

# **UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTES Y LA VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, ICA, 2018.**

**TESIS:**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

BACH. WILFREDO JHONY OTINIANO TANDAYPAN

ASESOR:

ING. MG, JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ

TRUJILLO – PERÚ

2019



## **HOJA DE FIRMAS**

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal



## DEDICATORIA

A Dios, por bendecirme, llegando hasta esta etapa tan anhelada en mi vida.  
Por los objetivos y dificultades que me han enseñado a valorar cada día más.

A mis padres Isabel y Armegol por ser las personas de su apoyo moral quienes durante este arduo camino para convertirme en un profesional.

A mi esposa Diana por su apoyo incondicional por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su amor, paciencia y comprensión.

A mis hijas Mayra y Angelina por ser parte de mis logros siendo fuente de motivación e inspiración para poder superarme y así poder luchar por un futuro mejor y Finalmente quiero agradecer a mis hermanos por sus palabras de aliento, consejos y su confianza en mi persona.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme y acompañarme durante este arduo camino, quien como guía estuvo presente en mi vida, brindándome la voluntad necesaria para alcanzar mis metas.

A mis padres por ser el pilar fundamental y su incesante apoyo moral, pues gracias a su fortaleza y valores inculcados en mi persona he podido llegar hasta esta altura de mi vida académica.

A mi esposa e hijas por ser los promotores de haberme inspirado a luchar por salir adelante y creer en mí, así poder tener una vida digna con el fruto de nuestro esfuerzo.

A mi asesor el Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz por haberme brindado su capacidad y conocimiento quien me motivo y facilito la elaboración de la presente investigación, apoyo fundamental para culminar satisfactoriamente el desarrollo de la tesis.

A los Ingenieros de Mina, Luis Medina y Edwin Cuno, por compartir sus experiencias profesionales en enseñanzas hacia mi persona y facilitarme la oportunidad de realizar los estudios de Ingeniería Civil, cuando ejercía como obrero en la empresa minera COMARSA.

A la Universidad Privada de Trujillo por darme la oportunidad de ser un profesional; a si también a los docentes que han sido generadores de experiencia y conocimiento que me enseñaron tanto de la profesión como de la vida, impulsándome a seguir adelante, brindándome su apoyo para poder culminar con mi carrera universitaria.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>HOJA DE FIRMAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>xiv</b>
1.1. Realidad problemática.....	15
1.2. Formulación del Problema.....	22
1.3. Justificación.....	22
1.4. Objetivos.....	24
1.4.1. Objetivo General.....	24
1.4.2. Objetivo Específicos.....	24
1.5. Antecedentes.....	24
1.6. Bases Teóricas.....	28
1.6.1. Concreto.....	28
1.6.2. Elementos del concreto.....	29
1.6.2.1. Cemento.....	29
1.6.2.1.1. Tipos de cemento.....	29
1.6.2.2. Agua.....	30
1.6.2.3. Agregados.....	30
1.6.2.4. Aditivos.....	30
1.6.2.4.1. Clasificación.....	31
1.6.3. Estados de concreto y sus propiedades.....	32
1.6.3.1. Concreto en estado fresco.....	32
1.6.3.1.1. Consistencia y docilidad.....	32
1.6.3.1.2. Medida de la consistencia y docilidad.....	32

1.6.4. Concreto en estado endurecido.....	33
1.6.4.1. Densidad.....	33
1.6.4.2. Elasticidad .....	33
1.6.4.3. Resistencia a la compresión .....	34
1.6.4.3.1. Probetas .....	34
1.6.4.3.2. Factores que influyen en la resistencia.....	34
1.6.4.4. Resistencia a la tracción.....	34
1.6.4.4.1. Ensayo de tracción directa.....	35
1.6.4.4.2. Ensayo a flexotracción .....	35
1.6.4.4.3. Deformación del concreto traccionado.....	35
1.6.4.5. Permeabilidad.....	35
1.6.4.6. Retracción y entumecimiento.....	36
1.4.6.7. Propiedades térmicas.....	36
1.4.6.8. Durabilidad.....	36
1.6.5. Tipos de concreto.....	37
1.6.5.1. Concretos ligeros.....	37
1.6.5.2. Concretos Pesados.....	37
1.6.5.3. Concretos refractarios.....	37
1.6.5.4. Concreto reforzados con fibras.....	38
1.6.5.5. Concreto impregnado con polímeros.....	38
1.6.5.6. Concreto sellado internamente.....	38
1.6.5.7. Concreto poroso.....	38
1.6.5.8. Concreto y mortero proyectado.....	39
1.6.5.9. Concreto de alta resistencia.....	39
1.6.5.10. Concreto autocompactante.....	39
1.6.5.10.1. Aditivo superplastificante.....	39
1.6.5.11. Concretos Fluidos.....	40
1.6.5.12. Concretos de resistencias mejoradas.....	41
1.6.5.12.1. Relación agua/cemento.....	41
1.6.5.12.2. Relación agua/cemento y la trabajabilidad.....	42

---

1.7. Definición de Términos Básicos.....	45
1.8. Formulación de la hipótesis.....	46
1.8.1. Hipótesis General.....	46
1.8.2. Hipótesis Específica.....	46
1.8.2.1. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50.....	47
1.8.2.2. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40.....	48
1.8.2.3. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30.....	49
1.8.2.4. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20.....	50
1.8.2.5. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50.....	51
1.8.2.6. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40.....	52
1.8.2.7. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30.....	53
1.8.2.8. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20.....	54
1.8.2.9. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50.....	55
1.8.2.10. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40.....	56
1.8.2.11. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30.....	57
1.8.2.12. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20.....	58
1.8.2.13. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50.....	59
1.8.2.14. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40.....	60
1.8.2.15. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30.....	61
1.8.2.16. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20.....	62
1.9. Línea de Investigación.....	63
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>63</b>
2.1. Material.....	64
2.2. Material de Estudio.....	64
2.2.1. Población.....	65
2.2.2. Muestra.....	65
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentación.....	67
2.3.1. Para recolectar datos.....	67
2.3.2. Para procesar datos.....	68
2.4. Operación de variables.....	70
2.4.1. Desarrollo de investigación.....	73

---

2.4.2. Ensayos de los Agregados bajo las NTP.....	74
2.4.3. Diseño de Mezcla.....	80
2.4.4. Preparación y curado.....	86
2.4.5. Ensayos del concreto en estado fresco.....	86
2.4.6. Análisis de datos.....	93
2.4.6.1. Análisis granulométricos de los agregados gruesos y finos.....	96
2.4.6.2. Análisis del ensayo de abrasión del agregado grueso.....	96
2.4.6.3. Análisis de características físicas de los materiales para diseño de mezclas.....	96
2.4.6.4. Análisis de diseño de mezclas patrón con aditivo superplastificante SIKA VISCOFLOW 360, usando el método ACI 211.1.....	97
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>99</b>
3.1. Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco, asentamiento en relación agua/cemento e influencia porcentual del aditivo. ....	99
3.2. Resultados promedios de ensayos de resistencia a la compresión.....	104
3.2.1. Ensayos de resistencia a la compresión en concreto .....	104
3.3. Resultados promedios de ensayos a la resistencia de compresión, tracción y flexión en relación a/c. con porcentajes (%) del aditivo superplastificante Viscoflow 360 ....	106
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>110</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>
Anexos 01. Guías de observación vacías.....	112
Anexos 02. Certificados de análisis y ensayos de materiales del concreto .....	122
Anexos 03. Hoja técnica del aditivo superplastificante.....	128
Anexos 04. Hoja técnica del cemento.....	131
Anexos 05. Panel fotográfico.....	133

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla N° 01: Tabla de hipótesis general.....	46
Tabla N° 02: Tabla de hipótesis específica 01.....	47
Tabla N° 03: Tabla de hipótesis específica 02.....	48
Tabla N° 04: Tabla de hipótesis específica 03.....	49
Tabla N° 05: Tabla de hipótesis específica 04.....	50
Tabla N° 06: Tabla de hipótesis específica 05.....	51
Tabla N° 07: Tabla de hipótesis específica 06.....	52
Tabla N° 08: Tabla de hipótesis específica 07.....	53
Tabla N° 09: Tabla de hipótesis específica 08.....	54
Tabla N° 10: Tabla de hipótesis específica 09.....	55
Tabla N° 11: Tabla de hipótesis específica 10.....	56
Tabla N° 12: Tabla de hipótesis específica 11.....	57
Tabla N° 13: Tabla de hipótesis específica 12.....	58
Tabla N° 14: Tabla de hipótesis específica 13.....	59
Tabla N° 15: Tabla de hipótesis específica 14.....	60
Tabla N° 16: Tabla de hipótesis específica 15.....	61
Tabla N° 17: Tabla de hipótesis específica 16.....	62
Tabla N° 18: Probeta cilíndrica.....	64
Tabla N° 19: Probeta tipo viga.....	65
Tabla N° 20: Tabla de Muestreo de Resistencia a la Compresión.....	66
Tabla N° 21: Tabla de Muestreo de Resistencia a la Tracción.....	66
Tabla N° 22: Tabla de Muestreo de Resistencia a la Flexión.....	66
Tabla N° 23: Operacionalización de Variable (Resistencia a la Compresión) .....	70
Tabla N° 24: Operacionalización de Variable (Resistencia a la Tracción) .....	71

Tabla N° 25: Operacionalización de Variable (Resistencia a la Flexión).....	72
Tabla N° 26: Tabla de Análisis Granulométrico del agregado fino (NTP 401.012).....	78
Tabla N° 27: Tabla de Análisis Granulométrico del agregado grueso (NTP 401.012).....	79
Tabla N° 28: Tabla de Análisis de abrasión del agregado grueso (NTP 401.019).....	80
Tabla N° 29: Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.....	80
Tabla N° 30: Volumen unitario de agua.....	81
Tabla N° 31: Contenido de aire atrapado .....	82
Tabla N° 32: Relación agua/cemento por resistencia, para $f'_{cr}$ .....	82
Tabla N° 33: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b0).....	83
Tabla N° 34: Metodología para hallar el volumen de la arena.....	84
Tabla N° 35: Metodología para hallar el peso de la arena.....	85
Tabla N° 36: Estimación del peso del concreto.....	85
Tabla N° 37: Datos de análisis de las características físicas del agregado grueso .....	93
Tabla N° 38: Datos de análisis granulométricos del agregado grueso.....	93
Tabla N° 39: Datos de análisis de las características físicas del agregado fino.....	94
Tabla N° 40: Datos de análisis granulométricos del agregado fino .....	95
Tabla N° 41: Datos de análisis de los ensayos de abrasión del agregado grueso .....	96
Tabla N° 42: Datos de análisis de materiales para diseño de mezcla .....	96
Tabla N° 43: Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación $a/c = 0.50$ ...97	97
Tabla N° 44: Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación $a/c = 0.40$ ...97	97
Tabla N° 45: Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación $a/c = 0.30$ ...98	98
Tabla N° 46: Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación $a/c = 0.20$ ...98	98
Tabla N° 47: Resultado de ensayos de asentamiento en relación $a/c$ y % del aditivo.....	99
Tabla N° 48: Resultado de ensayos, patrones de resistencia a la compresión.....	104
Tabla N° 49: Resultado de ensayos de resistencia a la compresión de probetas con aditivo.105	105
Tabla N° 50: Resultados promedio de resistencia a la compresión de probetas con aditivo..106	106
Tabla N° 51: Resultados de resistencia a la tracción promedio .....	107

Tabla N° 52: Resultados de resistencia a la flexión promedio .....	108
Figura N° 01: Resistencia en compresión vs agua/cemento.....	44
Figura N° 02: Estructura de la pasta de cemento hidratada vs agua/cemento .....	44
Figura N° 03: Procedimiento experimental de la investigación.....	69
Figura N° 04: Diseño del cono de Abrams.....	87
Figura N° 05: Procedimiento del ensayo de asentamiento.....	88
Figura N° 06: Grafica de la curva granulométrica del agregado grueso .....	94
Figura N° 07: Grafica de la Curva granulométrica del agregado fino .....	95
Figura N° 08: Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños de relación a/c 0.50.....	100
Figura N° 09: Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños de relación a/c 0.40.....	101
Figura N° 10: Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños de relación a/c 0.30.....	102
Figura N° 11: Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños de relación a/c 0.20.....	103
Figura N° 12: Gráfica de patrones, resistencia a la compresión .....	104
Figura N° 13: Resultados promedio resistencia a la compresión en probetas con aditivo.....	106
Figura N° 14: Resultados de resistencia a la tracción en probetas con aditivo.....	107
Figura N° 15: Resultados resistencia a la flexión en probetas con aditivo.....	108

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se desarrolló los estudios y ensayos en el laboratorio EMSGEO S.A.C., ubicado en la ciudad de Ica. El propósito fundamental fue estudiar la influencia de la adición del superplastificante y la relación agua/cemento en las propiedades mecánicas del concreto.

En esta investigación Experimental Pura, se desarrollaron ensayos de caracterización de agregados para la elaboración del diseño de mezcla con relaciones agua/cemento de 0.50, 0.40, 0.30 y 0.20; posteriormente se conformaron probetas con una dosificación de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% (del peso de cemento usado) de superplastificante para cada diseño de mezcla, para finalmente realizar los ensayos a cada probeta a los 28 días de edad de cada mezcla.

La necesidad de presentar este trabajo es mejorar las propiedades mecánicas del concreto con el fin de darle un óptimo comportamiento frente a los altos esfuerzos a los que está sometido dicho material llegando comprobar estas mejoras a través del uso de normas nacionales como la NTP 339.034 (Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto), NTP 339.084 (Determinación de la Resistencia a la Tracción por compresión perimetral del Concreto) y la NTP 339.078 (Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto).

En cuanto a los resultados se concluyó que la relación agua/cemento de 0.20 y el porcentaje de superplastificante de 4.5% fueron los más óptimos para la resistencia a la compresión, alcanzando una resistencia máxima de 482.53 kg/cm<sup>2</sup>; así mismo la relación agua/cemento de 0.20 y el porcentaje de superplastificante de 4.5% fueron los más óptimos para la resistencia a la flexión, alcanzando una resistencia máxima de 52.53 kg/cm<sup>2</sup>, por otra parte se concluyó que para la resistencia a la tracción el uso del superplastificante no le favorece, por lo contrario lo hace más débil.

## ABSTRACT

In the present research work, the studies and trials were developed in the EMSGEO S.A.C. laboratory, located in the city of Ica. The fundamental purpose was to study the influence of the addition of the superplasticizer and the water / cement ratio in the mechanical properties of the concrete.

In this Experimental Pure research, it was developed in aggregate characterization tests for the elaboration of the water / cement mixture design of 0.50, 0.40, 0.30 and 0.20; Afterwards, specimens were conformed with a 1.5%, 2.5%, 3.5% and 4.5% (weight of cement used) superplasticizer dosage for each mix design, to finally perform the tests on each test at 28 days of age. mixture.

The need to present this work is to improve the mechanical properties of concrete in order to give a high level of protection against the high efforts to which this material is subjected, verifying these improvements through the use of national standards such as the NTP 339.034 (Determination of Resistance to Compression of Concrete), NTP 339.084 (Determination of Resistance to Traction by Perimeter Compression of Concrete) and NTP 339.078 (Determination of Resistance to Concrete Bending).

Regarding the results, it was concluded that the water / cement ratio of 0.20 and the superplasticizer percentage of 4.5% were the most optimal for resistance to resistance, reaching a maximum resistance of 482.53 kg / cm<sup>2</sup>; likewise the water / cement ratio of 0.20 and the superplasticizer percentage of 4.5% were the most optimal for the flexural strength, reaching a maximum resistance of 52.53 kg / cm<sup>2</sup>, on the other hand it was concluded that for the tensile strength the use of the superplasticizer does not favor it, on the contrary it makes it weaker.

## I. INTRODUCCIÓN.

La presente investigación busca determinar la influencia de la adición de superplastificantes y la variación de la relación agua/cemento en las propiedades mecánicas del concreto, teniendo gran importancia con el propósito de desarrollar ayudas de diseños de diferentes tipos de concreto, del cual se realizará los estudios y ensayos en el laboratorio de suelos y concreto, ubicado en la ciudad de Ica.

Los problemas del concreto son variados y esto surge muchas veces debido a la mala elaboración, diseño, uso y cuidado del concreto dentro de los cuales sobresalta el agrietamiento del concreto, la plasticidad y el fraguado prematuro.

La finalidad del desarrollo de la investigación tiene los siguientes objetivos:

- Encontrar un diseño óptimo para un concreto de mejores propiedades mecánicas que los concretos convencionales.
- Realizar la caracterización de los materiales que se utilizaran para el diseño de mezcla, tomando en cuenta las normas necesarias.
- Determinar la trabajabilidad de cada dosificación diseñada a través del ensayo de asentamiento.
- Determinar las Propiedades Mecánicas del Concreto diseñado a través de ensayos.

El desarrollo de investigación experimental se ha dividido en siete capítulos:

Capítulo I; se hace mención a la introducción general, en donde se describe, la realidad problemática, formulación del problema, justificación, objetivos, antecedentes, bases teóricas, definición de términos básicos, formulación de hipótesis y Línea de investigación.

Capítulo I I; se expone la metodología de la investigación, comprende el material, material de estudio (población y muestra), técnicas, procedimientos e instrumentos para recolectar y procesar datos y operación de variables.

Capítulo III; trata sobre los análisis y ensayos realizados en la investigación de los resultados y discusión, obtenidos en las propiedades mecánicas del concreto, con adición del superplastificante Sika Viscoflow 360, en relación a/c.

Capítulo IV, V; se hace mención a la conclusión y recomendaciones.

En la parte final de la investigación, el capítulo VI; muestra las referencias bibliográficas y se adjunta los anexos.

### 1.1. Realidad Problemática.

El concreto es el material más usado por excelencia en la construcción debido a su semejanza a una piedra cuando esté seca, elemento fundamental con el cual ingenieros, arquitectos, constructores y trabajadores vinculados con el sector de la construcción, diseñan y elaboran las obras para el desarrollo de nuestras ciudades y su infraestructura. Constituido por diferentes materiales, los cuales debidamente dosificados y mezclados se integran para formar elementos monolíticos, que proporcionan resistencia y durabilidad a las estructuras. En general, el factor determinante de la resistencia y durabilidad del concreto es la relación agua/cemento, y que este llegue a fluir por todas las partes de una estructura, tanto si se trata del encofrado de una losa, como de una zanja de cimentación. Al mismo tiempo, el contenido de agua debe reducirse al mínimo, para conseguir un concreto resistente.

Desde que el hormigón autocompactante se utilizó por primera vez a mediados de la década de los ochenta del siglo pasado, es mucho lo que se debatido acerca de las diferencias y similitudes con respecto al hormigón convencional, especialmente en lo concerniente a las propiedades en estado fresco y en estado endurecido. Hoy en día, en España, aún sigue siendo un motivo de debate el estudio sobre las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante y sus diferencias o similitudes con respecto a las del hormigón convencional. En lo que a ello concierne, los investigadores todavía no son unánimes en sus conclusiones, especialmente a la hora de decir cual posee, para iguales condiciones, mayor o menor resistencia a compresión, módulo de deformación, resistencia a tracción o resistencia a flexotracción entre otras. Sin embargo, todo parece indicar que sí existe consenso con respecto al hecho de que si existen diferencias entre las propiedades mecánicas de ambos hormigones. Estas diferencias en las propiedades mecánicas entre el hormigón convencional y el hormigón autocompactante pueden ser atribuidas a tres características principales presentes en este último hormigón, ellas son, la modificación en las proporciones y características de las dosificaciones, la mejora de la microestructura y homogeneidad del material y la no existencia de vibración durante la colocación del hormigón. (Vilanova Fernández, 2009)

Se ha de tener presente que en un país como Cuba, donde el clima es bastante agresivo en buena parte del mismo, por su forma alargada y estrecha y su situación geográfica, hacen que la presencia del aerosol marino y la humedad del ambiente afecte seriamente la durabilidad de las estructuras de hormigón. La utilización de adiciones mejora las propiedades del hormigón.

De acuerdo a las propiedades mecánicas de los hormigones reciclados fabricados con adiciones, diversos investigadores concluyeron que la utilización de adiciones activas mejora dichas. En numerosos estudios internacionales se ha demostrado que los hormigones fabricados con 25% de árido grueso reciclado en sustitución al árido natural no sufren diferencias en las propiedades físico-mecánicas respecto a un hormigón convencional cuando las dos se fabrican con la misma dosificación. Los hormigones fabricados con 50% de árido reciclado o superior obtienen propiedades físicas como mecánicas inferiores al hormigón convencional siendo necesario utilizar mayor cantidad de cemento y una relación agua cemento inferior al hormigón convencional para conseguir propiedades similares al mismo. (Pavon, Etxeberria, & Martínez, 2011)

La necesidad de buscar un nuevo material para la construcción en Colombia ha permitido estudiar, indagar e investigar la fibra de cáñamo, para lograr minimizar el impacto ambiental y los costos de producción del concreto, con mejores propiedades que las de un concreto normal. Las investigaciones y estudios que se han llevado a cabo con la fibra de cáñamo, ha generado gran curiosidad dentro de los investigadores, generando estudios que permitan determinar la viabilidad de un concreto normal adicionando fibra de cáñamo, determinando su resistencia a la compresión y su resistencia a la flexión. (Terreros Rojas & Carvajal Corredor, 2016)

La búsqueda incansable por nuevos materiales para la elaboración del concreto en el Perú, a fin de dar una óptima resistencia a las altas cargas a las que las edificaciones suelen ser sometidas, motiva a los investigadores a utilizar tecnología de punta para lograr las más altas resistencias a la compresión. Es así que los concretos de hoy requieren en su composición la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y su durabilidad. En este sentido, investigadores

han experimentado con la incorporación de microsílíce, nanosílíce y superplastificantes a la mezcla de concreto para obtener una mejora en las propiedades mecánicas del concreto. (Huincho Salvatierra, 2011)

(Molina Segura & Saldaña Pacheco, 2014) En nuestro medio, principalmente en la provincia de Trujillo, departamento de la libertad, existen constructoras de trayectoria como KVC, BECKTEL, ARTECO, entre otras, que se dedican a la construcción y levantamiento de edificios, condominios, viviendas y otras obras civiles empleando para ello concreto convencional, el cual es un concreto con escasa fluidez y poca facilidad de colocación lo que origina una construcción más lenta o trabada, necesitando para ello un elevado número de mano de obra. Es por ello que el concreto Autocompactante es una buena alternativa para combatir estas dificultades y mejorar así las propiedades mecánicas que presenta el concreto convencional que vienen siendo usados por las constructoras en la provincia de Trujillo.

Las normativas y/o entidades que controlan las propiedades mecánicas del Concreto es la Norma Técnica Peruana (NTP) y el Comité sobre Concreto y Agregados del Concreto de la Sociedad Americana para pruebas y Materiales (ASTM).

(Carrillo, Aperador, & González, 2013) En su afán de desarrollar ayudas de diseño que promuevan la utilización de Concreto Reforzado con Fibras de Acero como refuerzo a cortante en el alma de muros de concreto para vivienda de interés social, se llevó a cabo un estudio experimental para caracterizar las propiedades mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Acero, en el que se incluyó el ensayo de 128 especímenes en forma de cilindros y vigas, para lo cual se concluyó que la fibra de acero genera que el concreto se vuelva ligeramente menos resistente, pero más dúctil cuando este se somete a fuerzas axiales de compresión. Así mismo, para la prueba de flexión, la cual fue considerada como una de las más representativas para el Concreto Reforzado con Fibras de Acero, se observó que la resistencia al agrietamiento de tensión por flexión o módulo de ruptura y la deformación unitaria asociada, no varían significativamente al incrementar el contenido de fibras de acero, pues a partir de este esfuerzo inicia la contribución de las fibras al concreto. Sin embargo, la resistencia máxima a tensión

por flexión y su deformación unitaria asociada, así como su tenacidad, si aumentan proporcionalmente con el contenido de fibras de acero. Es así que, considerando las características particulares de muros de concreto para viviendas de interés social, las demandas sísmicas en este tipo de estructuras y las propiedades mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Acero, los muros de concreto con fibras de acero tienen un gran potencial para su utilización en la construcción de Viviendas de Interés Social.

(Espinoza Montenegro, 2010), Estudió sobre la dosificación de un hormigón de ultra alta resistencia con propiedades autocompactables que, aunque no es muy aplicado en forma tradicional, es de suma importancia para la evolución estructural de grandes edificaciones como edificios, puente, y otros; para lo cual recalca que el hormigón de ultra-alta resistencia se obtiene en mayor escala, teniendo en cuenta que la relación agua/cemento utilizada sea considerablemente baja. Es a partir de estos conceptos que se llega a encontrar que al aumentar la cantidad de humo de sílice en una mezcla con baja relación agua/cemento ( $W/C=0.2$ ) con respecto a otra, aumenta la resistencia del hormigón. Considerando también la adición de micro fibras (metálicas y minerales) promueve el aumento de la ductilidad del hormigón, disminuyendo su característica rotura frágil, produciendo así hormigones con propiedades mecánicas elevadas.

(Carrillo, Alcocer, & Aperador, 2013), Con el propósito de desarrollar ayudas de diseño que promuevan la utilización de diferentes tipos de concretos en la vivienda industrializada de bajo costo, se llevó a cabo un estudio experimental para caracterizar las propiedades mecánicas de los concretos de peso normal, peso ligero y autocompactables. Es así que demostraron que una de las principales fuentes de sobrerresistencia que se pueden presentar en las viviendas construidas con estos tipos de concretos está asociada al incremento de resistencia del concreto en comparación con la resistencia nominal, ya que, en algunos casos, la resistencia medida fue aproximadamente 1.5 veces superior a la resistencia nominal a compresión del concreto.

Está claro que las propiedades mecánicas del concreto tienen un gran número de investigaciones en las que se puede demostrar la preocupación de muchos investigadores por mejorar cada vez más a este material fundamental en el ámbito de la construcción dotándole de mejores propiedades para diseñar y elaborar las obras concebidas para el desarrollo de las infraestructuras de nuestras ciudades. Además, cabe mencionar que las búsquedas de estas mejoras del concreto tienen fines ligados a un mejor uso de este como el de colocar concreto en servicio a una edad mucho menor, construir edificios altos reduciendo las secciones de elementos estructurales e incrementar el espacio disponible, construir superestructuras como puentes de grandes luces o estructuras con una alta durabilidad y entre otros sin fin de aplicaciones necesarias para la construcción.

Una de las empresas que participa activamente en la mejora de las propiedades del concreto en el Perú es SIKA comercializando productos químicos para la industria de la construcción con el fin de cooperar eficazmente con la mejora de los distintos materiales utilizados en la construcción, entre ellos el del concreto. Dicha empresa tuvo el privilegio de ser parte de obras importantes como las centrales hidroeléctricas de Huanza, Cheves y Chaglla; centros comerciales de Lima y provincias; edificios multifamiliares como Los Cipreses y Neo 10; minas como Southern Perú Copper y Milpo Cerro Lindo; proyectos de irrigación como Pasto Grande y Chavimochic; proyectos como Vía Parque Rímac, la nueva ciudad de Morococha y entre otras grandes obras en las que se contribuyó con soluciones con productos de alta calidad.

PACASMAYO, UNACEM, YURA, empresas cementeras líder en el Perú se ha convertido también en unos de los autores de la constante búsqueda de mejorar las practicas constructivas de los peruanos y mejorar las propiedades del concreto esmerándose en la fabricación de productos que sean de excelente calidad pensando en el bienestar de las obras en las que participan.

Los problemas del concreto son variados y esto surge muchas veces debido a la mala elaboración, diseño, uso y cuidado del concreto dentro de los cuales sobresalta el agrietamiento del concreto, la plasticidad y el fraguado prematuro.

Esto llega a suceder por dos variables, una que se debe al concreto mismo, y en segundo lugar por variables externas como por ejemplo la temperatura ambiental que afecta la velocidad del secado del concreto en estado fresco, así como la velocidad del endurecimiento; por otra parte, establece la longitud base durante las primeras horas, hasta que el concreto desarrolle cierta rigidez. A partir de esta longitud base los cambios de temperatura producen cambios volumétricos y por consiguiente un potencial agrietamiento.

Por otro lado, la plasticidad que es definida como la deformación dependiente del tiempo debido a la presencia de un esfuerzo. La velocidad del incremento de la deformación es grande al principio, pero disminuye con el tiempo, hasta después de muchos meses alcanza un valor constante asintóticamente. Se ha encontrado que la deformación por flujo plástico depende no solamente del tiempo, sino también depende de las proporciones de la mezcla, de la humedad del curado y de la edad del concreto a la cual comienza a ser cargado. La deformación por flujo plástico es casi directamente proporcional a la intensidad del esfuerzo.

Otro problema visto en el concreto es el revenimiento que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, o aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia (o revenimiento) original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar de colado, todos los cuales son aspectos que configuran las condiciones de trabajo en obra. Para unas condiciones de trabajo dadas, la evolución de la pérdida de revenimiento también puede resultar influida por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, tales como la consistencia o fluidez inicial de ésta, la humedad de los agregados, el uso de ciertos aditivos y las características y contenido unitario del cemento, la eventual contribución de estos factores intrínsecos, en el sentido de incrementar la pérdida normal de revenimiento del concreto en el lapso inmediato posterior al mezclado, es como se indica:

- 1) Las mezclas de consistencia más fluida tienden a perder revenimiento con mayor rapidez, debido a la evaporización del exceso de agua que contiene.
- 2) El empleo de agregados porosos en condición seca tiende a reducir pronto la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad para absorber agua de la mezcla.
- 3) El uso de algunos aditivos reductores de agua y superfluidificantes acelera la pérdida de revenimiento, como consecuencia de reacciones indeseables con algunos cementos.
- 4) El empleo de cemento Portland – puzolana cuyo componente puzolánico es de naturaleza porosa y se muele muy finamente, puede acelerar notablemente la pérdida de revenimiento del concreto recién mezclado al producirse un resecamiento prematuro provocando por avidez de agua de la puzolana.

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro del espacio cimbrado, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. Esta circunstancia resulta particularmente inconveniente en el caso de pavimentos de concreto y de algunas estructuras hidráulicas cuya capa superior debe ser apta para resistir los efectos de la abrasión mecánica e hidráulica. Los principales factores que influyen en el asentamiento y el sangrado del concreto son de orden intrínseco, y se relacionan con exceso de fluidez en las mezclas, características deficientes de forma, textura superficial y granulometría en los agregados (particularmente falta de finos en la arena) y reducido consumo unitario y/o baja finura en el cementante.

Probablemente la evolución tecnológica más radical entre los aditivos para concreto ha tenido lugar en los superplastificantes durante las últimas dos décadas. Estos aditivos como su nombre lo describen, cumplen una función similar a los plastificantes, es decir, aumenta la manejabilidad de las pastas de cemento y por lo tanto la manejabilidad del concreto. Este incremento en la manejabilidad hace posible disminuir el contenido de agua y de cemento (son ahorradores de pasta) manteniendo la fluidez del material y su resistencia. Son especialmente eficientes en concretos con

altos asentamientos, o concretos de alta resistencia que implican en ambos casos, contenidos elevados de pasta. (SIKA, 2016)

Tanto en el ámbito nacional como internacional se busca que diferentes construcciones, independientemente de su importancia, cuenten con materiales de alta calidad que cumplan con los estándares que se requieran. Es por esto que, al ser el concreto un material muy utilizado en el área de la construcción, se debe tener un claro entendimiento de él y de sus propiedades, principalmente del efecto de la relación agua/cemento, pues está ligado a una gran gama de propiedades mecánicas del concreto. En esta relación agua cemento, el agua resulta de gran magnitud, ya que ella y su relación con el cemento están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades del material final que se obtendrá, en donde usualmente conforme más agua se adicione, aumenta su fluidez de la mezcla y, por lo tanto, su trabajabilidad y plasticidad, lo cual presenta grandes beneficios para la mano de obra; no obstante, también comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre, afirmándose así que la las propiedades mecánicas del concreto depende altamente de la relación por peso entre el agua y el cemento. (Guevara Fallas, y otros, 2012).

## **1.2. Formulación del Problema.**

¿De qué manera influye la adición de superplastificantes y la variación de la relación agua/cemento en las propiedades mecánicas del concreto, Ica, 2018.?

## **1.3. Justificación.**

La presente investigación pretende realizar un diseño de mezclas de concreto con mejoras en sus propiedades mecánicas con el uso de superplastificantes tomando en cuenta también la influencia de la relación agua/cemento. La necesidad de presentar esta investigación es brindar mejoras al concreto con el fin de darle un óptimo comportamiento frente a los altos esfuerzos a los que este material puede estar sometido. Los beneficiados con este proyecto serían las diferentes constructoras, principalmente las que se dedican a la construcción de edificios, condominios

viviendas y otras obras civiles, ya que podrán trabajar con concretos de mejores propiedades mecánicas que las convencionales, satisfaciendo así las diferentes necesidades que se puedan presentar.

En la actualidad, en la construcción se suele utilizar concretos con diseño de mezclas tradicionales los cuales no llegan a ser lo suficientemente adecuados, debido a que muchas veces no se llega a una resistencia necesaria para contrarrestar los esfuerzos a los que el concreto puede estar sometido. Es así que para lograr obtener concretos de buenas propiedades mecánicas se debe de realizar diseños con la relación agua/cemento lo más baja posible, esto conlleva a que la mezcla al tener menor cantidad de agua sea menos trabajable y poco fluido lo que ocasionaría problemas en la puesta en obra generando posteriormente cangrejeras en los elementos estructurales, y con ello su debilitación. Es así que para compensar la ausencia de agua se utiliza aditivos superplastificantes como una solución a los problemas antes mencionados.

La necesidad de satisfacer las demandas de ingenieros como las de tener elementos estructurales de menor sección para un mayor aprovechamiento de los espacios, tener materiales lo suficientemente resistentes para soportar grandes estructuras con alta durabilidad, evitar construir elementos estructurales con anomalías en sus secciones tales como segregación o cangrejeras, entre otras; conllevaron a realizar el estudio de una opción de solución al sin fin de inconvenientes que se pueden presentar en la elaboración de las construcciones que utilizan como material principal al concreto, a través del uso de aditivos superplastificantes y tomando en cuenta también la influencia que tiene la relación agua/cemento para generar concreto con óptimas propiedades mecánicas.

Los beneficios del uso de un concreto con superplastificantes generaría no solo un impacto en las propiedades del concreto, sino también ayuda de manera indirecta al ahorro del agua que es uno de los problemas que el mundo está atravesando actualmente, y que se percibe cada vez más en los países subdesarrollados.

La elaboración de esta tesis favorecerá de manera académica a los futuros investigadores en la búsqueda del mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto ya que tendrán en este proyecto una base confiable de información y así puedan seguir desarrollando nuevas innovaciones que aporten de manera positiva a la Ingeniería Civil.

## 1.4. Objetivos.

### 1.4.1. Objetivo General.

- Determinar la Influencia que tiene la adición de un superplastificante y la variación de la relación agua/cemento en las propiedades mecánicas del concreto.

### 1.4.2. Objetivo Específicos.

- Encontrar un diseño óptimo para un concreto de mejores propiedades mecánicas que los concretos convencionales.
- Realizar la caracterización de los materiales que se utilizaran para el diseño de mezcla, tomando en cuenta las normas necesarias.
- Determinar la trabajabilidad de cada dosificación diseñada a través del ensayo de asentamiento.
- Determinar las Propiedades Mecánicas del Concreto diseñado a través de ensayos de resistencia a la compresión, tracción y flexión.

## 1.5. Antecedentes.

- “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE PSP NLS, PARA EDADES MAYORES QUE 28 DÍAS” (Fernández, Morales, & Soto, 2016), Analizar la resistencia de probetas de concreto, usando el aditivo superplastificante PSP NLS. Se elaboró mezclas sin la inclusión del aditivo, llamada mezclas patrón, y luego mezclas con la inclusión del aditivo para la dosificación establecida por el fabricante (1.7% del contenido de cemento de la mezcla) y superior a la misma (2.1% del contenido de cemento de la mezcla), esto con el fin de comparar el efecto que causa el aditivo en la resistencia del concreto, es por ello que se elaboraron mezclas con resistencia de diseño de 250 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Se realizaron los ensayos a compresión de las muestras para presentar las gráficas de comparación de los resultados obtenidos considerando el desarrollo de la resistencia a compresión de la mezcla de concreto, tomando como base a la mezcla patrón de cada una de las resistencias estudiadas. Se observó que, a los siete días, la resistencia de la mezcla con dosis máxima de aditivo fue considerablemente mayor a la resistencia

de la mezcla patrón; por otro lado, a los veintiocho días, la resistencia de las mezclas con aditivo fue ligeramente mayor a la de la mezcla patrón, pudiéndose interpretar que las mezclas con el aditivo PSP NLS no presentan una variación significativa en la resistencia a compresión en comparación a la de las mezclas patrón.

Esta investigación pudo aportar un conocimiento diferente a lo usual con respecto al comportamiento que le brinda algunos aditivos superplastificantes ya que se pudo comprobar que con el uso del aditivo superplastificante PSP NLS no se llega a tener un impacto trascendental en la resistencia del concreto. Esto resalta la necesidad de realizar estudios antes de hacer uso de cualquier producto en los proyectos de construcción.

- “INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO” (REINA CARDOZA, SÁNCHEZ BLANCO, & SOLANO QUINTANILLA, 2012),

Establecer la influencia del uso de un aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Se propuso diseñó doce mezclas de concreto para alcanzar resistencias a la compresión de 500, 550, 600 y 650 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando tres tasas de dosificación de aditivo superplastificante de 600, 1200 y 1800 ml/100 kg de cemento para cada resistencia. Se realizó el ensayo de asentamiento al concreto en estado fresco; por otro lado, se realizaron ensayos resistencia a la compresión a los 28 días de edad al concreto en estado endurecido.

Se concluyó que el aditivo superplastificante hizo que el concreto sea más trabajable llegando a alcanzar asentamientos en el cono de Abrams de 5 a 8 pulgadas. Por otra parte, en los ensayos del concreto en estado endurecido a la edad de 28 días se alcanzaron valores de resistencia a la compresión en el rango de 100% a 122% mayor a la resistencia en estudio.

- “EFECTO DE LA VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN EL CONCRETO”

(Guevara Fallas, y otros, 2012), Analizar la influencia que tiene la variación de la relación agua/cemento en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Se elaboró grupos de dosificaciones para concreto con relaciones Agua/Cemento variables de 0.85, 0.80, 0.75, 0.70, 0.65, 0.60 y 0.55, a la edad de 7 días. Se realizó los ensayos del concreto en estado fresco para determinar las diferencias de los asentamientos en el cono de Abrams de acuerdo a la Norma ASTM C143 para cada grupo de dosificación; por otro lado, se prepararon las probetas de acuerdo a la Norma ASTM C31 para cada grupo de dosificación, posteriormente se realizaron los ensayos de compresión de acuerdo a la Norma ASTM C39 las cuales fueron ensayadas a los 7 días de edad. Se determinó en la prueba de asentamiento del concreto en estado fresco que al aumentar la relación agua cemento se visualiza un asentamiento mayor; por otro lado, se concluyó en el ensayo de resistencia del concreto en estado endurecido a 7 días de edad que al aumentar la relación Agua/Cemento se obtendrían concretos de menor resistencia.

Este estudio aporta un mayor conocimiento con respecto al concreto, ya que nos permite visualizar con ensayos confiables la importancia que tiene la influencia de la relación Agua/Cemento en las propiedades del concreto tanto en el estado fresco como en el estado endurecido.

- “COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO (RESISTENCIA A COMPRESIÓN, RESISTENCIA A FLEXIÓN Y RESISTENCIA TRACCIÓN) DEL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO – TRUJILLO – LA LIBERTAD”

(Pérez Guillen, 2016), Evaluar la influencia de las fibras de polipropileno en el comportamiento físico – mecánico (resistencia a compresión, resistencia a flexión y tracción) del concreto. Se realizó el estudio de los agregados de la cantera El Milagro del cual fue extraído, posteriormente se elaboró la dosificación del concreto con 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4% de fibras de polipropileno para las probetas a realizar, utilizando fibras de polipropileno de la empresa Z Aditivos y un cemento de la empresa Pacasmayo S.A. Se realizaron los ensayos de compresión, tracción y flexión para determinar la curva % fibra vs resistencia para observar la influencia de la

fibra de polipropileno en la resistencia del concreto. A partir de los ensayos, se determinó que el porcentaje más óptimo de fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión y flexión es de 0.4% llegando a tener una resistencia a compresión de 356.45 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión de 48.10 kg/cm<sup>2</sup>, adicionalmente se concluyó que la adición de la fibra de polipropileno en el concreto no tiene ningún impacto en la resistencia a la tracción.

Esta investigación aporta un estudio adicional ya que se establece una relación entre la resistencia a la compresión, flexión, y tracción del concreto y la adición de fibras de polipropileno en el concreto, sirviendo como base para describir de una manera más detallada su comportamiento físico – mecánico.

- “INFLUENCIA DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN EL TIEMPO DE FRAGUADO, TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO, EN LA CIUDAD DE HUANCAYO”

(Mayta Rojas, 2014), Determinar la influencia del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto para el estado fresco y endurecido. Se preparó los diseños de mezclas patrones (sin el aditivo mencionado) de relaciones  $a/c=0.40$ , 0.50 y 0.60 y con un asentamiento de 4’’; luego, sin variar los componentes iniciales del concreto patrón, se incorporaron diferentes dosis de aditivo superplastificante (250, 450, 650, 850 y 1050 ml por cada 100 kg de cemento), obteniéndose así los diseños de mezclas experimentales, llegando a tener un total de 18 mezclas. En cada una de las mezclas (patrón y experimental) se efectuaron ensayos de segregación estática, asentamiento, temperatura, exudación, peso unitario, tiempo de fraguado, en el concreto fresco; resistencia a la compresión, en el concreto endurecido. Los resultados obtenidos de los ensayos, son sometidos a un análisis comparativo entre las mezclas experimentales respecto a las mezclas patrones. Se concluyó que el aditivo superplastificante ocasiona lo siguiente: aumenta la trabajabilidad del concreto, retrasa brevemente el tiempo de fraguado, y además se obtuvieron resistencias a la compresión por encima del 70% respecto al concreto patrón (referente 28 días) en 3 días, para dosis de 650 ml del aditivo superplastificante.

Esta investigación contribuye a entender las implicaciones del uso del aditivo superplastificante en las mezclas convencionales de concreto. Aportando así,

conocimientos sobre el uso y las potencialidades que le brinda el aditivo superplastificante al concreto, ya que son pocos los profesionales que tienen la oportunidad de emplearlos e investigar para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

- “CONCRETO (HORMIGÓN) CON CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP ATLAS DE RESISTENCIAS TEMPRANAS CON LA TECNOLOGÍA SIKA VISCOCRETE 20 HE”

(Benítez Espinoza, 2012), Analizar y evaluar mezclas de concreto (hormigón) con cemento Portland Puzolánico Tipo IP Atlas de alta fluidez, con el uso del aditivo SIKA VISCOCRETE 20 HE. Se desarrollaron mezclas de concreto con bajos contenidos de cemento Portland Puzolánico Tipo IP “Atlas” (375 kg, 350 kg, 325 kg, 300 kg, 275 kg) con el fin de alcanzar altas resistencias iniciales y con características fluidas, lo cual se lograría con el uso del aditivo superplastificante SIKA VISCOCRETE 20 HE. Se observó que tanto en los diseños de mezcla patrón como en los diseños con aditivo SIKA VISCOCRETE 20 HE las resistencias van incrementando con relación a la cantidad de cemento empleada en cada diseño. Además, se concluyó que las resistencias en los diseños patrón varían entre  $f'c=130 \text{ kg/cm}^2$  a  $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$  y para el caso de los diseños con aditivo están comprendidos entre  $f'c=309 \text{ kg/cm}^2$  y  $507 \text{ kg/cm}^2$ , observándose una satisfactoria intervención de los aditivos.

Este estudio aporta un análisis del comportamiento de los aditivos superplastificantes en las propiedades del concreto y así poder obtener mezclas de concreto de buena calidad para las estructuras. Con esto se llega a destacar también la aplicación de estos tipos de concretos por el gran ahorro de mano de obra que significaría su uso además de sus grandes ventajas.

## 1.6. Bases Teóricas.

### 1.6.1. Concreto.

Según (Fernández Canovas, 2011) el concreto, o también llamado en algunos países como Hormigón, es un material de construcción constituido básicamente por rocas con un limitado tamaño máximo unidas por una pasta de aglomerante

formada por un conglomerante conformado por cemento y agua. A esta composición se le puede añadir, en el momento de su amasado, otros productos para mejorar algunas características determinadas. Hoy en día, al concreto se le considera como el rey universal de los materiales de construcción debido a sus indiscutibles ventajas, en primer lugar, que es un material que permite conseguir piezas de cualquier forma por más complicada que sea debido a la plasticidad que posee cuando se encuentra en estado fresco; en segundo lugar, el concreto es un material una apreciable resistencia a la compresión y aunque posee resistencias débiles ante esfuerzos de tracción, se puede complementar ampliamente con el acero incorporándolo en los lugares adecuados dando lugar al concreto armado; en tercer lugar, el concreto llega a proporcionar piezas con un gran monolitismo, incluso en los nudos, que a veces con otros materiales resistentes son zonas débiles. (p. 01)

## **1.6.2. Elementos del Concreto.**

### **1.6.2.1. Cemento.**

Según (Fernández Canovas, 2011) Afirma que en la constitución del concreto, la unión de los agregados se logra por medio de cementos que generalmente son “cementos portland”. De todos los conglomerantes hidráulicos, el cemento portland es uno de los más empleados en la construcción debido a que están básicamente formados por mezclas de caliza, arcilla y yeso, los cuales son materiales abundantes en la naturaleza por lo que hace que sea un material de precio relativamente bajo, además de proporcionar propiedades muy adecuados para los requerimientos del concreto. (p. 17)

#### **1.6.2.1.1. Tipos de Cemento.**

##### **a. Tipo I.**

Para uso general y cuando no se necesiten cementos con otras propiedades específicas.

##### **b. Tipo II.**

Para uso general y cuando se necesite una resistencia moderada a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

**c. Tipo III.**

Para cuando se necesiten altas resistencias iniciales.

**d. Tipo IV.**

Para cuando se necesiten un bajo calor de hidratación.

**e. Tipo V.**

Para cuando se necesite una alta resistencia a los sulfatos.

**1.6.2.2. Agua.**

Según (Fernández Canovas, 2011) el agua es el segundo componente del concreto, empleándose tanto en el amasado del mismo como en su curado. El agua que se añade a la mezcla tiene la misión de hidratar los componentes activos del cemento y de actuar como lubricante haciendo posible que la mezcla fresca sea lo suficientemente trabajable. Para que el agua sea apta para el amasado del concreto debe encontrarse limpia y libre de impurezas a fin de que no se produzcan alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en su fraguado y endurecimiento, reducciones en sus resistencias, ni peligros en su durabilidad. (p. 101)

**1.6.2.3. Agregados.**

Según (Fernández Canovas, 2011) los agregados, tanto finos como gruesos, que entran en la composición del concreto son materiales inertes, de tamaño comprendido entre 0 mm y 100 mm y de procedencia natural contribuyendo en concretos y morteros con su estabilidad en el volumen, resistencia y economía, debido a que ocupa aproximadamente el 80% del volumen del concreto. (p. 107)

**1.6.2.4. Aditivos.**

Según (Fernández Canovas, 2011) son productos que, añadidos a la pasta, mortero o concreto al momento de su elaboración en las condiciones, formas y dosis adecuadas, tienen como objetivo modificar la mezcla para su mejor comportamiento en todos o algunos aspectos, tanto en estado fresco como en estado endurecido. (p. 175).

#### **1.6.2.4.1. Clasificación.**

##### **a. Aditivo reductor de agua (plastificante).**

Según (Fernández Canovas, 2011) es un aditivo que permite reducir el contenido de agua sin modificar la consistencia, o que sin necesidad de modificar el contenido de agua aumenta la consistencia y con ello la trabajabilidad del concreto. (p. 177)

##### **b. Aditivo reductor de agua de alta actividad (superplastificante).**

Según (Fernández Canovas, 2011) aditivo que permite reducir fuertemente el contenido de agua sin modificar la consistencia, o que sin necesidad de modificar el contenido de agua aumenta considerablemente la consistencia y con ello la trabajabilidad del concreto (p. 177)

##### **c. Aditivo inclusor de aire.**

Según (Fernández Canovas, 2011) aditivo que permite incorporar durante el amasado una determinada cantidad de burbujas de aire, repartidas de manera uniforme y que en el concreto después del endurecimiento. (p. 177)

##### **d. Aditivo acelerador de fraguado.**

Según (Fernández Canovas, 2011) aditivo que disminuye el tiempo de transición del estado fresco al estado endurecido (tiempo de fraguado) del concreto. (p. 177)

##### **e. Aditivo acelerador de endurecimiento.**

Según (Fernández Canovas, 2011) aditivo que aumenta la velocidad de desarrollo de las resistencias iniciales del concreto con o sin modificación del tiempo de fraguado. (p. 177)

##### **f. Aditivo retardador de fraguado**

Según (Fernández Canovas, 2011) aditivo que aumenta el tiempo de transición del estado fresco al estado endurecido (tiempo de fraguado) del concreto. (p. 177)

### 1.6.3. Estados del concreto y sus propiedades.

#### 1.6.3.1. Concreto en estado fresco.

Según (Fernández Canovas, 2011) se denomina “concreto fresco” al concreto que, debido a su plasticidad, tiene la capacidad para poder moldearse. Las propiedades más características del concreto fresco son: la consistencia, la docilidad y la homogeneidad. (p. 159)

##### 1.6.3.1.1. Consistencia y docilidad.

Según (Fernández Canovas, 2011) la consistencia es la oposición que presenta el concreto fresco a experimentar deformaciones, siendo, por lo tanto, una propiedad física inherente al propio concreto, mientras que la docilidad es la facilidad con que determinadas cantidades de agregados, cemento y agua es manejado, transportado, colocado y compactado en los moldes o encofrados con la mínima pérdida de homogeneidad, es decir sin que se produzca ni segregación ni exudación. (p. 159)

##### 1.6.3.1.2. Medida de la consistencia y docilidad.

- **Cono de Abrams.**

Según (Fernández Canovas, 2011) es un ensayo muy sencillo de realizar en obra que no requiere de equipo costoso ni de personal especializado y proporciona resultados satisfactorios. Este ensayo está descrito en la norma ASTM-C 143 (p. 162)

- **Consistómetro Ve Be.**

Según (Fernández Canovas, 2011) este método es muy útil en los casos en los que el cono de Abrams carece de sensibilidad como ocurre con los concretos muy secos y los reforzados con fibras. (p. 164)

- **Cono invertido.**

Según (Fernández Canovas, 2011) este ensayo mide la movilidad o fluidez del concreto sometido a vibración interna y a diferencia del método Vebe no produce consolidación del concreto en el recipiente al no ser este vibrante. (p. 166)

#### **1.6.4. Concreto en estado endurecido.**

Según (Fernández Canovas, 2011) las características físicas de un concreto endurecido no solo de la propia naturaleza de este, sino también de su edad y de las condiciones de humedad y temperatura a las que haya estado sometido. La característica física o mecánica medida con más frecuencia en el concreto es la resistencia a la compresión debido a que muy fácil de ser determinado y a que muchas de sus otras propiedades están relacionadas con ella, es a partir de ello que se puede conocer un índice aproximado de su comportamiento frente a otras acciones. (p. 351)

##### **1.6.4.1. Densidad.**

Según (Fernández Canovas, 2011) la densidad de un concreto fundamentalmente de la que tenga los agregados, su granulometría y del volumen de estos. En cambio, la relación Agua/Cemento del concreto influye en menor escala debido a que cuanto mayor sea este factor más poroso será el concreto. Otros factores que llegan a influir en la densidad del concreto es la adición de aditivos aireantes y el grado de compactación. Para un concreto con agregados de una naturaleza determinada, una densidad elevada del mismo, puede ser un índice que esté posee altas resistencias mecánicas y buena durabilidad. (p. 355)

##### **1.6.4.2. Elasticidad.**

Según (Fernández Canovas, 2011) conocer el módulo de elasticidad, o módulo de deformación longitudinal, del concreto es muy importante para determinar su forma de trabajar en las estructuras en las que va a formar parte. El módulo de elasticidad está directamente asociada a la resistencia a la compresión del concreto, ya que a mayor sea la resistencia mayor será su módulo de elasticidad. (p. 356)

### **1.6.4.3. Resistencia a la compresión.**

(Fernández Canovas, 2011) Definió que el concreto es un material que puede llegar resistir diferentes sollicitaciones, pero la resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, llegando a ser, aproximadamente, hasta diez veces su resistencia a la tracción. Dado que la mayor parte de las propiedades del concreto están directamente relacionadas a la resistencia a la compresión, la determinación de esta propiedad es de gran interés. (p. 367)

#### **1.6.4.3.1. Probetas.**

Según (Fernández Canovas, 2011) La resistencia a la compresión del concreto se puede determinar mediante ensayos destructivos y no destructivos. Los primeros son los más utilizados en el control de calidad del concreto, realizándose sobre probetas ya sean cilíndricas o cúbicas, dependiendo de las normatividades de los diferentes países. (p. 369)

#### **1.6.4.3.2. Factores que influyen en la resistencia.**

(Fernández Canovas, 2011) Afirma que las resistencias mecánicas del concreto, se puede decir que está influenciado por todo; materiales de los que está compuesto, dosificación y amasado del concreto, la puesta en obra, consolidación, curado, forma y dimensiones de las probetas, realización del ensayo de rotura, entre otros factores. (p. 370)

### **1.6.4.4. Resistencia a tracción.**

(Fernández Canovas, 2011) afirma que el concreto es un material relativamente pobre con respecto a la resistencia a la tracción, del orden de la décima parte de su resistencia a la compresión. Esta deficiencia es la principal causa de la fisuración del mismo. La determinación de la resistencia a tracción pura de un concreto es muy difícil de llevar a cabo, a pesar de que existen métodos que se basan en cabezas de anclajes unidas al concreto con resina epóxica, con lo cual se podría conseguir valores muy fiables, pero estos métodos

con muy costosos y requieren de bastante tiempo para su elaboración. A fin de evitar estos inconvenientes se emplea el método indirecto conocido como “ensayo brasileño” y el de la determinación de la resistencia a flexotracción. (p.400)

#### **1.6.4.4.1. Ensayo de tracción indirecta.**

(Fernández Canovas, 2011) indica que el ensayo a tracción indirecta o “brasileño” se utilizan probetas cilíndricas, iguales a las de compresión, que se colocan entre los platos de la prensa con el eje horizontal de la probeta y se someten a compresión entre dos generatrices opuestas hasta que se produce la rotura según un plano diametral. (p. 401)

#### **1.6.4.4.2. Ensayo a flexotracción.**

Según (Fernández Canovas, 2011) este ensayo se realiza sobre probetas prismáticas de 10 x 10 x 40 cm o de 15 x 15 x 60 cm, siendo estas últimas la más usada en ensayos de concreto para pavimentos. Estas probetas se apoyan sobre rodillos separados a tres veces la arista, sometiéndose a cargas a través de un rodillo centrado o sobre dos situados a un tercio de la luz. (p. 404)

#### **1.6.4.4.3. Deformación del concreto traccionado.**

(Fernández Canovas, 2011) afirma que, en los ensayos a tracción del concreto, sobre todo cuando el esfuerzo es axial, se produce un alargamiento de la pieza o un aumento de su longitud. La capacidad del concreto para soportar el alargamiento por tracción sin romperse se le denomina “elongabilidad”. (p. 408)

#### **1.6.4.5. Permeabilidad.**

(Fernández Canovas, 2011) define la permeabilidad de un concreto como la facilidad que tiene este para ser atravesado por un fluido, bien sea líquido o gaseoso, esto debido al volumen, distribución e interconexión existente entre los poros que tienen la pasta hidratada y los agregados. (p. 408)

#### **1.6.4.6. Retracción y entumecimiento.**

Para (Fernández Canovas, 2011), la retracción y entumecimiento son cambios de volumen que experimenta el concreto. La retracción es una contracción que se presenta durante el fraguado y primera época del endurecimiento del concreto; por el contrario, el entumecimiento es una expansión o aumento de volumen del concreto a causa de la absorción del agua por los geles procedentes de los geles procedentes de cemento hidratado. (p. 414)

#### **1.6.4.7. Propiedades térmicas.**

(Fernández Canovas, 2011) indica que la propiedad térmica del concreto es de gran importancia en su elaboración y en las estructuras en las que será utilizada. Por otra parte, las altas temperaturas afectan fuertemente a las resistencias del concreto. (p. 438)

#### **1.6.4.8. Durabilidad.**

(Fernández Canovas, 2011) indica que las obras de concreto no solo deben proyectarse para resistir las cargas o acciones mecánicas previstas, sino, también, deben proyectarse para que resistan aquellas acciones ambientales de tipo físico o químico a las que están expuestas impidiendo que alcancen su vida útil. Por tanto, la durabilidad del concreto puede definirse como la capacidad que tiene este para resistir las acciones ambientales, ataques químicos, físicos, biológicos o cualquier proceso que tienda a deteriorarlo.

Es así que un concreto durable será aquel que pueda conservar su forma original y su capacidad de carga cuando este se encuentre expuesto a estas acciones. Por otro lado, la durabilidad del concreto está muy ligada a la porosidad del mismo y la distribución y tamaño de sus capilares. La acción destructora de los ciclos de hielo-deshielo se atenúa con el empleo de un concreto compactado de baja relación Agua/Cemento y con la incorporación de un aditivo incorporador de aire. La acción del agua del mar y de los sulfatos se reduce empleando concretos de alta compacidad y cementos adecuados. Las protecciones y revestimientos también juegan un papel impórtate en la vida útil del concreto. La abrasión en

pavimentos industriales y obras hidráulicas se puede reducir con concretos de alta calidad y agregados gruesos, resistentes al desgaste y de gran tamaño. (p. 445)

### **1.6.5. Tipos de concretos.**

#### **1.6.5.1. Concretos ligeros.**

(Fernández Canovas, 2011) afirma que en la densidad de un concreto el componente de mayor influencia es el agregado debido al gran porcentaje que contiene en su composición, si se requiere de un concreto de densidad baja o alta habrá que emplear agregados ligeros o pesados respectivamente. Se considera como concreto ligero a aquel que tiene una densidad igual o inferior a 2000 kg/m<sup>3</sup>. El interés de obtener concretos ligeros en construcción es por la reducción del peso en las estructuras. (p. 500)

#### **1.6.5.2. Concretos pesados.**

Según (Fernández Canovas, 2011) el concreto pesado se ha empleado durante muchos años como contrapeso en puentes levadizos. Hoy en día se utiliza como protección biológica de personas y materiales frente a Rayos X y Rayos Gamma en radiografías industriales y en instalaciones de terapia médica, así como en aceleradores de partículas y reactores nucleares. Estas aplicaciones se deben a que el concreto pesado tiene buenas propiedades de absorción, frenado de neutrones rápidos, carácter fornáceo y relativo bajo costo en comparación a otros materiales de protección. (p. 520)

#### **1.6.5.3. Concretos refractarios.**

(Fernández Canovas, 2011) indica que el concreto convencional no es un material idóneo cuando ha de estar sometido a altas temperaturas durante largos periodos de tiempo de forma permanente, o cambios bruscos de la misma como puede suceder en su aplicación en hornos industriales o domésticos; en estos casos es imprescindible disponer de un concreto especial en el que el cemento, agregados e incluso aditivos, sean aptos para resistir estas temperaturas. (p. 527)

#### **1.6.5.4. Concreto reforzado con fibras.**

(Fernández Canovas, 2011) afirma que algunas de las fallas que suele presentar el concreto tradicional puede reducirse considerablemente incorporándole, además de sus componentes, fibras cortas que amasadas con el concreto se dispersan en su masa dando lugar a una distribución uniforme de las mismas, logrando un concreto más homogéneo, con una resistencia a tracción más elevada, retracción más controlada, rotura más tenaz, con mayor fatiga e impacto, etc. (p. 534)

#### **1.6.5.5. Concreto impregnado con polímeros.**

(Fernández Canovas, 2011) afirma que a través del empleo de polímeros se llega a lograr de manera muy notable un incremento en las resistencias mecánicas y durabilidad de los concretos y morteros, debido a que se llega a reducir la absorción del agua hasta en un 92% mejorando también de forma sorprendente la resistencia a los ciclos de hielo y deshielo. (p. 553)

#### **1.6.5.6. Concreto sellado internamente.**

(Fernández Canovas, 2011) indica que los concretos sellados internamente son muy útiles cuando han de estar en contacto con un medio químico agresivo como los sulfatos, cloruros aguas acidas, etc., o frente un medio físico agresivo como la acción de las heladas, debido que al sellarse los poros del concreto estos agentes no penetran en su interior; por lo que se podría decir que estos concretos son muy impermeables. (p. 566)

#### **1.6.5.7. Concreto poroso.**

(Fernández Canovas, 2011) afirma que este tipo de concreto ha tenido un gran desarrollo para emplearse en capas de drenaje para evacuar el agua que penetra los pavimentos rígidos de carreteras, solucionando con ello problemas con la degradación de la carretera. Por tanto, la función principal de estos concretos es la de drenaje, en construcción de arcenes y sub-bases porosas para carreteras, en tubos drenantes y entre otras aplicaciones en las que sea necesario una alta permeabilidad con una determinada resistencia para soportar cargas. (p. 569)

#### **1.6.5.8. Concreto y mortero proyectado.**

(Fernández Canovas, 2011) define al concreto proyectado como un sistema que transporta el mortero o concreto a lo largo de un tubo, desde la mezcladora hasta la boquilla de proyección, desde el que sale lanzado a gran velocidad sobre una superficie; la gran fuerza del chorro causa el impacto del material sobre la misma hace que el concreto quede perfectamente compactado y que se consiga una capa de gran densidad. (p. 581)

#### **1.6.5.9. Concreto de alta resistencia.**

(Fernández Canovas, 2011) afirma que la aparición de los aditivos superplastificantes ha permitido hacer que concretos con relaciones Agua/Cemento inferiores al 0.3 sean perfectamente trabajables y con ello alcanzar resistencias elevadas. La incorporación del humo de sílice, además del superplastificante, ha permitido conseguir en laboratorios concretos de hasta 1400 kg/cm<sup>2</sup>. Hasta el momento, no existe una clasificación normalizada de este concreto, sin embargo, se podría considerar como concreto de alta resistencia a los que sobrepasan los 500 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días medidas en probetas de 15 x 30 cm. (p. 592)

#### **1.6.5.10. Concreto autocompactante.**

(Fernández Canovas, 2011) indica que a diferencia de los concretos convencionales, el concreto autocompactante; debido a su gran fluidez, manteniendo una adecuada cohesión para evitar la segregación y exudación; no necesita de un vibrado externo para compactarse ya que lo puede lograr por la acción de su propio peso. Logrando así una gran facilidad de relleno de moldes, aunque sean estrechos y de formas complejas; una alta facilidad de su paso entre las barras de acero, aunque la cuantía del armado de elevado. (p. 602)

##### **1.6.5.10.1. Aditivo superplastificante.**

Según (Fernández Canovas, 2011) los superplastificantes son productos que se desarrollaron hace varias décadas pero que continúan en evolución,

llegando a conseguir reducciones de agua de amasado de hasta el 30% sin tener efectos secundarios como aire ocluido, exudación, segregación, alteraciones importantes en el fraguado, etc. Este tipo de aditivo apareció en 1964 en Japón y posteriormente en Alemania en 1972, fabricándose en la actualidad en diversos países. Los superplastificantes tienen la capacidad para modificar la reología de los concretos llegando a conseguir: mezclas muy dóciles y fáciles de poner en obra, sin reducir sus resistencias; concreto de docilidad normal, pero con muy bajo contenido de agua; concretos con reducida dosificación de cemento pero que poseen resistencia y docilidad normal; mantener la trabajabilidad del concreto, reducir la relación Agua/Cemento y conseguir ampliamente las resistencias mecánicas. (p. 180)

(Fernández Canovas, 2011) afirma que los superplastificantes pueden conseguirse dos tipos fundamentales de concretos: concretos fluidos y concretos de resistencias mejoradas. (p. 184)

#### **1.6.5.11. Concretos Fluidos**

Según (Fernández Canovas, 2011) este tipo de concreto se caracteriza por tener un excelente comportamiento al momento de la puesta en obra con muy poca o nula energía de consolidación, poseyendo a la vez una cohesión satisfactoria, llegando a reducir un 25% a 30% la mano de obra. Con el empleo de los superplastificantes se puede llegar a incrementar el asiento de cono de Abrams desde 5 cm hasta 22 cm, manteniéndose la resistencia con dosificaciones de aditivo del 0,75% al 3,0% respecto al peso del cemento. A los pocos minutos de la adición, el concreto fluye fácilmente llegando a ser autonivelante, pero manteniendo su cohesión sin presentar exudación, segregación ni pérdida de sus características resistentes. Este tipo de concreto son ideales cuando se necesita vaciar elementos con gran volumen de acero y de difícil acceso sin necesidad de vibrado. Una vez agregado el superplastificante, la mezcla debe emplearse lo antes posible debido a que su trabajabilidad se va perdiendo en el transcurso de los treinta a sesenta minutos de haber realizado la adición,

posteriormente a este lapso de tiempo la masa vuelve a tener el mismo asiento perdiendo así el efecto del aditivo. (p. 184)

#### **1.6.5.12. Concretos de resistencias mejoradas.**

(Fernández Canovas, 2011) indica que por motivos de trabajabilidad, los concretos han de amasarse con mayor cantidad de agua de la necesaria para hidratar el cemento; el exceso de agua que no es necesario para la hidratación llega a dar lugar a macroporos y poros capilares en el concreto, reduciendo ampliamente la resistencia del mismo. Para conseguir incrementar la resistencia del concreto se deben emplear relaciones de agua/cemento lo más bajas posibles sin que la trabajabilidad deje de ser el óptimo para el buen manejo del concreto. Estudios han llegado a mezclas con superplastificantes en las que las resistencias a compresión a los 28 días eran de 1130 kg/cm<sup>2</sup> y a un día de 480 kg/cm<sup>2</sup>, empleándose una relación agua/cemento de 0.25 y con asiento en cono de Abrams de 10 cm. Estos concretos son adecuados para prefabricación de viguetas pretensadas donde se desmolda en menor tiempo, en construcción de cajones bajo el agua, acueductos, puentes, pilotes, etc.

##### **1.6.5.12.1. Relación agua/cemento.**

Según (ASOCRETO, 2010), define la relación agua/cemento ( $a/c$ ) de una mezcla de concreto o mortero como la cantidad de agua en masa, sin incluir el agua absorbida por los agregados, sobre la cantidad de cemento en masa; y tiene gran influencia en todas las propiedades del concreto. La resistencia del concreto y la relación agua/cemento están estrechamente relacionada, de tal manera que cuanto menor es la relación agua/cemento mayor es la resistencia, sin embargo, al emplear agua/cemento muy bajas, la mezcla se vuelve más seca y difícil de compactar quedando porosa, al punto que la resistencia comienza a decrecer, tomando como opción para solucionar este problema el uso de vibrador para la compactación del concreto.

#### 1.6.5.12.2. Relación agua/cemento y la trabajabilidad.

Según (Enrique Pasquel, 2017), Todo aquél que tiene conocimientos de Tecnología del Concreto sabe que la resistencia en compresión depende de la relación Agua/Cemento en peso, pero pocos conocen que este parámetro que representa la concentración del pegante tiene una influencia primordial en la trabajabilidad de las mezclas.

En el figura N° 1 podemos apreciar la curva típica  $f'_c$  vs Agua/Cemento del Comité ACI 211.1 conocida y empleada internacionalmente para hacer diseños de mezcla, donde hemos resaltado valores significativos que vamos a proceder a comentar a continuación.

En la figura N° 2 se muestra como se distribuye la estructura de hidratación de la pasta de cemento vs la relación agua/cemento cuando no se usan aditivos, y que permite entender varios aspectos del comportamiento de los morteros y concretos sobre los que normalmente no reflexionamos.

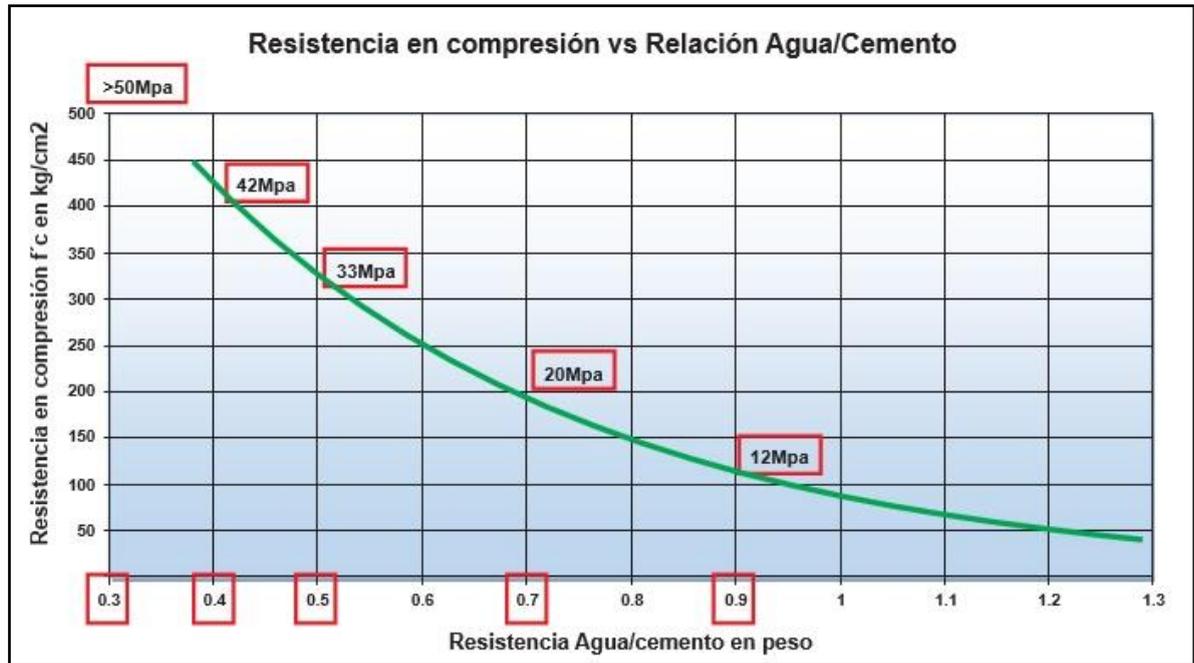
Observamos que en dicha estructura hay cemento hidratado (identificado en color azul oscuro), cemento sin hidratar (color gris claro), agua de hidratación (color azul claro), agua excedente para lubricación (color celeste) y poros capilares (color blanco).

Si recordamos que el concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> que es el más usado en nuestro medio, está en el rango de relación Agua/Cemento 0.60 a 0.70, podemos verificar que, para los llamados concretos convencionales,  $A/C > 0.60$  (210 kg/cm<sup>2</sup>, 175 kg/cm<sup>2</sup>, 140 kg/cm<sup>2</sup>, 120 kg/cm<sup>2</sup>, 100 kg/cm<sup>2</sup>, etc.), siempre sobra agua para lubricación de la mezcla y ello explica por qué no hay problema en producir estos concretos sin aditivos con asentamientos del orden de 4" pues la estructura de la pasta colabora en esto.

En la medida que requerimos concretos de mayor resistencia y consecuentemente relaciones agua/cemento menor ( $A/C < 0.60$  ' 245 kg/cm<sup>2</sup>, 280 kg/cm<sup>2</sup>, 315 kg/cm<sup>2</sup>, etc.), hallamos que cada vez hay menos agua excedente para lubricación, siendo que para una A/C del orden de 0.42 (350 kg/cm<sup>2</sup> a 420 kg/cm<sup>2</sup>) ya no existe esta agua.

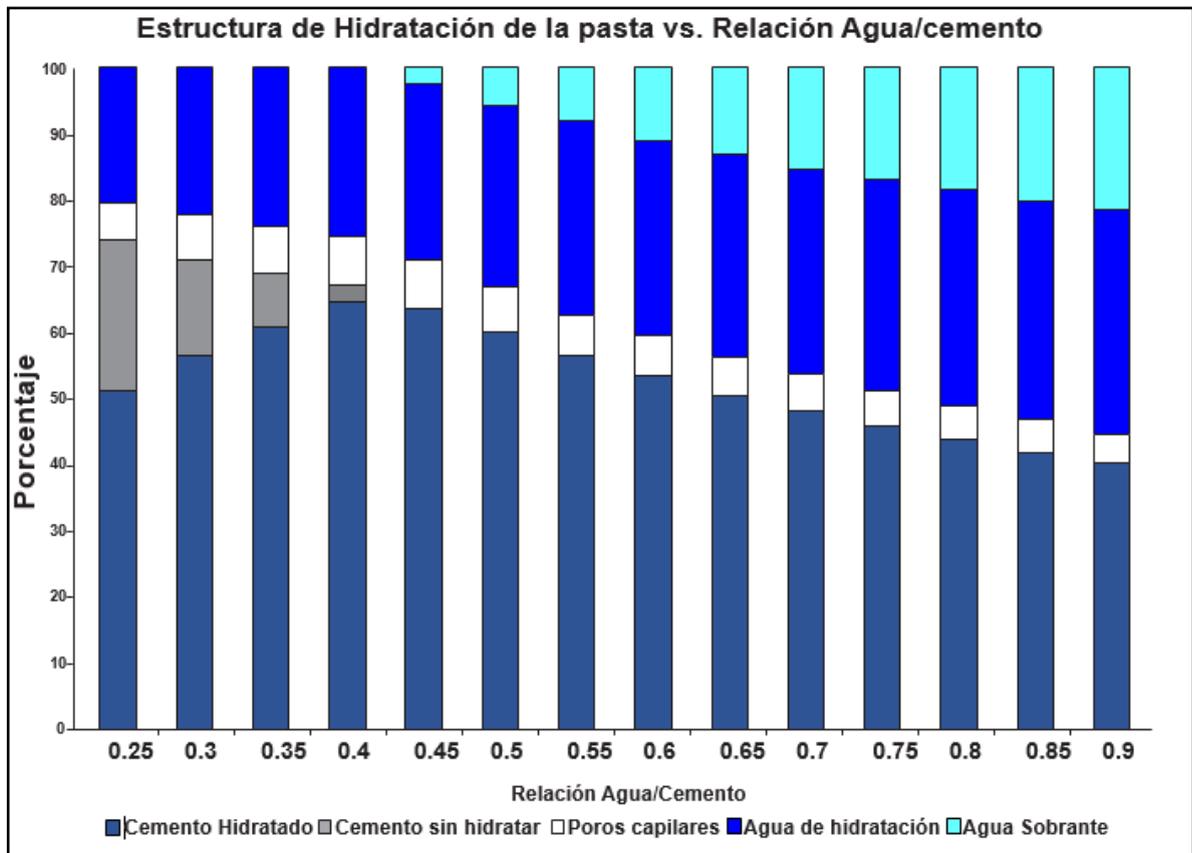
En términos prácticos, para las relaciones A/C, 0.50 si no se emplean aditivos plastificantes y/o superplastificantes es imposible lograr concretos para obra con la trabajabilidad adecuada pues la estructura de la pasta no permite esto al ya no haber agua excedente para lubricar y plastificar.

En consecuencia, para estos concretos el aditivo plastificante o superplastificante es el que maneja exclusivamente la trabajabilidad y controla su duración. Sólo en casos particulares como es el de concretos especialmente "secos" para pavimentos viales o industriales o al emplear equipos de compactación de alto rendimiento, o porque las estructuras a vaciar están en pendiente, se deben emplear mezclas con relación A/C baja y bajo asentamiento, afrontándose las dificultades inherentes en el manejo de su trabajabilidad, pues así lo requiere el proceso constructivo.



**Figura N° 01:**  $f'_c$  vs Agua /Cemento

**Fuente:** Comité ACI 211.1



**Figura N° 02:** Estructura de la pasta de cemento hidratada vs agua/cemento

**Fuente:** Comité ACI 211.1 (Enrique Pasquel)

### 1.7. Definición de Términos Básicos.

Las definiciones empleadas en el planeamiento del problema y las bases teóricas de la presente investigación, se han redactado tomando diversas fuentes de información, mencionadas en la referencia.

- **ADICIÓN.** Acción de añadir, aplicar, agregar una sustancia o materiales para la elaboración de un producto.
- **CONCRETO.** Es un material formado por una mezcla de grava, arena, agua y cemento, que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a una piedra artificial.
- **PROPIEDADES MECÁNICAS.** Son las características o cualidades de los materiales (agregados) de construcción del concreto, los cuales son dosificados y mezclados, proporcionando resistencia a la carga, flexión y durabilidad, los cuales deben ser analizadas mediante ensayos y pruebas, según los parámetros de control de calidad normados por el INACAL (NTP) o ASTM (American Society for Testing and Materials)
- **SUPERPLASTIFICANTES.** Es un aditivo que permite la reducción de agua produciendo un importante aumento en la consistencia del concreto, obteniendo una mejor resistencia.
- **VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO.** La relación agua cemento es el cociente entre las cantidades de agua y cemento, valor importante en la composición del concreto teniendo influencia sobre la resistencia a la compresión en la durabilidad y la retracción.

## 1.8. Formulación de la hipótesis.

### 1.8.1. Hipótesis General:

La adición del superplastificante Sika Viscoflow-360 y la reducción de la relación Agua/Cemento favorecerán ampliamente en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 y la reducción de la relación Agua/Cemento favorecerán ampliamente en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 01:** Tabla de hipótesis general.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

### 1.8.2. Hipótesis Específica:

#### 1.8.2.1. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% con una relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 02:** Tabla de hipótesis específica 01.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

### 1.8.2.2. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% con una relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 03: Tabla de hipótesis específica 02.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.3. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% con una relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 04: Tabla de hipótesis específica 03.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.4. Sika Viscoflow-360 al 1.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% con una relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 05: Tabla de hipótesis específica 04.  
Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.5. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% con una relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 06:** Tabla de hipótesis específica 05.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

**1.8.2.6. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% con una relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 07: Tabla de hipótesis específica 06.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.7. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% con una relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 08: Tabla de hipótesis específica 07.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.8. Sika Viscoflow-360 al 2.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% con una relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 2.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 09:** Tabla de hipótesis específica 08.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

**1.8.2.9. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% con una relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 10: Tabla de hipótesis específica 09.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.10. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% con una relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 11:** Tabla de hipótesis específica 10.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

**1.8.2.11. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% con una relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de m suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 12:** Tabla de hipótesis específica 11.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

**1.8.2.12. Sika Viscoflow-360 al 3.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% con una relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 3.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 13: Tabla de hipótesis específica 12.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.13. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.50**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% con una relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.50 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 14:** Tabla de hipótesis específica 13.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

**1.8.2.14. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.40**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% con una relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.40 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 15: Tabla de hipótesis específica 14.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**1.8.2.15. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.30**

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% con una relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.30 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

*Tabla N° 16: Tabla de hipótesis específica 15.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

### 1.8.2.16. Sika Viscoflow-360 al 4.5% y Relación Agua/Cemento de 0.20

El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% con una relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad, para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobarán a través de ensayos que se realizarán en el laboratorio de suelos y concreto, para el año 2018.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Componentes lógicos	El espacio	El tiempo
El uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 al 4.5% reducción de la relación Agua/Cemento de 0.20 favorecerán en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, el cual resultara de gran utilidad para la elaboración de elementos estructurales más resistentes o de secciones más esbeltas para un aprovechamiento de espacios. Para lo cual, estos conceptos se comprobaran a través de ensayos que se realizaran en el laboratorio de suelos y concreto para el año 2018.	Aditivo superplastificante Sika Viscoflow - 360	Proyecto de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Mejorar	Laboratorio de suelos y concreto	Año 2018
	Relación Agua/Cemento				
	Propiedades mecánicas del concreto				

**Tabla N° 17:** Tabla de hipótesis específica 16.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

### 1.9. Línea de Investigación:

La ingeniería y la innovación tecnológica, en el proyecto de tesis se busca la innovación al probar la hipótesis de la influencia del superplastificante y la relación agua cemento en las propiedades mecánicas del concreto.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 2.1. Material:

El presente estudio de investigación se consiga los diferentes recursos usados detallando los siguientes:

#### a. Materiales.

- **De escritorio:**

- Papel A 4. folder manila, lapiceros, plumones, tablero porta papeles, fotocopias, anillados, formatos de ensayos.
- Laptop, impresora para procesos de datos.

- **De laboratorio:**

- Superplastificante, cemento, agregados, guantes, sacos de polipropileno.

#### b. Humano.

- **Asesoría:**

- Ing. Josualdo Villar Quiroz asesor del desarrollo de tesis.

- **Tesista:**

- Bach. Wilfredo Jhony Otiniano Tandypan.

#### c. Servicio:

- **Transporte:**

- Fue financiado por la empresa, CCCC DEL PERÚ SAC. dedicada a la ingeniería y construcción, del cual las muestras de agregados fueron tomadas de la cantera PROMCOSER SAC. ubicado en la provincia de Nazca y llevadas a la ciudad de Ica, para los ensayos correspondientes.

## 2.2. Material de Estudio.

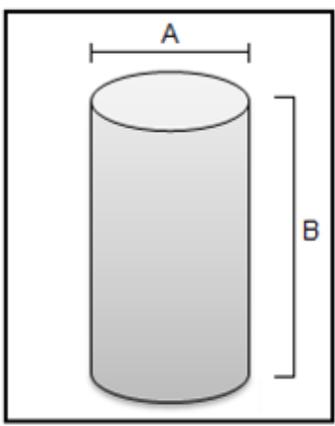
### ❖ Diseño de investigación.

La presente investigación es de tipo experimental debido a que se van a manipular las cantidades del aditivo superplastificante Sika Viscoflow-360 y se variará la relación agua/cemento para finalmente obtener una mejora en las propiedades mecánicas del concreto. Por lo tanto, el diseño de investigación es experimental porque se obtendrá evidencia de la variación que causará el aditivo superplastificante y la relación agua/cemento sobre las propiedades mecánicas del concreto.



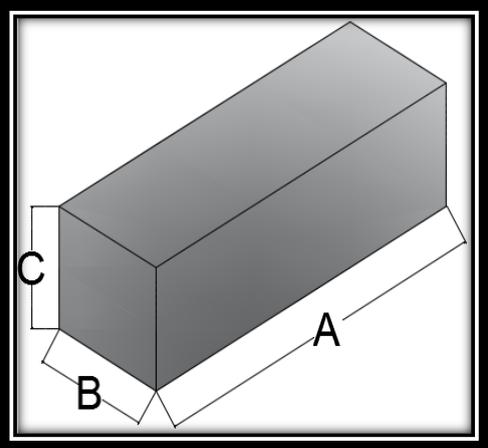
### ❖ Unidad de estudio.

Esta investigación tomará como unidad de estudio al Concreto para cual será necesario una probeta cilíndrica y una probeta tipo viga, destinadas a ensayos de compresión, tracción y flexión respectivamente. Es así que estos elementos nos permitirán obtener la información necesaria para la recolección de los datos necesarios.

	<b>Dimensiones</b>	
	A= 6 pulg.	B= 12 pulg.
	<b>Composición</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento Portland Tipo V</li> <li>- Arena</li> <li>- Grava</li> <li>- Agua</li> <li>- % de aditivo superplastificante</li> </ul>	

*Tabla N° 18: Probeta cilíndrica.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

	<b>Dimensiones</b>		
	A= 45 cm	B= 15 cm	C= 15 cm
	<b>Composición</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento Portland Tipo V</li> <li>- Arena</li> <li>- Grava</li> <li>- Agua</li> <li>- % de aditivo superplastificante</li> </ul>			

**Tabla N° 19:** Probeta tipo viga.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

### 2.2.1. Población.

En esta investigación, la población comprende a toda probeta de concreto convencional que está integrada con la adición del superplastificante Sika Viscoflow-360 al 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%; una relación agua/cemento de 0.50, 0.40, 0.30 y 0.20, agregado, agua y cemento de las mismas características.

### 2.2.2. Muestra.

La presente investigación utilizará la técnica de muestreo no probabilístico debido a que la muestra de estudio se seleccionará a criterio e interés del investigador, para lo cual, la muestra se seleccionará por conveniencia debido a la fácil disponibilidad de los elementos de la muestra. Por tanto, se seleccionará 48 probetas cilíndricas destinadas a ensayos de compresión, 16 probetas cilíndricas destinadas a ensayos de tracción y 16 probetas tipo vigas destinadas a ensayos de flexión.



Resistencia a la Compresión		Relación Agua/Cemento			
		0.50	0.40	0.30	0.20
% de Aditivo Superplastificante	1.50%	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
	2.50%	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
	3.50%	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
	4.50%	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas

**TOTAL, DE PROBETAS CILÍNDRICAS: 48**

*Tabla N° 20: Tabla de Muestreo de Resistencia a la Compresión.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

Resistencia a la Tracción		Relación Agua/Cemento			
		0.50	0.40	0.30	0.20
% de Aditivo Superplastificante	1.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas
	2.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas
	3.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas
	4.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas

**TOTAL, DE PROBETAS CILÍNDRICAS: 16**

*Tabla N° 21: Tabla de Muestreo de Resistencia a la Tracción.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

Resistencia a la Flexión		Relación Agua/Cemento			
		0.50	0.40	0.30	0.20
% de Aditivo Superplastificante	1.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas
	2.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas
	3.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas
	4.50%	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas	1 Probetas

**TOTAL, DE PROBETAS TIPO VIGAS: 16**

*Tabla N° 22: Tabla de Muestreo de Resistencia a la Flexión.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

### 2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentación.



#### 2.3.1. Para recolectar datos.

##### ❖ Técnicas de recolección de datos.

La presente investigación se elaboró con la técnica de recolección de datos de la Observación, porque se registró sistemáticamente la conducta y características de las probetas frente a las cargas, brindando así una información válida y confiable de los elementos estudiados.

##### ❖ Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó como instrumento de recolección de datos a la Guía de Observación ya que nos permitirá un mejor control y descripción del comportamiento de las probetas ensayadas y así extraer de ellos la información necesaria de una manera organizada.

##### ❖ Procedimiento de recolección de datos

Se hizo uso de la Guía de Observación 01, indicada en el Anexo N° 01, la cual será utilizada para la Caracterización de los Agregados, esta guía es de suma importancia debido a que brinda la información necesaria para iniciar con el proceso del diseño de mezcla. Posteriormente a la elaboración del diseño de mezcla y elaboración de las probetas se procedió al uso de las Guías de Observación N° 04, N° 05 y N° 06 indicadas en el Anexo N° 01 para extraer datos de los ensayos de Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Tracción y Resistencia a la Flexión respectivamente, estos resultados fueron cruciales para el análisis de datos.

### 2.3.2. Para procesar datos.

#### ❖ Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.



#### ❖ Método de análisis de datos

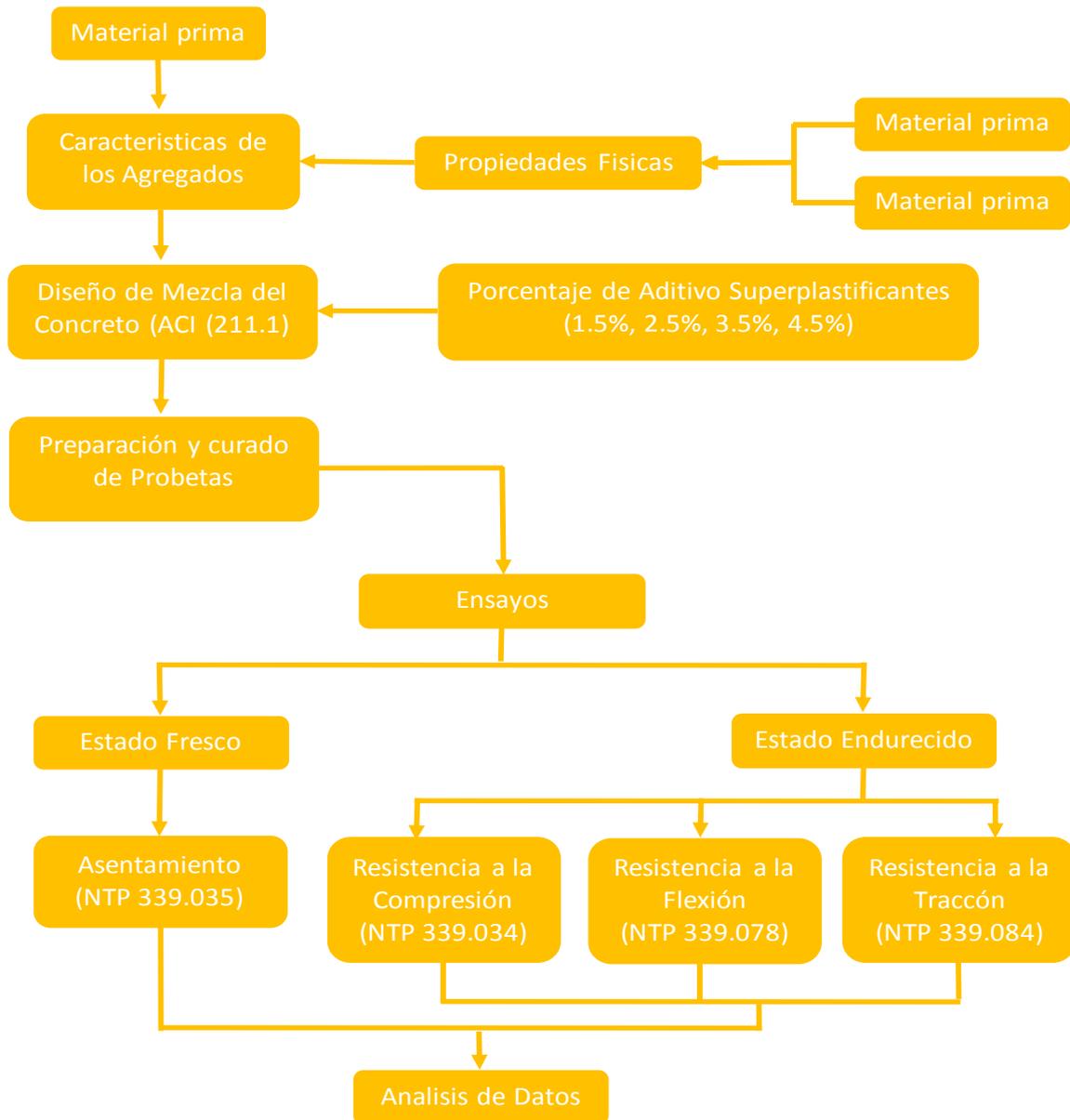
El método de análisis de datos utilizado en la presente investigación es la Inferencia Estadística, el cual es un proceso en el que se intenta determinar el valor del parámetro de la población a partir de la muestra, tomando en cuenta que siempre habrá un margen de error.

#### ❖ Instrumento de análisis de datos.

El instrumento de análisis de datos utilizado en la presente investigación es la T Student ya que nos ayudará a identificar las diferencias entre las poblaciones de muestras independientes, cuyos datos obtenidos han sido en escala ordinal.

❖ **Procedimiento de análisis de datos**

El siguiente esquema describe el procedimiento experimental necesario para el análisis de datos.



**Figura N° 03:** Procedimiento experimental de la investigación.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

## 2.4. Operación de variables.

Variable 1: Aditivo Superplastificante.

Variable 2: Relación agua cemento.

Variable 3: Propiedades de mecánicas: Las propiedades mecánicas del concreto son las diferentes reacciones de este material frente a fuerzas externas a los que será sometido tales como compresión, flexión y tracción.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Propiedades Mecánicas del Concreto.	Las propiedades mecánicas del concreto son las diferentes reacciones de este material frente a fuerzas externas a los que será sometidos tales como compresión, tracción y flexión.	Se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto para proyectos de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Resistencia a la compresión	<p>Características de los agregados</p> <p>Diseño de Mezcla</p> <p>Ensayo del concreto en estado fresco</p> <p>Preparación y curado del concreto</p> <p>Ensayos del concreto en estado endurecido</p>	<p>-Determinación del contenido de humedad del agregado grueso y fino (NTP 339.185)</p> <p>-Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino (NTP 400.017)</p> <p>-Determinación del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)</p> <p>-Determinación del peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)</p> <p>-Determinación del módulo de finura del agregado fino - ensayo granulométrico (NTP 400.012)</p> <p>-Ensayo del tamaño máximo nominal del agregado grueso ensayo granulométrico (NTP 400.012)</p> <p>-Metodo del instituto Americano del Concreto (ACI-211)</p> <p>-Determinación del asentamiento del concreto fresco (NTP 339.035)</p> <p>-Preparación y curado del concreto de probetas de concreto (NTP 339.033)</p> <p>-Determinación de la resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034)</p>

**Tabla N° 23:** Operacionalización de Variable (Resistencia a la Compresión).

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Propiedades Mecánicas del Concreto.	Las propiedades mecánicas del concreto son las diferentes reacciones de este material frente a fuerzas externas a los que será sometidos tales como compresión, tracción y flexión.	Se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto para proyectos de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Resistencia a la tracción	<p>Características de los agregados</p> <p>Diseño de Mezcla</p> <p>Ensayo del concreto en estado fresco</p> <p>Preparación y curado del concreto</p> <p>Ensayos del concreto en estado endurecido</p>	<p>-Determinación del contenido de humedad del agregado grueso y fino (NTP 339.185)</p> <p>-Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino (NTP 400.017)</p> <p>-Determinación del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)</p> <p>-Determinación del peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)</p> <p>-Determinación del módulo de finura del agregado fino - ensayo granulométrico (NTP 400.012)</p> <p>-Ensayo del tamaño máximo nominal del agregado grueso ensayo granulométrico (NTP 400.012)</p> <p>-Método del Instituto Americano del Concreto (ACI-211)</p> <p>-Determinación del asentamiento del concreto fresco (NTP 339.035)</p> <p>-Preparación y curado del concreto de probetas de concreto (NTP 339.033)</p> <p>-Determinación de la resistencia a la tracción del concreto (NTP 339.084)</p>

**Tabla N° 24:** Operacionalización de Variable (Resistencia a la Tracción).

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Propiedades Mecánicas del Concreto.	Las propiedades mecánicas del concreto son las diferentes reacciones de este material frente a fuerzas externas a los que sera sometidos tales como compresión, tracción y flexión.	Se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto para proyectos de concreto que requieran de elementos estructurales que resistan altas demandas de carga.	Resistencia a la flexión	<p>Características de los agregados</p> <p>Diseño de Mezcla</p> <p>Ensayo del concreto en estado fresco</p> <p>Preparación y curado del concreto</p> <p>Ensayos del concreto en estado endurecido</p>	<p>-Determinación del contenido de humedad del agregado grueso y fino (NTP 339.185)</p> <p>-Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino (NTP 400.017)</p> <p>-Determinación del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)</p> <p>-Determinación del peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)</p> <p>-Determinación del modulo de finura del agregado fino - ensayo granulométrico (NTP 400.012)</p> <p>-Ensayo del tamaño máximo nominal del agregado grueso ensayo granulométrico (NTP 400.012)</p> <p>-Metodo del instituto Americano del Concreto (ACI-211)</p> <p>-Determinación del asentamiento del concreto fresco (NTP 339.035)</p> <p>-Preparación y curado del concreto de probetas de concreto (NTP 339.033)</p> <p>-Determinación de la resistencia a la flexión del concreto (NTP 339.078)</p>

**Tabla N° 25:** Operacionalización de Variable (Resistencia a la Flexión).

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

#### 2.4.1. Desarrollo de investigación.

##### ➤ **Materia prima**

Los estudios se iniciaron con los agregados de la cantera PRONCOSER SAC. ubicado en el km. 491 Panamericana sur, provincia de Nazca, para lo cual se transportó en sacos sellados con el fin de mantener su humedad de origen a la ciudad de Ica, para ser analizados en el laboratorio EMSGEO SAC.

El cemento a utilizar, es el Cemento Portland Tipo V, ó también llamado anti salitre, clasificado como cemento tipo HS según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento portland de última generación, siendo un producto formado en base a Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Es un cemento de propiedades especiales, diseñado para todo tipo de estructuras y construcciones en general que requieran una alta resistencia a los sulfatos, fabricado por Cementos Yura, hecho en Arequipa, Perú.

El aditivo superplastificante a utilizar es el SIKKA VISCOFLOW-360 el cual es un aditivo para concreto específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad y reducir el contenido de agua de amasado. Está diseñado para producir concretos que necesiten la fluidez por varias horas, fabricado por la empresa Sika S.A.

El agua de curado y mezclado es el agua potable utilizada de la ciudad de Marcona, distrito de Nazca, la cual es óptima para la elaboración del concreto analizado por en laboratorio de suelos y concreto.

#### 2.4.2. Ensayos de los Agregados bajo las NTP:

- **Determinación del contenido de humedad del agregado grueso y fino NTP 339.185.**
  - Se pesó una muestra de arena en estado natural.
  - Se colocó en el horno a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas hasta un peso constante, el cual fue el peso seco de la muestra.
  - Se determinó el contenido de humedad usando la siguiente expresión.

$$W\% = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

- ✓ Ph= Peso de la muestra (gr)
- ✓ Ps= Peso de la muestra seca (gr)
- ✓ W%= % del Contenido de Humedad

- **Determinación del Peso Unitario Suelto y compactado del Agregado Fino y Agregado Grueso (NTP 400.017)**

- ✓ **Peso unitario de material suelto.**
  - Se pesó el recipiente o molde vacío.
  - Se determinó el volumen interno del recipiente en  $\text{m}^3$ .
  - Se vertió la muestra a una altura aproximada de 15 cm sobre el borde superior del recipiente hasta llenarlo.
  - Se enrazó la superficie.
  - Se pesó la muestra y el molde.
  - El procedimiento se repitió 3 veces, verificando así una variación menor de 1%.
  - Se determinó el peso volumétrico unitario:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

- ✓ M= Peso Unitario de los Agregados ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- ✓ G= Peso del Agregado más el Recipiente (kg)

- ✓ T= Peso del Recipiente (kg)
- ✓ V= Volumen del Recipiente (m<sup>3</sup>)

✓ **Peso unitario compactado.**

- Se pesó el recipiente o molde vacío.
- Se determinó el volumen interno del recipiente en m<sup>3</sup>.
- Se llenó en 3 capas iguales el recipiente y cada capa se compactó con la varilla 25 veces distribuyendo la penetración en toda el área y posteriormente se golpeó uniformemente con el martillo de goma 15 veces en cada capa.
- Se enrazó la superficie con la varilla.
- Se pesó la muestra dentro del molde.
- El procedimiento de compactar y pesar el agregado, se repitió 3 veces, verificando así una variación menor de 1%.
- Se determinó el peso volumétrico unitario:

$$M = \frac{(G-T)}{V}$$

- ✓ M= Peso Unitario de los Agregados (kg/m<sup>3</sup>)
- ✓ G= Peso del Agregado más el Recipiente (kg)
- ✓ T= Peso del Recipiente (kg)
- ✓ V= Volumen del Recipiente (m<sup>3</sup>)

• **Determinación del peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022.**

- Inicialmente se realizó la preparación de la muestra de ensayo por cuarteo.
- Se lavó aproximadamente 1000 gr del material seleccionado por cuarteo.
- Se sumergió la muestra con agua y se dejó en reposo por 24 horas.
- Se decantó con mucho cuidado sobre una bandeja, y se inició un proceso de

secado con una suave corriente de aire caliente, hasta que las partículas puedan fluir libremente, también se puede secar haciendo uso de una pequeña cocina.

- En el cono, se rellenó con tres capas con 25 golpes por capa con el pistón.
- Debido a que en el agregado seguía existiendo humedad libre, el cono del agregado fino mantenía su forma, entonces se siguió secando con bastante cuidado revolviendo constantemente la muestra, es así que se intentó nuevamente hasta que el cono de arena se derrumbe al quitar el cono. Si se llega a derrumbar al primer intento hay que volver a repetir el proceso con una nueva arena hasta que se derrumbe una cantidad de veces considerable para tomarlo como aceptable. Esto demostrará que el agregado habrá alcanzado su condición saturada.
- Posteriormente se colocó esta muestra de 500 gr. (haciendo uso de un embudo) en una fiola antes pesada, y colocamos agua hasta 500 ml, después de colocar el agregado se hizo rodar la fiola sobre una superficie plana, tratando de eliminar todas las burbujas de aire, durante un minuto.
- Se pesó la fiola con el agua y la muestra mezclada.
- Se sacó con cuidado el agregado fino del frasco para posteriormente secarlo en el horno a 100°C hasta tener un peso constante y obtener su peso seco.

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

$$\text{Peso específico saturado} = \frac{500}{(V - V_a)}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

$$\% \text{Absorción} = \frac{(500 - W_o)}{W_o} \times 10$$

- **Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021.**

- Se lavó la muestra del material.
- Se sumergió dentro de agua el material por un tiempo de 24 horas.
- Luego se sacó, se extendió y se secó con un paño la superficie de cada una de las partículas de la muestra. Se pesó en el aire en condición saturada.
- Se colocó en una cesta de alambre el material y pesar dentro del agua a una temperatura de 20°C. Se cuidó de no topar ningún elemento de la cesta, para que la medida sea exacta.
- Finalmente se secó la muestra a peso constante a temperatura 100°C ± 5°C, luego se dejó enfriar y se determinó su peso seco a temperatura ambiente.

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\%Abs = \frac{(B - A)}{A}$$

- ✓ P<sub>em</sub>= Peso Específico del Agregado Grueso
- ✓ %Abs= Absorción del Agregado Grueso
- ✓ A= Peso en el aire de la muestra seca al horno(gr)
- ✓ B= Peso en el aire de la muestra saturada (gr)
- ✓ C= Peso en el agua de la muestra sumergida (gr)

- **Determinación del Módulo de finura del Agregado Fino – Ensayo Granulométrico NTP 400.012**

- Se obtuvo una muestra representativa de agregado fino, la cual deberá estar secada al aire y pesarla.
- Se colocaron las mallas estándar de diámetro mayor a menor (desde la N°4 hasta la N° 100)
- Se colocó el material por partes y se tamizó (esto para evitar que el exceso de peso rompa la malla).

- Se realizó el proceso de vibración de las mallas (tamizado).
- Se pesó el contenido de cada malla.
- Se determinó el Modulo de finura del agregado fino mediante la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Retenido acumulado en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100}{100}$$

Tamiz		Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido Acumulado (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)					
3/8"	9.50					
N° 4	4.75					
N° 8	2.36					
N° 16	1.18					
N° 30	0.59					
N° 50	0.30					
N° 100	0.15					
N° 200	0.07					
<b>FONDO</b>						
<b>TOTAL</b>						

**Tabla N° 26:** Análisis Granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

- **Determinación del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del Agregado Grueso – Ensayo Granulométrico NTP 400.012**

- Se obtuvo una muestra representativa de Grava, la cual estuvo secada al aire.
- Se pesó la muestra.
- Se colocó las mallas estándar de diámetro mayor a menor.
- Se colocó el material por partes y tamizar (esto para evitar que el exceso de peso rompa la malla).
- Se realizó el proceso de vibración de las mallas (tamizado), rotando 5° cada 25 segundos.
- Se pesó el contenido de cada malla.
- Determinar TM y TMN.

Tamiz		Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido Acumulado (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)					
1 ½"	76.20					
1"	38.10					
¾"	19.05					
½"	12.70					
3/8"	9.53					
N° 4	4.75					
N° 8	2.38					
N° 200	0.07					
<b>FONDO</b>						
<b>TOTAL</b>						

**Tabla N° 27:** Análisis Granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

- **Determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos – Ensayos de abrasión NTP 400.019.**
  - Realizar el muestreo y cuarteo del material.
  - Se pesa 5000 grs y se coloca junto con la carga abrasiva dentro del cilindro, haciéndolo girar con una velocidad entre 30 y 33 rpm, hasta completar 500 vueltas teniendo en cuenta la velocidad angular es constante.
  - Después del tiempo determinado se retira el material del cilindro y se hace pasar por el tamiz N° 12, el material retenido en el tamiz N° 12 debe ser lavado y secado en el horno a una temperatura comprendida entre 105° C y 110° C. El pesado final se realiza 24 horas después eliminados los finos.

$$D = \frac{A - B}{A} * 100$$

- ✓ A = Peso de muestra total.
- ✓ B = Peso retenido en el tamiz N° 12.

GRADACIONES DE MUESTRA DE ENSAYOS					
Tamaño de tamices NTP (apertura cuadradas)		Peso de Tamaños Indicados (gr)			
Pasa	Retenidos	A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250±25			
25 mm (1")	19.0 mm (3/4")	1250±25			
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1250±10	2500±10		
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250±10	2500±10		
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")			2500±10	
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)			2500±10	
4.75 mm (N°4)					5000±10
		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

**Tabla N° 28:** Análisis de Abrasión del agregado grueso (NTP 400.019)

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

### 2.4.3. Diseño de Mezcla.

El siguiente procedimiento corresponde al American Concrete Institute ACI-211.1

**PASO 1:** Selección del asentamiento.

Tipo de Estructura	Slump Máximo	Slump Mínimo
Zapatasy muros de cimentación reforzados	3''	1''
Cimentaciones simples y calzaduras	3''	1''
Vigas y muros armados	4''	1''
Columnas	4''	2''
Muros y pavimentos	3''	1''
Concreto ciclópeo	2''	1''

**Tabla N° 29:** Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructura.

**Fuente:** ACI 211.1.

**PASO 2:** Selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado.

El agregado grueso debió estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi angular, duras, compactadas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

El TMN del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- 1/3 del peralte de las losas.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquete de barras.

**PASO 3:** Se seleccionó el contenido de agua (TABLA N° 30) y se seleccionó el contenido del aire atrapado (TABLA N° 31).

Asentamiento (1'')=25mm	Agua en lt/m3, para TMN agregados y consistencia indicada							
	3/8''	1/2''	3/4''	1''	1 1/2''	2''	3''	6''
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1'' a 2''	207	199	190	179	166	154	130	113
3'' a 4''	228	216	205	193	181	169	145	124
6'' a 7''	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1'' a 2''	181	175	168	160	150	142	122	107
3'' a 4''	202	193	184	175	165	157	133	119
6'' a 7''	216	205	187	184	174	166	154	-

*Tabla N° 30: Volumen unitario de agua*

*Fuente: ACI 211.1*

TMN del Agregado Grueso	% Aire Atrapado
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

*Tabla N° 31: Contenido de aire atrapado.*

*Fuente: ACI 211.1*

**PASO 4:** Se seleccionó de la relación agua/cemento según resistencia a compresión según TABLA. N° 32

F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
420	0.41	-
450	0.38	-

*Tabla N° 32: Relación agua/cemento por resistencia, para f'cr*

*Fuente: ACI 211.1*

**PASO 5:** Se calculó el contenido del cemento Paso 3 / Paso 4.

Dividiendo entre 42.5 se obtiene como resultado el número de bolsas de cemento por metro cúbico de concreto.

**PASO 6:** Se seleccionó el peso unitario del agregado grueso TABLA N° 33 proporciona el valor de  $b/b_0$  donde  $b$  y  $b_0$  son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.

Se halla mediante la siguiente formula.  $b/b_0$  Se interpola en TABLA N° 33

$$Piedra = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado de la piedra})$$

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (TMN)	Módulo de finura del Agregado Fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

**Tabla N° 33:** Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto ( $b/b_0$ )

**Fuente:** ACI 211.1

Se calculó la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.

**PASO 7:** Se calculó el Volumen del agregado fino: **Arena.**

Se utilizará los siguientes métodos para hallar:

- a. Volumen Absoluto.
- b. Primera estimación del peso del concreto fresco.

**a. Método del volumen absoluto**

Haciendo un recuento de los materiales y sus pesos ya hallados, y son los siguientes:

- ✓ Cemento (de paso 5)
- ✓ Agua (de paso 3)
- ✓ Piedra (de paso 6)
- ✓ Aire (de paso 3)

Para hallar la arena seguimos la siguiente metodología: Se halló el volumen de los materiales que forman en metro cúbico de concreto, esto se logró dividiendo el peso de los materiales entre su peso específico y para el aire entre 100 y por diferencia del metro cubico de concreto, hallamos el volumen de arena, luego multiplicando por su peso específico logramos obtener el peso de Arena por metro cúbico de concreto.

Materiales	Peso Seco Kg.	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Vol. Absoluto m <sup>3</sup>
<b>Cemento</b>	P. Cemento	/P.E. Cemento	= Volumen de cemento
<b>Agua</b>	P. Agua	/P.E. Agua	= Volumen de agua
<b>Arena</b>	$P. Arena = P.E. Arena \times Vol. Arena$ $Vol. Arena = 1 - \sum (Vol. Cemento + Vol. Agua + Vol. Aire + Vol. Piedra)$		
<b>Piedra</b>	P. Piedra	/P.E. Piedra	= Volumen de piedra
<b>Aire</b>	% Aire	/100	= Volumen de aire

*Tabla N° 34: Metodología para hallar el volumen de la arena.*

*Fuente: ACI 211.1.*

**b. Método de la primera estimación del concreto fresco.**

Haciendo un recuento de los materiales y sus pesos ya calculados, son los siguientes:

- ✓ Cemento (de paso 5)
- ✓ Agua (de paso 3)
- ✓ Piedra (de paso 6)

Para hallar la Arena seguimos la siguiente metodología: Se halló la sumatoria de pesos de los materiales que forman el metro cúbico del concreto, y por diferencia del peso total del metro cubico del concreto (TABLA 35), hallamos el peso de la Arena por metro cúbico del concreto.

$$P. Arena = PUCF - \sum (P. Cemento + P. Agua + P. Piedra)$$

Materiales	Peso seco kg.
Cemento	P. Cemento
Agua	P. Agua
Arena	P. Arena
Piedra	% Piedra
Aire	% Aire

*Tabla N° 35: Metodología para hallar el peso de la arena.*

*Fuente: ACI 211.1*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Primera estimación del peso del concreto, Kg/m <sup>3</sup>	
		Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
3/8"	9.5	2280	2200
1/2"	12.5	2310	2230
3/4"	19	2345	2275
1"	25	2380	2290
1 1/2"	37.5	2410	2350
2"	50	2445	2395
3"	75	2490	2405
6"	150	2530	2435

*Tabla N° 36: Estimación del peso del concreto.*

*Fuente: ACI 211.1*

**PASO 8:** Ajustes por humedad del agregado.

- ✓ Se calculó el peso en estado fresco.
- ✓ Se presentó el diseño en estado fresco.
- ✓ Se hizo la corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- ✓ Se presentó el diseño en estado húmedo.

**PASO 9:** Se ajustó con mezcla de prueba.

**2.4.4. Preparación y curado.**

Para determinar la resistencia del concreto es fundamental que esta sea curada con agua o productos químicos de acuerdo a los procedimientos de la normativa, al concreto se realizó ensayos de compresión, tracción y flexión en estado endurecido, mientras que en estado fresco se le realizó el ensayo de asentamiento. El ensayo de compresión, flexión y tracción se realizó a todas las probetas a los 28 días de edad.

**2.4.5. Ensayos del concreto en estado fresco.**

Al momento de realizar la mezcla, es decir, cuando el concreto se encuentre en estado fresco, se midió el asentamiento y a la vez se estudia su trabajabilidad.

Durante la etapa en que el concreto se mantiene en estado fresco es de gran importancia poder otorgarle una docilidad adecuada, para el uso que se desea darle, para cuantificar la trazabilidad del concreto el asentamiento de cono. Este, es un índice bastante práctico; aunque no mide todas las propiedades plásticas de la mezcla, ni las valora con el mismo grado de influencia que ella realmente tienen en el concreto, brinda una información útil, sobre todo en términos comparativos.

Este ensayo se ejecutó en todas las mezclas realizándolo luego del mezclado del concreto con el fin de observar la variabilidad del asentamiento al variar la cantidad de superplastificante adicionado.

- **Determinación del asentamiento del concreto fresco NTP 339.035**

**Equipos:**

- ✓ Molde (Cono de Abrams)
  - Diámetro de la base inferior: 20 cm.
  - Diámetro de la base superior: 10 cm.
  - Altura del cono: 30 cm.
  - Tolerancia:  $\pm 3$  mm.
  - Espesor mín.: 1.5 mm.
- ✓ Barra Compactadora de Fierro liso
  - Diámetro de la barra: 16 mm (5/8’’).
  - Longitud de la barra: 60 cm.

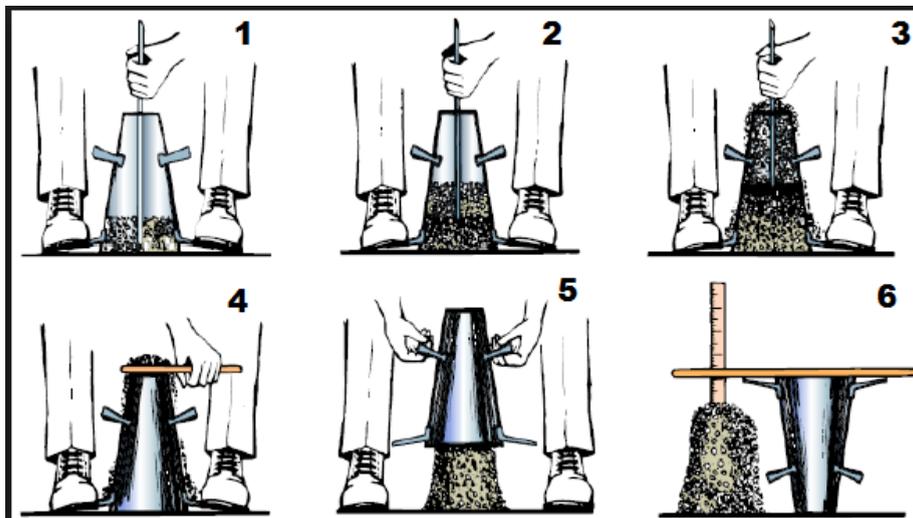


*Figura N° 04: Diseño del cono de Abrams.*

*Fuente: Google, 2018.*

**Procedimiento:**

1. Se colocó el cono en una base plana, no absorbente.
2. Se humedeció todos los aparatos que se utilizaron.
3. Se mantuvo el cono firme contra la base, parándose sobre las dos aletas inferiores.
4. Se llenó el concreto en 3 capas de aproximadamente  $1/3$  del volumen del cono cada una.
5. Se compactó con la varilla cada capa con 25 golpes distribuidos en toda el área y aplicarlos comenzando cerca del molde y acercándose en espiral hacia el centro de la sección. Se mantuvo la misma intensidad en todos los golpes.
6. Se levantó el cono verticalmente de 5 a 7 segundos.
7. Se midió la distancia entre la altura del molde y el centro de la cara superior del concreto, con una aproximación de  $1/4''$  (0.5 cm).
8. El tiempo máximo del ensayo duró 2 minutos y medio.



*Figura N° 05: Procedimiento del ensayo de asentamiento*

*Fuente: Google, 2018*

- **Ensayos del concreto en estado endurecido:**

Las metodologías que se usaron en la presente investigación se realizó cumpliendo las normas de cada ensayo, los cuales nos ayudó a asegurar una adecuada investigación.

Los instrumentos cuantitativos empleados en la ejecución del estudio experimental son los siguientes:

- ✓ Pruebas estandarizadas. Normas NTP, donde encontramos los procedimientos para realizar los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido.
- ✓ Instrumentos o aparatos de medición. Tales como termómetro ambiental, termómetro para líquidos y sólidos, equipos para medir las propiedades del concreto en estado fresco (Cono de Abrams) y endurecido (prensa de concreto)

**Resistencia de diseño:**

Se realizó los diseños de mezclas, con una resistencia a compresión donde se puede definir como máxima resistencia, medida en las probetas de concreto que se expresan en (kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días., los diseños se elaborarán en relación agua/cemento de 0.50, 0.40, 0.30 y 0.20.

**Programa de ensayos:**

Para cuantificar la influencia del aditivo superplastificante y la relación agua/cemento en las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a la compresión, tracción y flexión), se realizó ensayos comparativos entre los diferentes diseños de mezcla.

**Parámetros de comparación:**

Los parámetros de comparación utilizados en esta investigación nos permitieron evaluar la resistencia a compresión, tracción y flexión que serán adquiridos de los ensayos del concreto endurecido.

- **Determinación de la Resistencia a Compresión del concreto NTP 339.034**

**Equipo:**

La máquina de ensayo debió tener la capacidad conveniente, debe ser operada por energía (no manual) y debe permitir una velocidad de carga sobre la probeta de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s, de forma continua sin intermitencia ni detenido.

La máquina será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, uno de los cuales se asentará sobre una rotula, que le permita acomodarse a la parte superior de la probeta, y el otro se apoya sobre una sólida base en el que se asienta la parte inferior de la misma. Las caras de los bloques serán paralelas durante el ensayo y deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.

**Procedimiento:**

En el caso de probetas cilíndricas curadas y moldeadas, se pueden tener dimensiones de 6" x 12", el diámetro de la probeta utilizado debió ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado utilizado en la preparación del concreto.

Según la NTP 339.034 las probetas deben ser ensayadas tan pronto como sea práctico luego de ser retiradas de la condición de curado, es decir, se ensayaron las probetas en condiciones húmedas superficialmente secas.

Se midió el diámetro de la probeta con el vernier en dos posiciones que estén en ángulo recto entre sí, a la altura media de la misma, estos diámetros deben promediarse para poder calcular el área de la sección.

Antes de colocar la probeta entre los cabezales de la máquina de ensayo se limpiarán las caras de contacto de los bloques de hacer, superior e inferior, y las de la probeta, evaluar si es conveniente aplicar capping, refrentado o usar pads de neopreno. Se alinearon los ejes de la probeta a ensayar con el centro de empuje de la máquina a manera de evitar excentricidades. Se verificó que el indicador de carga de la máquina este en cero, de no ser así se deberá ajustar.

Luego se aplicó la carga de manera continua y uniforme, hasta el momento de la falla de la probeta, por último, se registró el tipo de falla y la carga máxima soportada por la probeta antes de fracturarse.

Calcular la Resistencia a Compresión ( $R_c$ ) dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección.

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

$R_c$  = Resistencia de rotura a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )

$G$  = Carga máxima de rotura (kg)

$d$  = Diámetro de la probeta cilíndrica ( $\text{cm}^2$ )

- **Determinación de la resistencia a flexión del concreto NTP 339.078**

La Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión de probetas en formas de vigas simplemente apoyadas, moldeadas con concreto o de probetas cortadas extraídas de concreto endurecido y ensayadas con cargas a los tercios de la luz.

**Resumen del método:**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de vigueta, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculó, según que la ubicación de la grieta, dentro del tercio medio o a una distancia de este, no mayor del 5% de la luz libre.

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculó mediante la siguiente fórmula:

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

$M_r$  = Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P$  = Carga máxima de rotura (kg)

$L$  = Luz libre entre apoyos (cm)

$B$  = Ancho en la sección de la falla (cm)

$H$  = Altura en la sección de la falla (cm)

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5% de luz libre, el módulo de rotura se calculó mediante la siguiente fórmula:

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

Mr = Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Carga máxima de rotura (kg)

a = Es la distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga (cm)

b = Ancho en la sección de la falla (cm)

h = Altura en la sección de la falla (cm)

- **Determinación de la Resistencia a Tracción por Compresión Diametral del concreto (NTP 339.084)**

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para la determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos.

**Resumen del método:**

Este ensayo consiste en someter a compresión diametral una probeta cilíndrica, igual a la definida en el ensayo Marshall, aplicando una carga de manera uniforme a lo largo de dos líneas o generatrices opuestas hasta alcanzar la rotura. La carga se aplicó en forma continua y evitando impactos, a una velocidad constante dentro del rango de 689 kPa/min a 1380 kPa/min hasta que falle el espécimen por el esfuerzo a tracción por compresión diametral.

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

T= Resistencia a la tracción por compresión diametral (kPa)

P= Carga máxima aplicada (kN)

a= Longitud de la probeta (m)

b= Diámetro (m)

### 2.4.6. Análisis de datos.

- Análisis de datos realizadas a las características físicas y mecánicas de los agregados de la cantera PRONCOSER SAC. – KM 491 panamericana sur Nazca.

#### 2.4.6.1. Análisis granulométricos de los agregados gruesos y finos.

- Agregado Grueso

<b>CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO GRUESO</b>	
PESO UNITARIO SECO EN ESTADO SUELTO	1526 kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SECO EN ESTADO COMPACTADO	1656 kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO	2.78 Gr/cm <sup>3</sup>
PORCENTAJE DE HUMEDAD NATURAL	0.38%
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0.46%
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"
PESO TOTAL DE LA MUESTRA	5516.0 gr.

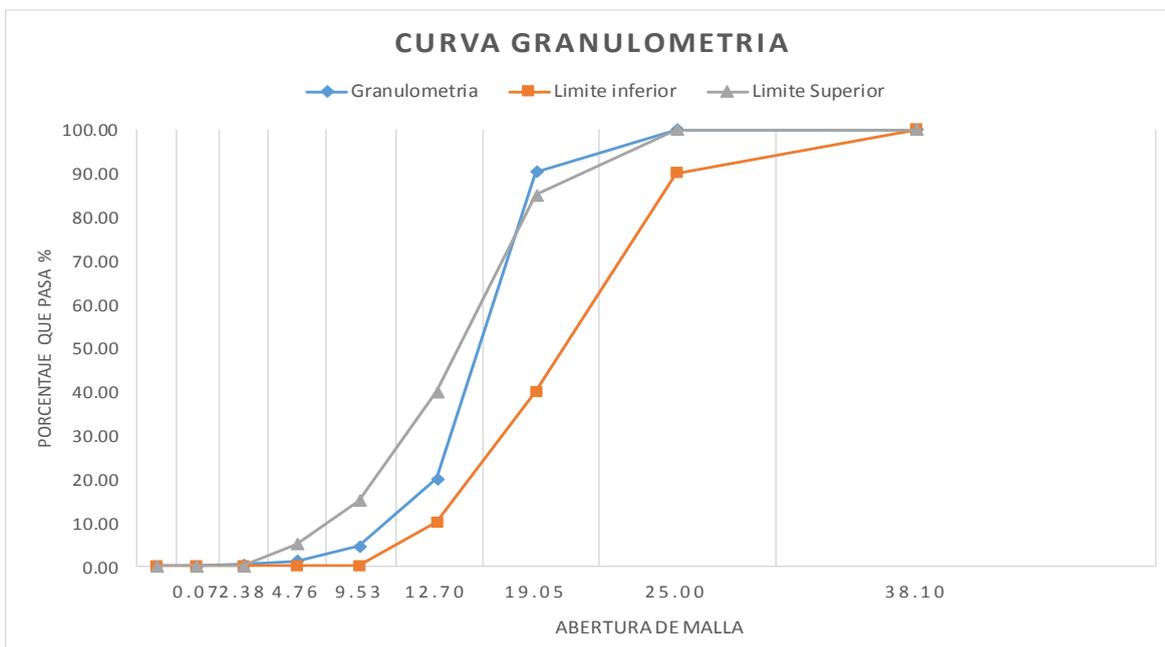
*Tabla N° 37: Datos de análisis de las características físicas del agregado grueso.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

Tamiz		Peso Retenido (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado (gr.)	% Que Pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
N°	Abertura (mm)						
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.0	100.00	100.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.0	100.00	90.00	100.00
3/4"	19.05	528.00	9.57	9.6	90.43	40.00	85.00
1/2"	12.70	3880.00	70.34	79.9	20.09	10.00	40.00
3/8	9.53	860.00	15.59	95.5	4.50	0.00	15.00
N° 4	4.76	180.00	3.26	98.8	1.23	0.00	5.00
N° 8	2.38	48.00	0.87	99.6	0.36	0.00	0.00
N° 200	0.07	18.00	0.33	100.0	0.04	0.00	0.00
<b>FONDO</b>		2.00	0.04	100.0	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>5516.00</b>					

*Tabla N° 38: Datos de Análisis granulométricos del agregado grueso.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*



**Figura N° 06:** Grafica de la curva granulométrica del agregado grueso.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

- **Agregado fino.**

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO	
PESO UNITARIO SECO EN ESTADO SUELTO	1680 kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SECO EN ESTADO COMPACTADO	1774 kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO	2.79 Gr/cm <sup>3</sup>
PORCENTAJE DE HUMEDAD NATURAL	1.20%
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1.30%
MODULO DE FINEZA	2.77
PESO TOTAL DE LA MUESTRA	1143.0 gr.

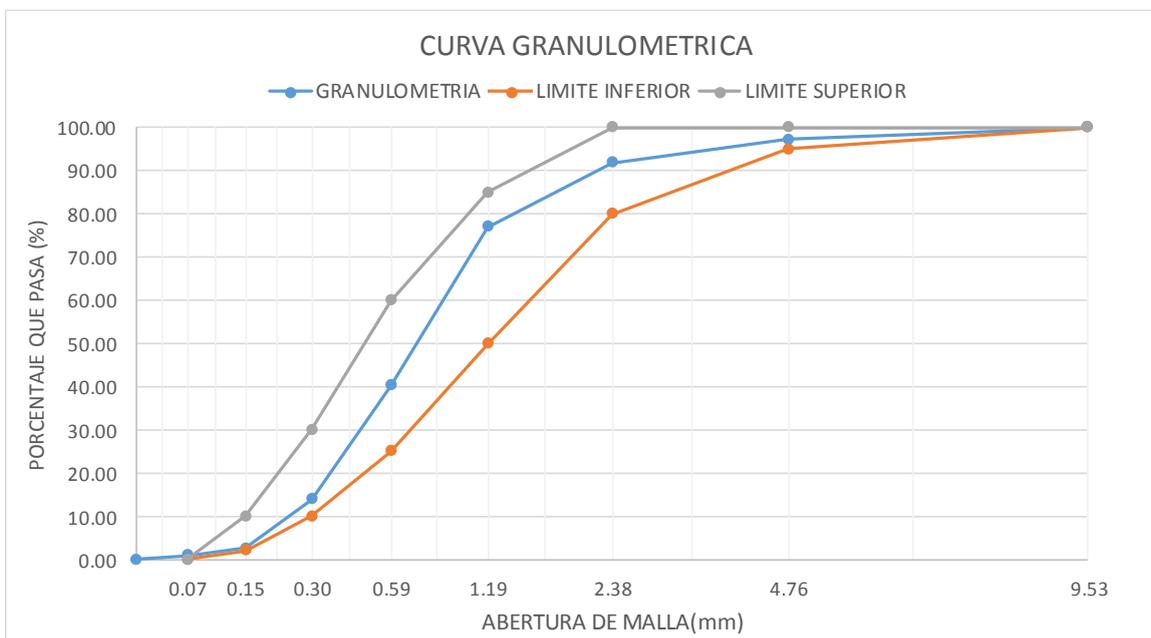
**Tabla N° 39:** Datos de análisis de las características físicas del agregado fino.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

Tamiz		Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido Acumulado (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado (gr.)	% Que Pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"	
N°	Abertura (mm)								
3/8	9.53	0.00	0.00	0.00	0.0	100.00	100.00	100.00	
N° 4	4.76	31.00	31.00	2.71	2.7	97.29	95.00	100.00	
N° 8	2.38	63.00	94.00	5.51	8.2	91.78	80.00	100.00	
N° 16	1.19	168.00	262.00	14.70	22.9	77.08	50.00	85.00	
N° 30	0.59	421.00	683.00	36.83	59.8	40.24	25.00	60.00	
N° 50	0.30	300.00	983.00	26.25	86.0	14.00	10.00	30.00	
N° 100	0.15	130.00	1113.00	11.37	97.4	2.62	2.00	10.00	
N° 200	0.07	20.00	1133.00	1.75	99.1	0.87	0.00	0.00	
<b>FONDO</b>		10.00	1143.00	0.87	100.0	0.00	0.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		<b>1143.00</b>		<b>Modulo de fineza :</b>			<b>2.77</b>		

**Tabla N° 40:** Datos de análisis granulométricos del agregado fino.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.



**Figura N° 07:** Grafica de la curva granulométrica del agregado fino.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

### 2.4.6.2. Análisis del ensayo de abrasión del agregado grueso.

Tamaño de tamices NTP (abertura cuadradas)		Masa Original (gr)	Masa Final (gr)	% Piedra después del ensayo	% Desgaste por Abrasión
Pasa	Retenidos				
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	0	0	0	0.00
25 mm (1")	19.0 mm (3/4")	1250	1030	220	5.87
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1250	1060	190	5.07
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250	1210	40	1.07
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>		<b>3750</b>	<b>3300</b>	<b>450</b>	<b>DESGASTE 12.00%</b>

*Tabla N° 41: Datos de análisis de los ensayos de abrasión del agregado grueso.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

### 2.4.6.3. Análisis de características físicas de los materiales para diseño de mezclas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
<b>CEMENTO</b>	Marca	Yura
	Tipo	V
	Peso Especifico	3.15
<b>AGREGADO GRUESO</b>	Peso Unitario Suelto	1526 kg/m <sup>3</sup>
	Peso Unitario Compactado	1656kg/m <sup>3</sup>
	Peso Especifico	2.78 gr/c m <sup>3</sup>
	Porcentaje de Humedad	0.38%
	Porcentaje de Absorción	0.46%
	Tamaño Maximo Nominal	3/4"
<b>AGREGADO FINO</b>	Peso Unitario Suelto	1680 kg/m <sup>3</sup>
	Peso Unitario Compactado	1774 kg/m <sup>3</sup>
	Peso Especifico	2.79 gr/c m <sup>3</sup>
	Porcentaje de Humedad	1.2%
	Porcentaje de Absorción	1.3%
	Modulo de Fineza	2.77
<b>AGUA</b>	Agua de Red Publica	205 lt/m <sup>3</sup>

*Tabla N° 42: Datos de Análisis de materiales para diseño de mezcla.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

**2.4.6.4. Análisis de diseños de mezclas patrón con aditivo superplastificante SIKA VISCOFLOW 360, usando el método ACI 211.1.**

DISEÑO DE MEZCLA "A"	MATERIALES	DISEÑO SECO			DISEÑO HÚMEDO		DOSIFICACIÓN
		Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso Húmedo (kg)	Diseño Unitario (kg)	Proporción por bolsa (kg)
A/C= 0.50	Cemento	410.00	0.130	1.00	410.00	1.00	42.50
	Agua	205.00	0.205	0.50	206.59	0.50	21.41
	Arena	764.46	0.274	1.86	773.63	1.89	80.19
	Piedra	1031.69	0.371	2.52	1035.61	2.53	107.35
	Aire	2.00%	0.020				
	TOTAL	2411.15	1.000		2425.83		251.46
Adición	1.5%	Aditivo	6.15 lt		6.15 lt		0.64 lt
Adición	2.5%	Aditivo	10.25 lt		10.25 lt		1.06 lt
Adición	3.5%	Aditivo	14.35 lt		14.35 lt		1.49 lt
Adición	4.5%	Aditivo	18.45 lt		18.45 lt		1.91 lt

**Tabla N° 43:** Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación a/c = 0.50.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

DISEÑO DE MEZCLA "B"	MATERIALES	DISEÑO SECO			DISEÑO HÚMEDO		DOSIFICACIÓN
		Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso Húmedo (kg)	Diseño Unitario (kg)	Proporción por bolsa (kg)
A/C= 0.40	Cemento	512.50	0.130	1.00	512.50	1.00	42.50
	Agua	205.00	0.205	0.40	206.59	0.40	17.13
	Arena	672.93	0.274	1.31	681.00	1.33	56.47
	Piedra	1031.69	0.371	2.01	1035.61	2.02	85.88
	Aire	2.00%	0.020				
	TOTAL	2422.12	1.000		2435.70		201.98
Adición	1.5%	Aditivo	7.69 lt		7.69 lt		0.64 lt
Adición	2.5%	Aditivo	12.81 lt		12.81 lt		1.06 lt
Adición	3.5%	Aditivo	17.94 lt		17.94 lt		1.49 lt
Adición	4.5%	Aditivo	23.06 lt		23.06 lt		1.91 lt

**Tabla N° 44:** Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación a/c = 0.40.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

DISEÑO DE MEZCLA "C"	MATERIALES	DISEÑO SECO			DISEÑO HÚMEDO		DOSIFICACIÓN
		Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso Húmedo (kg)	Diseño Unitario (kg)	Proporción por bolsa (kg)
A/C= 0.30	Cemento	683.33	0.130	1.00	683.33	1.00	42.50
	Agua	205.00	0.205	0.30	206.59	0.30	12.85
	Arena	521.62	0.274	0.76	527.88	0.77	32.83
	Piedra	1031.69	0.371	1.51	1035.61	1.52	64.41
	Aire	2.00%	0.020				
	TOTAL	2441.64	1.000		2453.41		152.59
Adición	1.5%	Aditivo	10.25 lt		10.25lt		0.64 lt
Adición	2.5%	Aditivo	17.08 lt		17.08lt		1.06 lt
Adición	3.5%	Aditivo	23.92 lt		23.92lt		1.49 lt
Adición	4.5%	Aditivo	30.75 lt		30.75lt		1.91 lt

**Tabla N° 45:** Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación a/c = 0.30.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

DISEÑO DE MEZCLA "D"	MATERIALES	DISEÑO SECO			DISEÑO HÚMEDO		DOSIFICACIÓN
		Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso Húmedo (kg)	Diseño Unitario (kg)	Proporción por bolsa (kg)
A/C= 0.20	Cemento	1025.00	1025.000	1.00	1025.00	1.00	42.50
	Agua	205.00	0.205	0.20	206.59	0.20	8.57
	Arena	219.00	0.274	0.21	221.63	0.22	9.19
	Piedra	1031.69	0.371	1.01	1035.61	1.01	42.94
	Aire	2.00%	0.020				
	TOTAL	2480.69	1025.870		2488.83		103.20
Adición	1.5%	Aditivo	15.38 lt		15.38lt		0.64 lt
Adición	2.5%	Aditivo	25.63 lt		25.63lt		1.06 lt
Adición	3.5%	Aditivo	35.88 lt		35.88lt		1.49 lt
Adición	4.5%	Aditivo	46.13 lt		46.13lt		1.91 lt

**Tabla N° 46:** Diseño de mezcla patrón con aditivo superplastificante en relación a/c = 0.20.

*Fuente:* Base de datos, elaboración propia.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1. Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco, asentamiento en relación agua/cemento e influencia porcentual del aditivo.

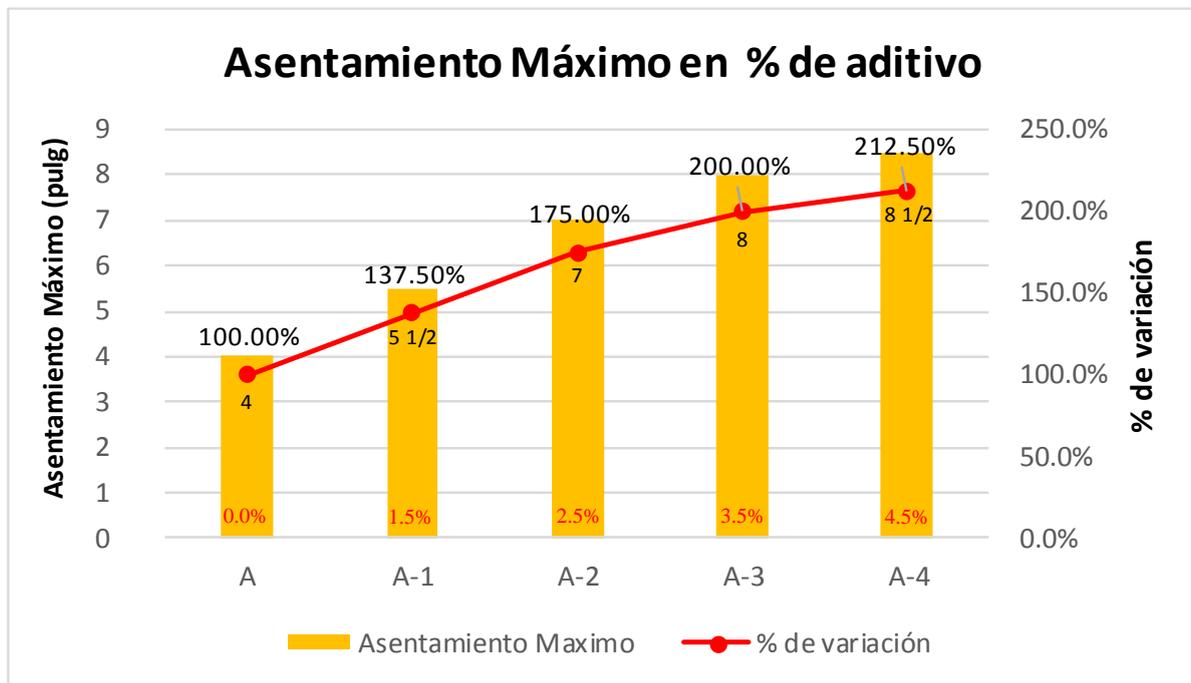
En el presente se muestran los cuadros y gráficos comparativos de análisis y resultados obtenidos de los ensayos de diferentes diseños de mezcla en relación a/c, observándose la interacción y variación de asentamiento máximo de los concreto dosificados con el aditivo superplastificante en porcentajes al 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%, peso del material cementante, respecto a los concretos patrones convencionales. La selección del asentamiento se determinó de 3” a 4”, según análisis de materiales ver (Tabla N° 42)

- **Datos y resultados de análisis de ensayos de asentamiento máximo del concreto, en relación a/c = 0.50, 0.40, 0.30 y 0.20. en diferentes dosis porcentuales de aditivo.**

DISEÑO DE MEZCLA	RELACIÓN A/C	ADITIVO (%)	DOSIS (lt)	SLUMP MÁXIMO (PULG)	VARIACIÓN CON RESPECTO AL PATRÓN (%)
A	0.50	0.0%	0.00	4	100.00%
A-1	0.50	1.5%	6.15	5 1/2	137.50%
A-2	0.50	2.5%	10.25	7	175.00%
A-3	0.50	3.5%	14.35	8	200.00%
A-4	0.50	4.5%	18.45	8 1/2	212.50%
B	0.40	0.0%	0.00	3	100.00%
B-1	0.40	1.5%	7.65	4	133.33%
B-2	0.40	2.5%	12.74	5 1/4	175.00%
B-3	0.40	3.5%	17.84	6	200.00%
B-4	0.40	4.5%	22.94	7 3/4	258.33%
C	0.30	0.0%	0.00	2 1/2	83.33%
C-1	0.30	1.5%	10.25	3 1/2	140.00%
C-2	0.30	2.5%	17.08	4 1/4	170.00%
C-3	0.30	3.5%	23.92	5 1/2	220.00%
C-4	0.30	4.5%	30.75	6	240.00%
D	0.20	0.0%	0.00	1 3/4	58.33%
D-1	0.20	1.5%	15.38	2 3/4	157.14%
D-2	0.20	2.5%	25.63	3 1/4	185.71%
D-3	0.20	3.5%	35.88	3 3/4	214.29%
D-4	0.20	4.5%	46.13	4 1/2	257.14%

*Tabla N° 47: Resultado de ensayos de asentamiento en relación a/c. y % de aditivo.*

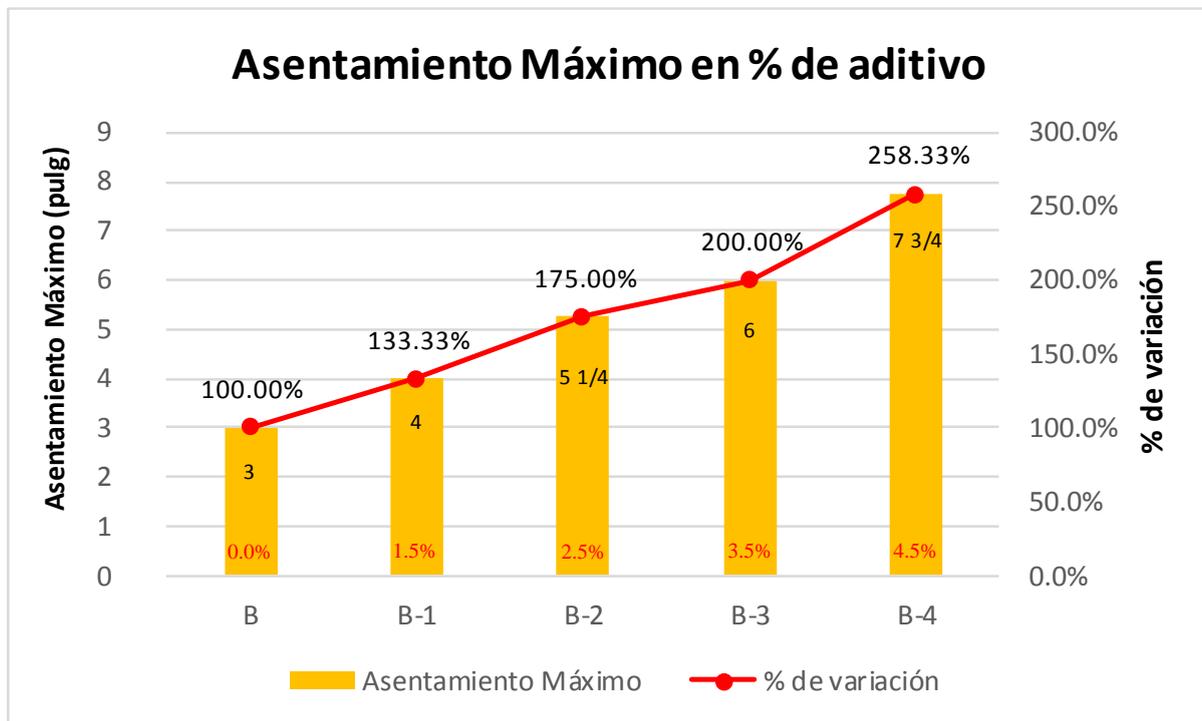
*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*



**Figura N° 08:** Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños en relación  $a/c=0.50$ .

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

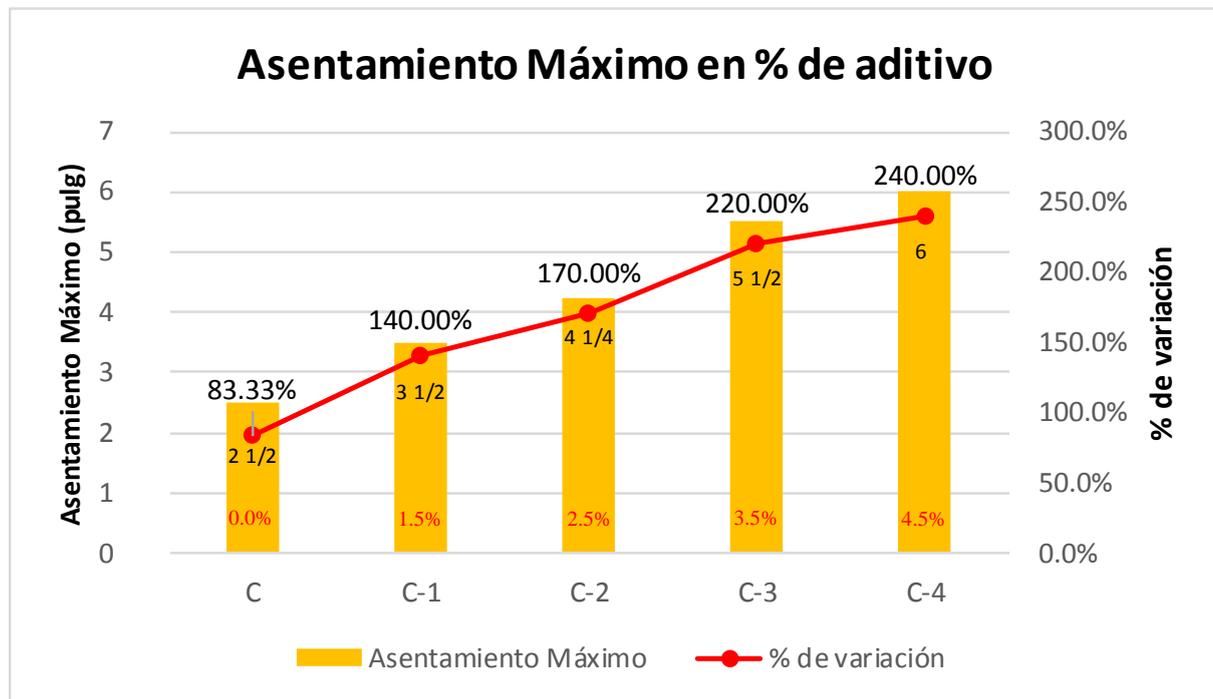
En la Figura N° 08, se visualiza la importancia del aditivo superplastificante, dando diferentes resultados de asentamiento máximo de los concretos en variación a los porcentajes dosificados, comparándolo con el asentamiento del concreto patrón, diseñado para un asentamiento de 4", la observación de los resultados muestra que las dosis de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%, han obtenido diferentes asentamientos máximos, siendo el más representativo el de 8 1/2" con una adición 4.5 % del superplastificante.



**Figura N° 09:** Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños en relación  $a/c=0.40$ .

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

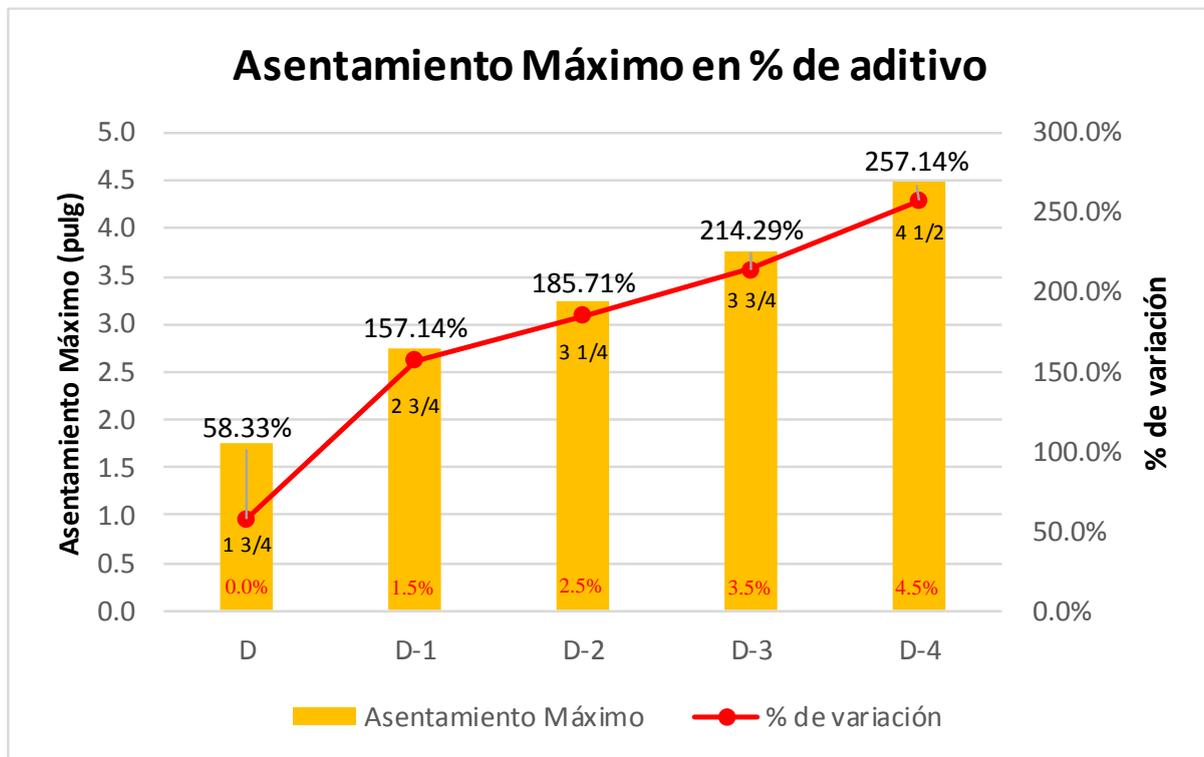
En la Figura N° 09, se observa la importancia del aditivo superplastificante, dando diferentes resultados de asentamiento máximo de los concretos en variación a los porcentajes dosificados, comparándolo con el asentamiento del concreto patrón, diseñado para un asentamiento de 3” en relación  $a/c = 0.40$ , los resultados muestran que las dosis de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%, obtienen diferentes asentamientos máximos, siendo el más representativo el de 7¾” con una adición 4.5 % del superplastificante.



**Figura N° 10:** Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños en relación  $a/c=0.30$ .

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

. En la Figura N° 10, se observa que el asentamiento del concreto patrón, no cumplió con el asentamiento del diseño de 3” a 4”, esto se debe al incremento del cemento por el tipo de diseño de concreto en relación  $a/c = 0.30$ . Llegando a un asentamiento de 2 1/2”, pues la importancia del uso del aditivo superplastificante, dando diferentes resultados de asentamiento máximo de los concretos en variación a los porcentajes dosificados, comparándolo con el asentamiento del concreto patrón, los resultados muestran que las dosis de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%, obtienen diferentes asentamientos máximos, siendo el más representativo el de 6” con una adición 4.5 % del superplastificante.



**Figura N° 11:** Asentamiento máximo del concreto en diferentes dosis (%) del aditivo para diseños en relación  $a/c=0.20$ .

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

En la Figura N° 11, se observa que el asentamiento del concreto patrón, no cumplió con el asentamiento del diseño de 3” a 4”, al igual que el anterior se debe al incremento del cemento por el tipo de diseño de concreto en relación  $a/c = 0.20$ . Llegando a un asentamiento de 1 3/4”, siendo un concreto de menor trabajabilidad, así mismo la importancia del uso del aditivo superplastificante, mostrando resultados de asentamiento máximo de los concretos en variación a los porcentajes dosificados, comparándolo con el asentamiento del concreto patrón, los resultados en dosis al 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%, obtienen diferentes asentamientos máximos, siendo el más relevante el de 4 1/2” con una adición 4.5 % del superplastificante.

### 3.2. Resultados promedios de ensayos de resistencias a la compresión.

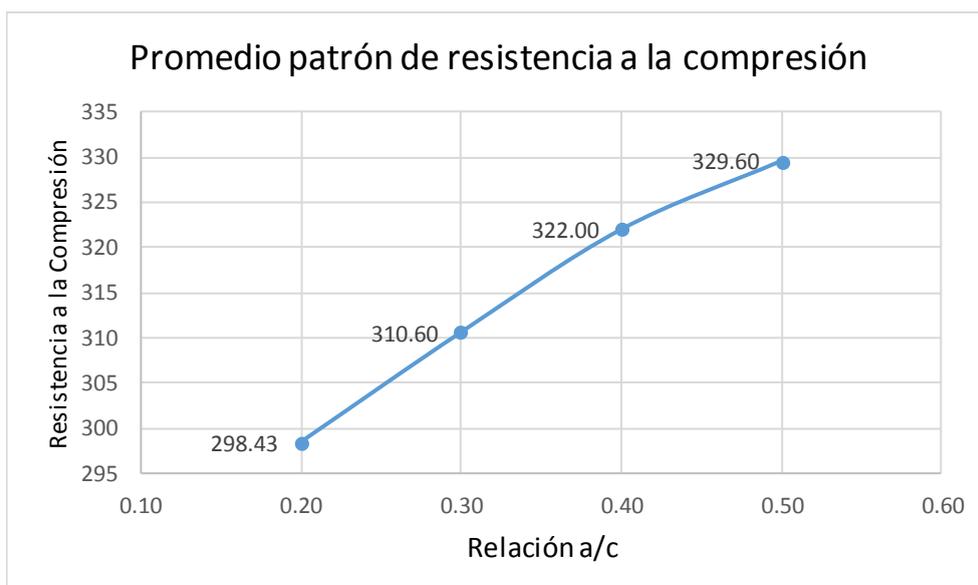
#### 3.2.1. Ensayos de resistencia a la compresión en concreto.

Para fines analíticos se realizó doce probetas de concreto convencional (patrones) con el fin de verificar cual sería el efecto que genera la relación agua cemento y el aditivo superplastificante.

- **Datos y resultados de análisis de ensayos de resistencia a la compresión en probetas patrón en relación a/c:** resultados obtenidos a los 28 días.

PROBETA PATRÓN		Aditivo Superplastificante		Promedio
		0.00%		
Relación a/c	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )			
0.50	331.80	321.20	335.80	329.60
0.40	327.60	325.10	313.30	322.00
0.30	315.40	310.90	305.50	310.60
0.20	301.20	293.30	300.80	298.43

**Tabla N° 48:** Resultado de ensayos, patrones de resistencia a la compresión  
**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.



**Figura N° 12:** Gráfica de patrones, resistencia a la compresión  
**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

- **Datos y resultados de análisis de ensayos a la compresión en probetas con aditivo superplastificante SIKA VISCOFLOW 360 en relación a/c.**

**Probetas de estudio:** resultados obtenidos a los 28 días.

Relación a/c	Aditivo Superplastificante = 1.5 %			Promedio	Desv. Estandar	X-x	s/n <sup>0.5</sup>	T	Cumple
	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )								
0.50	353.70	351.50	355.20	<b>353.47</b>	1.86	6.90	2.75	2.51	SI
0.40	345.20	343.10	348.30	<b>345.53</b>	2.62	14.84	2.75	5.40	SI
0.30	335.20	332.90	337.70	<b>335.27</b>	2.40	25.10	2.75	9.13	SI
0.20	325.10	322.10	324.90	<b>324.03</b>	1.68	36.34	2.75	13.21	SI

Relación a/c	Aditivo Superplastificante = 2.5 %			Promedio	Desv. Estandar	X-x	s/n <sup>0.5</sup>	T	Cumple
	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )								
0.50	380.70	382.70	383.70	<b>382.37</b>	1.53	22.00	2.75	8.00	SI
0.40	375.90	371.60	370.80	<b>372.77</b>	2.74	12.40	2.75	4.51	SI
0.30	362.60	363.50	360.90	<b>362.33</b>	1.32	1.96	2.75	0.71	SI
0.20	355.40	356.80	352.70	<b>354.97</b>	2.08	5.40	2.75	1.96	SI

Relación a/c	Aditivo Superplastificante = 3.5 %			Promedio	Desv. Estandar	X-x	s/n <sup>0.5</sup>	T	Cumple
	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )								
0.50	390.50	393.50	386.50	<b>390.17</b>	3.51	24.80	2.75	9.02	SI
0.40	400.20	401.40	399.60	<b>400.40</b>	0.92	30.03	2.75	10.92	SI
0.30	414.60	416.70	416.90	<b>416.07</b>	1.27	40.70	2.75	14.80	SI
0.20	425.20	422.00	429.10	<b>425.43</b>	3.56	45.06	2.75	16.39	SI

Relación a/c	Aditivo Superplastificante = 4.5 %			Promedio	Desv. Estandar	X-x	s/n <sup>0.5</sup>	T	Cumple
	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )								
0.50	410.20	407.90	408.70	<b>408.93</b>	1.17	48.86	2.75	17.66	SI
0.40	436.00	440.90	435.70	<b>437.53</b>	2.92	62.16	2.75	22.60	SI
0.30	458.30	462.50	461.50	<b>460.77</b>	2.19	70.40	2.75	25.60	SI
0.20	480.20	484.70	482.70	<b>482.53</b>	2.25	82.16	2.75	29.88	SI

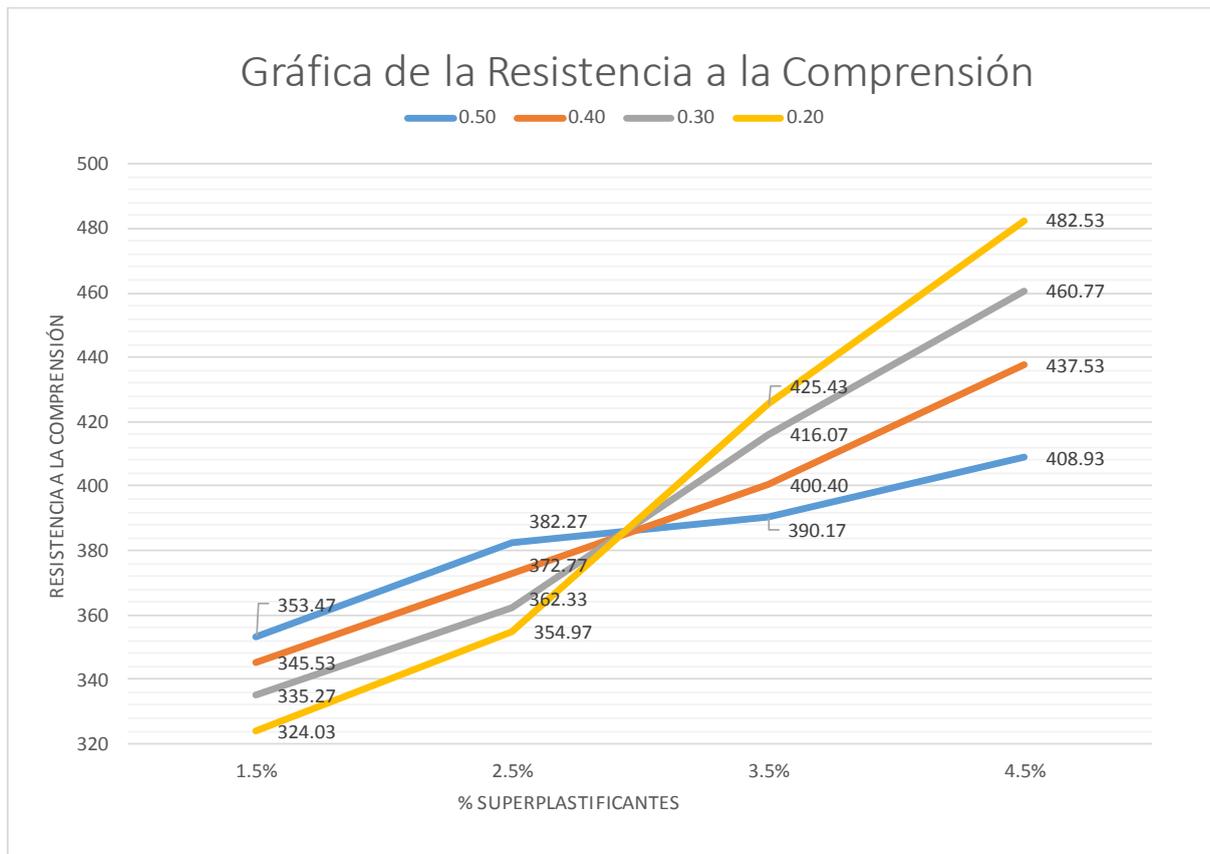
**Tabla N° 49:** Resultado de ensayos de resistencia a la compresión de probetas con aditivo.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

**3.3. Resultados promedios de ensayos a la resistencia de compresión, tracción y flexión en relación a/c. con porcentajes (%) del aditivo superplastificante Sika Viscoflow 360.**

<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DIAS</b>					
Relación a/c	Patrón	Superplastificante (%)			
		1.5%	2.5%	3.5%	4.5%
<b>0.50</b>	329.60	353.47	382.27	390.17	408.93
<b>0.40</b>	322.00	345.53	372.77	400.40	437.53
<b>0.30</b>	310.60	335.27	362.33	416.07	460.77
<b>0.20</b>	298.43	324.03	354.97	425.43	482.53

*Tabla N° 50: Resultados promedio de resistencia a la compresión de probetas con aditivo. Fuente: Base de datos, elaboración propia.*



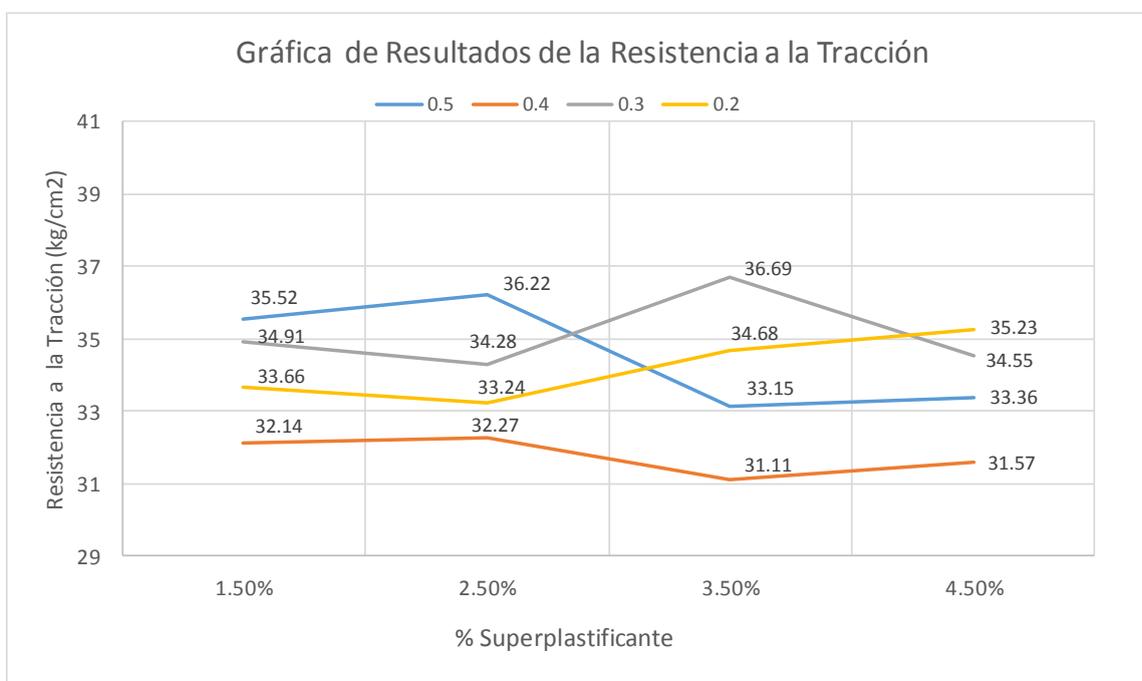
*Figura N° 13: Resultados promedio de resistencia a la compresión en probetas con aditivo. Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

En la Figura N° 13, se puede visualizar claramente la gran importancia que llega a tener la adición del superplastificante en proporciones considerables a concretos con baja relación agua/cemento en la resistencia a la compresión, esto se debe a que el cemento actuará con la menor cantidad de agua posible haciendo que el concreto sea menos poroso y por ende más resistente. Por otro lado, el uso excesivo del superplastificante en la relación agua/cemento de 0.50, se observa un ligero crecimiento de la resistencia a la compresión, no obstante, este valor se encuentra por encima de los ensayos de la muestra de patrón.

Relación a/c \ % Superplast.	1.5%	2.5%	3.5%	4.5%
0.50	35.52	36.22	33.15	33.36
0.40	32.14	32.27	31.11	31.57
0.30	34.91	34.28	36.69	34.55
0.20	33.66	33.24	34.68	35.23

**Tabla N° 51:** Resultados de resistencia a la tracción promedio.

**Fuente:** Base de datos, elaboración propia



**Figura N° 14:** Resultados de resistencia a la tracción en probetas con aditivo.

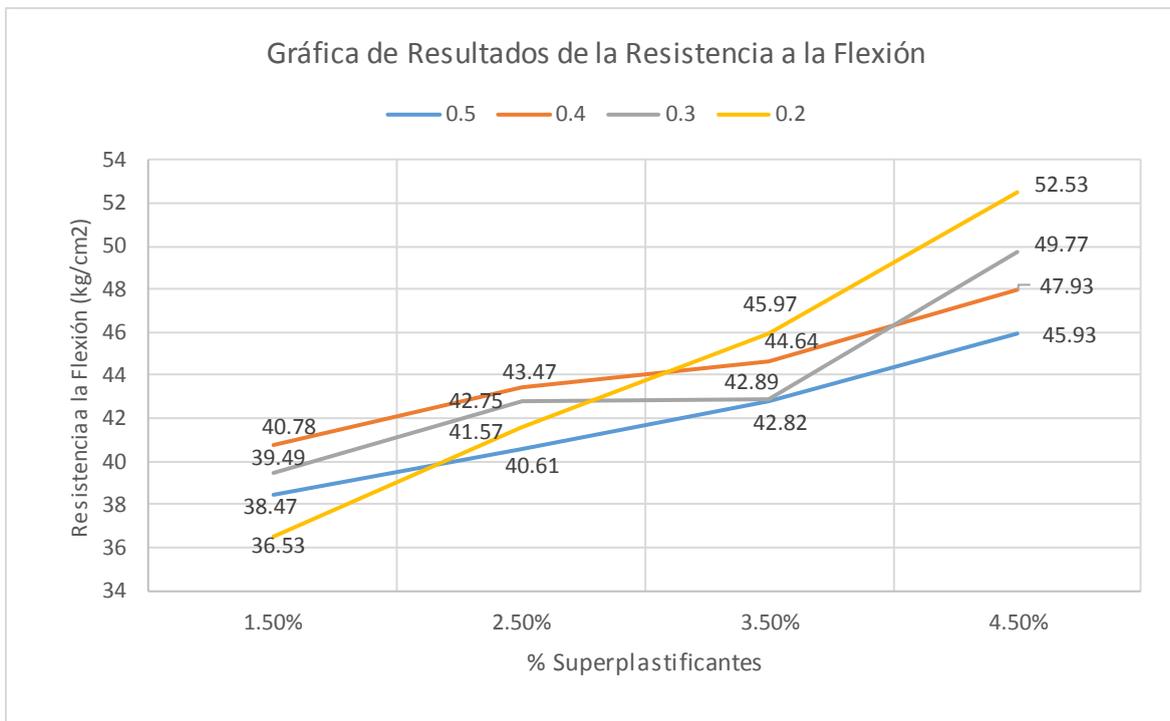
**Fuente:** Base de datos, elaboración propia.

En la Figura N° 14, se puede ver que la resistencia a la tracción no se llegó a dar lo que se esperaba en la etapa preliminar del proyecto, la verificación de los resultados arrojados por los ensayos con adición del superplastificante en diferentes dosificaciones, no favorece a la resistencia a la tracción; por lo contrario, lo hace menos resistente.

<b>% Superplast.</b>	<b>1.5%</b>	<b>2.5%</b>	<b>3.5%</b>	<b>4.5%</b>
<b>Relación a/c</b>				
<b>0.50</b>	38.47	40.61	42.82	45.93
<b>0.40</b>	40.78	43.47	44.64	47.93
<b>0.30</b>	39.49	42.75	42.89	49.77
<b>0.20</b>	36.53	41.57	45.97	52.53

*Tabla N° 52: Resultados de resistencia a la flexión promedio.*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*



*Figura N° 15: Resultados de resistencia a la flexión en probetas con aditivo*

*Fuente: Base de datos, elaboración propia.*

En la Figura N° 15, se puede visualizar que en los casos de las mezclas con relación agua/cemento de 0.50 y 0.20, es positivo la adición del superplastificante, podemos observar que la resistencia a la flexión se incrementa conforme se va aumentando la cantidad de aditivo superplastificante usado. Por otro lado, se puede notar también que para mezclas con relación agua/cemento intermedias como 0.30 y 0.40 no se puede llegar a tener un análisis muy profundo debido a que tiene un comportamiento muy disperejo al incrementar el uso de superplastificante.

## VI. CONCLUSIONES.

- Se determinó la influencia que tiene la adición del superplastificante y la variación de la relación agua/cemento en las propiedades mecánicas del concreto, obteniendo resultados altamente favorables en mezclas con baja relación agua/cemento y un alto uso de aditivo superplastificante, teniendo mejores resistencias en concretos con relación agua/cemento de 0.20 y haciendo uso del 4.5% del aditivo superplastificante.
- Se encontró un diseño óptimo para un concreto de mejores propiedades mecánicas en comparación a los concretos convencionales, obteniendo concretos hasta de 482.53 kg/cm<sup>2</sup> en relación agua/cemento de 0.20 y 4.5% del peso del cemento usado para la aplicación del aditivo superplastificante.
- Se realizó con éxito la caracterización de los agregados que se utilizaron para el diseño de cada mezcla elaborada, tomando siempre en cuenta cada una de las pautas que se indican en la Norma Técnica Peruana, resultando este paso como una parte indispensable para el inicio de la investigación.
- Se determinó la trabajabilidad de cada diseño de mezcla elaborado, tomando en cuenta lo estipulado en la NTP 339.035 (Determinación del Asentamiento del Concreto en Estado Fresco). Obteniendo resultados muy favorables en los concretos diseñados en relación agua/cemento de 0.30 y 0.20 llegando a un asentamiento máximo de 6" y 4½" con una dosificación de 4.5% del superplastificante en comparación a los concretos patrones que obtuvieron 2½" y 1¾" de asentamiento máximo, siendo concretos que requieren mayor trabajo de colocación en los diferentes elementos estructurales.
- Se determinó las Propiedades Mecánicas de cada mezcla diseñada teniendo en cuenta lo estipulado en la NTP 339.034 (Determinación de la Resistencia a Compresión del

Concreto), NTP 339.084 (Determinación de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral del Concreto) y NTP 339.078 (Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto) mediante los resultados de ensayos. ver tablas 50, 51 y 52.

## V. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda el uso a los ingenieros, constructores, entidades públicas y usuarios particulares el uso del aditivo superplastificante Sika Viscoflow 360, y la consideración de la alta importancia que tiene la relación agua/cemento para poder alcanzar mejor resistencia con lo cual ayudaría a diferentes fines.
- Se recomienda ubicar los agregados y el cemento en un lugar seco y libre de lluvia, para que el material este siempre en las condiciones que se hizo la caracterización y así no pueda variar en el diseño de mezcla.
- Se recomienda realizar la investigación del aditivo superplastificante Sika Viscoflow 360, con adiciones de microsílíce por ser un aditivo que aumenta la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.
- Se recomienda hacer más investigaciones con mayor porcentaje de superplastificantes y con otras ratios agua/cemento, con el fin de verificar si con mayores cantidades de superplastificante se llega a tener mejores resultados.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Asocreto. (2010). Tecnología del concreto. Bogotá.
- Benítez Espinoza, C. M. (2012). Concreto (hormigón) con cemento portland puzolánico tipo IP atlas de resistencia tempranas con la tecnología Sika Viscocrete 20 he. Lima.
- Carrillo, J., Alcocer, S., & Aperador, W. (2013). Propiedades del concreto para viviendas de bajo costo. Ingeniería Investigación y Tecnología, 285-298.
- Carrillo, J., Aperador, W., & González, G. (2013). Correlación entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero. Ingeniería Investigación y Tecnología, 435-450.
- Espinoza Montenegro, A. A. (2010). Estudio de dosificación de hormigón de ultra - alta resistencia, basado en el empaquetamiento de los áridos. Madrid.

Enrique Pasquel C. (2017). Entendiendo el concreto: Concreto en estado fresco en la obra.

Fernández Canovas, M. (2011). Hormigón. España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Fernández, A., Morales, J., & Soto, F. (2016). Evaluación del comportamiento del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que los 28 días. Carabobo.

Guevara Fallas, G., Hidalgo Madrigal, C., Pizarro García, M., Rodríguez Valenciano, Í., Rojas Vega, L. D., & Segura Guzmán, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. Tecnología en Marcha, 80-86.

Huincho Salvatierra, E. (2011). Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I. Lima.

Mayta Rojas, J. W. (2014). Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo.

Molina Segura, C. J., & Saldaña Pacheco, S. O. (2014). Influencia del aditivo hiperplastificante plastol 200 ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido. Trujillo.

Pavon, E., Etxeberria, M., & Martinez, I. (2011). Propiedades del Hormigón de árido reciclado fabricado con adiciones, activa e inerte. Revista de la Construcción, 4-15.

Perez Guillen, J. A. (2016). Comportamiento físico mecánico (resistencia a compresión, resistencia a flexión, y resistencia a tracción) del concreto con fibras de polipropileno - Trujillo - La Libertad. Trujillo.

Reina Cardoza, J. C., Sánchez Blanco, M. J., & Solano Quintanilla, E. R. (2012). Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido. San Salvador.

SIKA. (2016). Aditivos para concreto. concreto, 10-13.

Terreros Rojas, L. E., & Carvajal Corredor, I. L. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. Bogotá.

Vilanova Fernández, A. (2009). Influencia de la dosificación y empleo de diferentes tipos de cemento y adiciones en las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante. Madrid.

Trabajo de Bachiller:

Otiniano Tandypan Wilfredo Jhony, (2018). Influencia del aditivo superplastificante Sika Viscoflow 360 en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 330 \text{ kg/cm}^2$ , Ica, 2018.

**ANEXOS:**

**ANEXO N° 1: Guías de observación vacías.**

**GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01**

**Caracterización de los agregados**

**Autor:** Otiniano Tandaypan, Wilfredo Jhony

**Título:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTES Y LA VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, ICA, 2018.

**1. Ensayo Granulométrico del Agregado Fino (NTP 400.012)**

- **Muestra 1.**

Tamiz		Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	Peso Retenido (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)						
2"	50.00						
1 1/2"	37.50						
1"	25.00						
3/4"	19.00						
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
<b>FONDO</b>							

- **Muestra 2.**

Tamiz		Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	Peso Retenido (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)						
2"	50.00						
1 1/2"	37.50						
1"	25.00						
3/4"	19.00						
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
<b>FONDO</b>							

- **Muestra 3.**

Tamiz		Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	Peso Retenido (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)						
2"	50.00						
1 1/2"	37.50						
1"	25.00						
3/4"	19.00						
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
<b>FONDO</b>							

## 2. Ensayo Granulométrico del Agregado Grueso (NTP 400.012)

- **Muestra 01.**

Tamiz		Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	Peso Retenido (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)						
2"	50.00						
1 1/2"	37.50						
1"	25.00						
3/4"	19.00						
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
<b>FONDO</b>							

- **Muestra 02.**

Tamiz		Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	Peso Retenido (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)						
2"	50.00						
1 1/2"	37.50						
1"	25.00						
3/4"	19.00						
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
<b>FONDO</b>							

• **Muestra 03.**

Tamiz		Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	Peso Retenido (gr.)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)						
2"	50.00						
1 1/2"	37.50						
1"	25.00						
3/4"	19.00						
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
<b>FONDO</b>							

**3. Determinación del Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino (NTP 339.185)**

$$w\% = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

- ✓ Ph = Peso de la muestra (gr)
- ✓ Ps = Peso de la muestra seca (gr)
- ✓ W% = % del Contenido de Humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD	Agregado Grueso			Agregado Fino		
	M 01	M 02	M 03	M 01	M 02	M 03
Ph						
Ps						
W%						
<b>W% prom.</b>						

#### 4. Determinación del Peso Unitario Suelto y compactado del Agregado Fino y Agregado Grueso (NTP 400.017)

##### 4.1. Peso Unitario Suelto

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

- ✓ M= Peso Unitario de los Agregados (kg/m<sup>3</sup>)
- ✓ G= Peso del Agregado más el Recipiente (kg)
- ✓ T= Peso del Recipiente (kg)
- ✓ V= Volumen del Recipiente (m<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO SUELTO	Agregado Grueso			Agregado Fino		
	M 01	M 02	M 03	M 01	M 02	M 03
V						
T						
G						
M						
<b>M prom.</b>						

##### 4.2. Peso Unitario Compactado

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

- ✓ M= Peso Unitario de los Agregados (kg/m<sup>3</sup>)
- ✓ G= Peso del Agregado más el Recipiente (kg)
- ✓ T= Peso del Recipiente (kg)
- ✓ V= Volumen del Recipiente (m<sup>3</sup>)

PESO UNITARIO COMPACTO	Agregado Grueso			Agregado Fino		
	M 01	M 02	M 03	M 01	M 02	M 03
V						
T						
G						
M						
<b>M. prom.</b>						

### 5. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \qquad \%Abs = \frac{(B - A)}{A}$$

- ✓  $P_{em}$  = Peso Específico del Agregado Grueso
- ✓ %Abs = Absorción del Agregado Grueso
- ✓ A = Peso en el aire de la muestra seca al horno(gr)
- ✓ B = Peso en el aire de la muestra saturada (gr)
- ✓ C = Peso en el agua de la muestra sumergida (gr)

<b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN</b>	<b>Agregado Grueso</b>			<b>Promedio</b>
	M 01	M 02	M 03	
<b>A</b>				
<b>B</b>				
<b>C</b>				
<b>P<sub>em</sub></b>				
<b>% Abs</b>				

### 6. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)

$$P.e.m. = \frac{E}{(F + S - G)} \qquad P.e.s.s.s. = \frac{S}{(F + S - G)}$$

$$P.e.a. = \frac{E}{(F + E - G)} \qquad Abs(\%) = \frac{(S - E)}{E} \times 100$$

- ✓ P.e.m. = Peso Específico de Masa.
- ✓ P.e.s.s.s. = Peso Específico Saturado Superficialmente Seco
- ✓ P.e.a. = Peso Específico Aparente
- ✓ %Abs. = Absorción

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN	Agregado Fino			
	M 01	M 02	M 03	
B= Peso Fiola (gr)				
C= P. Fiola + Muestra (gr)				
D= P. Seco + P. Tara (gr)				
E= (C-B): P. Muestra Seca (gr)				
F= P. Fiola + Agua (cm <sup>3</sup> )				
G= P. Fiola + P. Muestra + Agua (gr)				
S= P. Muestra Saturada (gr)				<b>Promedio</b>
<b>P.e.m. (kg/m<sup>3</sup>)</b>				
<b>P.e.s.s.(kg/m<sup>3</sup>)</b>				
<b>P.e.a. (kg/m<sup>3</sup>)</b>				
<b>% Abs (%)</b>				

## GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02

### ENSAYO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO: Determinación del asentamiento del concreto en estado fresco (NTP 339.035)

**Autor:** Otiniano Tandaypan, Wilfredo Jhony

**Título:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTES Y LA VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, ICA, 2018

- Registro de asentamientos según la relación agua /cemento y el porcentaje de aditivo superplastificante considerado en el diseño de mezcla.**

		Relación agua/cemento			
		0.5	0.4	0.3	0.2
<b>% de aditivo superplastificante</b>	<b>1.5</b>				
	<b>2.5</b>				
	<b>3.5</b>				
	<b>4.5</b>				

## GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03

### ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO: Determinación de la Resistencia a Compresión del Concreto (NTP 339.034)

**Autor:** Otiniano Tandaypan, Wilfredo Jhony

**Título:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTES Y LA VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, Ica, 2018

$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$	R <sub>c</sub> =Resistencia de rotura a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	G=Carga Máxima de Rotura (kg)
	d=Diámetro (cm)

1. Cálculo de la Resistencia a la Compresión del concreto con una relación a/c = \_\_\_\_\_ y un porcentaje de superplastificante = \_\_\_\_\_ %

- Fecha de elaboración de probeta:
- Fecha de ensayo:

	M1	M2	M3
Edad (días)			
Diámetro 1			
Diámetro 2			
Diámetro Promedio			
Carga Max. Aplicada			
Tipo de Fractura			
Resistencia			
Resistencia Promedio			

## GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04

### **ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO: Determinación de la Resistencia a la Tracción por compresión Diametral del Concreto (NTP 339.084)**

**Autor:** Otiniano Tandaypan, Wilfredo Jhony

**Título:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTES Y LA VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, ICA, 2018.

$T = \frac{2P}{\pi ld}$	Rc = Resistencia a la Tracción por compresión diametral (kPa)
	P = Carga maxima aplicada (kN)
	P = Longitud de la probeta (m)
	P = diametro de la probeta (m)

**2. Cálculo de la Resistencia a la Tracción del concreto con una relación a/c = \_\_\_\_\_ y un porcentaje de superplastificante = \_\_\_\_\_ %**

- **Fecha de elaboración de probeta:**
- **Fecha de ensayo:**

	M1	M2	M3
Edad (días)			
Diámetro 1 (cm)			
Diámetro 2 (cm)			
<b>Diámetro promedio (cm)</b>			
Longitud 1 (cm)			
Longitud 2 (cm)			
<b>Longitud promedio (cm)</b>			
Carga Max. Aplicada (kN)			
<b>Resistencia (kPa)</b>			
<b>Resistencia promedio (kPa)</b>			

## GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05

### ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO: Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (NTP 339.078)

**Autor:** Otiniano Tandaypan, Wilfredo Jhony

**Título:** “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTES Y LA VARIACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, ICA 2018”

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz		Si la falla ocurre fuera del tercio medio de la luz	
$Mr = \frac{PL}{bh^2}$	Mr =Modulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	$Mr = \frac{3Pa}{bh^2}$	Mr =Modulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
	P= Carga Máxima de Rotura (kg)		P= Carga Máxima de Rotura (kg)
	L= Luz libre entre apoyos (cm)		a= Distancia en línea de falla y apoyo más cercano (cm)
	b= Ancho en la sección de la falla (cm)		b= Ancho en la sección de la falla (cm)
	h=Altura en la sección de la falla (cm)		h=Altura en la sección de la falla (cm)

**1. Cálculo de la resistencia a la flexión del concreto con una relación a/c = \_\_\_\_\_ y un porcentaje de superplastificante = \_\_\_\_\_ %**

- **Fecha de elaboración de probeta:**
- **Fecha de ensayo:**

	M1	M2	M3
Edad (días)			
Ancho en la sección de la falla (cm)			
Altura en la sección de la falla (cm)			
Luz libre entre apoyos (cm)			
Distancia entre la falla y el apoyo más cercano (cm)			
Tipo de Falla			
Carga Max. Aplicada (kg)			
<b>Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
<b>Módulo de Rotura Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			

**ANEXO N° 2: Certificados de Análisis y Ensayos de materiales del concreto.**



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICO DE SUELOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, ANÁLISIS QUÍMICO, ESTUDIO DE SUELOS,  
CON FINES DE CIMENTACIÓN, PAVIMENTOS, ENSAYOS DE  
COMPRESIÓN, DENSIDAD DE CAMPO, SERVICIOS MÚLTIPLES.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

SOLICITA	: CCCC DEL PERU S.A.
PROVEEDOR	: CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR
OBRA	: OBRAS CIVILES PARA LA NUEVA PLANTA DE BENEFICIO
UBICACIÓN	: SAN NICOLAS – DISTRITO DE MARCONA – PROVINCIA DE NASCA – REGION ICA
FECHA	: 05/06/2018

**AGREGADO GRUESO**

PESO UNITARIO SECO EN ESTADO SUELTO	1626 Kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SECO EN ESTADO COMPACTO	1756 Kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO	2.63 Gr/cm <sup>3</sup>
PORCENTAJE DE HUMEDAD NATURAL	0.38 %
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0.46 %
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
MODULO DE FINEZA	3.83
PESO TOTAL DE LA MUESTRA	5516.0 Gr

CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

TAMIZ		PESOS RETENIDOS	RET (%)	(% ) RET . ACUM.	PASA (%)
Nº	ABERTURA (mm)				
1 1/2"	38.100		0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.050	528.00	9.57	9.6	90.43
1/2"	12.700	3880.00	70.34	79.9	20.09
3/8"	9.525	860.00	15.59	95.5	4.50
Nº 4	4.760	180.00	3.26	98.8	1.23
Nº 8	2.380	48.00	0.87	99.6	0.36
Nº 200	0.074	18.00	0.33	100.0	0.04
-200		2.00	0.04	100.0	
Peso Inicial:		5516.00			

ING. DANIEL CUEVAS SERNA  
ESP. EN GEOTÉCNICA DE SUELOS  
CIP. 117293

NOTA: La muestra de agregado fue proporcionado por el solicitante.

ANDRÉS AVELINO CÁCERES K-16 PARCONA - ICA



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICO DE SUELOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, ANÁLISIS QUÍMICO, ESTUDIO DE SUELOS, CON FINES DE CIMENTACIÓN, PAVIMENTOS, ENSAYOS DE COMPRESIÓN, DENSIDAD DE CAMPO, SERVICIOS

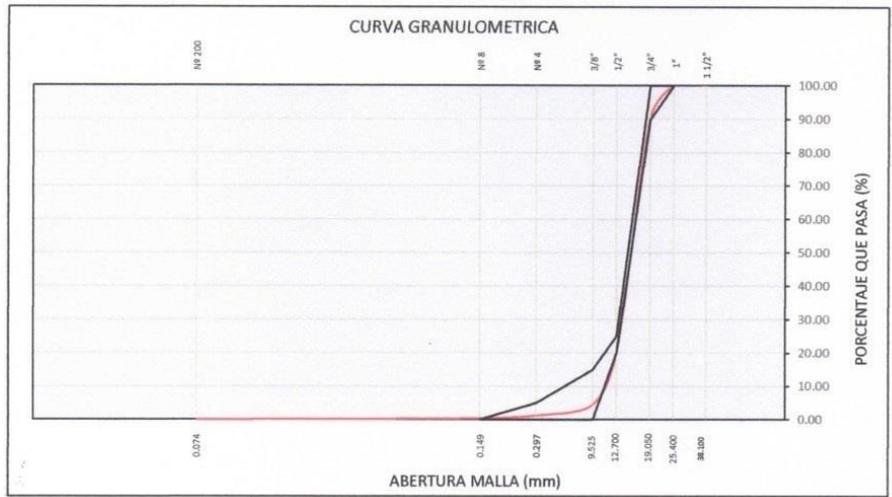
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SOLICITA	: CCCC DEL PERU S.A.
PROVEEDOR	: CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR
OBRA	: OBRAS CIVILES PARA LA NUEVA PLANTA DE BENEFICIO
UBICACIÓN	: SAN NICOLAS – DISTRITO DE MARCONA – PROVINCIA DE NASCA – REGION ICA
FECHA	: 05/06/2018

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO

CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR

TAMIZ		PESOS RETENIDOS	RET (%)	(% ) RET . ACUM.	PASA (%)	ESPECIFICACION
Nº	ABERTURA (mm)					
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.0	100.00	100
3/4"	19.050	528.00	9.57	9.6	90.43	90 - 100
1/2"	12.700	3880.00	70.34	79.9	20.09	20 - 25
3/8"	9.525	860.00	15.59	95.5	4.50	0 - 15
Nº 4	4.760	180.00	3.26	98.8	1.23	0 - 5
Nº 8	2.380	48.00	0.87	99.6	0.36	
Nº 200	0.074	18.00	0.33	100.0	0.04	
FONDO		2.00	0.04	100.0	-	
<b>PESO INICIAL :</b>		<b>5516.00</b>	<b>MODULO DE FINEZA :</b>		<b>4.98</b>	



OBSERVACION : Las Muestras fueron enviadas a nuestro laboratorio por el solicitante.

ANDRÉS AVELINO CÁCERES K-16 PARCONA - ICA

ING. DANIEL CUEVAS SERNA  
ESP. EN GEOTECNICA DE SUELOS  
CIP. 117293



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICO DE SUELOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, ANÁLISIS QUÍMICO, ESTUDIO DE SUELOS,  
CON FINES DE CIMENTACIÓN, PAVIMENTOS, ENSAYOS DE  
COMPRESIÓN, DENSIDAD DE CAMPO, SERVICIOS MÚLTIPLES.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

SOLICITA	: CCCC DEL PERU S.A.
PROVEEDOR	: CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR
OBRA	: OBRAS CIVILES PARA LA NUEVA PLANTA DE BENEFICIO
UBICACIÓN	: SAN NICOLAS – DISTRITO DE MARCONA – PROVINCIA DE NASCA – REGION ICA
FECHA	: 05/06/2018

**AGREGADO FINO**

CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR

PESO UNITARIO SECO EN ESTADO SUELTO	1780 Kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SECO EN ESTADO COMPACTO	1874 Kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECÍFICO	2.64 Gr/cm <sup>3</sup>
PORCENTAJE DE HUMEDAD NATURAL	1.20 %
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1.30 %
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	Nº 4
MODULO DE FINEZA	2.77
PESO TOTAL DE LA MUESTRA	1143.0 Gr

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

TAMIZ		GRS. RET.	RET (%)	(% ) RET . ACUM	PASA (%)
Nº	ABERTURA (mm)				
3/8"	9.525		0.00	0.0	100.00
Nº 4	4.760	31.00	2.71	2.7	97.29
Nº 8	2.380	63.00	5.51	8.2	91.78
Nº16	1.190	168.00	14.70	22.9	77.08
Nº 30	0.590	421.00	36.83	59.8	40.24
Nº 50	0.297	300.00	26.25	86.0	14.00
Nº 100	0.149	130.00	11.37	97.4	2.62
Nº 200	0.074	20.00	1.75	99.1	0.87
-200		10.00	0.87	100.0	-
<b>Peso Inicial:</b>		1143.00			

NOTA: La muestra de agregado fue proporcionado por el solicitante.

  
ING. DANIEL CUEVAS SERNA  
ESP. EN GEOTÉCNICA DE SUELOS  
CIP: 117293

ANDRÉS AVELINO CÁCERES K-16 PARCONA - ICA



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICO DE SUELOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, ANÁLISIS QUÍMICO, ESTUDIO DE SUELOS, CON FINES DE CIMENTACIÓN, PAVIMENTOS, ENSAYOS DE COMPRESIÓN, DENSIDAD DE CAMPO, SERVICIOS

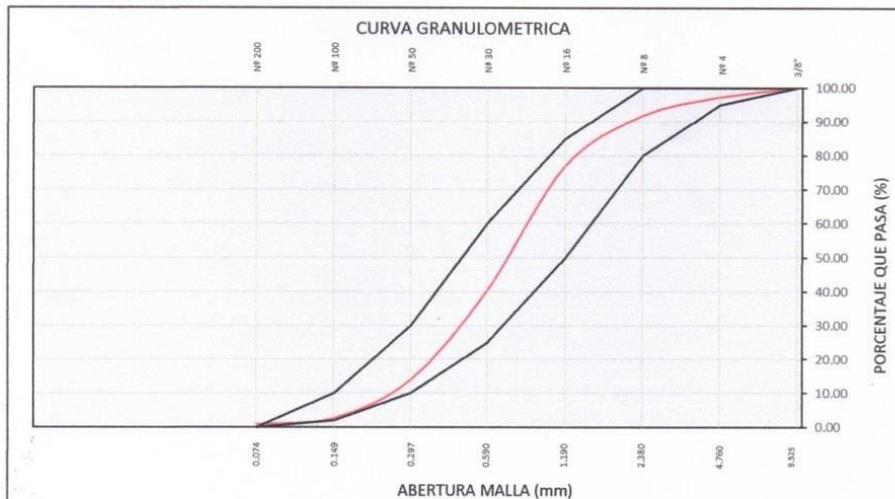
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA GRUESA**

SOLICITA	: CCCC DEL PERU S.A.
PROVEEDOR	: CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR
OBRA	: OBRAS CIVILES PARA LA NUEVA PLANTA DE BENEFICIO
UBICACIÓN	: SAN NICOLAS – DISTRITO DE MARCONA – PROVINCIA DE NASCA – REGION ICA
FECHA	: 05/06/2018

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA ARENA FINA**

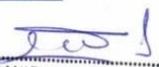
CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR

TAMIZ		PESOS RETENIDOS.	RET (%)	(% RET . ACUM.	PASA (%)	ESPECIFICACION
Nº	ABERTURA (mm)					
3/8"	9.525	0.0	0.00	0.0	100.00	100
Nº 4	4.760	31.00	2.71	2.7	97.29	95 - 100
Nº 8	2.380	63.00	5.51	8.2	91.78	80 - 100
Nº 16	1.190	168.00	14.70	22.9	77.08	50 - 85
Nº 30	0.590	421.00	36.83	59.8	40.24	25 - 60
Nº 50	0.297	300.00	26.25	86.0	14.00	10 - 30
Nº 100	0.149	130.00	11.37	97.4	2.62	2 - 10
Nº 200	0.074	20.00	1.75	99.1	0.87	0 - 0
FONDO		10.00	0.87	100.0	-	
<b>PESO INICIAL :</b>		1143.00	<b>MODULO DE FINEZA :</b>		2.77	



OBSERVACION : Las Muestras fueron enviadas a nuestro laboratorio por el solicitante.

ANDRÉS AVELINO CÁCERES K-16 PARCONA - ICA

  
ING. DANIEL CUEVAS SERNA  
ESP. EN GEOTECNICA DE SUELOS  
CIP. 117293



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICO DE SUELOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, ANÁLISIS QUÍMICO, ESTUDIO DE SUELOS, CON FINES DE CIMENTACIÓN, PAVIMENTOS, ENSAYOS DE COMPRESIÓN, DENSIDAD DE CAMPO, SERVICIOS MÚLTIPLES

**ENSAYO ABRASION LOS ANGELES -ASTM C-131**

SOLICITA	:CCCC DEL PERU S.A.C.
PROYECTO	: OBRAS CIVILES PARA LA NUEVA PLANTA DE BENEFICIO
UBICACIÓN	SAN NICOLAS – DISTRITO DE MARCONA – PROVINCIA DE NASCA – REGION ICA
FECHA	05/06/2018

**CANTERA DE AGREGADO PROMCOSER S.A.C. – KM 491 PANAMERICANA SUR**

MATERIAL	: <b>Material Grueso</b>
SUELOS	: Tramo Controlado :
ENSAYO	: Desgaste por Abrasion (maquina los angeles)
DESIGNACION	: NTP 400.019, ASTM – (MTC E – 207)
Nº DE ESFERA	: 12

PASA	RETIENE	MASA ORIGINAL (gr)	MASA FINAL (gr)	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO 500 REV.	% DE DESGASTE POR ABRASION
1 1/2"	1"	0	0	0	0.00
1"	3/4"	1250	1030	220	5.87
3/4"	1/2"	1250	1060	190	5.07
1/2"	3/8"	1250	1210	40	1.07
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>		3750	3300	450	<b>DESGASTE 12.00 %</b>

OBSERVACION : Las Muestras fueron enviadas a nuestro laboratorio por el solicitante.

**CONCLUSIONES:**

- Se concluye que el agregado, es apto por el porcentaje que se obtuvo.
- Es necesario que se esperar 15 min para que nuestra muestra este correcta.
- El número de revoluciones dependerá básicamente del tipo de suelo y de su gradación esto quiere decir si es un suelo grueso el número de revoluciones será de 500.
- Según la gradación de la piedra pudimos determinar el método a utilizar (método A).
- Con el resultado obtenido se determina la carga abrasiva.
- Se pudo concluir satisfactoriamente con este ensayo y comprender su importancia.
- En nuestro caso el elemento tiene un porcentaje de abrasión del 12.0 % por tanto dicho material el desgaste es menor que 30% , por lo tanto cumple con la especificaciones establecidas.



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICO DE SUELOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, ANÁLISIS QUÍMICO, ESTUDIO DE SUELOS, CON FINES DE CIMENTACIÓN, PAVIMENTOS, ENSAYOS DE COMPRESIÓN, DENSIDAD DE CAMPO, SERVICIOS MÚLTIPLES.

SOLICITA	: CCCC-DEL PERU SAC
SUPERVISION	: GMISA
PROYECTO	: OBRAS CIVILES PARA LA NUEVA PLANTA DE BENEFICIO
UBICACIÓN	: DISTRITO DE MARCONA-PROVINCIA DE NASCA - REGION DE ICA
FECHA	: 29/05/2018

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA**

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: 1 (área de utilidad de Shougang-Marcona)

TABLA N° 1: Datos obtenidos del análisis químico del agua procedente del MUESTRA N° 1

DESCRIPCIÓN	Datos obtenidos
PH	7.1
Cloruros (CL <sup>NA</sup> )	36.00
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	30.00
Sales solubles totales	50.00
Sólidos en suspensión	20.0

**DISCUSIÓN DE RESULTADO:**

TABLA N° 1: Comparando con los datos obtenidos del análisis químico del agua procedente del área de utilidad de Shougang-Marcona, respecto a los requisitos o límites permisibles para la mezcla en el concreto según ITINTEC 339.088.

DESCRIPCION	MEDO DE ENSAYO	PARTES POR MILLÓN		Requisitos por ITINTEC 339.088	CONTENIDO	Determinacion
PH		7.1	p.p.m	5 a 8	7.1	Aceptable
Cloruros (CL <sup>NA</sup> )	NTP 339.076	36.00	p.p.m	1000	0.0036 %	Aceptable
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	NTP 339.074	30.00	p.p.m	600.0	0.0030 %	Aceptable
Sales solubles totales	(MTC E 219)	50.00	p.p.m	1500.	0.0050 %	Aceptable
Sólidos en suspensión	ASTM C 1603	20.0	p.p.m	5000.0	0.0020 %	Aceptable

**CONCLUSIÓN:**

- Este tipo de muestra de agua, si puede utilizar para mezcla del concreto por lo que no sobrepasa los límites permisibles para agua de mezcla en el concreto estipulados por ITINTEC 339.88.
- Este resultados solo sirve para muestra de agua analizada, para uso de mezcla en el concreto.

ING. DANIEL CUEVAS SERNA  
ESP. EN GEOTECNICA DE SUELOS  
CIP. 117293

AMALIA SAENZ ARAUJO  
INGENIERO QUIMICO  
Reg. C.I.P. N° 120788

### ANEXO N° 3: Hoja Técnica del aditivo superplastificante.



## HOJA TÉCNICA Sika Viscoflow®-360

Aditivo súper-plastificante de alto desempeño y mantensor de trabajabilidad para concreto.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika Viscoflow®-360 es un aditivo para concreto específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad y reducir el contenido de agua de amasado. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.

No contiene cloruros.

### USOS

Sika Viscoflow®-360 puede usarse para:

- Reducir el agua de amasado del concreto. Logra reducciones de agua mayores a 20%.
- Transportar el concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.
- Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
- Concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.
- Transportar y colocar concreto y mortero en condiciones medio ambientales rigurosas, como: baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- Para elevar el tiempo de permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo, sin que la obstruya.
- Ser usado con cementos de elevada reactividad inicial, como por ejemplo ricos en aluminato tricálcico (C3A), de elevada finura o de alta resistencia.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El Sika Viscoflow®-360 es un aditivo que basa su accionar en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y de repulsión estérica, de tal manera que las partículas sólidas son efectivamente dispersadas generando un alto nivel de fluidificación que puede mantenerse en el tiempo con menor contenido de agua.

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.

- El uso de Sika Viscoflow®-360 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.
- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo sin alterar el desarrollo de las resistencias iniciales.
- Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.
- No es necesario recurrir a un acelerante para activar la hidratación ya que no modifica sustancialmente el desarrollo del fraguado (una vez que pasa el efecto de retención de trabajabilidad).

**NORMAS**

**ESTÁNDARES**

Cumple con la Norma ASTM C 494 Tipo G y ASTM C 1017.

**DATOS BÁSICOS**

**FORMA**

**COLORES**

Negro

**PRESENTACIÓN**

- Cilindro x 200 L
- Dispenser x 1,000 L
- Granel x 1 L

**ALMACENAMIENTO**

**CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL**

1 año en su envase original bien cerrado y bajo techo.

**DATOS TÉCNICOS**

**DENSIDAD**

1.07 +/- 0.01 Kg/L

**Información del Sistema**

**DETALLES DE APLICACIÓN**

**CONSUMO / DOSIS**

Para aplicaciones típicas 0.3% al 2.5% del peso del material cementante.

Para aplicaciones especiales  $\geq 2.5\%$  según pruebas de laboratorio.

**MÉTODO DE APLICACIÓN**

**MODO DE EMPLEO**

Sika Viscoflow®-360 se añade en el agua de mezcla o sobre la masa del concreto.

Para asegurar la máxima eficacia se recomienda ampliar el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto.

Sika Viscoflow®-360 puede usarse en sinergia con otros aditivos Sika, se recomienda apoyarse en el equipo técnico Sika.

No debe agregarse al cemento seco.

#### PRECAUCIONES

Limpie todas la herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

#### BASES

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

#### RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

#### INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

#### NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

**ANEXO N° 4: Hoja Técnica del cemento.**

**FICHA TÉCNICA**



## CEMENTO YURA ANTISALITRE

PARA  
ESTRUCTURAS  
SISMO  
RESISTENTES



**DESCRIPCIÓN**

El Cemento YURA Anti Salitre, clasificado como cemento tipo HS según la Norma técnica peruana NTP 334.082 y la Norma Americana ASTM C 1157, cuenta con diversas propiedades para su utilización en todo tipo de construcciones de concreto, expuestas a zonas húmedas, brisa marina, suelos salitrosos, alta presencia de sulfatos y cloruros, y otras sales químicas.

Resistencia  
al salitre

Protege al concreto  
del ataque de sulfatos  
salitre, cloruros y agua de mar.

Impermeabilidad

La adición de puzolana disminuye la porosidad  
capilar, logrando una mayor impermeabilidad,  
protegiendo el hierro que se encuentra en el  
interior de la construcción.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

REQUISITOS FÍSICOS	REQUISITOS NTP 334.082 ASTM C 1157	DESEMPEÑO CEMENTO YURA ANTI SALITRE TIPO HS
• Superficie específica Blaine (m <sup>2</sup> /g)	-	4800 - 5400
• Expansión en autotemper (%)	0.80 Máximo	- 0.09 - 0.82
• Práguete Vicat Inicial (minutos)	45 Mínimo	230 - 280
• Práguete Vicat Final (minutos)	420 Mínimo	290 - 300
• Contenido aire Mortero (%)	12 Mínimo	2.86 - 7.86

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1 día	-	-	85 - 140	6.1 - 10.1
3 días	112	11	178 - 288	17.2 - 28.6
7 días	184	18	210 - 240	20.8 - 23.5
28 días	288	28	280 - 360	26.4 - 31.4

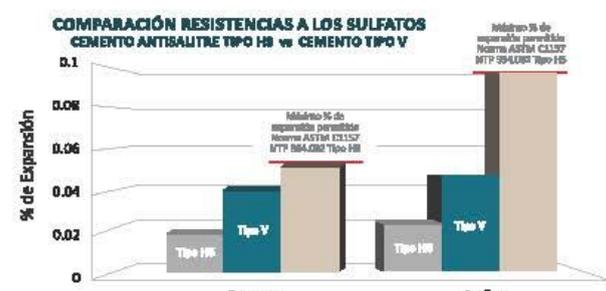
  

RESISTENCIA A LOS SULFATOS	% de Expansión	% de Expansión
6 meses	0.80 máximo	0.015 - 0.020
1 año	0.10 máximo	0.018 - 0.022

**EQUIVALENCIA O CARACTERÍSTICAS SIMILARES A OTROS TIPOS DE CEMENTOS**

El cemento YURA ANTI SALITRE, TIPO HS, supera AMPLIAMENTE las resistencias al ataque de sulfatos del cemento tipo V y las indicadas en la norma NTP 334.009 (ASTM C150) por lo que reemplaza al tipo V, donde esté especificado técnicamente.

**COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LOS SULFATOS  
CEMENTO ANTISALITRE TIPO HS vs CEMENTO TIPO V**



Máximo % de expansión permisible Norma ASTM C1157 NTP 334.082 Tipo HS

Máximo % de expansión permisible Norma ASTM C1157 NTP 334.009 Tipo V

Máximo % de expansión exigido en la Norma ASTM C150 - C1157

\* El cemento Yura Anti Salitre, Tipo HS, tiene mayor Resistencia al Ataque de Sulfatos, en comparación al cemento Tipo V, debido a su mayor porcentaje de expansión.

**VERSIÓN 2016**

PLANTA: Estación s/n, Yura, Arequipa - Perú  
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Díaz Carasco Nº 527 - Arequipa  
 TELÉFONO: (054) 225000 - FAX: (054) 220630  
[www.yura.com.pe](http://www.yura.com.pe)

TIPO HS - ANTI RESISTENCIA A LOS SULFATOS  
TIPO HS - ANTI RESISTENCIA A LOS SULFATOS

**FICHA TÉCNICA**



**CEMENTO YURA  
ANTISALITRE**

**PROPIEDADES**

El cemento Yura Anti Salitre, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia al ataque de sulfatos.
- Resistencia al ataque de cloruros.
- Aumento de impermeabilidad.
- Menor calor de hidratación.
- Inhibe la reacción nociva álcali - agregado.



**BENEFICIOS  
AMBIENTALES**

Menor consumo energético.  
Menor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente durante su fabricación.

**RECOMENDACIONES  
DE SEGURIDAD**

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



**Guantes  
Impermeables**



**Protección  
Ocular**



**Botas  
Impermeables**



**Protección  
Respiratoria**

**ALMACENAMIENTO**

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas de altura o en 2 pallet de altura.

**PRESENTACIONES  
DISPONIBLES**

- Bolsa 42.5 kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

**NORMAS  
TÉCNICAS**

**EL CEMENTO YURA ANTI SALITRE**, cumple con la norma internacional ASTM C1157 y la Norma Peruana NTP 334.082

**DURACIÓN**

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando primero el mas antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN 2016

PLANTA: Estación s/n, Yura, Arequipa - Perú  
OFICINA COMERCIAL: Av. General Díez Canseco Nº 527 - Arequipa  
TELÉFONO: (054) 225000 - FAX: (054) 220650  
www.yura.com.pe

TIPO HS - ALTA RESISTENCIA A SULFATOS  
TYPE HS - HIGH SULFATE RESISTANCE

**ANEXO N° 5: Panel fotográfico.**



**Foto 01.** Medición de temperatura del concreto.



**Foto 02.** Medición del slump 3" del concreto fresco patrón.



**Foto 03.** Medición del slump 4'' del concreto fresco patrón.



**Foto 04.** Medición del slump 7'' del concreto fresco con superplastificante.



**Foto 04.** Medición del slump 8'' del concreto fresco con superplastificante.



**Foto 05.** Probetas para ensayos a los 28 días.



**Foto 06.** Equipo de compresión (prensa).



**Foto 07.** Ensayos de probetas cilíndricas a compresión.