

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE
1300 SOBRE LA FLEXIÓN, COMPRESIÓN Y
ASENTAMIENTO EN UN CONCRETO DE BAJA
PERMEABILIDAD PARA ESTRUCTURAS
HIDRÁULICAS, TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Andrea Carolina Muñoz Soledad

George Andy Ludgardo Saldaña Zavaleta

Asesor:

Ing. Alberto Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres: Roczana y Juan César, por su apoyo incondicional,

por ser mi soporte a lo largo de este camino y nunca soltarme la mano.

A mi abuelo: Papi Julio, que desde el cielo me cuida y protege y quien me
guía en mi diario caminar.

A mi abuela: Mami Rosita, quien estuvo presente en cada logro, apoyándome
y alentándome a salir adelante.

A mis hermanos: por apoyarme en cada paso de mi vida y ser mis amigos y consejeros.

Andrea Carolina Muñoz Soledad

A mis padres: Violeta y Ludgardo, quienes me brindaron todo

el apoyo y soporte para poder seguir este proyecto y siempre

brindarme las herramientas necesarias para concluirlo.

A mi tía: Elva, mi segunda mama quien siempre celebra mis

logros y está pendiente de mi desarrollo profesional y personal.

A mi abuelo: Ludgardo, siempre guiándome y brindando

sus consejos, además de siempre recibirme con una hermosa sonrisa.

A mi hermano: Diosmar, de quien aprendí que nunca es tarde para volver a comenzar.

George Andy Ludgardo Saldaña Zavaleta

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su amistad, su compañía, su comprensión y consejos en cada momento de mi vida, por todos los valores inculcados que hicieron de mí una persona de bien, por ser mi ejemplo de superación y mi aliento de ser mejor cada día, por enseñarme el significado de fortaleza, amor, unión y paciencia.

A mi abuelita, Mami Rosita, quien estuvo presente a lo largo del camino y a mis hermanos, por su apoyo y consejos que me ayudaron a superarme.

Gracias a cada uno de ustedes, por siempre ser mi motor de superación cada día, porque sin todo lo que aprendí de cada uno de ustedes a lo largo de mi vida, no hubiera sido posible estar aquí ahora.

Andrea Carolina Muñoz Soledad

A todas las personas mencionadas en mi dedicatoria y a todas aquellas que siempre me brindaron su apoyo desde un “cuídate”; hasta un “tu puedes, no te rindas”. Y a las que también me cerraron las puertas, allí aprendí la mejor lección.

Carola, quien con sus consejos y experiencia me ayudó a seguir adelante en este proyecto.

George Andy Ludgardo Saldaña Zavaleta

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Antecedentes.....	16
1.3. Bases teóricas	26
1.4. Formulación del problema.....	44
1.5. Objetivos	44
1.6. Hipótesis	45
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	47
2.1. Tipo de investigación	47
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	47
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	48
2.4. Procedimiento	50
CAPÍTULO III. RESULTADOS	68
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	72
4.1 Discusión	72
4.2 Conclusiones.....	77
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 COMPONENTES DEL CEMENTO	34
TABLA 2 FORMULA, PORCENTAJE Y ABREVIATURA DE COMPUESTOS	34
TABLA 3 COMPOSICIÓN TÍPICA DE LOS CEMENTOS PORTLAND	36
TABLA 4 CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS (ASTM C494, 2017).....	41
TABLA 5 HIPÓTESIS GENERAL.....	45
TABLA 6 HIPÓTESIS ESPECIFICA 1	45
TABLA 7 HIPÓTESIS ESPECIFICA 2.....	46
TABLA 8 HIPÓTESIS ESPECIFICA 3	46
TABLA 9 CANTIDAD DE MUESTRAS	48
TABLA 10 ESQUEMA DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO	51
TABLA 11 ESQUEMA DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO	52
TABLA 12 ESQUEMA DE PORCENTAJE DE HUMEDAD	53
TABLA 13 VOLUMEN DEL MOLDE DE PESO UNITARIO SEGÚN TEMPERATURA.....	55
TABLA 14 ESQUEMA DEL VOLUMEN DE MOLDE.....	56
TABLA 15 ESQUEMA DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS	56
TABLA 16 ESQUEMA DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN PARA AGREGADO GRUESO.....	58
TABLA 17 ESQUEMA DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN PARA AGREGADO FINO.....	60
TABLA 18 ESQUEMA DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.....	62
TABLA 19 CONSISTENCIA DEL CONCRETO	62
TABLA 20 ESQUEMA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	65
TABLA 21 ESQUEMA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	67
TABLA 22 RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON A/C 0.50 A 3 DÍAS, 7 DÍAS Y 28 DÍAS CON TODOS LOS DISEÑOS DE MEZCLA	68
TABLA 23 RESISTENCIA A FLEXIÓN A 28 DÍAS CON UNA RELACIÓN A/C ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
TABLA 24 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SEGÚN EL DISEÑO DE MEZCLA DE A/C 0.50	70
TABLA 25 PRUEBA DE NORMALIDAD A 3 DÍAS	100
TABLA 26 PRUEBA DE NORMALIDAD A 7 DÍAS	101
TABLA 27 PRUEBA DE NORMALIDAD 28 DÍAS.....	101
TABLA 28 PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA 3 DÍAS.....	102
TABLA 29 PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA 7 DÍAS.....	102

TABLA 30 PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA 28 DÍAS	102
TABLA 31 MEZCLA PATRÓN Y ADICIONES AL 0.60%, 0.80% Y 1.00% A 28 DÍAS TUKEY B	103
TABLA 32 MEZCLA PATRÓN Y ADICIONES AL 0.60%, 0.80% Y 1.00% A 27 DÍAS TUKEY B	103
TABLA 33 MEZCLA PATRÓN Y ADICIONES AL 0.60%, 0.80% Y 1.00% A 3 DÍAS TUKEY B...	104

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 GRADOS DE HUMEDAD DEL AS PARTÍCULAS DE LOS AGREGADOS (ROJAS ,2014) . 32	32
FIGURA 2 PROCESO DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO..... 36	36
FIGURA 3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 3 DÍAS, 7 DÍAS Y 28 DÍAS CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE 1300 A UN 0.60%, 0.80%, 1.00% Y MUESTRA PATRÓN..... 69	69
FIGURA 4 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO CON A/C 0.50 A 3 DÍAS, 7 DÍAS Y 28 DÍAS CON TODOS LOS DISEÑOS DE MEZCLA 70	70
FIGURA 5 RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON UNA A/C 0.50 SEGÚN PORCENTAJE DE ADITIVO 71	71
FIGURA 6 CUADRO COMPARATIVO A 28 DÍAS – 1.00 % DE ADITIVO RESPECTO A LA PATRÓN EN FLEXIÓN, COMPRESIÓN Y SLUMP 77	77
FIGURA 7 PESO DE AGREGADOS 83	83
FIGURA 8 ENSAYO DE AGREGADOS 84	84
FIGURA 9 ENSAYOS DE SLUMP 85	85
FIGURA 10 MUESTRAS PARA SER ENSAYADAS A COMPRESIÓN 86	86
FIGURA 11 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS 87	87
FIGURA 12 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 88	88
FIGURA 13 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 89	89
FIGURA 14 ENSAYO DE SLUMP PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN 90	90
FIGURA 15 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS DIFERENTES ADICIONES DE SIKA VISCOCRETE 1300 91	91
FIGURA 16 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO - MUESTRA 01 92	92
FIGURA 17 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO - MUESTRA 02 92	92
FIGURA 18 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO - MUESTRA 03 93	93
FIGURA 19 CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO FINO - MUESTRA 1, MUESTRA 2 Y MUESTRA 3 93	93
FIGURA 20 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO - MUESTRA 01 94	94
FIGURA 21 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO - MUESTRA 02 94	94
FIGURA 22 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO - MUESTRA 03 95	95
FIGURA 23 CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO GRUESO - MUESTRA 01, MUESTRA 02 Y MUESTRA 03 95	95

FIGURA 24 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO DE LAS MUESTRAS.....	96
FIGURA 25 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO DELAS MUESTRAS	96
FIGURA 26 ENSAYO PUSS Y PUCS PARA AGREGADO FINO DE LAS MUESTRAS	96
FIGURA 27 ENSAYO PUSS Y PUCS PARA AGREGADO GRUESO DE LAS MUESTRAS.....	96
FIGURA 28 ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADO FINO DE LAS MUESTRAS	97
FIGURA 29 ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PAR AGREGADO GRUESO DE LAS MUESTRAS.....	97
FIGURA 30 ENSAYO DE FLEXIÓN A 28 DÍAS PAR ADITIVO SIKA VISCOCRETE 1300 A UN 0.60%, 0.80% Y 1.00%	97
FIGURA 31 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 3 DÍAS CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE 1300 A UN 0.60%, 0.80%, 1.00% Y MUESTRA PATRÓN	98
FIGURA 32 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE 1300 A UN 0.60%, 0.80%, 1.00% Y MUESTRA PATRÓN	98
FIGURA 33 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 38 DÍAS CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE 1300 A UN 0.60%, 0.80%, 1.00% Y MUESTRA PATRÓN.....	99
FIGURA 34 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 3 DÍAS, 7 DÍAS Y 28 DÍAS CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE 1300 A UN 0.60%, 0.80%, 1.00% Y MUESTRA PATRÓN.....	99
FIGURA 35 CUADRO COMPARATIVO A 28 DÍAS – 1.00 % DE ADITIVITO RESPECTO A LA PATRÓN EN FLEXIÓN, COMPRESIÓN Y SLUMP	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 MODULO DE FINURA	51
ECUACIÓN 2 PORCENTAJE RETENIDO	53
ECUACIÓN 3 PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO.....	53
ECUACIÓN 4 PORCENTAJE QUE PASA.....	53
ECUACIÓN 5 PORCENTAJE DE HUMEDAD.....	54
ECUACIÓN 6 PESO UNITARIO SUELTO SECO	55
ECUACIÓN 7 PESO UNITARIO COMPACTADO.....	55
ECUACIÓN 8 VOLUMEN	55
ECUACIÓN 9 DENSIDAD SECA.....	57
ECUACIÓN 10 DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.....	57
ECUACIÓN 11 DENSIDAD APARENTE	57
ECUACIÓN 12 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.....	57
ECUACIÓN 13 DENSIDAD SECA.....	59
ECUACIÓN 14 DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.....	59
ECUACIÓN 15 DENSIDAD APARENTE	59
ECUACIÓN 16 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.....	59
ECUACIÓN 17 PORCENTAJE DE AGREGADO FINO	61
ECUACIÓN 18 PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO	61
ECUACIÓN 19 CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	64
ECUACIÓN 20 ÁREA.....	64
ECUACIÓN 21 MÓDULO DE ROTURA	67
ECUACIÓN 22 MÓDULO DE ROTURA	67

RESUMEN

La construcción es uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de las ciudades y países a nivel mundial, asimismo, a pesar del avance tecnológico las construcciones hidráulicas exigen un mayor nivel de calidad en su estructura, requiriendo un incremento y mejoras tanto en su durabilidad y resistencia. Por ello, la presente tesis plantea utilizar el Aditivo Sika Viscocrete 1300 como alternativa de mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto (Trabajabilidad, Flexión y Compresión) para el uso de Estructuras Hidráulicas. En el desarrollo de la tesis se utilizó cemento tipo MS, agregado grueso de tamaño máximo nominal 3/4", agregado fino de módulo de finura 2.8 para un diseño de mezcla ACI-211 de concreto de $f'_c=280$ kg/cm², con relación agua/cemento de 0.5. Además, se adicionó a la mezcla de concreto el aditivo Sika Viscocrete 1300 en dosis de 0.60%, 0.80% y 1.00% respecto al peso del cemento. Se desarrolló el ensayo en estado fresco de trabajabilidad según ASTM C403. Para la propiedad en estado endurecido se elaboraron 72 testigos cilíndricos de concreto de 4" x 8", los cuales fueron ensayados a 3 días, 7 días y 28 días de curado bajo las Normas ASTM C31 y ASTM C39. Al concluir la investigación, se determinó que el Aditivo Viscocrete 1300 en la mezcla de concreto de baja la permeabilidad, aumenta significativamente el slump de 4" a 8". Además, el incremento de resistencia más notable se dio con el porcentaje del 1% siendo a los 28 días de 338 Kg/cm² obteniendo un porcentaje del 121% respecto a la mezcla patrón, seguido del 0.8% con 111% y del 0.6% con 112%. Finalmente, la resistencia a la flexión no obtiene un incremento significativo siendo su resistencia a los 28 días con el aditivo al 1% de 44.62 MPa siendo la patrón de 42.47 MPa, asimismo, se menciona que al adicionar el aditivo superplastificante supera la resistencia patrón en todas sus dosis evaluadas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, el crecimiento de la población a nivel mundial ha generado un aumento en el ámbito de la construcción debido a que las personas generan mayores necesidades de saneamiento, viviendas, transporte y obras hidráulicas; en lo que respecta a obras hidráulicas, se tiene en cuenta que el uso del concreto en este tipo de estructuras constituye un progreso sustancial dentro de la tecnología de construcción y consecuentemente, la utilización de un material tan noble y versátil.

De acuerdo a este avance se han realizado investigaciones en todo el mundo para poder mejorar las propiedades mecánicas como flexión, compresión y asentamiento, además de brindar una mayor prolongación de vida útil. Dentro de esas alternativas se encuentra el uso de aditivos los cuales sirven para mejorar el concreto utilizado para estructuras hidráulicas, también brinda protección de los agentes externos, los cuales tienden a afectar y deteriorar la obra de arte hidráulica. (Universidad Alas Peruanas, 2011)

En San Salvador, los aditivos súper plastificantes logran incrementos en la resistencia a la flexión del concreto, pero estos no son proporcionalmente tan grandes como los incrementos en la resistencia a la compresión. La reducción de agua varía dependiendo de la dosificación del aditivo y del tipo de mezcla, esta puede llegar hasta 25%, esta reducción tiene como objetivos: incrementar la resistencia del concreto sin aumentar el contenido de cemento y disminuir la porosidad de la pasta, haciendo más impermeable y durable el concreto, entre los beneficios de esta reducción de agua en el concreto fresco, está la reducción del contenido de agua sin modificar excesivamente el tiempo de fraguado; como desventaja, se presenta en ocasiones el uso de estos aditivos incluyen aire al concreto, y/o retrasan demasiado la pérdida de revenimiento y/o la contracción por secado. (Juan R. Cardoza, Marvin S. Blanco y Elmer S. Quintanilla)

En México, El uso de los aditivos reductores de la permeabilidad debe ser considerado en obras de contención, conducción y/o almacenamiento de agua debido a su buen desempeño en las pruebas de absorción capilar y de porosidad.

Para obtener concretos con una baja permeabilidad y durables se debe establecer como máximo una relación agua-cemento de 0.45, y un consumo de cementante superior a los 400 kg/m³. Para obtener un concreto impermeable o de baja permeabilidad, se debe considerar ciertos factores para obtener un concreto resistente a los agentes nocivos que se encuentren en el ambiente donde es colocado y protegido ante los mecanismos de penetración del agua a la masa del concreto; entre los más relevante se tienen:

- Relación agua – cemento
- Curado
- Uso de aditivos

La permeabilidad al agua es frecuentemente un factor de control en relación al deterioro del concreto, y se verá influenciado por la relación agua- cemento y la adición de materiales cementantes adicionales, entre otros. (Jorge L. Medina)

En Venezuela, para Concretos normales sin aditivos, la resistencia a compresión debe alcanzar el 70 % del valor para la cual fue diseñada a los siete días, aumentando hasta el 100 % a los veintiocho días de edad, sin embargo, cuando se utilizan aditivos, se pueden producir variaciones. Definitivamente la dosificación de los aditivos es influyente en el resultado final de la resistencia a compresión del concreto, siempre tomando en ´ consideración las instrucciones de los fabricantes, se observó que utilizando cantidades mayores a las recomendadas no se están produciendo efectos favorables sobre los valores finales, de hecho se observa que en ambos casos, a largo plazo la mezcla patrón está ´tendiendo a tener mejores ´ resultados que aquella que tiene una dosificación´ excesiva.(A. Fernández , J. Morales , F. Soto)

En Perú y la provincia de Huancayo, la incorporación del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto ocasionó un incremento de la resistencia a la compresión para dosis debajo e igual a 1100 ml. Sin embargo, para dosis superiores a 1100 ml, la resistencia a la compresión del concreto experimenta

un decrecimiento. No obstante, este valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón. La resistencia a la compresión

alcanza sus valores máximos con dosis de 1100 ml de aditivo superplastificante, para cualquier edad y resistencia con su respectiva relación a/c. (Kemmer S. Zarate)

Las especificaciones del concreto en el Perú se normalizan mediante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; entidad la cual trabaja bajo la norma técnica peruana E0.60

Kemmer Sanchez (2017), en su investigación en el uso de superplastificantes y de qué manera influye en la consistencia y desarrollo de resistencias al concreto. Concluye que el tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de cono de 3 ½", para cualquier relación a/c, desarrolló incrementos mínimos con dosis de aditivo superplastificante de 650 ml, e incrementos máximos con dosis de aditivo superplastificante de 1600 ml.

Jhonathan Mayta (2017), determinó que el aditivo superplastificante aumenta la trabajabilidad del concreto, retrasa brevemente el tiempo de fraguado y se obtuvieron resistencias a la compresión por encima del 70% respecto al concreto patrón (referente 28 días).

Lisandra Garay y Carol Quispe (2017), mediante el estudio que consiste en mejorar el concreto para vaciados de techos en Lima, empleando un aditivo superplastificante. Dentro de sus resultados al incorporar aditivo en la mezcla de concreto, su resistencia característica se incrementó notablemente, ésta aumentó en un 25% en comparación al concreto sin aditivo. El promedio de los valores de resistencias obtenido es de 184 kg/cm². Si bien es cierto, el uso de los aditivos no soluciona el problema de la autoconstrucción; de cualquier modo, éstos ayudan a mitigar y mejorar las propiedades del concreto, aumentando su calidad.

En el Perú, se han desarrollado obras donde se utilizaron aditivos para mejorar las propiedades del concreto. Como, por ejemplo, el Puente Chilina, cuya ubicación se encuentra en Arequipa la cual fue encargada por el Gobierno Regional de Arequipa y empresas privadas como Consorcio Inversionista, Southern Perú Copper Corporation Sucursal Perú. Interbank y Unión de Cervecerías Backus y Johnston SAA. Se procedió a utilizar un concreto autocompactante que se pueda colocar bajo agua sin que se segregue, para lo cual se diseñó un concreto anti washout con una combinación de Sika® ViscoCrete®-3330, Sika® Fume y Sikament® 140. Para los concretos estables (Creep) se diseñaron concretos con una baja relación a/c y la menor cuantía posible de cemento. La combinación que se usó fue Sika® ViscoCrete-1110 PE y un retardador como controlador del slump. Para el shotcrete se diseñó un concreto con el Sikament®-306, un acelerante de fragua Sigunit L-60 AF Plus y se añadieron fibras sintéticas. (Sika at work, Arequipa – Peru)

En Trujillo, la obra denominada Villa Municipal de Trujillo, para el tema constructivo se utilizó diversos tipos de aditivos, Sika temple, Sika sellador, Sikament TM – 150 y Sikament – 290N el cual se puede utilizar como plastificante o super plastificante según la dosificación que se utilice. (Sika at work N° 9, 2013)

En el Perú existe un alto índice de crecimiento de la población, esto genera una alta demanda en las construcciones de viviendas y sobre todo en estructuras que permiten abastecer y conservar el agua, cuya importancia es fundamental ya que es un recurso básico que toda ciudad debe cuidar y conservar. (INEI)

Para ello el uso de concreto en las obras hidráulicas constituye un progreso sustancial dentro de la tecnología de construcción de este tipo de estructuras y, consecuente la utilización de un material tan versátil como el concreto. Este avance tecnológico de gran importancia en el Perú, mejoraría notablemente la resistencia y la durabilidad en comparación con las estructuras que estaban construidas con materiales rústicos que utilizaban antiguamente. (Alfonso P. Jaime)

Anteriormente se desarrollaban estructuras en base a piedras y argamasa de cal. De esta manera los resultados eran notables en comparación con el uso de concreto, debido a la eliminación de filtración de agua a lo largo de todo el recorrido,

de tal manera que ayudaba a aumentar la capacidad de conducción al disminuir la rugosidad de las superficies en contacto con el agua, incrementando notablemente la velocidad del flujo de agua para una misma área mojada. (Alfonso P. Jaime)

Hoy en día el uso de concreto es fundamental en el desarrollo de proyectos hidráulicos de tal manera que conllevan a investigar distintas maneras de poder mejorar las propiedades y evitar problemas o modificaciones en sus propiedades mecánicas por distintos factores como por ejemplo, cambios de punto de vaciados, espera por traslado de personal y equipos que no cumplen los estándares de calidad, maquinas defectuosas (mezcladoras, vibradores de concreto, etc.), mano de obra no capacitada, cambio de clima, etc. Generando cangrejas, bajas resistencias, juntas frías de concreto. La pérdida del asentamiento es un problema fundamental ya que afecta las resistencias iniciales y finales. (Alfonso P. Jaime)

Debido a lo mencionado anteriormente, investigar y conocer cómo mejorar las propiedades mecánicas de concreto es fundamental para los proyectistas, esto ayudara a tomar decisiones correctas, preventivas y de mantenimiento desde la elaboración de la mezcla, previniendo daños posteriores irreparables. De esta manera se debe realizar un estudio y análisis de la influencia de los aditivos en la mezcla de concreto, con el fin de mejorar según datos de mejora o deterioro en las propiedades de la mezcla. (L. Garay, C. Quispe)

El conocimiento y la información obtenida en esta investigación, beneficiara a las constructoras con el fin de brindar datos necesarios y la consecuencia o inconvenientes que pueda generar el mal uso del superplastificante. Información establecida la cual servirá como guía para poder tener mejores resultados con este tipo de aditivos. Muy aparte de los datos que pueda proveer el fabricante. (L. Garay, C. Quispe)

De igual forma, los datos obtenidos de la influencia del aditivo superplastificante en un concreto de baja permeabilidad serán útil para los fabricantes del mismo, pues permitirá mejorar su proceso de fabricación reduciendo efectos

secundarios en el concreto. Ayudará utilizar este tipo de aditivos en otras condiciones que se asemejen a la desarrollada. (J. Reina, M. Sánchez, E. Solano)

En definitiva, la escases de información respecto a las propiedades mecánicas del concreto con o sin aditivos generan impactos negativos en los usuarios y las constructoras. Queda claro que el concreto juega un rol muy importante en el desarrollo de la industria de la construcción. Por ello, muchas veces se omite información importante a la hora de utilizar este tipo de tecnología en un concreto. Generando problemas y patologías en el mismo.

1.2. Antecedentes

En el ámbito internacional encontramos los siguientes antecedentes:

Título: “Determinación del módulo de rotura en vigas de hormigón, fabricado con materiales procedentes de la cantera San Roque para $f'c = 21 \text{ MPa}$ ”

Gómez S. Augusto J. (2014), el módulo de rotura representa cerca del 10% al 15% de la resistencia a la compresión, el mismo que puede variar, dependiendo del tamaño del agregado grueso, utilizado en la mezcla. Para obtener el módulo de rotura, se hace trabajar al hormigón en flexión, este es un indicador que nos da una visión clara, de cómo se encuentran los materiales utilizados en una mezcla, las probetas ensayadas a flexión nos indican la forma de falla del conjunto agregados y pasta.

El módulo de rotura obtenido experimentalmente es de $46.60 \text{ kg/cm}^2 = 4.66 \text{ Mpa}$. Siendo mayor al compararlo con el valor teórico de $28.98 \text{ kg/cm}^2 = 2.84 \text{ MPa}$ que se lo obtiene bajo la norma ACI 318 con una variación del 37.81%

Título: “Estudio comparativo de los aditivos superplastificantes utilizados en nuestro medio e influencia en las propiedades del concreto con cemento tipo I, V, IP”

Alarcón H., Edgar S. (2005), el presente estudio es una evaluación de los efectos del aditivo sika viscocrete-3 superplastificante de alto rango, ya que es un aditivo de tercera generación para concretos y morteros, este proyecto se llevó a cabo bajo la norma ASTM-94 para aditivos tipo F, los puntos de estudio en esta tesis fueron el porcentaje de aditivo superplastificante, el tipo de cemento y la relación agua/cemento. En esta investigación se utilizó la relación $a/c=0.45$ y se usaron 3 tipos de cemento: sol tipo I, Andino tipo V y Atlas puzolánico tipo IP. El aditivo utilizado se empleó en dosificaciones de 0.4, 0.8 y 1.2% en reemplazo del peso de cemento cuya dosificación es para concretos plásticos suaves con dichas dosificaciones se produjeron 12 diseños de mezclas distintas. El concreto se diseñó con una trabajabilidad media (slump de 3” a 4”), para cada diseño se evaluó el asentamiento, la consistencia, peso unitario, exudación tiempo de fragua, resistencia a la compresión axial y diametral. De acuerdo a lo establecido respecto al cumplimiento de la norma ASTM-494 para aditivos superplastificantes tipo F

referente a la Resistencia a la compresión cumple parcialmente a la edad de 1 día: No cumple para el diseño de 0.4% de aditivo con cemento Tipo I Sol ; a la edad de 3 días: con cemento Tipo I Sol no cumple para 0.4% de aditivo, con cemento Tipo V Andino cumple satisfactoriamente, con cemento tipo IP Atlas no cumple para 0.4% de aditivo; a la edad de 7 días: Con cemento Tipo I Sol no cumple para 0.4% de aditivo, con cemento Tipo V Andino cumple satisfactoriamente, con cemento Tipo IP no cumple para 0.4% de aditivo; a la edad de 28 días: Cumple para todos los diseños de concreto y todos los tipos de cemento. Cumple parcialmente los requisitos de la norma ASTM-494 para aditivos superplastificantes tipo F con respecto al Tiempo de Fragua: Cemento Tipo I - Sol: La fragua Inicial no cumple para una dosificación de aditivo de 1.2%, referente a la fragua final no cumple para 0.8 y 1.2% de aditivo; Cemento Tipo V - Andino: La fragua inicial y final no cumple para 0.8 y 1.2% de aditivo; Cemento Tipo IP - Atlas: La fragua inicial cumple para

todos los diseños y la fragua final no cumplen para 1.2% de aditivo. Con respecto a la Reducción de agua cumple los requerimientos de la norma ASTM-494 para aditivos superplastificantes tipo F, en los diseños con aditivo con una reducción de agua que varía entre el 13% y 34% a excepción del diseño con cemento tipo IP en una dosificación de 0.4% de aditivo, que solo se logra un 10% de reducción de agua. Se muestran diferencias significativas en los resultados dependiendo el tipo de cemento explicándose esto por la diferente composición química de estos cementos y la capacidad de generación de calor de hidratación. La cantidad ideal de aditivo hallado para concretos plásticos es de 0.8% el valor recomendado por el fabricante es de 0.4% a 1.2%, en el proceso de ensayos cuando se utiliza el aditivo Sika Viscocrete - 3 , en porcentaje de 1.2% no se logra conseguir un asentamiento entre 3" y 4" y a la vez obtener mezclas trabajables y mezclas homogéneas, por tal motivo la dosificación de 1.2% se recomienda para concretos fluidos y autocompactantes, pero no se recomienda utilizar para concretos plásticos, por otro lado, se aclara que con la dosificación de 1.2% de aditivo se obtienen las mayores resistencias a compresión. El estudio realizado nos ayuda a esclarecer y verificar sobre el porcentaje de superplastificante a emplear en la mezcla de concreto.

Título: “Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido”

Reina C., Juan C. (2010), el aditivo empleado en esta investigación, cumple su función como superplastificante para dosificaciones comprendidas en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento, dando valores de slump en el rango de 5 a 8 pulgadas. Las mezclas elaboradas en este trabajo de investigación presentaron una trabajabilidad optima, las cuales se determinaron a través del parámetro de slump, obteniendo valores de slump de 7 a 8 pulgadas en mezclas, no presentaron segregación.

La tasa de aditivo de 600 ml/100kg de cemento dio como resultado un aumento promedio en el contenido de aire de las mezclas de concreto de 0.4%, en

relación al 2% de contenido de aire indicado en los diseños. La tasa de aditivo de 1200 ml/100kg de cemento dio como resultado un aumento promedio en el contenido de aire de las mezclas de concreto de 1.1%, en relación al 2% de contenido de aire indicado en los diseños. La tasa de aditivo de 1800 ml/100kg de cemento dio como resultado un aumento promedio en el contenido de aire de las mezclas de concreto de 1.4%, en relación al 2% de lo indicado en contenido de aire de los diseños. El total de contenido de aire del concreto obtenido para las dosificaciones de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento se encuentran dentro del rango de 2.4 a 3.5%, los cuales son menores o iguales al 3.5% máximo (según ASTM C-494) cuando se emplea aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante.

En esta investigación los resultados finales de la resistencia a la compresión nos arrojan que, a 7 días de edad, se alcanzó una resistencia a la compresión en el rango de 85% a 104% de la resistencia en estudio para las diferentes tasas de dosificación de aditivo comprendidas en la investigación. En el caso de resultados a 28 días de la resistencia a la compresión, alcanzaron en el rango de 100% a 122%. Esta investigación nos ayuda a tener en claro sobre el contenido de aire generado en las mezclas de concreto de acuerdo a la cantidad de aditivo utilizado.

Título: “Efecto del contenido de agua y adición de superplastificantes (sps) sobre la trabajabilidad y resistencia a la compresión de pastas y morteros hechos a base de cemento híbrido”.

Moreno T., Nathalie. (2017), esta investigación tuvo como finalidad analizar las diferentes relaciones líquido/sólido de acuerdo a la trabajabilidad y resistencia a la compresión de morteros hechos con cemento híbrido compuesto de FA adicionada con CPO y activada con hidróxido de sodio en estado sólido (NaOH). Determinar la influencia del porcentaje de tres tipos de sps sobre parámetros de trabajabilidad y resistencia a la compresión de morteros hechos con CH a base de FA, CPO y NaOH en estado sólido. Identificar el tipo de sps, de acuerdo a su composición, que produzca mayor trabajabilidad y menor disminución de la

resistencia a la compresión. Correlacionar el efecto de la relación líquido/sólido (L/S), porcentaje y tipo de SP para establecer la combinación más eficaz que cumpla con las propiedades de resistencia mecánica y trabajabilidad de acuerdo a la norma colombiana para un cemento de uso general.

Los aditivos sps tienen un efecto diferente cuando se utilizan en pastas y morteros a base CH. En términos generales LS aumenta fluidez y resistencias a 28 días, NS no aumenta la fluidez, pero aumenta las resistencias a la compresión. PC aumenta la fluidez hasta cierto punto, pero disminuye la resistencia a la compresión. Por lo tanto, se puede afirmar que LS es el que tiene mejor efecto fluidificante y cumple con la función de SPs, pero acelera el tiempo de fraguado.

Cuando se varía la relación L/S tanto en pastas como en morteros, la máxima resistencia a la compresión se obtiene en el nivel intermedio de relación L/S, es decir, a la consistencia normal para pastas y a una fluidez del $10\% \pm 5$ para morteros. Este comportamiento se le atribuye al hecho que para relaciones L/S menores, la cantidad de agua no es suficiente para disolver el hidróxido de sodio o para hidratar completamente las partículas de cemento, evitando que se produzca la suficiente disociación de iones (Si, Al) provenientes del FA, inhibiendo la formación de la red estructural tridimensional y, por ende, una buena cantidad de los productos de reacción que favorecen las propiedades mecánicas de la pasta. Por otro lado, para

relaciones L/S mayores, la cantidad de agua puede causar mayor porosidad en la mezcla, disminuyendo su densidad y por lo tanto sus resistencias mecánicas. Se encontró tanto LS como NS aumentan las resistencias a la compresión en pastas respecto a la MC tanto para 7 como para 28 días. Para LS se evidencia un aumento en las resistencias a los 7 días del 61,4% y 49,7% para relaciones L/S de 0,33 y 0,32 respectivamente. Existe una tendencia que indica que a mayores dosificaciones de LS, se obtienen menores resistencias. Caso contrario es con NS, los cuales, a mayor dosificación, las mezclas presentan mayores resistencias. De hecho, entre las pastas con adición de sps, la que obtuvo la mayor resistencia (61,6% más que la MC) a 7

días fue aquella con una dosificación del 4% NS. Pastas con adición de PC sufren disminución de resistencia a la compresión tanto para 7 como 28 días. Los valores de resistencia obtenidos son en promedio el 62,82% de la resistencia para la MC, con una desviación estándar de $\pm 6,2\%$. Es valioso notar que en términos generales no existe una variación significativa de las resistencias a la compresión para 7 y 28 días, es decir, se puede afirmar que, en pastas a base de cemento CH y activadas con NaOH en estado sólido, a los 7 días ya se ha alcanzado la máxima resistencia a la compresión. Para morteros se puede concluir que el SPs más eficaz es el NS, dado que, en términos generales, a cualquier edad y a cualquier dosificación se logran aumentos en la resistencia a 91 la compresión. También es el único que, a medida que aumenta la dosificación, aumenta las resistencias a la compresión, pues tanto para LS como PC, las resistencias a compresión en edades tempranas, disminuyen a dosificaciones superiores al 2%. Nos da a entender en esta investigación que el uso excesivo de superplastificante, disminuye a la resistencia del concreto, por ende se debe elaborar un óptimo diseño de mezcla.

En el ámbito nacional encontramos los siguientes antecedentes:

Título: “Comportamiento del asentamiento en el concreto usando aditivo polifuncional sikament 290N y aditivo super plastificante de alto desempeño sika Viscoflow 20E”.

Huarcaya G., Coldie I. (2014), el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar y evaluar el comportamiento del asentamiento de concreto con aditivos (superplastificante y plastificante) en diferentes dosis de 0,5 % - 1,0 % - 1,5 % para poder obtener un concreto más trabajable, fluido durante más tiempo. Realizar ensayos de asentamiento al concreto en estado fresco, para comprobar su alta trabajabilidad y fluidez, comparar si los resultados ofrecen concretos con mayor tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados sin aditivos, permitir obtener

mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a temperatura de acuerdo a la normativa.

La producción de concreto con alta trabajabilidad requiere una selección cuidadosa de los materiales componentes, empleo de aditivos plastificantes y superplastificante y un estricto control de calidad en todas las etapas de fabricación y uso. La aplicación del aditivo es variable ya que depende de que tan trabajable se requiera. En el ensayo de asentamiento del concreto se realizó un control en la medición del slump por un periodo de tres horas en intervalos de 30 min cada uno, donde se pudo observar que el diseño Sikament 1,0 % mantuvo su trabajabilidad por un tiempo mayor a los demás diseños, ya que su asentamiento se mantuvo en el rango de (6 “- 8 “). Se observó en el control de asentamiento que el aditivo superplastificante (viscoflow 20E) mantiene una trabajabilidad constante en hora y media y luego tiende a caer notoriamente. Para el ensayo de tiempo de fraguado se realizaron tres muestras por cada diseño, donde se pudo observar que el diseño que obtuvo el mayor tiempo de fraguado inicial fue el diseño Sikament 1,5 % que empezó a fraguar 13 horas después. En la dosis del 1,0 %, también el Sikament alcanzó el mayor tiempo de fraguado inicial con 10 horas. En la dosis del 0,5 % el diseño con aditivo Sikament llegó a fraguar 8 horas después obteniendo el mayor tiempo de fraguado inicial. En este ensayo se puede concluir que el diseño que alcanzó el mayor tiempo de fraguado inicial fue el diseño Sikament 1,5 %. El aditivo Sikament por ser de tipo G es un retardante y por esto se observa mayor tiempo de fraguado en todas sus dosis. En el ensayo de resistencia a la compresión se observó en el aditivo Sikament que la dosis que obtuvo mayor resistencia a los 28 días, fue la dosis de 1,5 % que alcanzando una resistencia de 279 kg /cm² . En el ensayo de resistencia a la compresión se observó en el aditivo Viscoflow que la dosis que obtuvo mayor resistencia a los 28 días, fue la dosis de 1,5 % que alcanzando una resistencia de 427 kg /cm² , siendo este el diseño que alcanza la mayor resistencia. En el diseño que hubo mayor reducción de agua, fue el diseño que alcanzó la mayor resistencia a los 28 días. Esta investigación nos aclara aún más el ensayo de asentamiento, donde utilizan intervalos de tiempo para obtener mejores resultados.

Título: “Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes”.

Bernal D., Daniel. (2017), en su investigación tuvo como fin optimizar la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes, determinar la resistencia a compresión del concreto elaborado sin aditivos usando tres cementos tipo I de diferente marca, determinar la resistencia

a compresión, del concreto, elaborado con aditivos superplastificantes, usando tres cementos tipo I de diferente marca, comparar la resistencia a la compresión del concreto elaborado sin aditivos con la resistencia a la compresión del concreto con aditivos superplastificantes, usando cemento tipo I de diferente marca.

La mayor resistencia a compresión de los grupos de control, se obtuvo con la utilización de cemento Pacasmayo sin aditivo (GC2), a las tres edades ensayadas a 07 días (229.72 Kg/cm²), a 14 días (270.80 Kg/cm²) y a los 28 días (331.24 Kg/cm²). La mayor resistencia compresión de los grupos experimentales, se obtuvo de la combinación de aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con cemento Pacasmayo Tipo I (GE8), a las 03 edades ensayadas a 07 días (247.41 Kg/cm²), a 14 días (293.85 Kg/cm²) y a los 28 días (349.43 Kg/cm²). Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, el mayor incremento de resistencia a compresión se logró combinando aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con Cemento Pacasmayo tipo I, mayor en 11.00% que su respectivo grupo de control y mayor en 24.80 % respecto a la resistencia a la compresión especificada. El costo de la mezcla del grupo de control, sin aditivo, fue mayor en 14.03% que el costo de la mezcla de los grupos experimentales, con aditivo superplastificante. Esta investigación nos ayuda a obtener más información sobre las comparaciones de un concreto patrón versus un concreto con adición de superplastificante.

Título: “Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú”.

Bustamante R., Iskra. (2017), la presente tesis contempló la implementación de esta norma europea en el laboratorio LEDI-PUCP y una posterior capacitación de su personal. Además, se elaboraron 60 especímenes de concreto que fueron elaborados de la siguiente manera: 5 especímenes por cada mezcla de relación agua/cemento (0.45, 0.5, 0.6 y 0.7) y se repitió cada mezcla tres veces con el objetivo de tener mayores resultados. Estos especímenes fueron ensayados siguiendo las instrucciones del manual adaptado de la EN 12390-8. Con los resultados de estos ensayos, se elaboraron curvas de coeficiente de permeabilidad vs relación a/c. Estos resultados sirvieron para concluir que la permeabilidad varía de forma exponencial respecto a la relación a/c, que a menor relación a/c menor permeabilidad y que el tiempo de curado húmedo es determinante para una baja permeabilidad, entre otros. La presente tesis ha sido determinante para demostrar que la permeabilidad depende de diversos factores y que es necesario evaluar cada uno de ellos para poder determinar si un concreto tiene o no alta permeabilidad.

Se concluye que a menor relación a/c, menor profundidad de penetración del agua bajo presión, por lo tanto, menor permeabilidad de concreto al agua. -Se ha demostrado que el factor del curado húmedo continuo durante los 28 días es determinante para una menor permeabilidad. Se ha comparado los resultados de la gráfica de Whiting con los resultados obtenidos en la presente tesis. El coeficiente de permeabilidad es el resultado de diversos factores, entre los cuales están la profundidad de penetración del agua bajo presión y la porosidad (%). No obstante, se ha comprobado que es susceptible a variaciones en: el porcentaje de aire, la temperatura del concreto y el asentamiento (slump); características del concreto en estado fresco, por lo que se recomienda controlar dichas propiedades en futuras investigaciones. Esta investigación nos muestra una opción a emplear en concreto permeable, saber a qué relación a/c sería la más adecuada a emplear.

Título: “Evaluación de la permeabilidad en diseños de concreto con el uso de aditivos Sika WT-100 y SIKAWT-200 en obras hidráulicas de Lima metropolitana”.

Gutierrez S., Juan. (2015), La presente investigación propone evaluar la influencia de la permeabilidad en diseños de concreto con el uso de aditivos Sika WT – 100 y Sika WT – 200 en obras hidráulicas de Lima Metropolitana, debido a que estas estructuras almacenan y/o conducen grandes volúmenes de agua a una velocidad determinada, y éstas al tener contacto con el agua reducen su vida útil. Los objetivos de esta tesis son determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión bajo la Norma Europea EN 12390 – 8 y la resistencia a la compresión bajo la Norma Técnica Peruana NTP 339.034; para finalmente, determinar la permeabilidad para diseños de concreto bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 4483. Para lograr los objetivos mencionados, se diseñó y elaboró 144 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura y 48 probetas cilíndricas de concreto de 15 cm de diámetro y de altura, de las cuales fueron 64 probetas de concreto patrón (sin uso de ningún aditivo), 64 probetas de concreto con aplicación de 2% de aditivo Sika WT – 100; y 64 probetas de concreto con aplicación de 1% de aditivo Sika WT – 200. Los resultados de los diseños de concreto patrón, WT – 100 y WT – 200 con una relación agua/cemento de 0.40, con respecto a la profundidad de penetración de agua bajo presión, fueron 40, 30 y 15 mm, respectivamente. Los resultados de los diseños de concreto patrón, WT – 100 y WT – 200, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días con una relación agua/cemento de 0.40, fueron 637, 621 y 632 kg/cm², respectivamente. Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4483 y con los resultados obtenidos, se concluye que el diseño de concreto patrón y el diseño de concreto WT – 100 alcanzan una media permeabilidad y que el diseño de concreto WT – 200 alcanza una baja permeabilidad, con una relación agua/cemento de 0.40. Esta investigación nos brinda mayor información sobre concretos de baja permeabilidad para saber la aplicación de este.

1.3. Bases teóricas

Concreto

El concreto (hormigón) es el material conformado por la mezcla en varias proporciones de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura moldeable y plástica, y que posteriormente con el pasar de los días adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes (mecánicas); así lo indica (Benites Espinoza, 2010).

Asimismo, según (Chan Yam, Solis Carcaño, & Moreno, 2015) el concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes que se mezclan. Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje y obtener menor cantidad de vacíos.

Según (Unión de Concreteras (UNICON), 2013), El concreto convencional tiene una amplia utilización en las estructuras de concreto más comunes. Disponible en diferentes resistencias (desde 175 hasta 350 Kg/cm²).

Además, según (Cemex Nicaragua, 2019) El concreto convencional tiene una abundante utilización en las estructuras de concreto más comunes. Se emplea para cimentaciones, placas macizas y aligeradas, muros de contención, etc.

Usos y aplicaciones

Los concretos convencionales son los que se utilizan con mayor frecuencia en la construcción. Los usos aplicaciones de cada tipo varían según especificaciones de cada obra. En el campo de la construcción se cuenta con una amplia gama de

concretos de este tipo para satisfacer los requerimientos de los diversos y tipos de obras. (CEMENTOS PACASMAYO, 2015).

A continuación, se describe los concretos más utilizados:

- **Normal:** Concreto de uso muy común en la construcción, elaborado con agregados seleccionados y aditivos que permiten obtener un producto rentable, homogéneo y durable. Se aplica en estructuras de concretos comunes como losas, columnas, vigas, cimentaciones, veredas, entre otros.
- **Plastificado (bombeado):** Es un concreto diseñado especialmente para que se lo impulse a presión a través de una tubería, lo que permite alcanzar grandes distancias horizontales y verticales. Se aplica en estructuras que requieran vaciarse con rapidez y con difíciles accesos y espacios limitados.
- **Superplastificado:** Concreto el cual es diseñado con una alta fluidez para facilitar su colocación en elementos que lo requieran. Se aplica en elementos con alta densidad de acero de refuerzo, esbeltos y que se requiera un bombeo a gran altura. Además, presentan una menor porosidad
- **Durable:** Concreto el cual es diseñado pensando en las condiciones de exposición y servicio de la obra. Por sus propiedades físico-químicas incrementa la vida útil de las estructuras. Se utiliza en elementos expuestos a condiciones de hielo y deshielo, congelamiento, ataque de sulfatos y que requieran baja permeabilidad.
- **Resistencia acelerada:** Concreto el cual cuenta con una baja relación agua-cemento que cumple con los requisitos de resistencia a edades tempranas a 3 o 7 días. Se aplica en elementos que requieren un rápido desencofrado.

Componentes del concreto

Agregados

El agregado es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen artificial o natural, la cual sus dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011 que comprende su granulometría.

Como sabemos que el concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocido como agregado el cual ocupa del 65% al 80% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Por su peso puede clasificarse en normal, liviano y pesado. Por su limpieza en sucio y limpio. Por su granulometría en agregado grueso, agregado fino. Además, la calidad del agregado es importante desde que aproximadamente 3/4” partes del volumen del concreto es ocupada por éste. Además, se sabe que el agregado, debido a sus propiedades físicas, químicas y térmicas, tiene una gran influencia determinante sobre las propiedades del concreto, especialmente su durabilidad y resistencias mecánicas. (Riva Lopez, 2013)

Cabe recalcar, que según (Chan Yam, Solis Carcaño, & Moreno, 2015) frecuentemente la variación de la resistencia del concreto puede explicarse con el cambio de la relación a/c, no obstante, existe evidencia en la literatura que éste no siempre puede ser el caso. Además, por consideraciones teóricas, independientemente de la relación a/c, las características de las partículas del agregado tales como el tamaño, la forma, la textura de la superficie y el tipo de mineral, influyen en las características de la zona de transición, y por lo tanto, afectan la resistencia del concreto significativamente.

Clasificación de los agregados: En general los agregados se han clasificado de varias maneras conforme pasa el tiempo, ya sea desde el punto de vista de su procedencia, densidad, tamaño, forma y textura.

➤ **Según su procedencia**

Pueden ser artificiales o naturales. Los agregados naturales son formados por procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante varios años, estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto. Los agregados artificiales provienen de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto, algunos agregados de este tipo los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce etc. (Rojas, 2014).

➤ **Según su tamaño**

Se ha establecido la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4,75 mm (Malla Standard ASTM # 4).

Esta clasificación responde a las consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y uso para el concreto (Rojas, 2014).

➤ **Según su densidad**

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, se acostumbra a clasificarlos en normales con $G_e = 2,5$ a $2,75$, ligeros con $G_e < 2,5$ y pesados con $G_e > 2,75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto y sus propiedades. (Rojas, 2014).

Propiedades físicas de los agregados

Granulometría:

La Granulometría representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, por ello se obtiene la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Asimismo, se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados (Rojas, 2014).

Para visualizar mejor la gradación del agregado, los resultados de un análisis granulométrico se grafican mediante una curva granulométrica, en la cual se muestra sobre las ordenadas, en escala aritmética, el porcentaje que pasa a través de los tamices (%) y sobre las abscisas, en escala logarítmica o aritmética, la abertura de los tamices(mm). (Gutiérrez López, 2010).

Durante el proceso granulométrico es esencial conocer los siguientes parámetros:

Es un concepto muy importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz N° 100 y esta cantidad se divide entre 100 (Rojas, 2014).

El uso del módulo de finura se ha restringido al agregado fino y según este módulo las arenas se clasifican en:

- Arenas finas Módulo de finura entre 0.5-1.5
- Arenas medias Módulo de finura entre 1.5-2.5
- Arenas gruesas Módulo de finura entre 2.5 - 3.5.

Cabe recalcar que el módulo de finura típico oscila entre 2.3 y 3.1

Tamaño máximo: La NTP 400.011 lo define como la primera malla por la que pasa todo el agregado tamizado.

Tamaño máximo nominal: Se define como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquél cuyo porcentaje retenido acumulado es mayor o igual al 15%. Indica el tamaño promedio de partículas más grandes que hay dentro de una masa de agregado evaluado o tamizado.

Peso específico:

Es la división del peso de la sustancia entre el volumen que ésta ocupa sin considerar los vacíos que existen entre ellas. Las normas NTP 400.021 Y 400.022 establecen el procedimiento estandarizado para realizar el ensayo en laboratorio. Su valor para agregados normales oscila aproximadamente entre 2500 y 2750 Kg/ m³ (Rojas, 2014).

Peso unitario:

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos existentes. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para dicho ensayo se encuentra en la norma NTP 400.017 (Rojas, 2014).

Peso unitario compactado: El valor de la masa unitaria compactada se utiliza para determinar el volumen absoluto de agregado grueo en las mezclas de concreto.

Peso unitario suelto: Es la relación que existe entre el peso del agregado suelto o en estado normal de reposo y el volumen que ocupa.

Humedad:

La estructura interna de una partícula de agregado, está compuesta de materia sólida y de vacíos que pueden contener o no agua. El contenido de humedad, se expresa como la relación entre el peso del agua contenido en el agregado y el peso del agregado sólido seco, dado en porcentaje (Rojas, 2014).

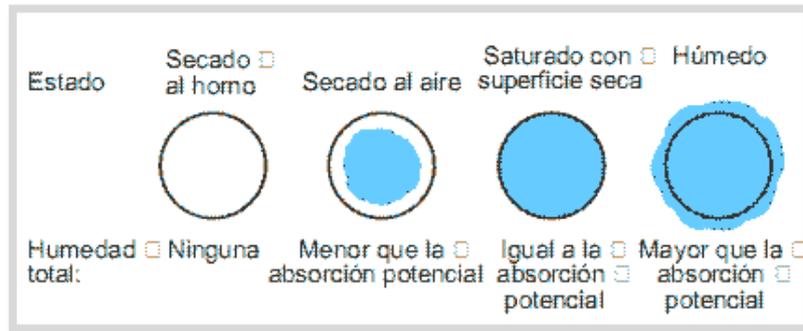


Figura 1 Grados de humedad de las partículas de los agregados (Rojas, 2014)

Como se muestra en la *Figura 1* las condiciones de humedad de los agregados son:

- Seca o Seca al Horno: Estado absorbente de la partícula.
- Un poco Húmeda: La superficie de las partículas está seca, pero en su interior hay humedad.
- Saturados y superficialmente secos (SSS): Esta en un estado en el que no absorben ni ceden agua.
- Sobresaturado: El material está saturado y posee agua libre que da a las partículas una película brillante (se presenta exudación).

Absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. Dicho fenómeno se origina por capilaridad, pues no llegan a llenarse todos los poros indicados pues siempre queda aire atrapado dentro de las partículas. Es de gran importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por ello es fundamental en el diseño de mezcla y por ende en las propiedades del concreto. (Rojas, 2014)

Cemento

El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1,450°C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y minerales de hierro. Este producto del proceso de calcinación es el Clinker, el cual es el principal ingrediente del cemento que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento. (Cemex, 2016).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir: Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso

Composición química del cemento

Las materias primas que constituyen el cemento son principalmente cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. Durante el proceso de producción del cemento estos compuestos interactúan en conjunto para luego formar una serie de productos más complejos (silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos), lo cuales alcanzan un estado de equilibrio químico, con la excepción de un residuo de cal no combinada la cual no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar esta es denominada como cal libre. (Portugal Barriga, 2015)

Tabla 1 Componentes del cemento

Óxido Componente	Porcentaje Típico
CaO	60% a 67%
SiO ₂	17% a 25%
Al ₂ O ₃	3% a 8%
Fe ₂ O ₃	0.5% a 6%
MgO	0.1% a 4%
Alcalis	0.2% a 1.3%
SO ₃	1% a 3%

Fuente: Portugal Barriga, 2015

Los principales compuestos que son resultado del proceso de fusión química en el horno son cuatro, sus nombres, formulas químicas abreviadas y abreviaciones comunes se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2 Formula, porcentaje y abreviatura de compuestos

Designación	Fórmula	Porcentaje	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	30% a 50%	C3S
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO ₂	15% a 30%	C2S
Aluminato tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	4% a 12%	C3A
Ferro aluminato tetracálcico	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	8% a 13%	C4AF

Fuente: Portugal Barriga, 2015

Según (Portugal Barriga, 2015), los compuestos se definen de la siguiente manera:

- **Silicato Tricálcico (3CaO.SiO₂ > C3S > Alita):** También denominado Alita, es la fase principal en la mayoría de los clinker Portland, y se compone de 73.7% de cal y 26.3% de ácido silícico. El silicato tricálcico principalmente contribuye de manera muy importante a las resistencias iniciales, siendo su velocidad de hidratación alta, así también provoca un

alto calor de hidratación, se estima que su calor de hidratación aproximadamente es de 120 cal/gr.

- **Silicato Dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 > \text{C}_2\text{S} > \text{Belita}$):** También denominado Belita, es la segunda fase en importancia en el Clinker y su incidencia es de 65.1% de cal y 34.9 de ácido sílico. Cabe mencionar que dicho componente tiene una lenta velocidad de hidratación y desarrollo de calor bajo siendo de 62 cal/gr.

- **Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{C}_3\text{A}$):** Es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Además, se compone de 62.3% de cal y 37.7% de alúmina, siendo este último componente el influente para el fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es necesario añadirle yeso durante la fabricación de cemento. Constituye del 5 al 10% del Clinker (207 cal/g).

- **Aluminato – Férrico Tricálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{C}_4\text{AF} > \text{Celita}$):** Influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación. Constituye del 5 al 15% del Clinker y se compone de un 46.1% de cal, 21% de alúmina y 32.9% de óxido de hierro expresando un calor de hidratación de 100 cal/gr.

Estos compuestos conforman el 90% al 95% de la masa del cemento. Además, las variaciones en porcentaje de los compuestos principales definen los diferentes tipos de cemento que se conocen. La siguiente tabla presenta los tipos de cemento Portland convencionales en las obras más comunes y su composición química.

Tabla 3 Composición típica de los cementos portland

Tipo de Cemento	Compuesto en %			
	C3S	C2S	C3A	C4AF
I. Uso General (Normal)	50	24	11	8
II. Moderado Resistencia a los sulfatos	42	33	5	13
III. Resistencia Rápida	60	13	9	8
IV. Bajo Calor de Hidratación	26	50	5	12
V. Resistente a los Sulfatos	40	40	4	9

Fuente: Gómez Domínguez Jorge, 2015

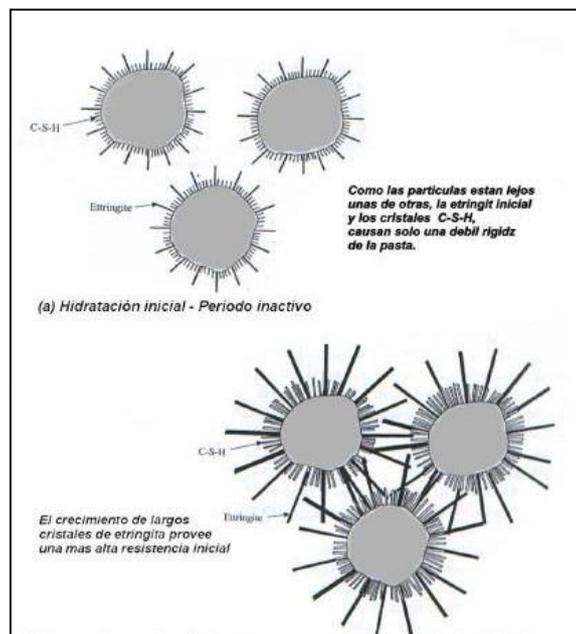


Figura 2 Proceso de hidratación del cemento

Tipos de cemento

Las formas de usar los diferentes tipos de cementos que existen obedecen a las propiedades físicas y químicas derivadas de sus procesos de hidratación, así como a la protección que pueden ofrecer al concreto elaborado con dichos cementos.

Según la norma NTP 334.009, y ASTM C-150-99 los tipos de cementos son:

- **Tipo I:** Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo o no se requiera una protección especial.
- **Tipo II (MS):** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Para emplearse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Para utilizarse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Se utiliza cuando se desea elevada resistencia a los sulfatos.

Asimismo, según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.090), que indica los tipos de cementos adicionados, indica que son aquellos que contienen además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento del cemento. Entre los diversos tipos de cementos y los porcentajes de adición, tenemos:

- **Tipo IS:** Cemento portland con escoria de alto horno. Contenido de escoria entre 25% y 70%.
- **Tipo ISM:** Contenido de escoria menor a 25%
- **Tipo IP:** Cemento Portland Pozolánico Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
- **Tipo IL:** Cemento Portland-Calizo
- **Tipo IT:** Cemento adicionado ternario
- **Tipo IPM:** Cemento Portland Pozolánico Modificado. Contenido de Puzolana menor a 15%

- **Tipo I (Co):** Es un cemento portland obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland, materiales calizos y o inertes, hasta un máximo del 30% de peso.

Agua

La norma NTP 339,088 considera para curado y/o amasado de concretos, el agua cuyas propiedades y contenido en sustancias disueltas estén comprendidas dentro de los límites permisibles. Si el agua no procede de una fuente de suministro de agua potable, se puede juzgar su aptitud como agua para concreto mediante los requisitos físico-químicos contenidos en la norma NTP 339.088 o ASTM C 1602.

- El contenido máximo de materia expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/1 (3 ppm).
- El contenido de residuo sólido no será mayor de 5g/1 5000 ppm.
- El PH estará comprendido entre 5,5 y 8.
- El contenido de sulfatos, expresado en ion SO_4 será menor de (600 ppm).
- El contenido de cloruros, expresados en ion Cl menor de 1g/1 (1000 ppm).
- El contenido opcional de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en $Na HCO_2$ será menor de 1 g/1 (1000 ppm).

Asimismo, al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas. Ello debido a que no sólo puede afectar el tiempo de agregado, la resistencia del concreto y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión, más si se tratase de un concreto estructural. (Hijar, 2004).

Agua de mezclado: Es dicha agua que se agrega a la mezcla de concreto en conjunto con los agregados y cemento, la cual tiene como principal finalidad promover la hidratación de los compuestos activos del cemento, generando una mezcla trabajable y muy resistente, según el uso del concreto.

Agua de curado: Agua en la cual el concreto mantendrá su hidratación a diferentes edades, también puede ser la misma agua de amasado o mezclado.

Cuando el agua de uso previsto es potable, cabe suponer en principio que sus características físico-químicas son adecuadas para hacer concreto.

Aditivos

Es una sustancia química, generalmente dosificada en porcentajes en función al peso del cemento, distinta del agua, los agregados, el cemento y los refuerzos de fibra, que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del concreto, y se agrega en conjunto antes y durante del proceso de mezclado, con el fin de modificar alguna o algunas de sus propiedades físicas, de tal manera que el material se adapte mejor a las características requeridas por la obra o necesidades del constructor. (Rivera L., 2013)

Empleo

Según Torres Alayo (2004), la decisión sobre el empleo de aditivos debe considerarse en los casos que:

- Su utilización puede ser la única alternativa para lograr los resultados deseados, como la trabajabilidad, reducción de agua etc.
- Los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

A continuación, se presentan los fines para el uso de aditivos en estado Fresco y Endurecido:

Modificación en estado fresco:

- Para aumentar la trabajabilidad sin incrementar el contenido de agua, o para reducir el contenido de agua con la misma trabajabilidad.
- Para retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Para reducir o evitar el fraguado y crear ligera expansión.
- Para modificar la tasa o capacidad de sangrado, o ambas.
- Para reducir la segregación.
- Para mejorar la bombeabilidad.
- Para reducir la tasa de pérdida de revenimiento.

Modificación en estado endurecido:

- Para retardar o reducir la evolución de calor de hidratación durante el endurecimiento temprano.
- Para acelerar la tasa de desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- Para incrementar la resistencia a la compresión a la tensión o a la flexión).
- Para incrementar la durabilidad o resistencia a condiciones severas de exposición, incluyendo la aplicación de sales descongelantes.
- Para reducir el flujo capilar de agua.
- Para reducir la permeabilidad a los líquidos.
- Para controlar la expansión causada por la reacción álcalis con ciertos constituyentes de los agregados.
- Para incrementar la adherencia del concreto con el refuerzo.
- Para mejorar la resistencia al impacto y a la abrasión.
- Para impedir la corrosión del metal ahogado.

Tipos

Según la ASTM C494 y NTP 334.088, clasifican a los aditivos de la siguiente manera

Tabla 4 Clasificación de los aditivos (ASTM C494, 2017)

TIPO A: Reductor de agua
TIPO B: Retardador de fraguado
TIPO C: Acelerador de fraguado
TIPO D: Reductor de agua y retardador
TIPO E: Reductor de agua y acelerador
TIPO F: Reductor de agua de alto efecto
TIPO G: Reductor de agua de alto efecto y retardador

Fuente: ASTM C494, 2017

Aditivo Reductor de Agua de Alto Efecto.

Conocidos como plastificantes, los reductores de agua proporcionan reducción de la cantidad de agua de por lo menos 5%, siendo de esta forma, posible hacer concretos con menores cantidades de agua para un mismo revenimiento, disminuyendo la relación agua cemento y contribuyendo para aumentar la durabilidad con menor costo aplicado. Los reductores de agua presentan en su composición compuestos como lignosulfonatos, sales de ácido hidroxicarboxílico y polisacáridos. Los aditivos reductores de agua de alto rango o superplastificantes, proporcionan reducción de la cantidad de agua en por menos 12% hasta 40%. Estos aditivos además de permitir una importante reducción de la relación agua/ cemento, pueden también mejorar las propiedades reológicas del concreto. Las principales bases químicas de los aditivos superplastificantes son: Naftaleno, ya sean sales condensados de naftaleno sulfonato (NSFS) o melamina sulfonato (MSfC) y productos base

de policarboxilato (PCE). De forma distinta a los aditivos NSFS y MSFC, la estructura del PCE presenta varias maneras de aplicación. Las propiedades de los PCEs son determinadas por parámetros moleculares dentro de su composición química.

Interacción Química Cemento/Aditivo

Cuando el cemento y agua son mezclados, las partículas finas del cemento en hidratación tienden a la floculación debido a la naturaleza en la polaridad de la molécula del agua y en consecuencia de las fuerzas de atracción de Van der Waals entre las partículas (fuerzas electrostáticas entre regiones de cargas eléctricas opuestas en la superficie del cemento, que resultan del proceso de molienda del clinker o adiciones minerales como escoria, puzolanas o calizas).

Las fuerzas de atracción entre las moléculas de agua y los granos de cemento en hidratación presentan una adhesión fuerte, haciendo que la estructura floculada permanezca intacta durante el proceso de mezcla del concreto. De esta forma, el concreto tendrá un exceso de agua para una misma trabajabilidad, resultando en el aumento de la porosidad y reducción de la durabilidad. La estructura floculada también disminuye el área específica de las partículas del cemento disponible para las reacciones de hidratación. Las reacciones de hidratación empiezan inmediatamente después del contacto entre el agua y cemento. Para que la distribución del agua en la mezcla sea homogénea, las partículas de cemento deben ser defloculadas y dispersas.

La función de los aditivos reductores de agua es dispersar las partículas de cemento en hidratación, liberando el agua retenida entre los granos de cemento aumentando la fluidez de la mezcla. Los reductores de agua se adsorben en la superficie de las partículas de cemento en hidratación, produciendo repulsión entre los granos adyacentes del cemento debido a una combinación de fuerzas electrostáticas, resultando en defloculación, consecuentemente, el agua retenida entre los granos es liberada, aumentando la plasticidad de la mezcla.

Algunos aditivos reductores de agua, como los lignosulfonatos, también pueden disminuir la tensión superficial del agua, aumentando el efecto de “lubricación” de las partículas de cemento.

En los aditivos superplastificantes base policarboxilatos, los efectos estéricos son las principales fuerzas de repulsión. La repulsión estérica resulta de la adsorción de la cadena de polímero en la superficie del cemento y del largo de las cadenas laterales del polímero a partir de la superficie del cemento. Además de esto, los PCEs pueden proporcionar mayores tiempos de permanencia si son comparados con otras tecnologías de reducción de agua, como los lignosulfonatos, NSFS y MSFC debido al efecto de las fuerzas estéricas al ser significativamente más fuertes que las interacciones electrostáticas, presentando generalmente, menores dosis para un mismo revenimiento del concreto (desde 50% hasta 75% de disminución de la cantidad).

Los PCEs proporcionan mayores tiempos de permanencia alineados con una excelente reducción de agua, existe una fuerte tendencia de estos aditivos por reemplazar los aditivos base lignosulfonato en las plantas de concreto, principalmente para proyectos que necesitan de revenimientos arriba de 160 mm y altas resistencias tempranas, ya que estos productos son menos sensibles a los retardos de fraguado y presentan óptimos costos beneficio principalmente con consumos de cemento arriba de 300 kg/m³.

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera influye el aditivo Sika Viscocrete 1300 sobre la flexión, compresión y asentamiento en un concreto de baja permeabilidad para estructuras hidráulicas, Trujillo 2020?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia del aditivo Sika Viscocrete 1300 sobre la flexión, compresión y asentamiento en un concreto de baja permeabilidad para estructuras hidráulicas, Trujillo 2020.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar un concreto de baja permeabilidad según ACI 318-14.
- Determinar el porcentaje necesario a emplear del aditivo Sika Viscocrete 1300, para lograr una mejor resistencia a la compresión, flexión y asentamiento en un concreto de baja permeabilidad.
- Verificar el comportamiento del concreto de baja permeabilidad en estado fresco y endurecido, mediante ensayos mecánicos.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Tabla 5 Hipótesis general

Hipótesis General	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La aplicación de Sika Viscocrete 1300 en un concreto de baja permeabilidad, mejorará las propiedades del concreto para estructuras hidráulicas, Trujillo 2020	Aditivo superplastificante Propiedades mecánicas	Especímenes cilíndricos de concreto.	Mejorará	Trujillo	Año 2020

Fuente: Propia

1.6.2. Hipótesis específicas

Tabla 6 Hipótesis específica 1

Hipótesis Especifica 1	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La norma ACI 318-14, permitirá diseñar un concreto de baja permeabilidad para estructuras hidráulicas, Trujillo 2020	Aditivo superplastificante Propiedades mecánicas	Especímenes cilíndricos de concreto	Permitirá	Trujillo	Año 2020

Fuente: Propia

Tabla 7 Hipótesis específica 2

Hipótesis Especifica 2	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
La adición del aditivo Sika Viscocrete 1300 a los porcentajes de 0.6%, 0.8 % y 1% mejoraran las propiedades mecánicas del concreto de baja permeabilidad, Trujillo 2020	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Aditivo superplastificante	Especímenes cilíndricos de concreto.	Permitirá	Trujillo	Año 2020
	Propiedades mecánicas				

Fuente: Propia

Tabla 8 Hipótesis específica 3

Hipótesis Especifica 3	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
La adición de Sika Viscocrete 1300 mejorará las propiedades mecánicas en estado fresco y endurecido, Trujillo 2020	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Aditivo superplastificante	Especímenes cilíndricos de concreto.	Mejorará	Trujillo	Año 2020
	Propiedades mecánicas				

Fuente: Propia

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental, cuasi experimental con diseño de pos prueba única y grupos intactos porque manipula intencionalmente las variables, aplicando una prueba experimental (muestras patrón) para después añadir el aditivo en distintos porcentajes, el cual se analizará la reacción de Sika Viscocrete 1300-HE en las propiedades mecánicas del concreto. Siendo de diseño experimental, cuasi experimental post prueba única y grupos intactos, porque se controla la cantidad de aditivo a usar en la mezcla de concreto considerando los límites fijados por la ficha técnica del aditivo para analizar los resultados en la resistencia a la flexión, resistencia a la compresión y asentamiento (slump)

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.3.Población

Todos los concretos de baja permeabilidad según ACI 318 – 14 en la ciudad de Trujillo en el año 2020

2.3.1. Muestra

El tipo de muestreo a usar para la investigación es probabilístico estratigráfico, dado que permite obtener subgrupos de la población, la cual es objeto de estudio y cada estrato pertenece a un grupo establecido.

Tabla 9 Cantidad de muestras

Adición de aditivo según hipótesis	Ensayos		
	Compresión	Flexión	Asentamiento
Patrón	18	2	2
0.6%	18	2	2
0.8%	18	2	2
1%	18	2	2
Probetas por ensayo	72	8	8
TOTAL		88	

Fuente: Propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas:

La técnica por utilizar en el siguiente proyecto, será la observación porque mediante ésta se analizarán y detallarán las fallas encontradas en los ensayos realizados, asimismo, se podrá observar el comportamiento de las probetas y predecir el estado de la mezcla en su vida útil. La tesis requiere la observación minuciosa de los cambios que puede presentar la variable dependiente de tal manera que permita obtener la información necesaria para la investigación.

2.4.2. Instrumentos:

La información necesaria para el desarrollo de esta tesis se obtendrá mediante fuentes secundarias como: Normas nacionales e internacionales (ASMT, ACI, NTP), Documentos de investigación tanto nacionales como internacionales (Tesis), artículos, sitios web, libros, revistas, informes, blogs los cuales serán citados y estarán mencionados en referencias bibliográficas. Con el propósito de realizar un correcto análisis de las variables con la información recolectada y poder cumplir con lo planificado para esta investigación.

2.4.3. Análisis de Datos:

➤ Análisis Documental:

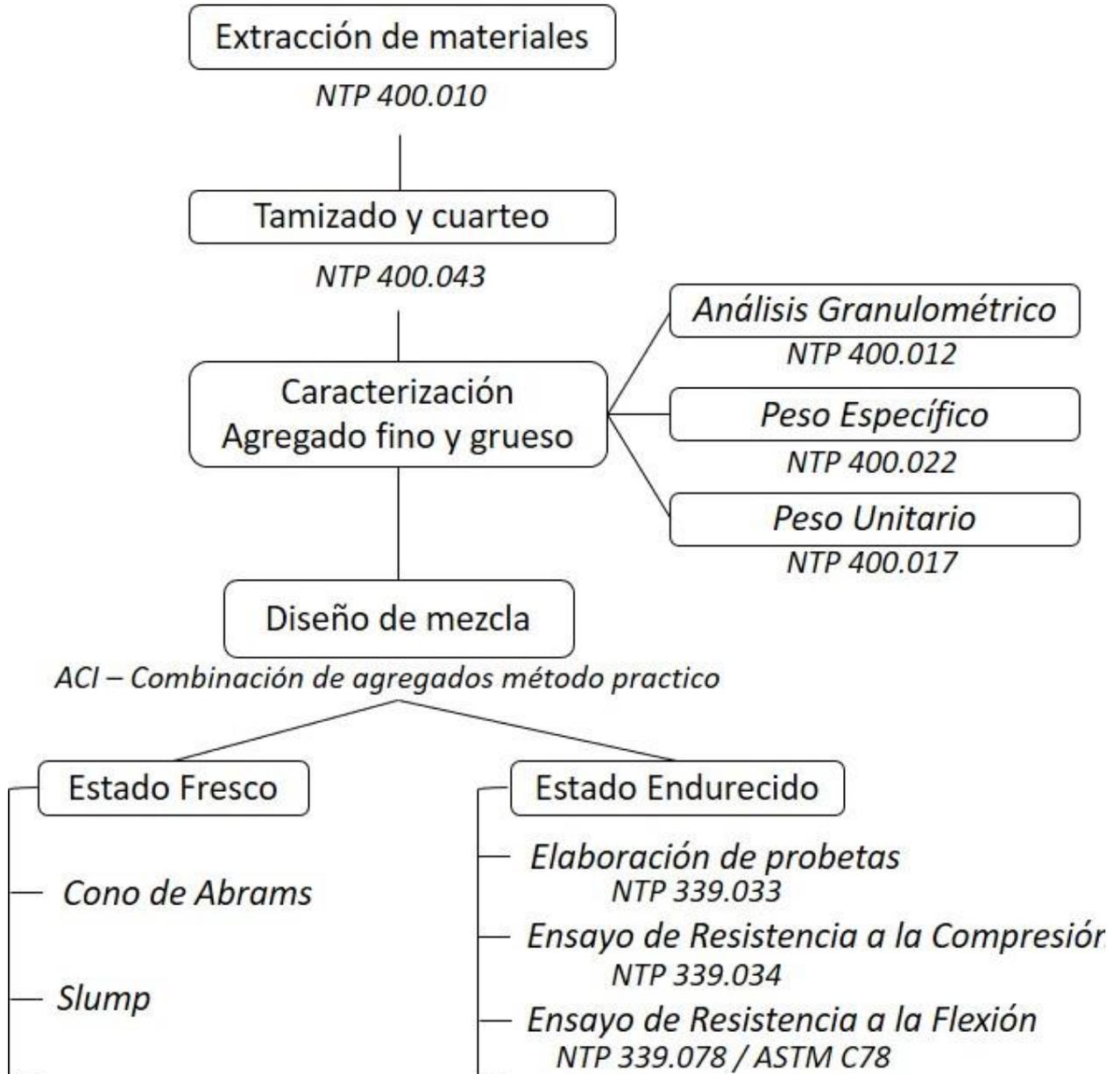
Los datos se recolectarán de fuentes secundarias como: Tesis (tanto nacionales como internacionales), Normas (ACI, ASTM y NTP), Artículos, Sitios Web, Libros, Documentos, Revistas, Blogs, Informes, entre otros; los cuales son citados y están mencionados en las referencias bibliográficas. Con el fin de utilizar la información recolectada para el correcto análisis de las variables y poder cumplir con el propósito de la investigación.

➤ Ensayos de Laboratorio:

Esta técnica mencionada es la principal con la cual se llevará a cabo la recolección de datos; los ensayos a los testigos de concreto convencional que se realizarán en esta investigación son: Resistencia a la Compresión a los 3 días, 7 días y 28 días basándonos en la NTP 339.034/ASTM C39, Ensayo de Tiempo de Fraguado de acuerdo con la NTP 339.082/ASTM C403 y Ensayo de Consistencia conforme a la NTP 339.035/ASTM C143. Todos estos ensayos son realizados para poder ver la influencia de los acelerantes en el concreto según la Norma ASTM C494.

Los datos obtenidos en los ensayos mencionados serán colocados en tablas de resumen.

2.5. Procedimiento



2.5.1. Caracterización de agregado

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)

- Se pesa tres muestras de agregado fino de 1000gr cada una. Luego se obtiene el peso de cada tamiz. (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo)
- Luego se coloca los tamices desde un diámetro mayor a menor (comenzando desde la N°4 hasta la N°200), que posteriormente permita efectuar el tamizado manual, durante un tiempo determinado, hasta que nos permita obtener un peso constante en cada tamiz.
- Al terminar el tamizado manual se procede a pesar la cantidad retenida de agregado en cada uno de los tamices incluyendo el fondo, en una balanza analítica con una aproximación de 0.1 gramos.
- Luego se procede a verificar la masa total con la colocación de la muestra sobre cada tamiz. Si existe una diferencia mayor a 0.3% sobre la muestra original seca, este valor no se podrá usar como muestra a ensayar.
- Este procedimiento se realiza tres veces y posteriormente se calcula el módulo de finura con la siguiente formula:

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ}4,8,16,30, 50,100)}{100}$$

Ecuación 1 Modulo de finura

Tabla 10 Esquema de análisis granulométrico del agregado fino

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra (gr)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4							
N° 8							
N° 16							
N° 30							
N° 50							
N° 100							
N° 200							
Fondo							
Sumatoria							
M.F							

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP. 400.012)

- Se pesa tres muestras de agregado grueso de 2000gr cada uno para luego ensayarlas.
- Se obtiene el peso de cada tamiz. (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8 y fondo)
- Después se procede a colocar los tamices de mayor a menor (de 2" hasta la N°8), para que se proceda a realizar el tamizado de forma manual.
- Para finalizar, se pesa la cantidad retenida en cada uno de los tamices, así como en el fondo, en una balanza analítica de 0.1 gramos, se realiza el mismo procedimiento tres veces.

Tabla 11 Esquema de granulometría del agregado grueso

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz + muestra (gr)	Peso de muestra retenida (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 2"						
N° 1 1/2"						
N° 1"						
N° 3/4"						
N° 1/2"						
N° 3/8"						
N° 4						
N° 8						
Fondo						
Sumatoria						
a						
TMN						
TM						

Esquema de Granulometría del agregado grueso

- **TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:** Es la menor malla por la cual pasa

Material	Número	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra Natural (gr)	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Peso de la Muestra Natural (gr) "Ph"	Peso de la Muestra Seca (gr) "Ps"	Humedad (%)
Agregado	E1						
	E2						
	E3						
Promedio							

la mayor parte del agregado. La malla que corresponda al tamaño máximo nominal debe retener entre 5% a 15% del agregado.

- **TAMAÑO MAXIMO:** Malla superior al tamaño máximo nominal. Además, para el cálculo del % que Pasa, % Peso Retenido y % Retenido Acumulado se usan las siguiente formulas:

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Ecuación 2 Porcentaje retenido

$$\% \text{Retenido Acumulado} = [\sum \% \text{Retenido}] + \text{anterior}$$

Ecuación 3 Porcentaje retenido acumulado

$$\% \text{Que Pasa} = [100 - \% \text{Ret. Acumulado}]$$

Ecuación 4 Porcentaje que pasa

Tabla 12 Esquema de porcentaje de humedad

Esquema de porcentaje de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA AGREGADO FINO Y GRUESO (NTP 339.185)

- Se obtiene el peso de las tres taras que se van a utilizar para cada muestra de agregado fino que va a utilizar (1000gr) y de igual manera, para tres taras adicionales para el agregado grueso (2000gr).
- Se colocan las muestras en cada tara, luego se pesan en estado natural. (Ph)
- Luego se coloca al horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas y se obtiene el peso seco. (Ps)
- Todo este procedimiento se realiza para el agregado grueso como fino. Para obtener el contenido de humedad, se obtendrá mediante la siguiente formula:

$$W\% = \left[\frac{Ph - B}{Ps} \right] \times 100$$

Ecuación 5 Porcentaje de humedad

Ph: Pes natural de la muestra

Ps: Peso seco de la muestra

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO PARA AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO (NTP 400.017)

- Se obtiene el peso del molde vacío.
- Se vierte agua en el molde hasta que quede completamente lleno, luego se toma el peso lo cual nos sirve para poder calcular el volumen (m^3) del molde.
- Luego se vierte la muestra del agregado en el molde a una altura promedio de 15 cm a partir del borde superior del recipiente, hasta que esté completamente lleno.
- Para el caso del peso unitario compactado se realiza en 3 capas iguales de agregado en el molde, cada una de estas capas se compactan uniformemente en todo el recipiente con una varilla normada 25 veces y se golpea 25 veces por cada capa compactada con un martillo de goma de 500 gr de forma circular y para finalizar se enraza la superficie.
- Para el peso suelto se vierte el agregado en el recipiente, sin compactación.

$$PUS S = \frac{\text{Peso del agregado suelto} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Ecuación 6 Peso Unitario suelto seco

$$PUS C = \frac{\text{Peso del agregado compactado} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Ecuación 7 Peso unitario compactado

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}}$$

Ecuación 8 Volumen

Tabla 13 Volumen del molde de peso unitario según temperatura

Temperatura (°C)	Densidad del agua (g/cm ³)
10	0.99997026
11	0.99996084
12	0.9995004
13	0.9993801
14	0.9992474
15	0.9991026
16	0.998946
17	0.9987779
18	0.9985986
19	0.9984082
20	0.9982071
21	0.9979955
22	0.9977735
23	0.99754115
24	0.9972995
25	0.9970479
26	0.996968
27	0.9965162
28	0.9962365
29	0.9959478
30	0.9956502

Volumen del molde de peso unitario según temperatura

Tabla 14 Esquema del volumen de molde

N°	Peso del molde (kg)	Peso del molde + agua (kg)	Peso del agua (kg)	Factor del agua (kg/m ³)	Volumen del molde (m ³)
M1					
M2					
M3					
Promedio					

Esquema del volumen de molde

Tabla 15 Esquema de peso unitario suelto y compactado de los agregados

Muestra	N°	Peso del molde	Peso molde + muestra suelta (kg)	Peso molde + muestra compactada (kg)	Peso de la muestra suelta (kg)	Peso de la muestra compactada (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario suelto (kg/m ³)	Peso unitario compactado (kg/m ³)
AGREGA DOS	M1								
	M2								
	M3								

Esquema de Peso unitario suelto y compactado de los agregados

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN PARA AGREGADO GRUESO (NTP 400.021.2013)

- Para iniciar este ensayo se tiene que obtener la muestra por cuarteo.
- Después se procede a sumergir la muestra en agua durante 24 horas.
- Luego de ese periodo se saca la muestra y se realiza un secado superficial, posteriormente se tamiza por la malla N° 4 para eliminar material fino.
- Se obtiene el peso de la muestra saturada (B)
- Luego se obtiene el peso suspendido mediante una canasta metálica suspendida a una temperatura de 20°C (C)
- Para finalizar el ensayo se tiene que secar la muestra a una temperatura de 100°C ± 5°C en el horno, para así poder obtener el peso seco. (A)
- Para obtener la gravedad específica y absorción se utilizan las siguientes formulas.

$$\text{Densidad seca} = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación 9 Densidad seca

$$\text{Densidad saturada superficialmente seca} = \frac{B}{B - C}$$

Ecuación 10 Densidad saturada superficialmente seca

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Ecuación 11 Densidad aparente

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100 (\%)$$

Ecuación 12 Porcentaje de absorción

Tabla 16 Esquema de gravedad específica y absorción para agregado grueso

Material	Número	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr) "A"	Peso de la Muestra Saturada con superficie Seca (gr) "B"	Peso de la Muestra Sumergida en Agua (gr) "C"	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/ml)	Densidad Aparente (gr/ml)
Agregado Grueso								
Promedio								

Esquema de Gravedad Específica y Absorción para Agregado Grueso

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN PARA AGREGADO FINO (NTP 400.022.2013)

- Para iniciar este ensayo se tiene que obtener la muestra por cuarteo, utilizando aproximadamente 1000 del material obtenido, después se procederá a saturar la muestra durante 24 horas.
- Después se toma la muestra la cual se debe colocar en una bandeja metálica que será colocada sobre una cocina pequeña para secarla uniformemente hasta que la muestra llegue a un estado superficialmente seco.
- Luego se tiene que utilizar un cono con un diámetro superior de 40 mm y diámetro inferior 90 mm, un pisón de diámetro de 25 mm y un peso de 340 gramos. Al utilizar el cono se tiene que llenar en tres capas iguales y con el pisón compactar con 25 golpes por cada capa.
- Luego se procede a quitar el cono verificando que la muestra se derrumbe 1/3 del total de la muestra, de esta manera queda demostrado que el agregado se encuentra en una condición saturada superficialmente seca. En caso no se cumpla con lo mencionado anteriormente, se procede a realizar nuevamente el mismo procedimiento.

- Después se llena la fiola hasta 500 ml (B) y obtenemos el peso, luego se vierte la muestra en la fiola y se llena con agua hasta 500 ml.

A continuación, se comienza a rodar la fiola durante un minuto o el tiempo necesario, con el fin de eliminar las burbujas de aire.

- Obtenemos el peso de la fiola con agua y la muestra agregada (C), luego se deja reposar para que la muestra se asiente, seguidamente se bota el agua y la muestra se coloca en un recipiente (D) el cual se colocara en el horno a 100 C° aproximadamente 24 horas.
- Para concluir este ensayo se obtiene el peso seco de la muestra el horno (A).
- Para obtener el peso específico y absorción se utilizan las siguiente formulas.

$$\text{Densidad seca} = \frac{A}{B + D - C}$$

Ecuación 13 Densidad seca

$$\text{Densidad saturada superficialmente seca (S.S.S)} = \frac{B}{B + D - C}$$

Ecuación 14 Densidad saturada superficialmente seca

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

Ecuación 15 Densidad aparente

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{D - A}{A} \right) \times 100$$

Ecuación 16 Porcentaje de absorción

Tabla 17 Esquema de gravedad específica y absorción para agregado fino

Material	Número	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr) "A"	Peso de Fiola + agua (gr) "B"	Peso de Fiola + agua + Muestra (gr) "C"	Peso de la Muestra Saturada (gr) "D"	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/ml)	Densidad Aparente (gr/ml)
Promedio									

Esquema de Gravedad Específica y Absorción para Agregado Fino

2.5.2. Diseño de mezcla

EL DISEÑO DE MEZCLA SE REALIZARÁ POR EL MÉTODO ACI 211 – COMBINACIÓN DE AGREGADO MÉTODO PRACTICO

Para el desarrollo de este método se debe tener distintos datos como, por ejemplo:

- Definir el tipo de cemento a utilizar y determinar el peso específico del mismo.
- Determinar los módulos de finura del agregado fino y grueso mediante el ensayo granulométrico.
- Definir la relación agua cemento para el diseño ha realizar, lo cual se obtendrá mediante el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el asentamiento requerido que tendrá la mezcla de concreto.
- Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el aire incorporado.
- Las cantidades que se determinarán mediante este método están en función a un metro cubico, de esta manera se obtiene la cantidad de bolsas a utilizar y se podrá definir el coeficiente “m”, este factor permitirá calcular el porcentaje de agregado fino. Para obtener este factor se utilizará la siguiente formula.

$$\% Af = \left(\frac{Mfa. g - m}{Mfa. g - Mfa. f} \right) \times 100$$

Ecuación 17 Porcentaje de agregado fino

$$\% Ag = (1 - \%Af) \times 100$$

Ecuación 18 Porcentaje de agregado grueso

2.5.3. Concreto en estado fresco

ENSAYO DE CONSISTENCIA (ASTM C143)

- Se procede a humedecer el Cono de Abrams para poder colocarlo sobre una plataforma plana, rígida, humedad y no absorbente.
- Se debe sujetar las azas inferiores firmemente con los pies y llenar con la muestra de concreto en tres capas, cada capa se debe llenar a un tercio del volumen total del molde aproximadamente.
- Se debe compactar cada capa con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente. Los golpes deben ser de forma espiral hacia el centro. Para la compactación de la capa inferior del molde, se debe inclinar ligeramente la varilla.
- Cuando se termina de llenar la capa superior, se debe apilar concreto adicional antes de proceder a compactar. En todo momento se debe tener concreto adicional en la parte superior de tal manera que nos permita compactar y enrazar el concreto al nivel del borde de la superficie. Luego de terminar el proceso de llenado y compactado, inmediatamente se procede a retirar el molde de forma vertical. El tiempo que se debe tener en cuenta es entre 5 a 10 segundos.
- El procedimiento completo se debe realizar en un tiempo máximo de 2 minutos y 30 segundos. Considerando como máximo 5 minutos después de haber obtenido la muestra.
- Inmediatamente se mide el asentamiento desde la altura del molde y la altura medida sobre el centro original superior del espécimen.

Tabla 18 Esquema de asentamiento del concreto

Asentamiento del concreto		
Especímenes	Consistencia	Slump
Patrón		
0.6		
0.8		
1		

Esquema de Asentamiento del concreto donde se agregarán los datos de consistencia y slump, obtenidos en laboratorio.

Tabla 19 Consistencia del concreto

Consistencia del cono	
Consistencia	Asentamiento
seca	0 - 2
plástica	3 - 5
blanda	6 - 9
fluida	10 - 15
liquida	≥ 16

Consistencia del concreto según el asentamiento obtenido en laboratorio

2.5.4. Concreto en estado endurecido

ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS (NTP 339.033)

- Después de pesar cada material según el diseño, se pasa a mezclar en el trompo.
- Para comenzar se añade el agregado grueso y una parte del agua, luego se enciende para que posteriormente se añada el agregado fino, el cemento y el agua que resta del total con la mezcladora funcionando.
- Se mezcla el concreto durante un tiempo de 3 minutos, luego 3 minutos de descanso y para finalizar se mezcla durante 2 minutos.
- Para la elaboración de probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm se realiza en dos capas, también se debe tener un cucharón que permita vaciar debidamente la mezcla de concreto en probetas cilíndricas bien aceitadas. En caso se realice de manera manual se necesita un mazo de goma y varilla compactadora. También se puede compactar de forma mecánica mediante una mesa vibratoria.
- Luego de obtener las probetas debidamente llenas, se cubren con un material plástico para evitar la pérdida de humedad.
- Después de las 24 horas cumplidas, se retiran los moldes.
- Para finalizar se introducen las probetas en la posa de curado la cual está compuesta por agua e hidróxido de calcio (cal), teniendo en cuenta que deben estar cubiertas completamente manteniendo una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

NORMA PARA UTILIZACIÓN DE CABEZALES CON ALMOHADILLAS DE NEOPRENO (NTP 339.216)

- Las almohadillas tienen que tener un espesor de $13 \text{ mm} \pm 2\text{mm}$ y un diámetro de 2 mm menor que el diámetro interior del anillo de retención como mínimo.
- Verificar que las almohadillas estén en perfectas condiciones, si en caso se encuentren agrietados o fracturados con una longitud mayor a 10 mm sin importar la profundidad, serán reemplazados.
- Procurar limpiar el anillo de retención y las almohadillas.
- Identificar si la prensa hidráulica cuenta con una rejilla de protección, ya que cuando se genera la presión en las probetas con las almohadillas incorporadas, esta será más violenta.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)

- Para el desarrollo de este ensayo se necesita una prensa hidráulica la cual será operada manualmente y graduada a una velocidad de 2.40 ± 0.05 KN/seg.
- Se procede a retirar las probetas de la posa de curado según los días a ensayar 3 días, 7 días y 28 días.
- Obtenemos las medias de cada probeta como altura y diámetro.
- Verificamos que las superficies estén completamente libres de impurezas y de igual manera con la prensa hidráulica.
- Luego se colocan las probetas en el cetro de la prensa mecánica.
- Se aplica la carga de forma continua a una velocidad de 2.40 ± 0.05 KN/seg hasta que se produzca la rotura del espécimen.
- Para calcular la resistencia a la compresión se calculará a través de las siguientes formulas.

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

Ecuación 19 Calculo de resistencia a la compresión

$$A = \frac{\pi x d^2}{4}$$

Ecuación 20 Área

Tabla 20 Esquema de resistencia a la compresión

Tiempo	% de Adición	Testigo	Dimensiones		Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					

Fuente: Propia

ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CÚBICOS (NTP 339.033)

- Luego de preparar la mezcla y esté listo, se procede a conformar las viguetas cuya dimensión según norma es de 50 cm de longitud, 15 de altura y 15 cm de ancho.
- Se procede a vaciar la mezcla hasta la mitad del molde y se da 20 golpes con el martillo de goma alrededor del molde. Se termina de llenar el molde con el mismo procedimiento anterior de tal manera que al finalizar el vaciado se pueda nivelar haciendo uso de la varilla.
- Después de haber llenado la viga, se cubre con material plástico para evitar la pérdida de humedad.
- Luego de haber pasado las 24 hora después de la conformación de las probetas, se procede a retirar los moldes.
- Para culminar el ensayo, se colocan las probetas en la posa de curado que está conformado por agua e hidróxido de calcio (cal) manteniendo una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078)

- Después de haber cumplido el tiempo de 28 días dentro de la poza de curado, se procede a retirar las probetas.
- Ensayar las probetas lo más pronto posible y marcar los puntos donde será apoyada.
- Obtener las dimensiones de las probetas y su peso correspondiente.
- Se coloca la probeta en la maquina con la ayuda del encargado capacitado para que el procedimiento se realice correctamente.
- Se aplica la carga con una velocidad constante hasta que la probeta falle, es allí donde se anota la carga máxima que ha fracturado el espécimen y se verifica si la grieta está dentro del tercio medio o afuera.
- Se debe considerar obtener tres valores de cada punto señalado anteriormente como, las dimensiones, peso, valor máximo y las zonas donde se ha generado la falla.
- Para calcular el módulo de rotura de la vigueta, se utilizan las siguiente formulas.

- Falla a un tercio medio, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Mr = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

Ecuación 21 Módulo de rotura

- Falla fuera del tercio medio a una distancia menor del 5% de longitud entre los apoyos de acero:

$$Mr = \frac{3 \times P \times a}{b \times h^2}$$

Ecuación 22 Módulo de rotura

- Si en caso la falla ocurra fuera del tercio medio, a una distancia mayor al 5% de la longitud entre apoyos, los datos obtenidos serán desechados.

Tabla 21 Esquema de resistencia a la flexión

% de Adición	Testigos	Altura (cm)	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Luz libre (cm)	Carga (KN)	Resistencia (kg/cm ²)	Media (kg/cm ²)
--------------	----------	-------------	------------	---------------	----------------	------------	-----------------------------------	-----------------------------

Esquema de Resistencia a la Flexión

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 22 Resultados de resistencia a la compresión del concreto con A/C 0.50 a 3 días, 7 días y 28 días con todos los diseños de mezcla.

Porcentaje de Adición (%)	3 DIAS			7 DIAS			28 DIAS		
	Testigo	Resiste. (kg/cm ²)	Media	Testigo	Resiste. (kg/cm ²)	Media	Testigo	Resiste. (kg/cm ²)	Media (kg/cm ²)
Patron	P-0-3-1	128	137	P-0-7-1	212	221	P-0-28-1	304	299
	P-0-3-2	146		P-0-7-2	246		P-0-28-2	305	
	P-0-3-3	145		P-0-7-3	237		P-0-28-3	302	
	P-0-3-4	134		P-0-7-4	222		P-0-28-4	305	
	P-0-3-5	135		P-0-7-5	203		P-0-28-5	292	
	P-0-3-6	131		P-0-7-6	206		P-0-28-6	285	
0.6%	A-0.6-3-1	145	145	A-0.6-7-1	226	237	A-0.6-28-1	304	313
	A-0.6-3-2	139		A-0.6-7-2	233		A-0.6-28-2	315	
	A-0.6-3-3	144		A-0.6-7-3	226		A-0.6-28-3	301	
	A-0.6-3-4	148		A-0.6-7-4	241		A-0.6-28-4	299	
	A-0.6-3-5	141		A-0.6-7-5	248		A-0.6-28-5	342	
	A-0.6-3-6	155		A-0.6-7-6	248		A-0.6-28-6	315	
0.8%	A-0.8-3-1	151	150	A-0.8-7-1	227	232	A-0.6-28-1	303	311
	A-0.8-3-2	147		A-0.8-7-2	223		A-0.6-28-2	294	
	A-0.8-3-3	141		A-0.8-7-3	221		A-0.6-28-3	298	
	A-0.8-3-4	158		A-0.8-7-4	233		A-0.6-28-4	340	
	A-0.8-3-5	145		A-0.8-7-5	240		A-0.6-28-5	305	
	A-0.8-3-6	160		A-0.8-7-6	245		A-0.6-28-6	328	
1.0%	A-1-3-1	146	155	A-1-7-1	240	248	A-1-28-1	355	338
	A-1-3-2	153		A-1-7-2	263		A-1-28-2	321	
	A-1-3-3	157		A-1-7-3	231		A-1-28-3	348	
	A-1-3-4	156		A-1-7-4	255		A-1-28-4	337	
	A-1-3-5	152		A-1-7-5	245		A-1-28-5	343	
	A-1-3-6	163		A-1-7-6	256		A-1-28-6	325	

Fuente: Propia

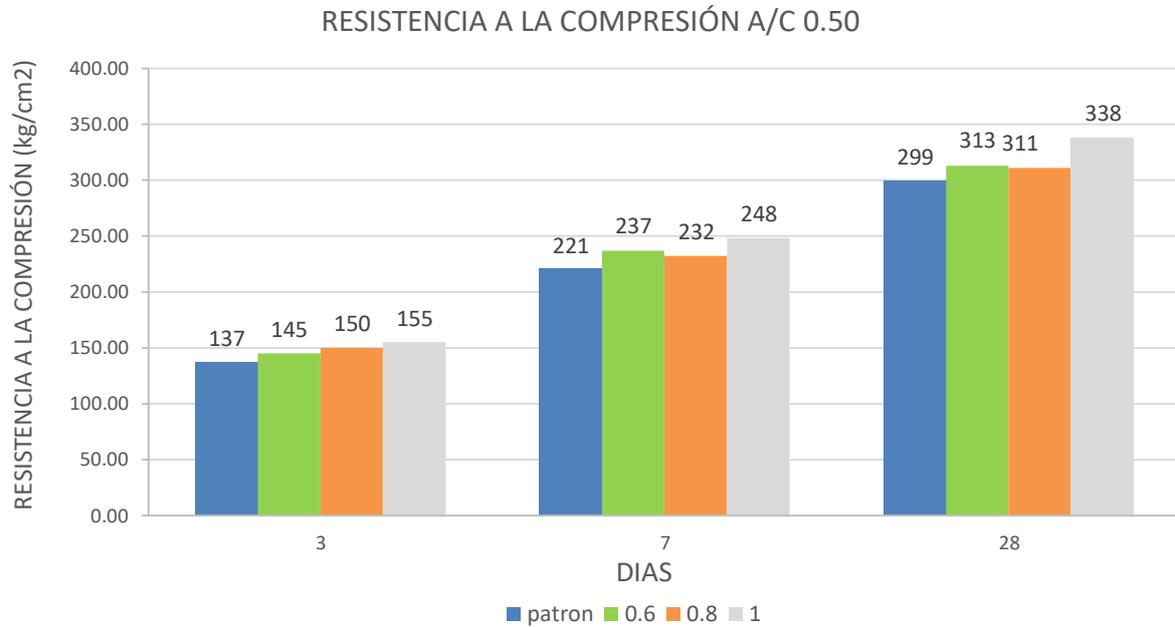


Figura 3 Resistencia a la compresión a 3 días, 7 días y 28 días con aditivo Sika Viscocrete 1300 a un 0.60%, 0.80%, 1.00% y muestra patrón

% DE ADICION	TESTIGOS	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	LONGITUD (cm)	LUZ LIBRE (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (kg/cm2)	MEDIA
PATRON	V-P-28-1	14.65	15	50.4	45	3075	42.98	42.47
	V-P-28-2	14.83	14.72	49.85	45	3018	41.95	
0.60%	V-0.6-28-1	14.74	14.95	50.1	45	3132	43.39	42.73
	V-0.6-28-2	14.92	14.93	50.6	45	3107	42.07	
0.80%	V-0.8-28-1	14.83	14.91	50.2	45	3129	42.94	43.02
	V-0.8-28-2	14.93	15	49.95	45	3203	43.11	
1.00%	V-1-28-1	14.95	14.96	49.89	45	3387	45.58	44.62
	V-1-28-2	14.86	15.92	49.91	45	3410	43.65	

Fuente: Propia

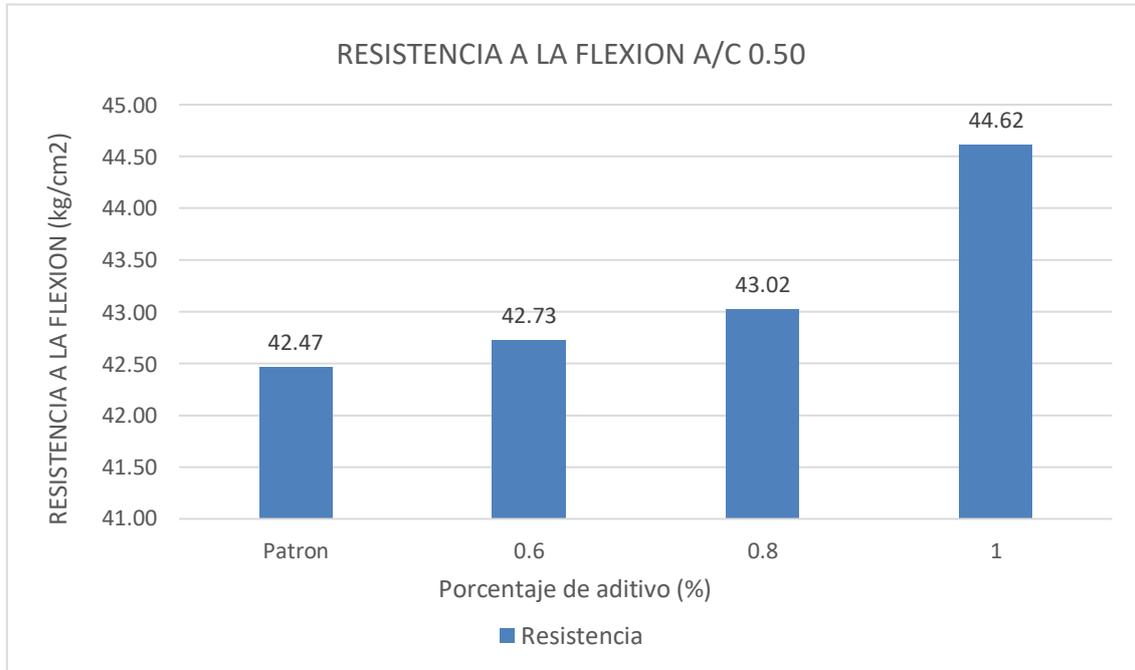


Figura 4 Resistencia a la flexión del concreto con A/C 0.50 a 3 días, 7 días y 28 días con todos los diseños de mezcla

-4

Tabla 23 Asentamiento del concreto según el diseño de mezcla de A/C 0.50

Asentamiento del concreto		
Especímenes	Consistencia	Slump (plg)
PATRON	Plástica	4
0.60	Plástica	5
0.80	Blanda	6
1.00	Blanda	8

Fuente: Propia

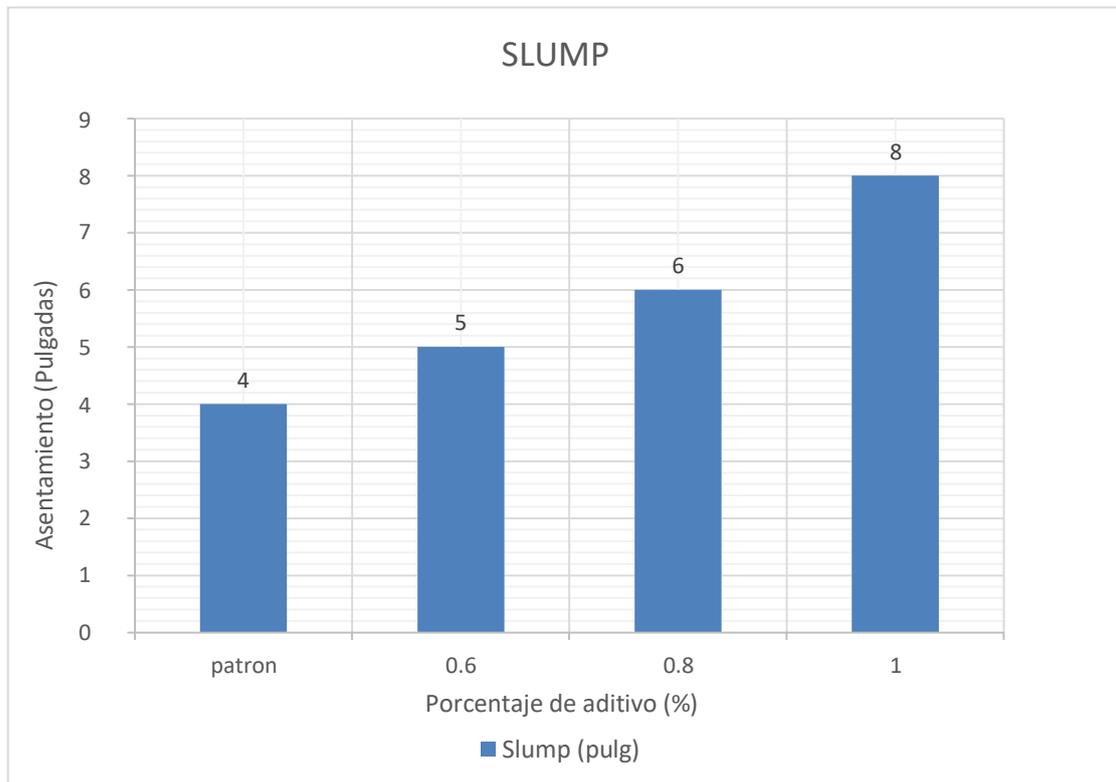


Figura 5 Resultados del asentamiento del concreto con una A/C 0.50 según porcentaje de aditivo

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

➤ Resistencia a la compresión.

Es la característica principal del concreto, se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) para una estructura establecida. En este caso se elaboraron probetas con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 para estructuras hidráulicas. Siendo un total de 72 probetas cilíndricas de $4'' \times 8''$ para las edades de 3 días, 7 días y 28 días con una relación agua / cemento de 0.50. La mezcla patrón obtuvo una resistencia de 137 kg/cm^2 , 221 kg/cm^2 y 299 kg/cm^2 . Con la incorporación del aditivo Sika Viscocrete 1300 – HE se obtiene un incremento de la resistencia a la compresión respecto a la mezcla patrón. La mezcla patrón con la adición del 0.6% del aditivo superplastificante obtuvo una resistencia de 145 kg/cm^2 , 237 kg/cm^2 y 313 kg/cm^2 . Para 0.8% del aditivo se obtuvo 150 kg/cm^2 , 232 kg/cm^2 y 311 kg/cm^2 . Y para 1% se obtuvo una resistencia de 155 kg/cm^2 , 248 kg/cm^2 y 338 kg/cm^2 .

Se observó que la presencia del aditivo es notoria por el incremento de la resistencia, sin embargo, el incremento a los 7 días no es la adecuada en comparación a la edad de 28 días. Estos parámetros no coinciden en su totalidad según la investigación que realizó Reina C., Juan C. (2010), donde menciona que a 7 días se debe obtener una resistencia a la compresión entre 85% - 104%. Los porcentajes de aditivo que cumplen con estos parámetros es de 0.6% con 85% y 1% con 88% según los parámetros mencionados. Por otro lado, la resistencia a la compresión a los 28 días tiene que llegar entre 100% - 122%; en este caso las mezclas con las adiciones al 0.6% tiene un porcentaje de 112%, la adición de 0.8% al 111% y la máxima resistencia adquirida es del 1% con 121%.

La adición al 0.8% no cumple con lo establecido según los parámetros que menciona Reina C., Juan C. (2010), existen distintos factores por lo cual no se ha podido llegar a las condiciones adecuadas como, por ejemplo, factores asociados a los aditivos (comportamiento – efecto fluidificante), dentro de ellos está la dosificación y la composición química. Además, el factor asociado al cemento como su finura, composición química y presencia de minerales es otro punto a considerar. Y los factores asociados a las condiciones del ensayo es muy notable, dentro de ellos están el tiempo y la temperatura.

Esto coincide con los datos mencionados en la investigación de Hernán C., Rene A. (2018) donde hacen mención a los factores por lo cual las resistencias a la compresión pueden verse afectado aun, cuando se adicione algún tipo de aditivo superplastificante.

➤ **Asentamiento (slump)**

Se entiende que la trabajabilidad de un concreto actúa como un esfuerzo requerido para transportar, colocar, compactar y dar acabados, siempre y cuando se encuentre en estado fresco. Teniendo en cuenta la cohesión de la mezcla la cual está determinado por un alto contenido de agua el cual puede presentar segregación. Si bien es cierto, para obtener una buena trabajabilidad se debe considerar en el diseño de la misma, las características de las materias primas como, los agregados de los cuales se debe saber su granulometría, determinar el tipo de aditivo y la dosificación a emplear. También tener en cuenta que cantidad de agua se utilizara para la mezcla y el cemento. Si bien es cierto la aplicación de aditivos superplastificantes ayudan a mejorar las propiedades del concreto, es el caso del asentamiento o trabajabilidad, la cual influye de manera significativa.

En este caso se obtuvieron 4 valores distintos de slump; para la mezcla patrón un slump de 4”, con 0.6 % de aditivo un slump de 5”, para 0.8% un slump de 6” y para 1 % de aditivo superplastificante un slump de 8”. Si bien es cierto, los porcentajes de aditivos pueden aumentar de tal manera que se

pueda llegar al slump necesario, pero los porcentajes de aditivos aplicados a esta investigación están basados en la ficha técnica proporcionada por el fabricante.

El rango de slump entre 4 a 8 pulg cumple con los parámetros establecidos que indica Reina C., Juan C. (2010), con la adición de aditivos superplastificante se obtiene slump de 5 a 8 “siendo lo óptimo, dado que se han utilizado distintos porcentajes de aditivos en función al peso del cemento. Cuando se incorpora aditivos dentro de una mezcla patrón, hay que tener en cuenta el porcentaje de adición ya que, puede haber segregación y afecta directamente a las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Esto genera que las partículas de los componentes se separen y como resultado final no llegue a la resistencia a la compresión del diseño.

El aditivo superplastificante brinda un efecto dispersante temporal, que permite una mejor hidratación de las partículas de cemento y mejoran las características de fluido o reología de la mezcla.

➤ **Resistencia a la flexión**

Se comprende que la resistencia a la flexión es el esfuerzo máximo de la fibra desarrollado en una probeta justo antes de que se agriete o se rompa en un ensayo de flexión. Siendo una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga de concreto no reforzada. Esto nos aproxima a la resistencia mecánica de la pieza en su conjunto, ante agresiones de diferente naturaleza; cargas dinámicas y estáticas, rodaduras e impactos.

Se realizaron testigos para ensayo a flexión, se hicieron 2 muestras por cada dosificación y se ensayó a 28 días.

El ensayo a flexión nos dio como resultado una resistencia a la flexión promedio de 42.47 kg/cm² para las muestras patrón, mientras que para la adición de 0.6% de superplastificante dio un resultado de resistencia a la

flexión promedio de 42.73 kg/cm^2 , las muestras con una adición de superplastificante de 0.8% dio como resultado una resistencia a la flexión promedio de 43.02 kg/cm^2 y las muestras con adición de 1% de superplastificante, nos dio una resistencia a la compresión promedio de 44.62 kg/cm^2 . Por lo tanto, se llega a la conclusión que, en el ensayo de flexión a los 28 días, todas las adiciones: 0.6%, 0.8% y 1% superan la resistencia a la flexión de las muestras patrón. Así mismo, el módulo de rotura experimental de las muestras con adición al 0.6%, 0.8% y 1% son mayores al módulo de rotura teórico de 33.46 kg/cm^2 .

Estos datos coinciden con la investigación de Gómez S. Augusto J. (2014) donde mencionan que el módulo de rotura representa cerca del 10% al 15% de la resistencia a la compresión, así mismo mediante la norma ACI 318 se obtiene un módulo de rotura teórico de 28.98 kg/cm^2 . Además de obtener un módulo de rotura de experimental de 46.60 kg/cm^2 . De esta manera la mezcla resiste mucho mejor a los esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la flexión en todos los elementos, así como los esfuerzos que se dan por cambios de temperatura.

➤ **Análisis estadístico**

Se elaboró el análisis estadístico mediante 3 métodos: Prueba de normalidad (Shapiro Wilk), confiabilidad (Alpha de Cronbach) y el análisis de la varianza (Anova). Mediante este análisis estadístico se puede establecer que el aditivo Sika Viscocrete 1300 – HE tiene significancia en los resultados y de esa manera confirmar o rechazar la hipótesis planteada.

Nunnally y Berstein, (Hogan, 2004), menciona que hablar de confiabilidad del resultado en una investigación es muy importante. Para una investigación se requiere de una confiabilidad moderada, se considera un 80%. Y según Kaplan Sacuzzo (Hogan, 2004) hacen mención respecto al rango de confiabilidad el cual es suficientemente bueno para toda investigación. (entre 70% y 80%)

George y Mallery (2003, p. 231) sugiere mantener un 70 % de confiabilidad para que sea aceptable.

- Ver ANEXOS. Tabla 25 – 33 (Pág. 99 – 10)

4.2 Conclusiones

- Se logró diseñar un concreto de baja permeabilidad bajo los criterios de la norma ACI 318 – 14 ($f'c$ 280 kg/cm², relación agua/cemento 0.50) con los respectivos agregados de la cantera el Milagro y con cemento portland tipo MS.

Teniendo como resultados en las propiedades físicas del agregado fino: Peso específico 2720 kg/m³, porcentaje de absorción 1.2%, porcentaje de humedad 1.8%, módulo de finura 2.8 y peso unitario suelto de 1680 kg/. Y en el agregado grueso: Peso específico 2670 kg/m³, porcentaje de absorción 1.7%, porcentaje de humedad 0.6%, tamaño máximo nominal 3/4" y peso unitario suelto de 1530 kg/m³.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la resistencia a la compresión, flexión y asentamiento; se concluyó que la dosificación del 1% del aditivo superplastificante permite lograr un concreto de mejor desempeño respecto al patrón de ensayo.

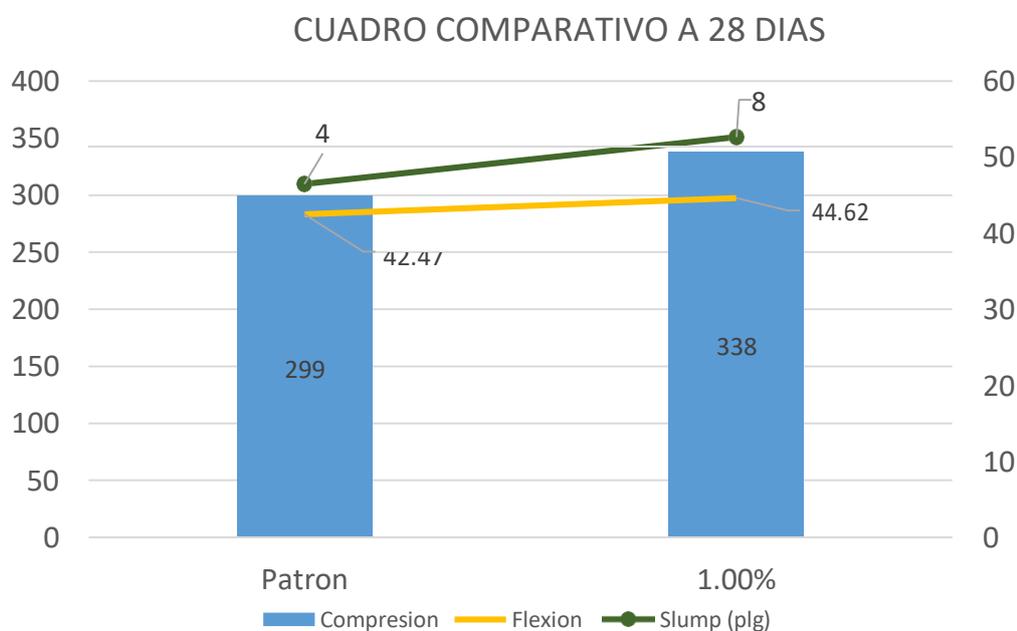


Figura 6 Cuadro comparativo a 28 días – 1.00 % de aditivo respecto a la patrón en flexión, compresión y slump

- En la resistencia a la compresión, el comportamiento del concreto con la adición del 1% del aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1300 – HE con respecto al peso del cemento, obtuvo un incremento del 13.04%, en la trabajabilidad se puede concluir que la incorporación de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1300 – HE en la mezcla de concreto de baja permeabilidad con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ incrementa la trabajabilidad a medida que va cambiando los porcentajes añadidos, siendo el caso al 1 % cuyo slump es de 8". De esa manera mejora la trabajabilidad y maleabilidad de la mezcla.

- En la resistencia a flexión no existe un cambio notable respecto al patrón, sin embargo, la adición del aditivo superplastificante al 1% tiene una diferencia del 5.06% a los 28 días siendo el valor máximo.

REFERENCIAS

- A.Fernández, J. Morales & F. Soto (2016). *Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días.*
- Alarcón H., Edgar S. (2005). *Estudio comparativo de los aditivos superplastificantes utilizados en nuestro medio e influencia en las propiedades del concreto con cemento tipo I, V, IP.*
- Alfonso P. Jaime (2003). *Las obras hidráulicas de concreto en el Perú.*
- Benites Espinoza (2010). *Concreto (hormigón) con cemento Pórtland Puzolánico tipo IP Atlas de resistencias tempranas con la tecnología SIKA Viscocrete 20HE.*
- Bernal D., Daniel. (2017). *Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes.*
- Bustamante R., Iskra. (2017). *Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú.*
- Cementos Pacasmayo, (2015). *Empresa Cementera, descripción de Cemento.*
- Cemex Nicaragua, (2019). *Empresa Cementera, descripción del Cemento.*
- Chan Yam, Solis Carcaño, & Moreno, (2015). *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto.*
- Gómez Domínguez Jorge (2015). *Materiales de Construcción.*

- Gutierrez S., Juan. (2015). *Evaluación de la permeabilidad en diseños de concreto con el uso de aditivos Sika WT-100 y SIKA WT-200 en obras hidráulicas de lima metropolitana.*
- Hernán C., Rene A. (2018). *Influencia del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto $F'C=210$ kg/cm² como alternativa de mejora en los vaciados de techos de vivienda autoconstruidos en Puno.*
- Huarcaya G., Coldie I. (2014). *Comportamiento del asentamiento en el concreto usando aditivo polifuncional sikament 290N y aditivo super plastificante de alto desempeño sika Viscoflow 20E.*
- INEI (2017). *Magnitud y crecimiento poblacional*
- J. Reina, M. Sánchez, E. Solano) “*Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido*”.
- Jhonatan M. Rojas (2014). *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto.*
- Jorge L. Medina (2016). *Estudio sobre tecnologías aplicadas a la mezcla de concreto hidráulico para reducir su permeabilidad al agua e incrementar su durabilidad.*
- Juan R. Cardoza, Marvin S. Blanco & Elmer S. Quintanilla (2010). *Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido.*
- Kemer S. Zarate (2017). *Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para $F_c=175, 210, 245$ kg/cm².*

- L. Garay, C. Quispe. *Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante (reductor de agua de alto rango).*
- Lisandra G. Pichardo & Carol Q. Cotrina (2016). *Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante.*
- Moreno T., Nathalie. (2017). *Efecto del contenido de agua y adición de superplastificantes (sps) sobre la trabajabilidad y resistencia a la compresión de pastas y morteros hechos a base de cemento híbrido (ch).*
- Norma técnica peruana E 0.60 (2009). *Concreto armado.*
- Riva Lopez, (2013). *Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsíllice y nanosíllice con cemento Pórtland tipo I.*
- Rojas, (2014). *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo.*
- Rivera L., (2013). *Análisis del estado plástico y endurecido del concreto usando aditivo superplastificante y la cascara de huevo molido en concretos con hormigón.*
- Reina C., Juan C. (2010). *Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido.*
- Sika at work, Arequipa – Perú (2014). *Puente Chilina.*

- Sika at work N° 9 - Trujillo (2013). *Villa municipal de Trujillo.*
- Torres Alayo, (2004). *Estudio de las propiedades del concreto en zonas frías con aditivos incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua.*
- U. alas peruanas – Tecnología del concreto (2011). *Aditivos y agua para el concreto.*
- Gómez S. Augusto J. (2014). *Determinación del módulo de rotura en vigas de hormigón, fabricado con materiales procedentes de la cantera San Roque para $f'c = 21\text{MPa}$.*
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update (4thed.). Boston: Allyn & Bacon*

ANEXOS



Figura 7 Peso de agregados



Figura 8 Ensayo de agregados



Figura 9 Ensayos de slump



Figura 10 Muestras para ser ensayadas a compresión



Figura 11 Ensayos de caracterización de agregados



Figura 12 Ensayos de resistencia a la compresión



Figura 13 Ensayo de resistencia a la flexión



Figura 14 Ensayo de slump para diferentes porcentajes de adición



Figura 15 Resistencia a la compresión de las diferentes adiciones de Sika Viscocrete 1300

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	4.75	509.20	619.80	110.60	5.53	5.53	94.47
N° 8	2.36	452.70	715.50	262.80	13.14	18.67	81.33
N° 16	1.18	395.00	685.40	290.40	14.52	33.19	66.81
N° 30	0.60	375.00	649.60	274.60	13.73	46.92	53.08
N° 50	0.30	342.50	735.90	393.40	19.67	66.59	33.41
N° 100	0.15	330.00	923.20	593.20	29.66	96.25	3.75
N° 200	0.08	316.10	384.50	68.40	3.42	99.67	0.33
Fondo	0.00	435.30	441.90	6.60	0.33	100.00	0.00
Sumatoria				2000.00	100		
M.F	2.67						

Figura 16 Análisis granulométrico de agregado fino - Muestra 01

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	4.75	508.90	682.50	173.60	8.68	8.68	91.32
N° 8	2.36	452.10	733.30	281.20	14.06	22.74	77.26
N° 16	1.18	394.50	682.70	288.20	14.41	37.15	62.85
N° 30	0.60	374.50	647.50	273.00	13.65	50.80	49.20
N° 50	0.30	342.70	673.10	330.40	16.52	67.32	32.68
N° 100	0.15	329.30	913.30	584.00	29.20	96.52	3.48
N° 200	0.08	315.90	383.70	67.80	3.39	99.91	0.09
Fondo	0.00	435.40	437.20	1.80	0.09	100.00	0.00
Sumatoria				2000.00	100		
M.F						2.83	

Figura 17 Análisis granulométrico de agregados fino - Muestra 02

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	4.75	509.00	703.20	194.20	9.71	9.71	90.29
N° 8	2.36	452.80	729.00	276.20	13.81	23.52	76.48
N° 16	1.18	395.00	690.20	295.20	14.76	38.28	61.72
N° 30	0.60	374.80	653.80	279.00	13.95	52.23	47.77
N° 50	0.30	342.40	834.00	491.60	24.58	76.81	23.19
N° 100	0.15	329.80	749.60	419.80	20.99	97.80	2.20
N° 200	0.08	316.10	357.30	41.20	2.06	99.86	0.14
Fondo	0.00	435.20	438.00	2.80	0.14	100.00	0.00
Sumatoria				2000.00	100		
M.F						2.98	

Figura 18 Análisis granulométrico de agregado fino - Muestra 03

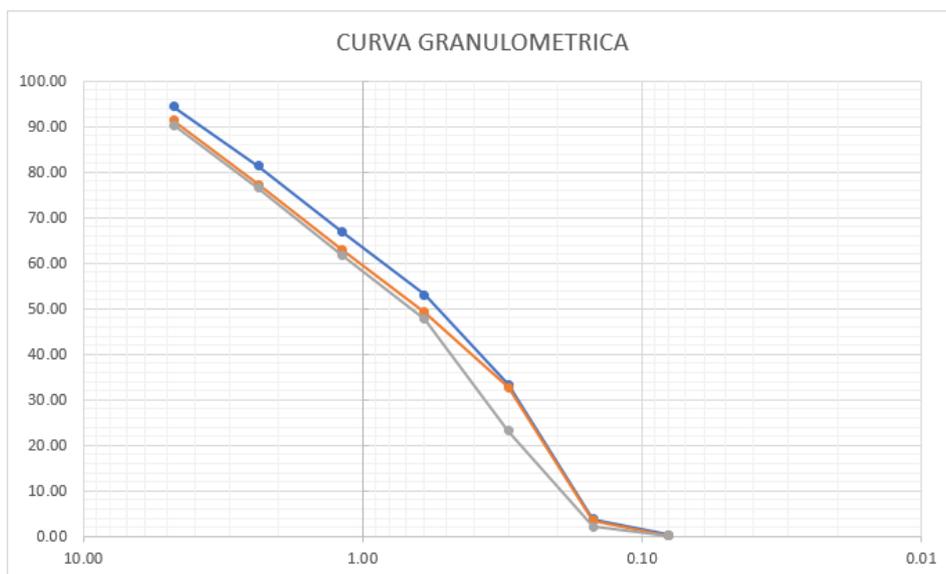


Figura 19 Curva granulométrica de agregado fino - Muestra 1, Muestra 2 y Muestra 3

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 2"	50.80	537.50	537.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1 1/2"	38.10	565.30	565.30	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.40	535.10	535.20	0.10	0.01	0.01	100.00
N° 3/4"	19.05	546.80	988.40	441.60	22.08	22.09	77.92
N° 1/2"	12.70	532.40	1341.10	808.70	40.44	62.52	37.48
N° 3/8"	9.50	523.80	828.30	304.50	15.23	77.75	22.26
N° 4	4.75	508.80	936.00	427.20	21.36	99.11	0.89
N° 8	2.36	472.80	486.90	14.10	0.70	99.81	0.19
Fondo	0	435.40	439.20	3.80	0.19	100.00	0.00
Sumatoria				2000.00	100		
TMN	3/4"						
TM	1"						

Figura 20 Análisis granulométrico de agregado grueso - Muestra 01

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje e que pasa (%)
N° 2"	50.80	536.80	537.10	0.30	0.02	0.02	99.99
N° 1 1/2"	38.10	565.10	565.30	0.20	0.01	0.03	99.98
N° 1"	25.40	535.30	652.00	116.70	5.84	5.86	94.14
N° 3/4"	19.05	546.60	944.20	397.60	19.88	25.74	74.26
N° 1/2"	12.70	532.60	1318.70	786.10	39.31	65.05	34.96
N° 3/8"	9.50	523.80	858.30	334.50	16.73	81.77	18.23
N° 4	4.75	508.80	861.40	352.60	17.63	99.40	0.60
N° 8	2.36	472.80	483.60	10.80	0.54	99.94	0.06
Fondo	0	435.40	436.60	1.20	0.06	100.00	0.00
Sumatoria				2000.00	100		
TMN	1"				Modulo de	6.08	
TM	1 1/2"						

Figura 21 Análisis granulométrico de agregado grueso - Muestra 02

Material	Número	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Peso de la Muestra	Peso de la Muestra	Humedad (%)
Agregado Fino	E1	243.1	1243.10	1227.32	1000.00	984.22	1.60
	E2	242.3	1242.30	1222.45	1000.00	980.15	2.03
	E3	242.6	1242.60	1224.24	1000.00	981.64	1.87
						Promedio	1.83

Figura 24 Contenido de humedad del agregado fino de las muestras

Material	Número	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Peso de la Muestra	Peso de la Muestra	Humedad (%)
Agregado Grueso	E1	348.17	2348.17	2334.46	2000.00	1986.29	0.69
	E2	347.45	2347.45	2337.34	2000.00	1989.89	0.51
	E3	348.23	2348.23	2335.25	2000.00	1987.02	0.65
						Promedio	0.62

Figura 25 Contenido de humedad del agregado grueso de las muestras

Muestra	N°	Peso del molde	Peso molde + muestr	Peso molde + muestra compacta	Peso de la muestra suelta (kg)	Peso de la muestra compacta	Volume n del molde (m3)	Peso unitario suelto (kg/m3)	Peso unitario compactado	PUSS (kg/m3)	PUCS (kg/m3)
Agregado Fino	E1	5.525	29.040	31.100	23.515	25.575	0.014	1663.208	1808.911	1680	1820
	E2	5.525	29.760	31.235	24.235	25.710	0.014	1714.133	1818.460		
	E3	5.525	29.020	31.440	23.495	25.915	0.014	1661.793	1832.959		
								5039.135	5460.330		

Figura 26 Ensayo PUSS y PUCS para agregado fino de las muestras

Muestra	N°	Peso del molde	Peso molde + muestr	Peso molde + muestra compacta	Peso de la muestra suelta (kg)	Peso de la muestra compacta	Volume n del molde (m3)	Peso unitario suelto (kg/m3)	Peso unitario compactado	PUSS (kg/m3)	PUCS (kg/m3)
Agregado Grueso	E1	5.525	27.305	29.325	21.780	23.800	0.014	1540.492	1683.366	1530	1685
	E2	5.525	27.040	29.385	21.515	23.860	0.014	1521.749	1687.610		
	E3	5.525	27.125	29.340	21.600	23.815	0.014	1527.761	1684.427		
								4590.001	5055.402		

Figura 27 Ensayo PUSS y PUCS para agregado grueso de las muestras

Material	Número	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr)	Peso de Fiola + agua (gr) "B"	Peso de Fiola + agua + Muestra	Peso de la Muestra Saturada	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialm	Densidad Aparente (gr/ml)
Agregado Fino	E1	494.15	674.48	987.20	500	1.18	2.639	2.670	2.724
	E2	493.6	672.50	977.02	500	1.30	2.525	2.558	2.611
	E3	494.75	673.35	977.02	500	1.06	2.520	2.547	2.589
Promedio						1.18	2.56	2.59	2.64

Figura 28 Ensayo peso específico y absorción para agregado fino de las muestras

Material	Número	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr)	Peso de la Muestra Saturada	Peso de la Muestra Sumergida	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialm	Densidad Aparente (gr/ml)
Agregado Grueso	E1	974.52	990	621	1.59	2.637	2.679	2.753
	E2	973.38	990	619	1.71	2.620	2.665	2.743
	E3	973.87	990	618	1.66	2.618	2.661	2.737
Promedio					1.65	2.63	2.67	2.74

Figura 29 Ensayo peso específico y absorción par agregado grueso de las muestras

% DE ADICION	TESTIGOS	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	LONGITUD (cm)	LUZ LIBRE (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (kg/cm2)	MEDIA
PATRON	V-P-28-1	14.65	15	50.4	45	3075	42.98	42.47
	V-P-28-2	14.83	14.72	49.85	45	3018	41.95	
0.60%	V-0.6-28-1	14.74	14.95	50.1	45	3132	43.39	42.73
	V-0.6-28-2	14.92	14.93	50.6	45	3107	42.07	
0.80%	V-0.8-28-1	14.83	14.91	50.2	45	3129	42.94	43.02
	V-0.8-28-2	14.93	15	49.95	45	3203	43.11	
1.00%	V-1-28-1	14.95	14.96	49.89	45	3387	45.58	44.62
	V-1-28-2	14.86	15.92	49.91	45	3410	43.65	

Figura 30 Ensayo de flexión a 28 días par aditivo Sika Viscocrete 1300 a un 0.60%, 0.80% y 1.00%

TIEMPO	% de Adición	Testigo	Dimensiones		Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
3 DÍAS	PATRON	P-0-3-1	202.3	101.38	8072.25	101.15	12.53	128	137
		P-0-3-2	202.4	101.44	8081.80	116	14.35	146	
		P-0-3-3	203.1	101.32	8062.70	114.95	14.26	145	
		P-0-3-4	201.4	101.16	8037.25	105.34	13.11	134	
		P-0-3-5	202.3	101.44	8081.80	106.67	13.2	135	
		P-0-3-6	202.1	101.31	8061.10	103.52	12.84	131	
	0.6%	A-0.6-3-1	202.4	101.47	8086.59	115.15	14.24	145	145
		A-0.6-3-2	202.7	101.56	8100.94	110.4	13.63	139	
		A-0.6-3-3	203.1	101.52	8094.56	114.35	14.13	144	
		A-0.6-3-4	203.5	101.35	8067.47	116.89	14.49	148	
		A-0.6-3-5	203.6	101.22	8046.79	111.34	13.84	141	
		A-0.6-3-6	202.3	101.2	8043.61	122.32	15.21	155	
	0.8%	A-0.8-3-1	201.8	101.31	8061.10	119.05	14.77	151	150
		A-0.8-3-2	201.7	101.48	8088.18	116.3	14.38	147	
		A-0.8-3-3	202.5	101.5	8091.37	111.9	13.83	141	
		A-0.8-3-4	202.3	101.29	8057.92	124.65	15.47	158	
		A-0.8-3-5	202.3	101.18	8040.43	114.31	14.22	145	
		A-0.8-3-6	202.5	101.14	8034.07	126.4	15.73	160	
	1.0%	A-1-3-1	201.8	101.42	8078.62	115.93	14.35	146	155
		A-1-3-2	202.4	101.43	8080.21	121.5	15.04	153	
		A-1-3-3	203.3	101.33	8064.29	124.35	15.42	157	
		A-1-3-4	201.8	101.34	8065.88	123.74	15.34	156	
		A-1-3-5	202.4	101.28	8056.33	120.45	14.95	152	
		A-1-3-6	203.3	101.39	8073.84	129.43	16.03	163	

Figura 31 Resistencia a la compresión a 3 días con aditivo Sika Viscocrete 1300 a un 0.60%, 0.80%, 1.00% y muestra patrón

TIEMPO	% de Adición	Testigo	Dimensiones		Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
7 DÍAS	PATRON	P-0-7-1	202.3	101.37	8070.65	168.15	20.83	212	221
		P-0-7-2	202.4	101.42	8078.62	194.6	24.09	246	
		P-0-7-3	203.1	101.44	8081.80	187.55	23.21	237	
		P-0-7-4	201.7	101.19	8042.02	175.41	21.81	222	
		P-0-7-5	202.2	101.49	8089.77	161.12	19.92	203	
		P-0-7-6	202.5	101.41	8077.03	163.56	20.25	206	
	0.6%	A-0.6-7-1	201.6	101.59	8105.72	180	22.21	226	237
		A-0.6-7-2	202.5	101.68	8120.09	185.55	22.85	233	
		A-0.6-7-3	202.1	101.41	8077.03	179.1	22.17	226	
		A-0.6-7-4	202.3	101.21	8045.20	189.87	23.6	241	
		A-0.6-7-5	202.6	101.67	8118.50	197.32	24.3	248	
		A-0.6-7-6	203.4	101.59	8105.72	196.91	24.29	248	
	0.8%	A-0.8-7-1	201.9	101.51	8092.96	180.15	22.26	227	232
		A-0.8-7-2	201.8	101.45	8083.40	176.55	21.84	223	
		A-0.8-7-3	203.5	101.38	8072.25	174.65	21.64	221	
		A-0.8-7-4	203.6	101.19	8042.02	183.76	22.85	233	
		A-0.8-7-5	201.8	101.26	8053.15	189.38	23.52	240	
		A-0.8-7-6	202.8	101.54	8097.75	194.32	24	245	
	1.0%	A-1-7-1	201.8	101.51	8092.96	190.15	23.5	240	248
		A-1-7-2	202.1	101.24	8049.97	207.95	25.83	263	
		A-1-7-3	201.6	101.51	8092.96	183.35	22.66	231	
		A-1-7-4	202.3	101.37	8070.65	201.43	24.96	255	
		A-1-7-5	202.4	101.42	8078.62	193.72	23.98	245	
		A-1-7-6	203.1	101.44	8081.80	203.21	25.14	256	

Figura 32 Resistencia a la compresión a 7 días con aditivo Sika Viscocrete 1300 a un 0.60%, 0.80%, 1.00% y muestra patrón

TIEMPO	% de Adición	Testigo	Dimensiones		Área (mm ²)	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
28 DÍAS	PATRON	P-0-28-1	202.3	101.33	8064.29	240.29	29.8	304	299
		P-0-28-2	202.4	101.41	8077.03	241.5	29.9	305	
		P-0-28-3	203.1	101.28	8056.33	238.65	29.62	302	
		P-0-28-4	201.7	101.31	8061.10	241.2	29.92	305	
		P-0-28-5	202.2	101.27	8054.74	230.55	28.62	292	
		P-0-28-6	202.5	101.28	8056.33	225.15	27.95	285	
	0.6%	A-0.6-28-1	201.6	101.24	8049.97	240.36	29.86	304	313
		A-0.6-28-2	202.5	101.51	8092.96	250.25	30.92	315	
		A-0.6-28-3	202.1	101.4	8075.43	238.25	29.5	301	
		A-0.6-28-4	202.3	101.19	8042.02	235.6	29.3	299	
		A-0.6-28-5	202.6	101.18	8040.43	269.25	33.49	342	
		A-0.6-28-6	203.4	101.19	8042.02	248.55	30.91	315	
	0.8%	A-0.8-28-1	201.9	101.33	8064.29	239.95	29.74	303	311
		A-0.8-28-2	201.8	101.43	8080.21	233.15	28.85	294	
		A-0.8-28-3	203.5	101.24	8049.97	235.4	29.24	298	
		A-0.8-28-4	203.6	101.16	8037.25	267.85	33.33	340	
		A-0.8-28-5	201.8	101.22	8046.79	240.5	29.89	305	
		A-0.8-28-6	202.8	101.31	8061.10	259.1	32.14	328	
	1.0%	A-1-28-1	201.8	101.24	8049.97	279.9	34.77	355	338
		A-1-28-2	202.1	101.32	8062.70	253.75	31.47	321	
		A-1-28-3	201.6	101.29	8057.92	274.61	34.08	348	
		A-1-28-4	202.3	101.19	8042.02	265.8	33.05	337	
		A-1-28-5	202.4	101.09	8026.13	270.15	33.66	343	
		A-1-28-6	203.1	101.45	8083.40	257.9	31.9	325	

Figura 33 Resistencia a la compresión a 38 días con aditivo Sika Viscocrete 1300 a un 0.60%, 0.80%, 1.00% y muestra patrón

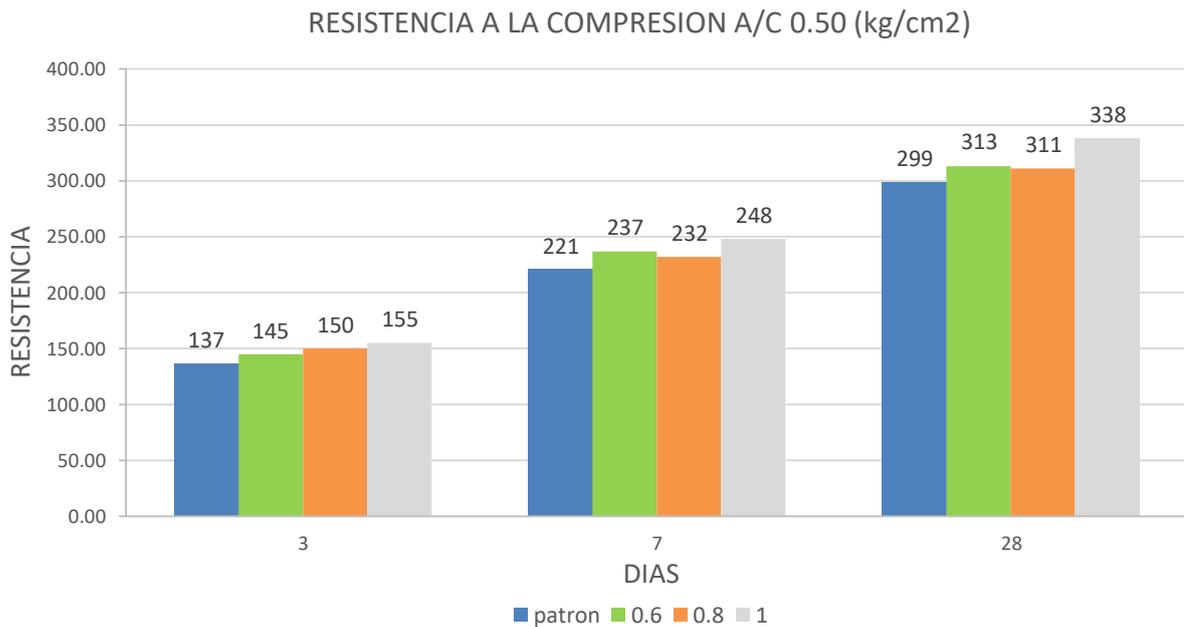


Figura 34 Resistencia a la compresión a 3 días, 7 días y 28 días con aditivo Sika Viscocrete 1300 a un 0.60%, 0.80%, 1.00% y muestra patrón

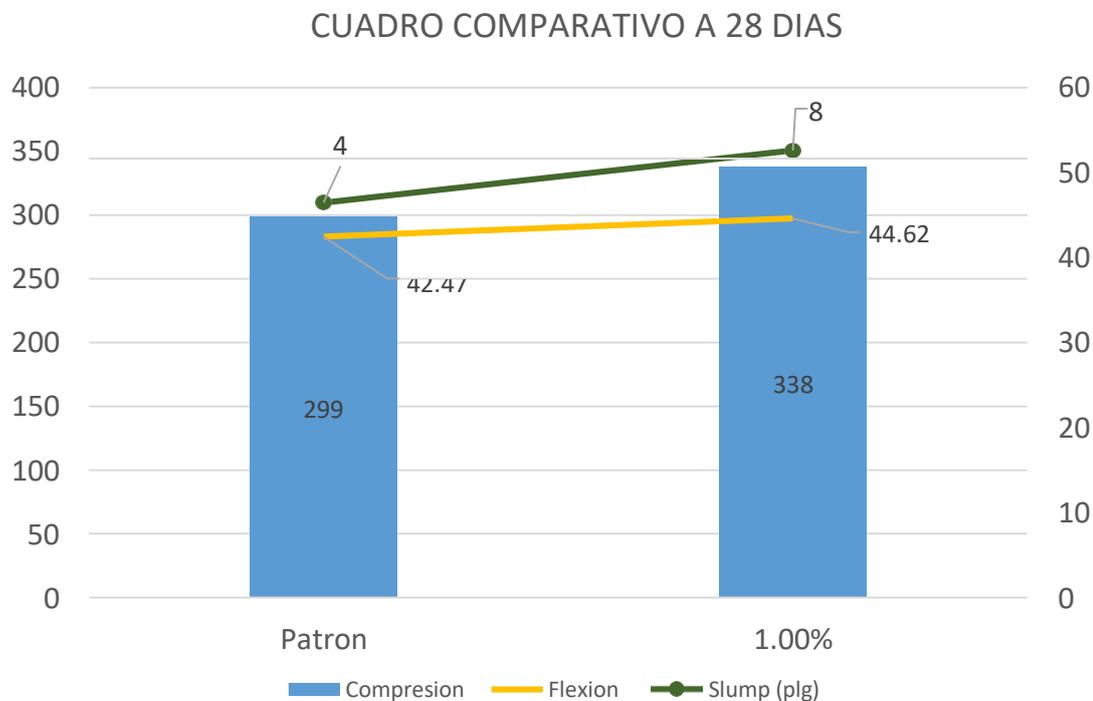


Figura 35 Cuadro comparativo a 28 días – 1.00 % de aditivo respecto a la patrón en flexión, compresión y slump

Tabla 24 Prueba de normalidad a 3 días

Influencia del aditivo Sika	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ViscoCrete 1300 a 3 días			
Patrón	,889	6	,312
0.6% ViscoCrete 1300 HE	,944	6	,691
0.8% ViscoCrete 1300 HE	,942	6	,673
1.0% ViscoCrete 1300 HE	,983	6	,965

Fuente: Propia

- ✓ Se observó que la patrón, 0.6%,0.8%,1.0% de Sika Viscocrete 1300 la significancia es mayor a 0.05 por lo tanto se concluyó que a la edad de 3 días todos los grupos de estudio presentaron una distribución normal.

Tabla 25 Prueba de normalidad a 7 días

Influencia del aditivo Sika		Shapiro-Wilk	
ViscoCrete 1300 a 7 días	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	,917	6	,483
0.6% ViscoCrete 1300 HE	,857	6	,179
0.8% ViscoCrete 1300 HE	,935	6	,623
1.0% ViscoCrete 1300 HE	,963	6	,841

Fuente: Propia

- ✓ Se observó que la patrón, 0.6%,0.8%,1.0% de Sika Viscocrete 1300 la significancia es mayor a 0.05 por lo tanto se concluyó que a la edad de 7 días todos los grupos de estudio presentaron una distribución normal.

Tabla 26 Prueba de normalidad 28 días

Influencia del aditivo Sika		Shapiro-Wilk	
ViscoCrete 1300 a 28 días	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	,794	6	,051
0.6% ViscoCrete 1300 HE	,835	6	,118
0.8% ViscoCrete 1300 HE	,864	6	,202
1.0% ViscoCrete 1300 HE	,953	6	,768

Fuente: Propia

- ✓ Se observó que la patrón, 0.6%,0.8%,1.0% de Sika Viscocrete 1300 la significancia es mayor a 0.05 por lo tanto se concluyó que a la edad de 28 días todos los grupos de estudio presentaron una distribución normal.

Tabla 27 Prueba de homogeneidad de varianza 3 días

Estadísticas de fiabilidad a 3 Dias		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,303	,844	2

Fuente: Propia

Tabla 28 Prueba de homogeneidad de varianza 7 días

Estadísticas de fiabilidad a 7 Dias		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,146	,724	2

Fuente: Propia

Tabla 29 Prueba de homogeneidad de varianza 28 días

Estadísticas de fiabilidad 28 Dias		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,143	,803	2

Fuente: Propia

Tabla 30 Mezcla patrón y adiciones al 0.60%, 0.80% y 1.00% a 28 días Tukey B

Mezcla	Resistencias 28 días		
	Tukey B ^a		
	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Patron	6	298,83	
0.8% ViscoCrete 1300 HE	6	311,33	
0.6% ViscoCrete 1300 HE	6	312,67	
1.0% ViscoCrete 1300 HE	6		338,17

Fuente: Propia

- ✓ El análisis de la varianza a los 28 días para una relación de agua cemento 0.50 nos arroja como resultado final que el 1% es el valor más óptimo.

Tabla 31 Mezcla patrón y adiciones al 0.60%, 0.80% y 1.00% a 27 días Tukey B

Mezcla	Resistencia 7 Días		
	Tukey B ^a		
	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Patron	6	221,00	
0.8% ViscoCrete 1300 HE	6	231,50	231,50
0.6% ViscoCrete 1300 HE	6	237,00	237,00
1.0% ViscoCrete 1300 HE	6		250,00

Fuente: Propia

- ✓ El análisis de la varianza a los 7 días para una relación de agua cemento 0.50, el porcentaje más significativo es al 1 % ya que al 0.8 % y 0.6% tienen valores cercanos, pero no lo necesario para predominar dentro del resultado final.

Tabla 32 Mezcla patrón y adiciones al 0.60%, 0.80% y 1.00% a 3 días Tukey B

Mezcla	Resistencias 3 Dias		
	Tukey B ^a		
	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Patron	6	136,50	
0.6% ViscoCrete 1300 HE	6	145,33	145,33
0.8% ViscoCrete 1300 HE	6		150,33
1.0% ViscoCrete 1300 HE	6		154,50

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Fuente: Propia

- ✓ El análisis de la varianza a la edad de 3 días para una relación agua cemento 0.50 nos permite concluir que el 1% del aditivo Sika Viscocrete 1300 es el más óptimo, pero no significativo ya que son los 3 primeros días.