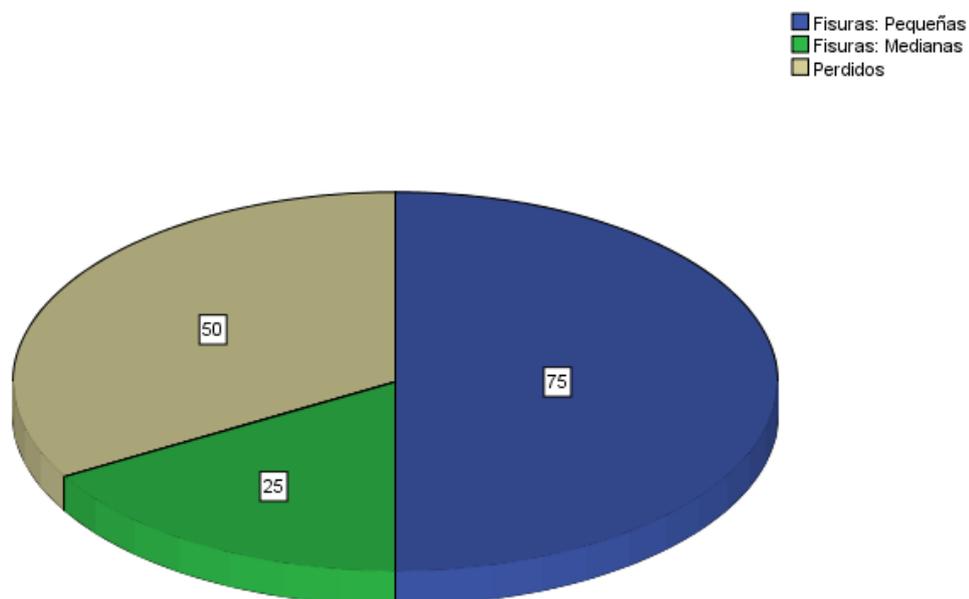


Gráfico 3. Porcentaje de Tamaño de fisuras

4.2. Presentación de Resultados

Ensayos de agregados

Los ensayos realizados a los agregados para esta tesis se muestran en la tabla N° 14, tabla N° 15, tabla N° 16, tabla N° 17 y son los siguientes:

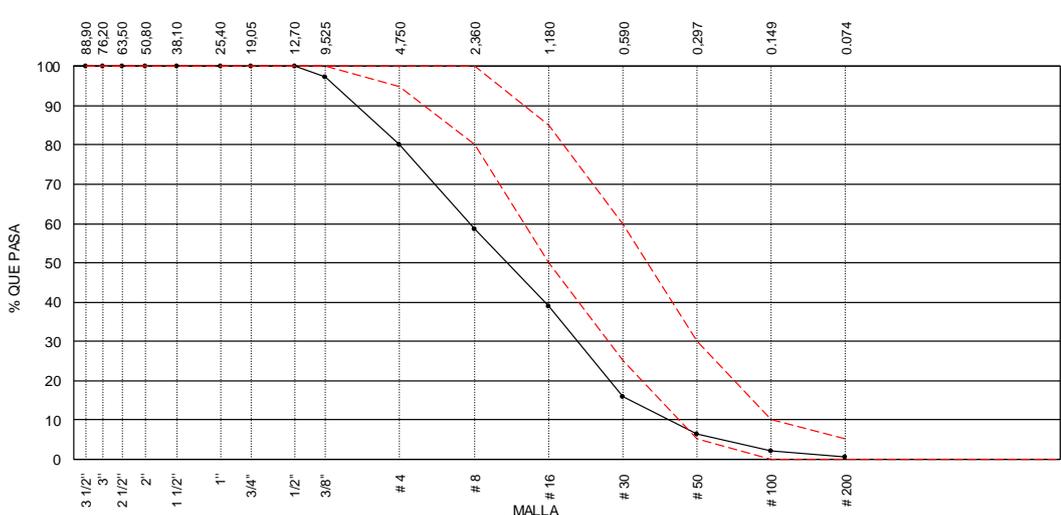
- Granulometría de los agregados.
- Módulo de Finura.
- Peso Específico.
- Porcentaje de Absorción.
- Peso Unitario.
- Peso Unitario Suelto.
- Peso Unitario Compactado.
- Contenido de Humedad

Tabla 15. Granulometría del agregado fino

		REGISTRO						 
		CONTROL DE CALIDAD						
REPORTE DE GRANULOMETRIA Y CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO								
TESIS:						Revisión: 1		
CLIENTE: TESISTA:				MUESTRA: ARENA DE SEGUNDA		Fecha:		
CANTERA:			UBICACIÓN: PASCO		FECHA DE MUESTREO:		Página:	
AGREGADO GRUESO HUSO # ARENA GRUESA								
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"		
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3/8"	9.53 mm	72.00	2.71	2.71	97.29	100.00	100.00	
# 4	4.75 mm	453.00	17.04	19.75	80.25	95.00	100.00	
# 8	2.36 mm	571.00	21.48	41.23	58.77	80.00	100.00	
# 16	1.18 mm	529.00	19.90	61.14	38.86	50.00	85.00	
# 30	0.59 mm	612.00	23.02	84.16	15.84	25.00	60.00	
# 50	0.30 mm	252.00	9.48	93.64	6.36	5.00	30.00	
# 100	0.15 mm	119.00	4.48	98.12	1.88	0.00	10.00	
# 200	0.07 mm	39.00	1.47	99.59	0.41	0.00	5.00	
Fondo		11.00	0.41	100.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL		####			100.00			

CARACTERISTICAS FISICAS	
Peso Especif. de Masa Seco (gr/cm ³)	
Peso Especif. de Masa SSS (gr/cm ³)	
Peso Especif. de Masa Aparente (gr/cm ³)	
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	
Humedad de absorción (%)	
Tamaño máximo	
Tamaño máximo Nominal	
Módulo de Fineza	4.01
% < Malla Nº 200 (0.75 mm)	0.41

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Descripción: MUESTRA 1	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Material:	Firma:	Firma:	Firma:
	Cargo: Tesista de Investigacion	Cargo:	Cargo:
Tomado por:	Nombre: Katheryn Luz Escandon Hidalgo	Nombre:	Nombre:
	Fecha:	Fecha:	Fecha:

Tabla 16. Granulometría del agregado grueso.

ZEMCO INGENIEROS S.A.C.		REGISTRO CONTROL DE CALIDAD						UNDA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
		REPORTE DE GRANULOMETRIA Y CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO GRUESO							
TESIS:							Revisión: 1		
CLIENTE: TESISTA:					MUESTRA: ARENA DE SEGUNDA			Fecha:	
CANTERA:				UBICACIÓN: PASCO		FECHA DE MUESTREO:		Página:	
AGREGADO GRUESO HUSO # 57								CARACTERISTICAS FISICAS	
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"		
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00		
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00		
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00		
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00		
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00		
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00		
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	95.00	100.00		
3/4"	19.05 mm	194.00	8.11	8.11	91.89	65.00	85.00		
1/2"	12.70 mm	###	58.05	66.16	33.84	25.00	60.00		
3/8"	9.53 mm	438.00	18.32	84.48	15.52	18.00	44.00		
# 4	4.75 mm	368.00	15.39	99.87	0.13	0.00	10.00		
# 8	2.36 mm	2.00	0.08	99.96	0.04	0.00	5.00		
# 16	1.18 mm	0.00	0.00	99.96	0.04	0.00	0.00		
# 30	0.59 mm	0.00	0.00	99.96	0.04	0.00	0.00		
# 50	0.30 mm	0.00	0.00	99.96	0.04	0.00	0.00		
# 100	0.15 mm	0.00	0.00	99.96	0.04	0.00	0.00		
# 200	0.07 mm	0.00	0.00	99.96	0.04	0.00	0.00		
Fondo		1.00	0.04	100.00	0.00	0.00	0.00		
TOTAL		###			100.00				
								Peso Especif. de Masa Seco (gr/cm³)	
								Peso Especif. de Masa SSS (gr/cm³)	
								Peso Especif. de Masa Aparente (gr/cm³)	
								Peso Unitario Compactado (kg/m³)	
								Peso Unitario Suelto (kg/m³)	
								Humedad de absorción (%)	
								Tamaño máximo	
								Tamaño máximo Nominal	
								Módulo de Fineza	6.92
								% < Malla Nº 200 (0.75 mm)	0.04

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
	<p>88.90 76.20 63.50 50.80 38.10 25.40 19.05 12.70 9.525 4.750 2.360 1.180 0.590 0.297 0.149 0.074</p> <p>3 1/2" 3" 2 1/2" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" # 4 # 8 # 16 # 30 # 50 # 100 # 200</p> <p>MALLA</p>

Descripción: MUESTRA 1	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Material:	Firma:	Firma:	Firma:
	Cargo: Tesista de Investigacion	Cargo:	Cargo:
Tomado por:	Nombre: Katheryn Luz Escandon Hidalgo	Nombre:	Nombre:
	Fecha:	Fecha:	Fecha:

Tabla 17. Estudio al agregado fino

 LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y CONCRETO		 					
<u>ESTUDIO DEL AGREGADO FINO</u>							
PROYECTO: TESIS DE KATHY ESCANDON							
N° DE MUESTRA:	01	CANTERA:	██████████	CANTERA SACRA FAMILIA			
MATERIAL USADO PARA:	CONCRETO	UBICACIÓN:	DISTRITO DE SIMON BOLIVAR				
FECHA DE MUESTRO:	21/06/2018	FECHA DEL ENSAYO:	26/06/2018				
PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C 29)							
N°	DATOS		UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1	PESO DEL RECIPIENTE	A	kg	8.25	8.25	8.25	8.25
2	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA	B	kg	33.40	33.35	33.45	33.40
3	PESO DE LA MUESTRA	B - A	kg	25.15	25.10	25.20	25.15
4	VOLÚMEN DEL RECIPIENTE	C	m ³	0.014	0.014	0.014	0.0144
CÁLCULO							
5	PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	(B-A)/C	kg/m ³	1750	1747	1754	1750
PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C 29)							
N°	DATOS		UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1	PESO DEL RECIPIENTE	A	kg	8.25	8.25	8.25	8.25
2	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA	B	kg	34.55	34.40	34.50	34.48
3	PESO DE LA MUESTRA	B - A	kg	26.30	26.15	26.25	26.23
4	VOLÚMEN DEL RECIPIENTE	C	m ³	0.014	0.014	0.014	0.0140
CÁLCULO							
5	PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	(B - A)/C	kg/m ³	1879	1868	1875	1874
PESO ESPECÍFICO (ASTM C 131)							
N°	DATOS		UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1	PMSH	A	gr	490.00	492.00	491.00	491.00
2	PPAH2O	B	gr	1234.00	1234.00	1234.00	1234.00
3	PPAH2O+PSSS	C	gr	1541.00	1543.00	1542.00	1542.00
4	PSSS	S	gr	500.00	500.00	500.00	500.00
CÁLCULO							
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE	A/(B+S-C)	gr/cm ³	2.54	2.58	2.56	2.56
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE (S.S.S.)	A/(B+S-C)	gr/cm ³	2.54	2.58	2.56	2.56
6	PESO ESPECÍFICO NOMINAL	A/(B+A-C)	gr/cm ³	2.68	2.69	2.68	2.68
CONTENIDO DE HUMEDAD (w %)							
MUESTRA	P _{MN}	P _{M SH}	W%				
M - 1	538.00	505.00	6.53%				
M - 2	587.00	550.00	6.73%				
M - 3	610.00	573.00	6.46%				
W% PROM EDIO			6.57%				
ABSORCIÓN (Abs %) (ASTM C 131)							
MUESTRA	P _{SSS}	P _{M SH}	Ab%				
M - 1	500.00	493.00	1.42%				
M - 2	500.00	495.00	1.01%				
M - 3	500.00	494.00	1.21%				
Ab% PROM EDIO			1.21%				
<p><i>P_{MN}</i> : Peso de la Muestra Natural <i>P_{M SH}</i> : Peso de la Muestra Seca al Horno <i>P_{SSS}</i> : Peso de la Muestra Superficialmente Seco <i>P_{PAH2O}</i> : Peso del picnómetro aforado lleno de agua <i>P_{PAH2O+MSSS}</i> : Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua</p>							

Tabla 18. Estudio al agregado grueso.

		LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y CONCRETO										
ESTUDIO DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)												
PROYECTO:		TESIS DE KATHY ESCANDON										
N° DE MUESTRA:		01			CANTERA:							
MATERIAL USADO PARA:		CONCRETO			UBICACIÓN:		DISTRITO DE SIMON BOLIVAR					
FECHA DE MUESTRO:		21/06/2018			FECHA DEL ENSAYO:		29/06/2018					
PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C 29)												
N°	DATOS			UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO				
1	PESO DEL RECIPIENTE			A	kg	8.25	8.25	8.25	8.25			
2	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA			B	kg	27.65	27.65	27.45	27.58			
3	PESO DE LA MUESTRA			B - A	kg	19.40	19.40	19.20	19.33			
4	VOLÚMEN DEL RECIPIENTE			C	m ³	0.014	0.014	0.014	0.0144			
CÁLCULO												
5	PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)			(B-A)/C	kg/m ³	1350	1350	1336	1345			
PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C 29)												
N°	DATOS			UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO				
1	PESO DEL RECIPIENTE			A	kg	8.25	8.25	8.25	8.25			
2	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA			B	kg	29.35	29.25	29.50	29.37			
3	PESO DE LA MUESTRA			B - A	kg	21.10	21.00	21.25	21.12			
4	VOLÚMEN DEL RECIPIENTE			C	m ³	0.014	0.014	0.014	0.0140			
CÁLCULO												
5	PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)			(B - A)/C	kg/m ³	1507	1500	1518	1508			
PESO ESPECÍFICO (ASTM C 131)												
N°	DATOS			UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO				
1	P _{M SH}			A	gr	2469.00	2469.00	2468.00	2468.67			
2	P _{SSS}			B	gr	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00			
3	P _{SSS} SUMERGIDO + CANASTILLA				gr	2402.00	2403.00	2402.00	2402.33			
4	PESO DE LA CANASTILLA				gr	967.00	967.00	967.00	967.00			
5	P _{SSS} SUMERGIDO			C	gr	1435.000	1436.000	1435.000	1435.3333			
CÁLCULO												
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE			A/(B - C)	gr/cm ²	2.32	2.32	2.32	2.32			
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE (S.S.S.)			A/(B - C)	gr/cm ³	2.32	2.32	2.32	2.32			
6	PESO ESPECÍFICO NOMINAL			A/(A - C)	gr/cm ³	2.39	2.39	2.39	2.39			
CONTENIDO DE HUMEDAD (w %)												
MUESTRA	P _{M N}	P _{M SH}	W%									
M - 1	855.00	852.00	0.35%									
M - 2	672.00	669.00	0.45%									
M - 3	670.00	668.00	0.30%									
W% PROM EDIO			0.37%									
ABSORCIÓN (Abs %) (ASTM C 131)												
MUESTRA	P _{SSS}	P _{M SH}	Ab%									
M - 1	2500.00	2469.00	1.26%									
M - 2	2500.00	2469.00	1.26%									
M - 3	2500.00	2468.00	1.30%									
Ab% PROM EDIO			1.27%									
<p>P_{M N}: Peso de la Muestra Natural P_{M SH}: Peso de la Muestra Seca al Horno P_{SSS}: Peso de la Muestra Superficialmente Seco</p>												

Concreto Patrón

Selección del asentamiento.

Para el diseño de mezclas del concreto patrón y para el diseño de mezcla del concreto con Sikacem se ha determinado un asentamiento cuyos valores estarán comprendidos entre 5" – 7".

Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Realizando nuestro ensayo de granulometría del agregado grueso obtenemos el resultado de nuestro agregado grueso (piedra chancada), el cual nos indica que el tamaño máximo nominal es de 3/4".

Determinación de la cantidad de agua de mezclado.

Según los diseños de mezcla obtendremos el asentamiento de 5" a 7", en esta tesis realizaremos 3 tipos de diseño de mezcla las cuales se muestran a continuación:

- Diseño de mezcla a/c: 0.45.
- Diseño de mezcla a/c: 0.55.
- Diseño de mezcla a/c: 0.65.

A estos 3 tipos de diseño se le aumentara fibras sintéticas

como aditivo con diferentes tipos de porcentaje y estos son:

- Diseño de mezcla con sikacem – 1fiber a/c: 0.45.
- Diseño de mezcla con sikacem – 1fiber a/c: 0.55.
- Diseño de mezcla con sikacem – 1fiber a/c: 0.65.

Determinación del contenido de aire.

En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, granulometría y tamaño máximo del agregado. De la tabla 6 obtendremos el porcentaje de aire atrapado para diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la norma ASTM C 33. Para nuestro caso entramos a la tabla con tamaño máximo nominal de 3/4" y obtenemos 2% de aire atrapado.

Tabla 06.- Aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1½"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%

Relación del Contenido de cemento.

Factor Cemento, lo obtendremos dividiendo el Volumen Unitario de agua entre la relación agua-cemento.

- S

I

$$\text{Factor Cemento} = a/c = 212.3/0,45$$

$$\text{Factor Cemento} = 471.9\text{Kg}/\text{m}^3$$

$$1 \text{ bolsa de Cemento} = 42,5 \text{ Kg./bolsa}$$

$$\text{Factor Cemento} = 11.1 \text{ bolsas}/\text{m}^3$$

R

A:

$$\text{Factor Cemento} = a/c = 212.3/0,65$$

$$\text{Factor Cemento} = 326.7\text{Kg}/\text{m}^3$$

$$1 \text{ bolsa de Cemento} = 42,5 \text{ Kg./bolsa}$$

$$\text{Factor Cemento} = 7.68 \text{ bolsas}/\text{m}^3$$

- **S**

I

Factor Cemento	=	$a/c = 212.3/0,45$
Factor Cemento	=	$471.9\text{Kg}/\text{m}^3$
1 bolsa de Cemento	=	$42,5 \text{ Kg./bolsa}$
Factor Cemento	=	$11.1 \text{ bolsas}/\text{m}^3$

- FIBER:

Factor Cemento	=	$a/c = 212.3/0,55$
Factor Cemento	=	$386.1\text{Kg}/\text{m}^3$
1 bolsa de Cemento	=	$42,5 \text{ Kg./bolsa}$
Factor Cemento	=	$a/c = 212.3/0,65$
Factor Cemento	=	$326.7\text{Kg}/\text{m}^3$
1 bolsa de Cemento	=	$42,5 \text{ Kg./bolsa}$
Factor Cemento	=	$7.68 \text{ bolsas}/\text{m}^3$

Combinación de agregados

La proporción de agregados para el diseño es de 50% de agregado fino y 50% de agregado grueso, con los diseños obtenidos se ensayarán probetas a la edad de 3, 7 y 28 días; para obtener la resistencia a la compresión.

Se ha considerado en el Diseño de mezcla preliminar un Slump de 5-7”.

Número de diseños.

Para realizar el diseño de concreto patrón fue necesario realizar una serie de diseños preliminares, que se ensayaron en laboratorio para así poder establecer la cantidad necesaria de aditivo para nuestro diseño, así como también obtener el asentamiento estimado comprendido entre 5-7”.

Procedimiento de diseño.

- a. La combinación de agregado global es de 50% Af. y 50% Ag.
- b. Se mantendrá constante la combinación de agregado global para los tres diseños en nuestro caso:

$$a/c = 0.45$$

$$a/c = 0.55$$

$$a/c = 0.65$$

Diseños preliminares de concreto patrón.

- a. En el diseño de mezcla SIN FIBRA se encontró los siguientes asentamientos:

Tabla 07.- Asentamiento

A/C	SIN FIBRA
	Asentamiento
0.45	6.5"
0.55	7.2"
0.65	7.5"

- b. después de hacer la serie de mezclas de prueba y de haber alcanzado el asentamiento elegido se preparan tres probetas de ensayo por cada combinación, las cuales se ensayarán por resistencia a la compresión a la edad de 3, 7 y 28 días.

Cuadro de Resultados - Ensayos al Concreto.

Para los diferentes diseños de mezcla se realizaron los diferentes ensayos que a continuación describimos:

Estado Fresco

- Asentamiento.
- Peso unitario.
- Temperatura.
- Contenido de aire.

Estado Endurecido

- Resistencia a la compresión.
- Determinación de la tendencia al agrietamiento en el concreto.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ASENTAMIENTO

Norma : NTP 339.035

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

Asentamiento			
A/C	a/c = 0.45	a/c = 0.55	a/c = 0.65
SIN FIBRA	6.5	7.2	7.5
SIKACEM	6.3	7.0	7.3

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO

Norma : NTP 339.046

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

SIN FIBRA - a/c = 0.45						
PESO UNITARIO DEL CONCRETO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	27.60	27.48	27.65	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5.60	5.60	5.60	
PESO DEL CONCRETO	Wc	kg	22.00	21.88	22.05	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	14.80	14.80	14.80	
PESO DEL AGUA	Wa	kg	9.20	9.20	9.20	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m ⁻³	108.70	108.70	108.70	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	PU	kg/m³	2391	2378	2397	2389



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO

Norma : NTP 339.046

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

SIN FIBRA - a/c = 0.55						
PESO UNITARIO DEL CONCRETO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	27.52	27.54	27.50	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5.60	5.60	5.60	
PESO DEL CONCRETO	Wc	kg	21.92	21.94	21.90	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	14.80	14.80	14.80	
PESO DEL AGUA	Wa	kg	9.20	9.20	9.20	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m ⁻³	108.70	108.70	108.70	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	PU	kg/ m³	2383	2385	2380	2383



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO

Norma : NTP 339.046

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

SIN FIBRA - a/c = 0.65						
PESO UNITARIO DEL CONCRETO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	27.48	27.46	27.41	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5.60	5.60	5.60	
PESO DEL CONCRETO	Wc	kg	21.88	21.86	21.81	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	14.80	14.80	14.80	
PESO DEL AGUA	Wa	kg	9.20	9.20	9.20	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m ⁻³	108.70	108.70	108.70	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	PU	kg/ m³	2378	2376	2371	2375



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO

Norma : NTP 339.046

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

SIKACEM - 1 FIBER - a/c = 0.45						
PESO UNITARIO DEL CONCRETO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	27.70	27.67	27.73	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5.60	5.60	5.60	
PESO DEL CONCRETO	Wc	kg	22.10	22.07	22.13	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	14.80	14.80	14.80	
PESO DEL AGUA	Wa	kg	9.20	9.20	9.20	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m ⁻³	108.70	108.70	108.70	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	PU	kg/ m³	2402	2399	2405	2402



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO

Norma : NTP 339.046

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

SIKACEM - 1 FIBER – a/c = 0.55						
PESO UNITARIO DEL CONCRETO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	27.68	27.65	27.63	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5.60	5.60	5.60	
PESO DEL CONCRETO	Wc	kg	22.08	22.05	22.03	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	14.80	14.80	14.80	
PESO DEL AGUA	Wa	kg	9.20	9.20	9.20	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m ⁻³	108.70	108.70	108.70	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	PU	kg/ m³	2400	2397	2395	2397



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO

Norma : NTP 339.046

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

SIKACEM - 1 FIBER - $a/c = 0.65$						
PESO UNITARIO DEL CONCRETO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	27.56	27.58	27.59	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5.60	5.60	5.60	
PESO DEL CONCRETO	Wc	kg	21.96	21.98	21.99	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	14.80	14.80	14.80	
PESO DEL AGUA	Wa	kg	9.20	9.20	9.20	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m ⁻³	108.70	108.70	108.70	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	PU	kg/ m³	2387	2389	2390	2389

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES****TEMPERATURA**

Norma : NTP 339.184

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

a/c = 0.45				
SIN FIBRA				
TEMPERATURA	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROM
° C	15.5	15.6	15.4	15.5
Promedio de Temperatura del Concreto = 15.5 ° C				

a/c = 0.55				
SIN FIBRA				
TEMPERATURA	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROM
° C	15.5	14.5	14.6	14.9
Promedio de Temperatura del Concreto = 14.9 ° C				

a/c = 0.65				
SIN FIBRA				
TEMPERATURA	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROM
° C	15.3	15.4	14.9	15.2
Promedio de Temperatura del Concreto = 15.2 ° C				



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TEMPERATURA

Norma : NTP 339.184

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

a/c = 0.45				
SIKACEM - 1 FIBER				
TEMPERATURA	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROM
° C	15.3	15.4	15.3	15.3
Promedio de Temperatura del Concreto = 15.3° C				

a/c = 0.55				
SIKACEM-1 FIBER				
TEMPERATURA	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROM
° C	15.4	15.5	14.8	15.2
Promedio de Temperatura del Concreto = 15.2° C				

a/c = 0.65				
SIKACEM - 1 FIBER				
TEMPERATURA	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROM
° C	15.2	15.3	15.6	15.4
Promedio de Temperatura del Concreto = 15.4° C				



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE AIRE

Norma : NTP 339.080

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

a/c = 0.45

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO SIN FIBRA						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1.24	1.25	1.23	1.24

a/c = 0.55

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO SIN FIBRA						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1.86	1.85	1.90	1.87

a/c = 0.65

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO SIN FIBRA						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	2.04	2.08	2.06	2.06

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE AIRE

Norma : NTP 339.080

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

a/c = 0.45

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO CON SIKACEM - 1 FIBER						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1.22	1.24	1.21	1.22

a/c = 0.55

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO CON SIKACEM - 1 FIBER						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1.85	1.84	1.90	1.86

a/c = 0.65

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO CON SIKACEM - 1 FIBER						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 1	N° 2	N° 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	2.02	2.06	2.05	2.04



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Norma : NTP 339.034

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO.

PARA 03 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.45	66270.2	375.04	03/07/2018	05/07/2018
0.45	66033.3	373.70	03/07/2018	05/07/2018

PARA 03 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.55	52295.4	296.0	03/07/2018	05/07/2018
0.55	52927.8	299.5	03/07/2018	05/07/2018

PARA 03 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.65	43064.4	243.7	03/07/2018	05/07/2018
0.65	42850.2	242.5	03/07/2018	05/07/2018



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Norma : NTP 339.034

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO.

PARA 03 DIAS

A/C	SIKECEM-1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.45	0.90%	67625.2	382.71	3/07/2018	6/07/2018
0.45	0.90%	67195.3	380.28	3/07/2018	6/07/2018

PARA 03 DIAS

A/C	SIKACEM - 1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.55	0.23%	52539.3	297.34	3/07/2018	6/07/2018
0.55	0.23%	53182.8	300.98	3/07/2018	6/07/2018

PARA 03 DIAS

A/C	SIKACEM - 1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.65	0.23%	40531.2	246.10	3/07/2018	6/07/2018
0.65	0.23%	40329.6	244.88	3/07/2018	6/07/2018



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Norma : NTP 339.034

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO.

PARA 07 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.45	69473.5	393.17	03/07/2018	09/07/2018
0.45	69885.5	395.50	03/07/2018	09/07/2018

PARA 07 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.55	55824.6	315.93	03/07/2018	10/07/2018
0.55	56355.0	318.93	03/07/2018	10/07/2018

PARA 07 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.65	46522.2	263.28	03/07/2018	09/07/2018
0.65	46899.6	265.42	03/07/2018	09/07/2018



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Norma : NTP 339.034

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO.

PARA 07 DIAS

A/C	SIKECEM-1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.45	0.23%	69618.1	393.99	3/07/2018	10/07/2018
0.45	0.23%	70022.7	396.28	3/07/2018	10/07/2018

PARA 07 DIAS

A/C	SIKACEM - 1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.55	0.23%	53033.37	319.09	3/07/2018	10/07/2018
0.55	0.23%	53537.25	322.12	3/07/2018	10/07/2018

PARA 07 DIAS

A/C	SIKACEM - 1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.65	0.23%	45648.0	271.79	3/07/2018	10/07/2018
0.65	0.23%	45139.2	268.76	3/07/2018	10/07/2018



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Norma : NTP 339.034

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO.

PARA 28 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.45	73366.9	415.21	03/07/2018	30/07/2018
0.45	75859.5	429.31	03/07/2018	30/07/2018

PARA 28 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.55	68391.0	387.05	03/07/2018	30/07/2018
0.55	67340.4	381.10	03/07/2018	30/07/2018

PARA 28 DIAS

A/C	SIN FIBRA		FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	Fuerza Kg	f ' c		
0.65	58701.0	325.70	03/07/2018	30/07/2018
0.65	57701.4	326.55	03/07/2018	30/07/2018

FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Norma : NTP 339.034

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO.

PARA 28 DIAS

A/C	SIKECEM-1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.45	0.23%	74186.1	419.84	3/07/2018	31/07/2018
0.45	0.23%	76047.5	430.38	3/07/2018	31/07/2018

PARA 28 DIAS

A/C	SIKACEM - 1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKM	Fuerza Kg	f ' c		
0.55	0.23%	69133.6	391.25	3/07/2018	31/07/2018
0.55	0.23%	67918.2	384.37	3/07/2018	31/07/2018

PARA 28 DIAS

A/C	SIKACEM - 1 FIBER			FECH INICIO FRAGUA	FECH FINAL FRAGUA
	SKC	Fuerza Kg	f ' c		
0.65	0.23%	53170	329.20	3/07/2018	31/07/2018
0.65	0.23%	51560	331.41	3/07/2018	31/07/2018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA AL AGRIETAMIENTO EN EL
CONCRETO**

Norma : AASHTO PP 34-99

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

TIPO DE MEZCLA	EDAD DE LA GRIETA (DIAS)	TEMPERATURA AMBIENTE °C	HUMEDAD AMBIENTE	ANCHO DE GRIETA (MM)	HORA DE ANALISIS
SIN FIBRA	25	15 °C	58%	0.15	10:00
SIN FIBRA	20	14 °C	52%	0.10	11:40
SIKACEM	55	14 °C	58%	0.05	12:50
SIKACEM	60	15 °C	54%	0.05	13:40



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA AL AGRIETAMIENTO EN EL CONCRETO

Norma : AASHTO PP 34-99

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

A/C	TIPO DE MEZCLA	EDAD DE LA GRIETA (DIAS)	TEMPERATURA AMBIENTE	HUMEDAD AMBIENTE	ANCHO DE GRIETA (MM)	HORA DE TRATADO
0.55	SIN FIBRA	18	14 °C	54%	0.15	11:00
0.55	SIN FIBRA	25	15 °C	58%	0.10	12:45
0.55	SIKACEM	58	15 °C	56%	0.05	13:55
0.55	SIKACEM	60	13 °C	52%	0.05	14:50



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA AL AGRIETAMIENTO EN EL
CONCRETO**

Norma : AASHTO PP 34-99

Hecho por : Katheryn Luz ESCANDON HIDALGO

A/C	TIPO DE MEZCLA	EDAD DE LA GRIETA (DIAS)	TEMPERATURA AMBIENTE	HUMEDAD AMBIENTE	ANCHO DE GRIETA (MM)	HORA DE TRATADO
0.65	SIN FIBRA	20	13 °C	55%	0.10	11:55
0.65	SIN FIBRA	18	14 °C	50%	0.15	13:45
0.65	SIKACEM	29	14 °C	53%	0.05	15:55
0.65	SIKACEM	60	14 °C	51%	0.05	16:20

4.3. Pruebas de hipótesis.

Hipótesis General.

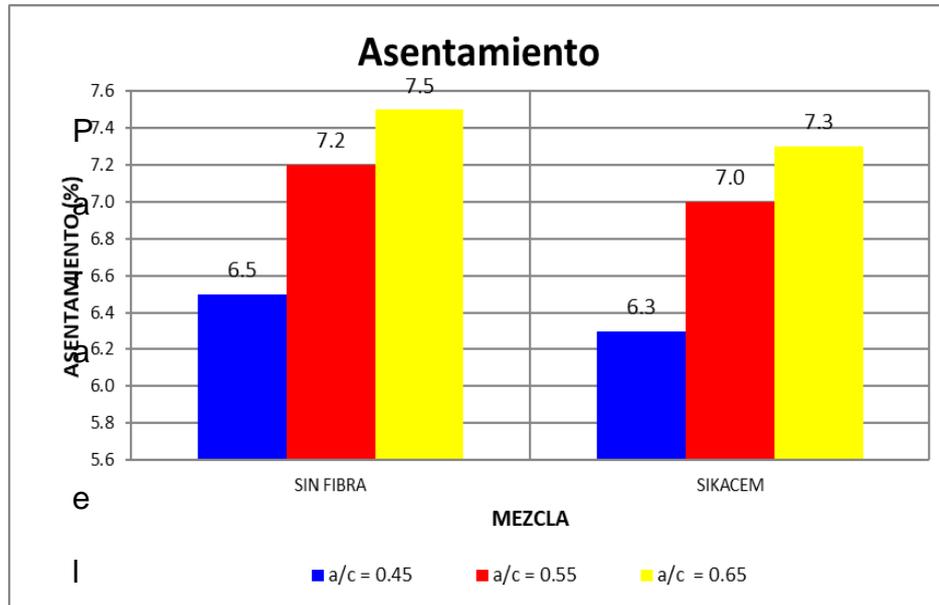
La fibra SikaCem influye en un 50% en la durabilidad y reducción de contracción del concreto, en el Centro Poblado de Paragsha.

Hipótesis Secundarias

- La relación de A/C no incide entre un 20% a 40% a disminuir la contracción del concreto para aumentar entre un 20% a 30% la resistencia del concreto.
- La fibra SikaCem influye entre un 60% a disminuir la contracción por secado del concreto.
- La fibra SikaCem maximiza entre un 40% a 60% la durabilidad del concreto.

4.4. Discusión de Resultados

Para esta tesis se realizaron los ensayos de asentamiento o Slump los cuales nos indican que mientras se adiciona la fibra sintética a los diferentes diseños de mezcla ésta se reduce, los cuales se muestran a continuación:



ensayo de asentamiento de los diseños de mezcla con fibra sintética. SikaCem tiene mayor peso unitario que los diseños de mezcla sin fibra sintética, por tanto, puedo indicar que la fibra sintética mejora la resistencia del concreto.

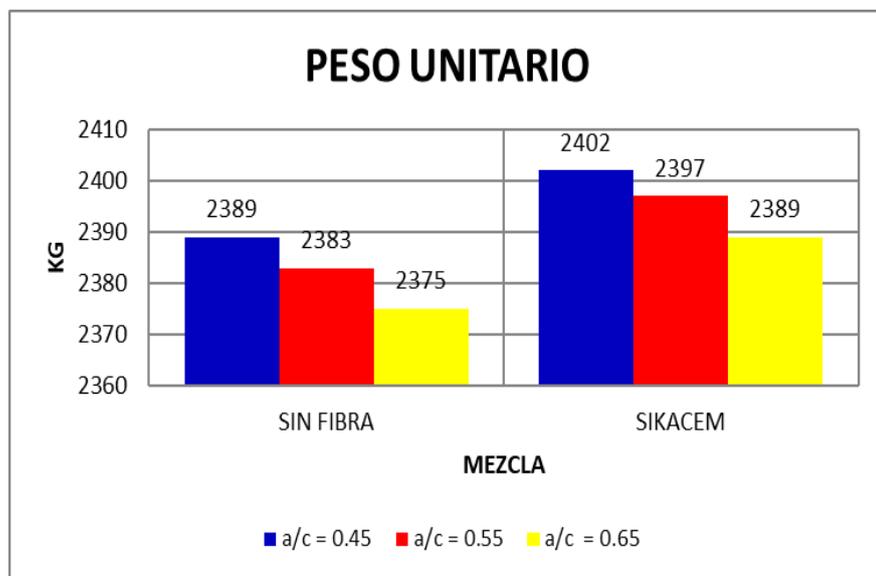


Gráfico 5. Peso unitario de los diseños de mezcla

Para el ensayo de temperatura se puede concluir que la temperatura disminuye al adicionar la fibra sintética en el diseño de mezcla $a/c = 0.45$, pero en los diseños de mezcla $a/c = 0.55$, $a/c = 0.65$ la temperatura aumenta, esto quiere decir que a mayor contenido de agua la temperatura aumenta.

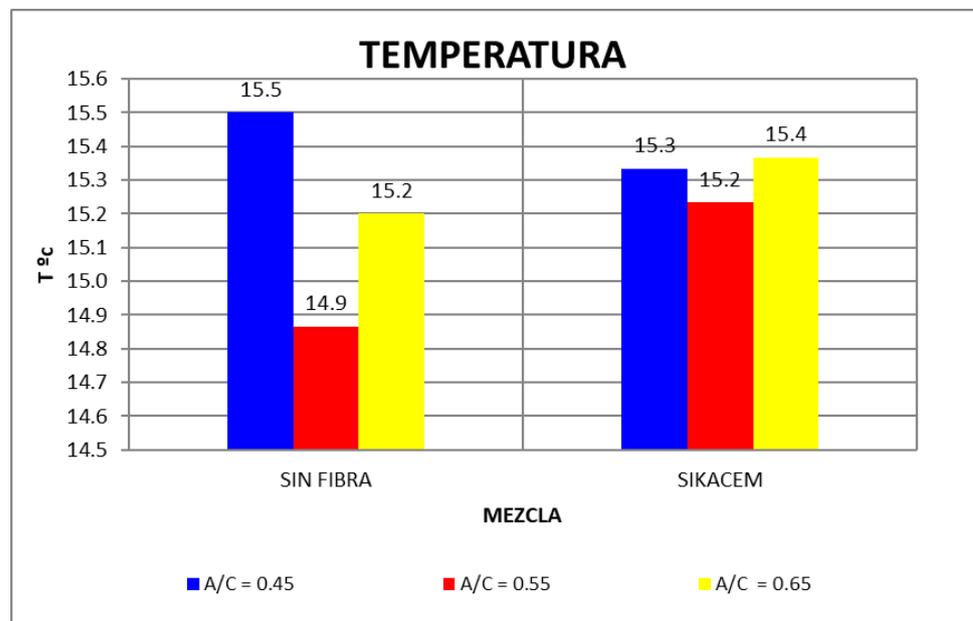


Gráfico 6. Temperatura del concreto

En el caso del contenido de aire del concreto podemos mencionar que al adicionar la fibra sintética SikaCem existe menor contenido de aire, la cual nos ayuda a mejorar la resistencia y a disminuir las grietas en el concreto.

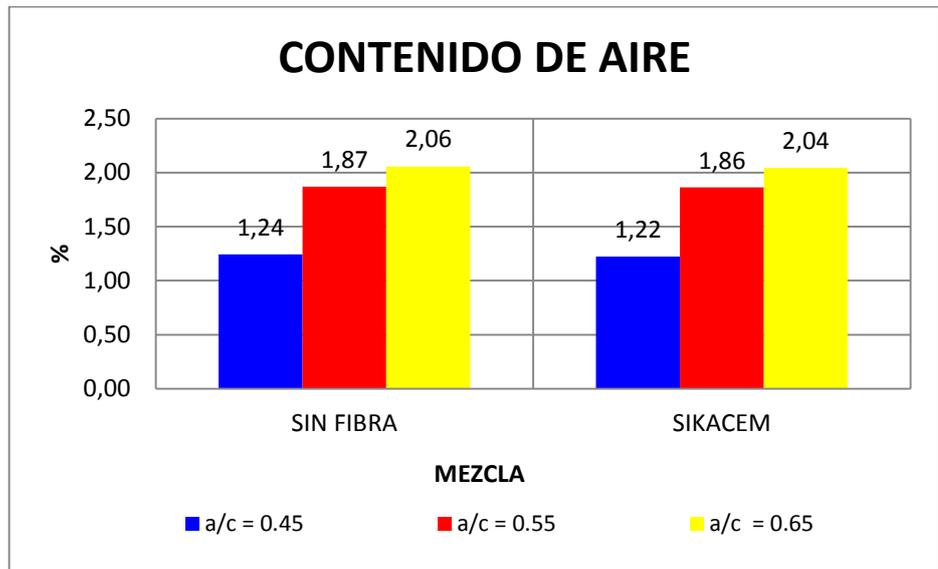


Gráfico 7. Contenido de aire del concreto.

Para el ensayo de resistencia de concreto podemos observar que a medida que avanzan los días aumenta la resistencia, y a medida que aumenta la relación de agua cemento disminuye la resistencia, esto se puede evidenciar en los gráficos que se muestran.

También podemos evidenciar que el diseño de mezcla sin fibra sintética alcanza menor resistencia a la compresión a comparación del diseño de mezcla realizado con fibra sintética, por tanto podemos concluir que el SikaCem aumenta la resistencia a la compresión del concreto, los cuales se evidencian en los gráficos que mostramos a continuación:

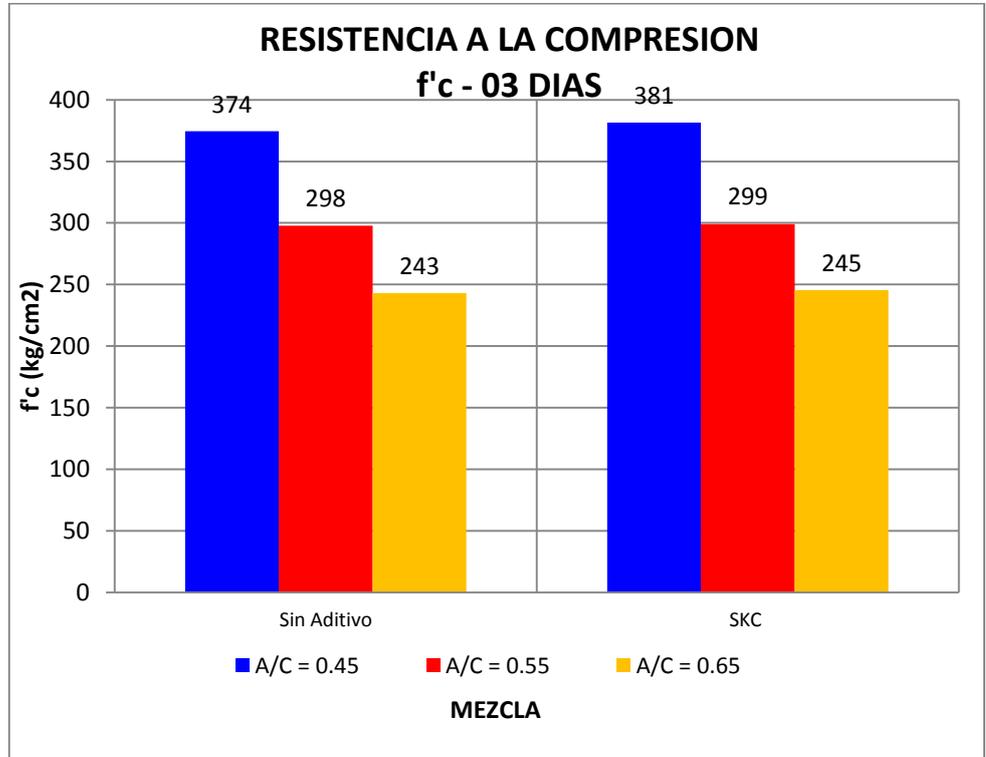


Gráfico 8. Resistencia a la compresión del concreto a los 03 días

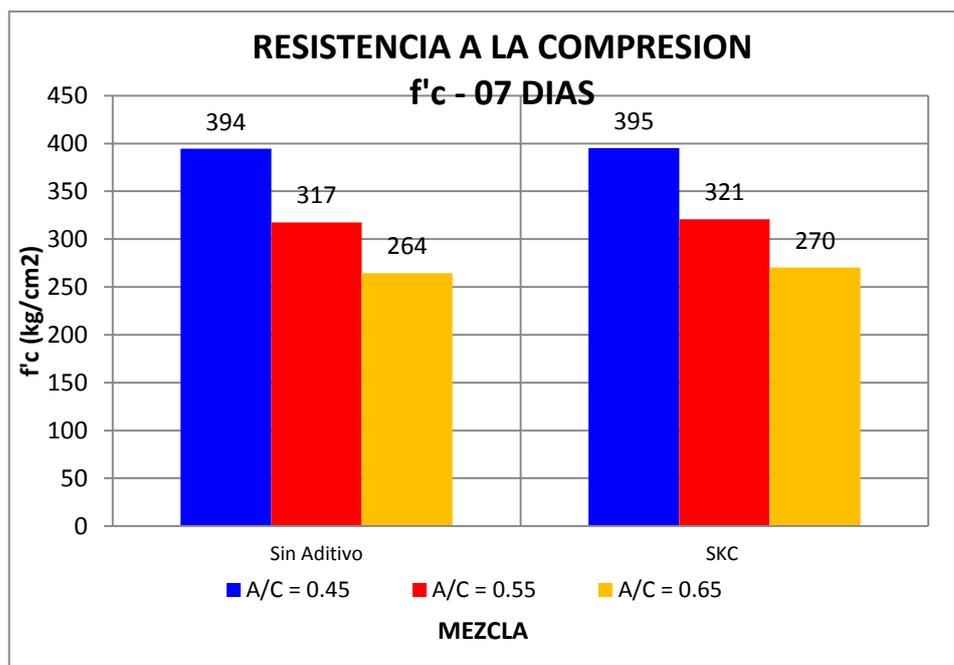


Gráfico 9. Resistencia a la compresión del concreto a los 07 días

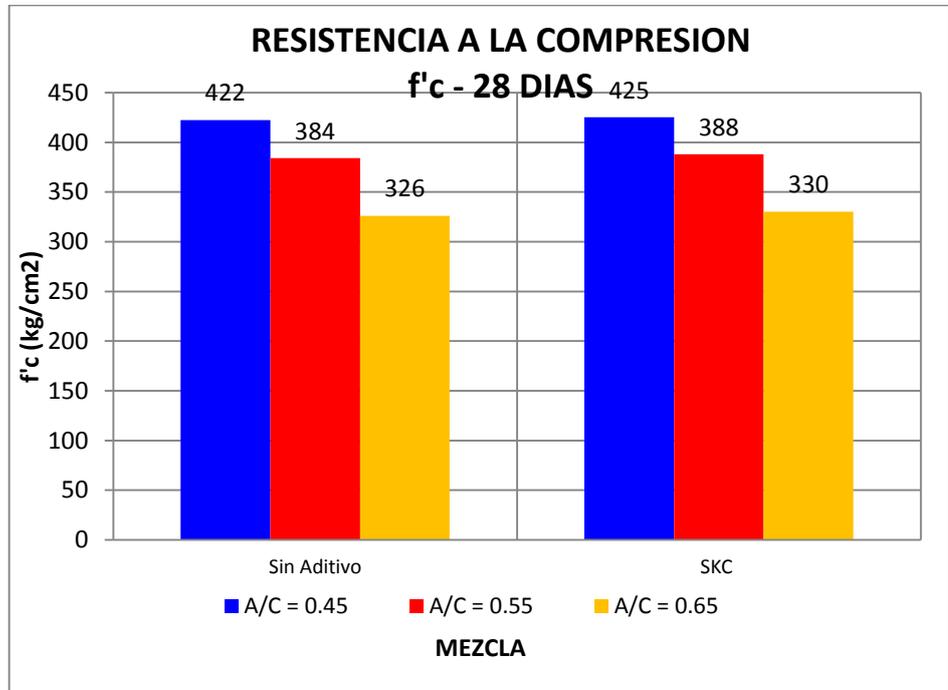


Gráfico 10. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días

Para comparar las grietas en el concreto podemos concluir que la fibra sintética SikaCem disminuye en un 50% las grietas del concreto, el ensayo se realizó en los meses de julio hasta agosto, en estos meses el clima fue muy frígido por la madrugada por que alcanzaba una temperatura de -3.0 °C, mientras que por el medio día alcanzaba los 15 ° C; esto significa que el concreto estuvo a la interperie soportando la contracción por la helada mientras la flexión por la temperatura del medio día, y los resultados de dicho trabajo se muestra a continuación.

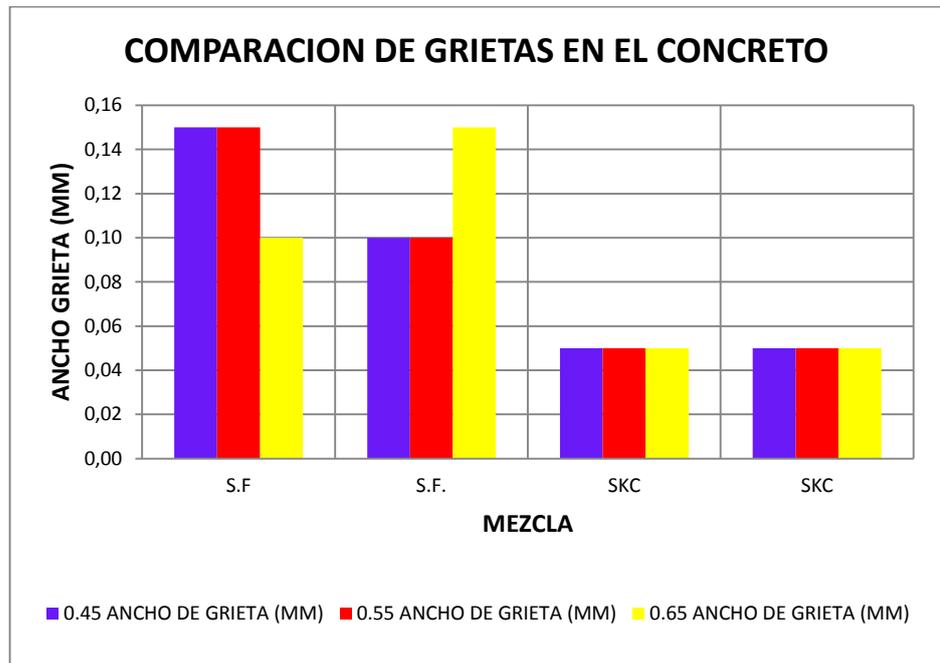


Gráfico 11. Comparación de grietas

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Los trabajos con concreto en nuestra ciudad de Pasco, no están muy bien trabajadas, muchas veces no llegan a curar las estructuras de concreto, y las fisuras se presentan a temprana edad, o también vacían a las 6:00 p.m. cuando la helada viene cayendo por todos esos motivos mi mayor preocupación en relación al concreto, es el agrietamiento que presenta a temprana edad, ya sea en su estado plástico o endurecido, y cualquier impacto adverso subsecuente sobre la durabilidad o serviciabilidad del concreto.

En nuestra ciudad de Pasco el clima es muy agreste esto quiere decir que en la madrugada cae helada y al medio día hace un calor fuerte que ayuda al concreto a contraerse y dilatarse, por lo que las fisuras se presentan y a medida que pasa el tiempo se concierten en grietas las cuales causan incomodidad a los usuarios y debilitan el monolítico.

El motivo de esta investigación es a dar a conocer una forma de parar aplacar el fisuramiento en el concreto, para nuestro estudio se uso el método del anillo de contracción con 3 tipos diferentes de relación de agua – cemento, a estos 3 tipos de mezcla se le adicionó la fibra sintética SikaCem con diferentes porcentajes (0.23%), para reducir la contracción en el concreto, demostrando así que la fibra sintética SikaCem redujo el tiempo de contracción y disminuyó la tendencia en agrietarse en un 50% comparada con las mezclas sin fibra.

Recomendaciones.

1. La fibra SikaCem se uso de acuerdo a la hoja de especificación técnica, por tanto se recomienda realizar otros diseños con porcentajes mayores para disminuir el agrietamiento en el concreto.
2. El diseño de esta tesis se realizó con los agregados provenientes de las canteras de Sacra Familia, también se recomienda realizar otros experimentos con las diversas canteras de nuestra ciudad de Pasco.
3. Se recomienda contar con todas las normas técnicas ya que éstas nos ayudan a mejorar la calidad de nuestro experimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM. (2001). C 494.

Cáceres, G. I., Oshiro, A., & Positieri, M. (2006). Propiedades del hormigón con residuos sólidos no biodegradables.

Costa Del Pozo, A. (2012). Estudio de hormigones y morteros aligerados con agregados de plástico reciclado como árido y carga en la mezcla.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.

NTP 339.034. (1999). Norma Técnica Peruana. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión de concreto*.

Rivva López, E. (2007). Diseño de mezclas. En E. Rivva López, *Diseño de Mezclas* (Vol. 2). Lima, Perú.

SIKA. (07 de 2007).