

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL
COMPORTAMIENTO MECANICO DE CONCRETO F'C=250 Kg/cm² EN LA
CIUDAD DE JAEN.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACHILLER: ELMER APONTE CORREA

ASESOR: M. en I. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA

Jaén - Cajamarca - Perú

2017

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y por ser mi guía para poder realizar este estudio de tesis.

A mis padres: Domingo Aponte Correa y Celinda Correa Montenegro, por su esfuerzo y apoyo incondicional para hacer posible esta tesis.

A mis hermanos, por su apoyo tanto emocional como económicamente para poder realizar este estudio de tesis.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén, por permitirme realizar en su laboratorio los ensayos de ruptura de especímenes de concreto.

A mi asesor, Ing. Héctor Albarino Pérez Loayza, por su valiosa orientación, apoyo y conocimiento para ser posible el desarrollo de esta investigación.

Gracias a todos mis amigos que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A DIOS:

Por brindarme la vida, la salud las fuerzas y su amor para poder lograr mis objetivos trazados.

A MIS PADRES:

Por sus valores inculcados, por su amor incondicional, por sus sacrificios realizados durante toda esta etapa, por su motivación constante, por sus consejos.

A MIS HERMANOS:

Por su amistad, por su apoyo, motivación, por su tiempo brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Formulación del Problema.....	2
1.2 Justificación de la Investigación	2
1.3 Alcances o delimitación de investigación.....	3
1.4 Limitaciones.....	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivos General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6 HIPOTISIS.....	4
1.6.1 Definición de variables.....	4
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes teóricos	5
2.2 Bases teóricas.....	10
2.3 Definición de términos básicos.....	29
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1 Ubicación Geográfica de la Investigación.	31
3.2 Diseño de la investigación	31
3.3 Materiales utilizados	32
3.4 Cantera en estudio.....	33
3.5 Ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados	34
3.6 Procedimiento para el diseño de mezcla.....	45
3.7 Elaboración de la mezcla de prueba con cemento tipo ICO.	47
3.8 Elaboración del ajuste de mezcla para el cemento tipo ICO:	48
3.9 Elaboración de especímenes de concreto. [NPT 339.183]	52
3.10 Curado de los especímenes de concreto. [NTP 339.183–2013].	53
3.11 Ensayo de especímenes.....	54
4 ANALISIS Y DISCUSION DE RESUSLTADOS.....	64
4.1 Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.	64
4.2 Análisis del concreto.....	65
4.3 Análisis de costos.....	85
4.4 Contrastación de la hipótesis	86
5 CONCLUSIONES	87
5.1 Conclusiones	87
5.2 Recomendaciones.	88
6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	90
6.1 Investigaciones:.....	90
6.2 Libros	90
6.3 Normas.....	91
7 ANEXO.....	93
7.1 Tablas para el diseño de mezclas	93
7.2 Tablas para propiedades físico mecánicas de agregados.	95

7.3	Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.	98
7.4	Diseño de mezclas de concreto.	108
7.5	Resultados de los ensayos en laboratorio.	114
7.6	Fichas técnicas.	122
7.7	Panel fotográfico.	126

RESUMEN

En la ciudad de Jaén la temperatura promedio anual es de 25.90 °C, la temperatura mínima 17.2 °C y la máxima es 34.2°C. Por lo que se realizó el presente estudio, cuyo problema de la investigación queda plasmado con la siguiente interrogante: ¿De qué modo influye el aditivo (Z RETAR) retardador de fragua en la resistencia y tiempo de fragua del concreto?

Esta investigación tuvo como objetivos general, determinar la influencia del aditivo Z RETAR en el comportamiento físico y en la resistencia a la compresión a diferentes edades del concreto con $f'c=250$ kg/cm², y sus objetivos específicos fueron: Estudio de propiedades físico y mecánico del agregado; determinar la influencia del aditivo Z RETAR en el tiempo de fraguado del concreto; determinar la influencia del aditivo Z RETAR en la temperatura del concreto, peso unitario en el estado fresco y endurecido, con respecto al concreto patrón, determinar y comparar los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión, del concreto patrón y el concreto con aditivo Z RETAR.

La hipótesis fue: La utilización del aditivo Z RETAR aumenta en unas horas más el tiempo de fraguado, mejora la trabajabilidad del concreto y genera el 10% de incremento en la resistencia a la compresión del concreto con $f'c= 250$ kg/cm².

Los resultados y conclusiones obtenidos fueron:

- Se observó que el asentamiento con aditivo Z RETAR es de 9.86 cm, mientras del concreto patrón fue de 8.64 cm, representando una aumento porcentual con respecto al concreto patrón de 14.29%, deduciéndose entonces que a mayores porcentajes de adición del aditivo Z RETAR que la usada en esta investigación, el aumento de asentamiento será aún mayor.
- Los tiempos de fraguado del concreto sin aditivo es para el fraguado inicial es de 3.00 horas, el fraguado final desde iniciado la realización del concreto es de 6.60 horas, mientras para el concreto con aditivo Z RETAR es para el fraguado inicial de 4.10 horas y para el fraguado final desde iniciado la realización del concreto es de 8.30 horas. Lo cual tiene un aumento porcentual para el fraguado inicial con respecto al concreto patrón de 36.67%, concluyendo de esta manera en que la incorporación del aditivo Z RETAR en la mezcla aumenta el tiempo

de fraguado inicial.

- La utilización del aditivo Z RETAR no tiene efecto importante en la temperatura del concreto, en el peso unitario al estado fresco y endurecido en comparación con el concreto patrón.
- Se observa que la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Z RETAR a los 7 días disminuye porcentualmente en 6.05% con respecto al concreto patrón, a los 14 días el porcentaje reduce la diferencia a 3.71% respecto al concreto patrón y a los 28 días aumenta la variación porcentual en 4.85% con respecto al concreto patrón. Se puede decir, que la adición del aditivo Z RETAR influye en la resistencia a la compresión del concreto a través del tiempo, aumentando la resistencia a los 28 días de ensayo. El tipo de falla más recurrente en los especímenes tanto para concreto patrón y con aditivo Z RETAR fue el tipo 2.

ABSTRACT

In the city of Jaén the average annual temperature is 25.90 ° C, the minimum temperature 17.2 ° C and the maximum is 34.2 ° C. Therefore, the present study, whose research problem is captured by the following question: How does the fender retarder additive (Z RETAR) influence the strength and time of forging of the concrete?

The objective of this research was to determine the influence of the Z RETAR additive on the physical behavior and the compressive strength at different ages of the concrete with $f'c = 250 \text{ kg / cm}^2$, and its specific objectives were: Physical properties study And mechanic of the aggregate; Determine the influence of the Z RETAR additive on the concrete setting time; Determine the influence of the Z RETAR additive on the temperature of the concrete, fresh and hardened unit weight, with respect to the standard concrete, determine and compare the results of the compressive strength, concrete and concrete tests with Additive Z RETAIN.

The hypothesis was: The use of the Z RETAR additive increases in a few hours the setting time, improves the workability of the concrete and generates a 10% increase in the compressive strength of the concrete with $f'c = 250 \text{ kg / cm}^2$.

The results and conclusions were:

- It was observed that the settlement with Z RETAR additive is 9.86 cm, while the standard concrete was 8.64 cm, representing a percentage increase with respect to the standard concrete of 14.29%, deducing then that to greater percentages of addition of the additive Z RETAR that The one used in this research, the increase in settlement will be even greater.
- The concrete setting time without additive is for the initial setting is 3.00 hours, the final setting since the beginning of the concrete is 6.60 hours, while for the concrete with Z RETAR additive is for the initial setting of 4.10 hours and For the final setting since the start of the concrete is 8.30 hours. This has a percentage increase for the initial setting with respect to the standard concrete of 36.67%, thus concluding that the incorporation of the additive Z RETAR in the mixture increases the initial setting time.

- The use of the Z RETAR additive has no significant effect on the temperature of the concrete, on the unit weight in the cool and hardened state compared to the standard concrete.
- It is observed that the compressive strength of concrete with Z RETAR additive at 7 days decreases percentage by 6.05% with respect to the standard concrete, at 14 days the percentage reduces the difference to 3.71% with respect to the standard concrete and at 28 days Increases the percentage variation by 4.85% with respect to the standard concrete. It can be said that the addition of the Z RETAR additive influences the compressive strength of the concrete over time, increasing the resistance at 28 days of testing. The most recurrent type of failure in the specimens both for concrete standard and with additive Z RETAR fuel type 2.

1 INTRODUCCIÓN

Siendo el concreto un material que posee características de resistencia a la compresión, de impermeabilidad, durabilidad, dureza, y apariencia entre muchas otras, se convierte en la única roca elaborada por el hombre. El concreto no es un bien genérico como las piedras naturales o la arena, sino un material de construcción que se diseña y se produce de conformidad con normas rigurosas, para los fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación y consolidación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación.

La experiencia ha demostrado que los materiales y procedimientos de un concreto bueno y uno malo pueden ser los mismos y que la diferencia entre los dos, radica en los criterios juiciosos que se aplican durante su diseño, elaboración, transporte, colocación, compactación, curado y protección, lo cual en ningún momento genera un costo adicional como generalmente se cree.

Los aditivos son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida, algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto.

Hoy en día cada vez se va consolidando a nivel internacional el criterio de considerar a los aditivos como un componente normal dentro de la Tecnología del Concreto moderna, ya que contribuyen a minimizar los riesgos que ocasiona el no poder controlar ciertas características inherentes a la mezcla de concreto original, como son los tiempos de fraguado, la estructura de vacíos el calor de hidratación, etc.

En nuestro país, especialmente en la ciudad de Jaén no es frecuente el empleo de aditivos retardantes de fragua por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su utilización en el concreto de manera rutinaria, por desconocimiento sobre su uso y potencialidades, son muy pocos los profesionales que los emplea e investiga para mejorar las propiedades del concreto.

Este círculo vicioso de no usar aditivos por su alto costo, los precios elevados de estos

por ser el mercado pequeño y la poca investigación en cuanto a sus posibilidades en nuestro medio, trae como consecuencia el que en términos de desarrollo tecnológico en el Perú, la experiencia en su empleo es limitada sólo a algunos proyectos de cierta importancia, no existiendo una tecnología local organizada que comparta, aproveche y difunda los avances internacionales en este campo.

En la ciudad de Jaén la temperatura promedio anual 25.90 °C, la temperatura mínima 17.2 °C y la máxima es 34.2°C.

Se debe que la temperatura es un parámetro importante a tener en cuenta en diseño y elaboración de la mezcla ya que a temperaturas altas el tiempo de fraguado o endurecimiento es rápido y no permite la manipulación del concreto disminuyendo su trabajabilidad y su rápido endurecimiento. Por esta razón Con el empleo del aditivo retardante de fragua en las mezcla de concreto buscaremos contrarrestar estos efectos negativos, es decir buscaremos mejorar la trabajabilidad, estimar el tiempo de fraguado del concreto, con la finalidad de realizar una adecuada planificación sobre las operaciones del concreto en obra.

1.1 Formulación del Problema

La limitada utilización de los aditivos en la mezcla de concreto en nuestro país, en general, en casi todos los países en vías de desarrollo y la falta de información local para poder desarrollar mezclas con aditivos retardantes de fragua, que minimicen los riesgos que ocasiona el no poder controlar ciertas características en climas cálidos. Ya que el tiempo de endurecimiento es rápido y no permite su uso en condiciones óptimas. Por esta razón es inminente el uso de un aditivo que controle dicho efecto, como el aditivo retardante de fragua.

¿De qué modo influye el aditivo (Z RETAR) retardador de fragua en la resistencia y tiempo de fragua del concreto?

1.2 Justificación de la Investigación

Esta investigación se justifica porque en la ciudad de Jaén se realizan construcciones a temperaturas elevadas, siendo la máxima temperatura de 34.2 °C, la cual es un

componente muy importante en tener en cuenta en el diseño, elaboración, transporte, colocación y compactación, ya que a grandes temperaturas pueden ocasionar la aceleración del tiempo de fraguado, disminución de la trabajabilidad y de la resistencia a la compresión.

Esta investigación se realizó para poder determinar la influencia del aditivo retardante de fragua en la resistencia a la compresión a las diferentes edades del concreto, la cual servirá de fuente de información bibliográfica, reduciendo en cierta medida el problema de escasez o falta de información.

Los resultados de esta investigación servirán como fuente bibliográfica para las empresas constructores, empresas consultores, ingenieros y estudiantes de ingeniería civil.

1.3 Alcances o delimitación de investigación

Este presente estudio se realizara en el laboratorio de resistencia de material de la Universidad Nacional de Cajamarca de la ciudad de Jaén.

Este estudio consistirá en la determinación de las propiedades de los agregados, evaluación del comportamiento físico y mecánico del concreto con $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo retardante de fragua y sin aditivo.

Se estudiaran los agregados extraídos por las empresas Multiventas Josecito que extraen del Rio Chamaya, que está ubicada en el distrito del mismo nombre provincia de Jaén departamento de Cajamarca.

Se utilizó cemento Portland Compuesto Tipo ICO y aditivo Z RETAR como retardante de fragua.

1.4 Limitaciones

No existen limitaciones para la ejecución del presente estudio.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos General

- Determinar la influencia del aditivo Z RETAR en el comportamiento físico y en la resistencia a la compresión a diferentes edades del concreto con $f'c=250$ kg/cm².

1.5.2 Objetivos Específicos

- Estudio de propiedades físico y mecánico del agregado.
- Determinar la influencia del aditivo Z RETAR en el tiempo de fraguado del concreto.
- Determinar la influencia del aditivo Z RETAR en la temperatura del concreto, peso unitario en el estado fresco y endurecido, con respecto al concreto patrón.
- Determinar y comparar los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión, del concreto patrón y el concreto con aditivo Z RETAR.

1.6 HIPOTISIS.

- La utilización del aditivo Z RETAR aumenta en unas horas más el tiempo de fraguado, mejora la trabajabilidad del concreto y genera el 10% de incremento en la resistencia a la compresión del concreto con $f'c= 250$ kg/cm².

1.6.1 Definición de variables

1.6.1.1 Variable independiente

- Propiedades de los agregados.
- Dosis aditivo retardante de fragua.

1.6.1.2 Variable dependiente

- Trabajabilidad, tiempo de fraguado y resistencia a la compresion, características del concreto.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes teóricos

2.1.1 Internacional

Estudios realizados sobre el tema son los siguientes:

“Diferentes tipos de aditivos para el concreto” monografía para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por Estela Santiago Patricio, de la Universidad Veracruzana del País de México en septiembre del 2011. Las conclusiones de este estudio son:

Se establecieron los usos de acuerdo a las normatividades establecidas para su uso, se explica las condiciones ambientales a las que se trabaja el concreto y el tipo de Aditivos que existen en el mercado hoy en día para su trabajabilidad. Así también el uso de acuerdo a las condiciones de diseño y resistencia a la que será trabajado el concreto.

“Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por Harold Castellón Corrales y Karen de la Ossa Arias, de la Universidad de Cartagena, País Colombia, ciudad Cartagena, 28 de Noviembre de 2013. Las conclusiones de este estudio son:

El cemento tipo III desarrolla altas resistencias a edades tempranas.

Conocer los tiempos de fraguado inicial y final, es importante porque así se puede estimar el tiempo disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar, etc.

En la mezcla de concreto elaborada con cemento Tipo III, con o sin aditivos se observó una resistencia a la compresión de tipo creciente, entonces los tiempos de fraguado serán menores.

“Análisis del comportamiento del concreto de resistencia de 210 kg/cm² utilizando el aditivo Sika Plast 200VE”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por Vanessa Villalobos y Claudia Villalobos, de la Universidad Rafael Urdaneta, República Bolivariana de Venezuela, ciudad Maracaibo, diciembre de 2010. Las conclusiones de este estudio son:

En los ensayos de asentamientos, se observó que en las mezclas con aditivo Sika Plast 200VE se obtuvo un valor promedio de 5”, mientras que en las mezclas sin aditivo se obtuvo un valor de 4”, lo cual indica que el aditivo permite una mayor trabajabilidad.

Utilizando el aditivo, no se obtiene un aumento de resistencia final, sino un aumento de resistencia a edades tempranas.

Se puede concluir que el aditivo SIKA PLAST 200VE mejora las características de la mezcla, es decir permite reducir la cantidad de cemento aprovechando el incremento de resistencia logrado con la reducción de agua optimizando.

Alvarado (2010) afirma que la composición mineralógica, forma y textura de los agregados, varían de una zona a otra e incluso en el mismo lugar de donde se extraen. Es por ello recomienda que todo dato deben tomarse con cautela y no dar por hecho que todos los materiales que presentan las mismas formas se comportarán igual.

Chan et al. (2003) afirma que la consistencia del concreto es afectada por diversas características de los agregados, tales como: La absorción, la forma, la textura superficial, el tamaño y la granulometría.

2.1.2 Nacional

Estudios realizados sobre el tema son los siguientes:

Influencia del aditivo Superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por Jonathan Wilson Mayta Rojas, de la Universidad Nacional Del Centro Del Perú, ciudad de Huancayo - Perú, del 2014.

Conclusiones de la tesis:

El asentamiento de cono, para cualquier relación a/c, experimento incrementos mínimos con dosis de aditivo Superplastificante de 250 ml, e incrementos máximos con dosis de aditivo Superplastificante de 1050 ml.

Las mínimas y máximas temperaturas promedio alcanzadas por las mezclas de concreto fueron de 17.8°C y 19.2°C.

El valor mínimo y máximo del peso unitario, obtenido para las diferentes dosis de aditivo y relaciones a/c, fueron de 2350.02 y 2434.9 kg/m³, los cuales se encuentran dentro de los límites fijados por el comité ACI para concretos normal.

El aditivo Superplastificante, provoco en la mayoría de diseños de mezcla un breve retraso en el tiempo de fraguado con respecto al concreto patrón.

El aditivo Superplastificante ocasionó un incremento de la resistencia a la compresión para dosis debajo e igual a 650 ml; sin embargo, para dosis superiores a 650 ml, la resistencia a compresión del concreto experimenta un decrecimiento, pero se encuentra por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.

“Estudio experimental del empleo de diatomita en la producción de concreto de alto desempeño””, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por Carol Sánchez Stasiw, de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, ciudad de Lima - Perú, del 2018. Conclusiones de la tesis:

El diseño con 5% de diatomita es la que brinda mejores resultados en los ensayos de permeabilidad, trabajabilidad y brinda mayores beneficios económicos.

A mayor cantidad de diatomita, la relación agua/cemento aumenta.

El asentamiento y peso unitario no varían entre los diferentes diseños, todos están en el rango entre 9” y 11” y 2400 Kg/m³, respectivamente.

A menor cantidad de diatomita, el tiempo de fraguado disminuye de manera directamente proporcional a la cantidad de aditivo usado.

Se concluye que a diferentes reemplazos de cemento por diatomita, el desarrollo de la misma cumplió con los resultados esperados de superar los 600 Kg/cm² pero sin alcanzar los 800 Kg/cm² logrados por el concreto con microfílice.

2.1.3 Local

Estudios realizados sobre el tema son los siguientes:

“Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto convencional $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ y el concreto con material reciclado polietileno tereftalato (pet) en la ciudad de –jaén-cajamarca”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por bachiller: Peralta Guevara Ronal, de la Universidad Nacional de Cajamarca - Jaén, del 2014. Su Objetivo principal es evaluar la resistencia a la compresión de un concreto fabricado con PET (Polietileno Tereftalato) en relación con el concreto convencional, y sus conclusiones son: Se evaluó la resistencia a la compresión entre el concreto convencional y el concreto PET (15%,30%,45%), en la cual se obtuvo resultados favorables para un concreto PET (15%) y no favorables al concreto PET (30% ,45%), es por ello que el análisis comparativo se realizó con la dosificación con el 15 % de PET, la cual encapsula 40,63kg de PET para un concreto PET $f'c= 210\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia de compresión realizados a los 7,14 y 28 días para el concreto pet y el concreto convencional fueron respectivamente de 163.08kg/cm², 227.89kg/cm², 282.32kg/cm² y el concreto Pet(15%) es 109.99kg/cm², 180.08kg/cm², 242.52kg/cm². , debido a que si bien el esfuerzo a compresión disminuye solo en un 12,5%, que es un valor aceptable, la cantidad de material reciclado incorporado es considerable, y es un porcentaje manejable por comprobación experimental.

La elaboración del concreto PET es económico debido a que hemos utilizado en nuestro diseño un 15% de PET.

“Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por bachiller Weeder Alexander Contreras Delgado, de la Universidad Nacional de Cajamarca - Jaén, del 2014. Su Objetivo principal fue de medir la influencia de la forma y textura del agregado grueso (redondeado y angular) de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, y sus conclusiones son: En la cantera Olano, las piedras chancadas o trituradas tienen forma angular y textura áspera (rugosa), mientras que las gravas de río son de forma redondeada y de textura lisa.

El agregado grueso es uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención en peso tiene en las mezclas (43% en ambos diseños de esta investigación), seguido por el agregado fino, luego el cemento y finalmente el agua. Los diseños de mezclas de concreto dependen en gran parte de las características y propiedades de los agregados (grueso y fino), que pueden verse afectados por el manejo que reciben desde su explotación hasta su empleo en obra.

La forma angular y textura áspera de la piedra chancada, permiten en el concreto fresco una buena adhesión del agregado con la pasta de cemento y le brinda a la mezcla menor asentamiento (de 3” a 4” en esta investigación), es decir mayor consistencia (plásticas para esta investigación). Ocurre en menor medida con la grava de río, que por su forma redondeada y textura lisa la unión con la pasta de cemento es débil, y sumada a la poca agua de mezcla que absorbe por sus características de superficie, da un incremento de fluidez en el mortero, obteniéndose mezclas con mayores asentamientos (de 6” a 7” en esta investigación), es decir menos consistentes (húmedas para ésta investigación).

Para el mismo diseño de mezclas, los concretos elaborados a base de piedra chancada de forma angular y textura áspera tienen mayor resistencia a la compresión que los concretos hechos con grava de río de forma redondeada y textura lisa (en porcentajes que varían entre 8% y 16% para esta investigación), debido al mejor enganche y adherencia mecánica que logran la forma y textura de la piedra chancada con la pasta de cemento y que se da en menor medida con la grava redondeada.

La forma y textura del agregado grueso influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, y, queda demostrado con la diferencia de asentamientos de hasta 3", que hizo variar la consistencia de las mezclas de plástica a húmeda, sumada a la diferencia de hasta 31 Kg/cm² en las resistencias a la compresión entre concretos elaborados con piedra chancada y grava redondeada.

“Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Santa Rosa de la ciudad de Jaén, para la elaboración de un concreto de calidad”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil realizado por bachiller Digson Grey Pérez Olivos, de la Universidad Nacional de Cajamarca - Jaén, del 2014. Su objetivo principal fue de Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Santa Rosa de la ciudad de Jaén, para la elaboración de un concreto de calidad, y sus conclusiones son: Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados son: Contenido de humedad agregado fino y grueso (2,72%, 0,56%), Peso específico y absorción: Agregado fino (peso específico de masa es 2,55 g/cm³ con un porcentaje de absorción de 2,25%); Agregado grueso (peso específico de masa es 2.68 g/cm³ con un porcentaje de absorción de 0,92%); Peso unitario Volumétrico: Agregado fino (P.U.S.S = 1,611 g/cm³, P.U.S.V = 1,763 g/cm³); Agregado grueso (P.U.S.S = 1,386 g/cm³, P.U.S.V = 1,548 g/cm³); Desgaste por abrasión de la máquina de los Ángeles del agregado grueso es 19,74%; Análisis granulométrico: Agregado fino (módulo de finura es 3,11%, se clásica como arena intermedia porque cumple los parámetros especificados del grupo M); Agregado grueso (cumple los parámetros especificados según la norma ASTM C 33, teniendo un TMN de 1" y clasificado en el grupo N° 56) y el ensayo de contaminación que pasa el tamiz N° 200 es: Agregado Fino 3,7% y agregado grueso 0,51%. Donde se concluye que los agregados de la cantera Santa Rosa son aptos para el uso en la fabricación de concreto de buena calidad.

Para el diseño de mezclas realizado por el método del ACI, se tiene las siguientes proporciones en peso: Cemento: 42,5 kg, agua: 23,37 lt, agregado fino igual 104,74 kg y agregado grueso: 119.99 kg.

Los resultados promedios obtenidos a los 7, 14 y 28 días, utilizando un factor de seguridad de $f'_{cr}=294$ kg/cm² son: 161,48 kg/cm², 228,48 kg/cm², 287,97 kg/cm².

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del aditivo

Los aditivos se definen como: “aquellas sustancias o productos que, incorporados al concreto antes o durante el amasado y/o durante el amasado suplementario, en una proporción no superior al 5% del peso de cemento (salvo casos especiales), producen la modificación deseada de dicho concreto en estado fresco y/o endurecido de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento”. (Norma Española UNE, en 1934)

Se define a un aditivo como un material distinto del agua, el agregado, o del cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades. (ACI 116R y NTP 334.088).

2.2.2 Funciones de los aditivos.

Los aditivos pueden actuar sobre una y/o varias de las propiedades de los morteros, produciendo, fundamentalmente, la modificación de una de ellas y/o la de otras. (UNE-EN 1934)

A. Función principal.

Cada aditivo se caracteriza y define por producir una modificación determinada, y solamente una, de alguna de las propiedades o características del concreto en estado fresco o endurecido.

La eficacia de la función principal de cada aditivo, depende de su dosificación y de los materiales utilizados.

B. Función secundaria.

Los aditivos, pueden, accesoriamente, modificar alguna o algunas de las propiedades o características del concreto, independientemente de la que define la función principal. Esta modificación o modificaciones se conocen con el nombre de función secundaria.

Las funciones secundarias se caracterizan por presentar una eficacia que es independiente de la que ejerce la función principal; esta eficacia depende del tipo de concreto y de sus condiciones de puesta de obra.

C. Efecto secundario.

El empleo de un aditivo puede producir modificaciones inevitables de ciertas propiedades o características de los concretos, que no se requieren como función secundaria (por ejemplo, débil descenso de las resistencias mecánicas, retraso del tiempo de fraguado, etc.).

El fabricante debe poner en conocimiento del usuario los efectos secundarios de un aditivo si los tiene.

2.2.3 Aditivo tipo B retardante

A. Definición

Son sustancias químicas (aditivo retardante ASTM Tipo B) que retardan el tiempo de fraguado (principio y final) del cemento, que se encuentra en el concreto.

Los retardantes hacen también lento el endurecimiento de la pasta, aunque unas sales pueden acelerar el fraguado pero inhibir el desarrollo de resistencia. Los retardantes no alteran la composición o identidad de los productos de hidratación.

Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener durante toda la obra, esencialmente la misma composición y comportamiento que el producto usado para establecer la dosificación del concreto.

B. Utilización

- Son útiles en la elaboración de concreto en clima cálido cuando el tiempo de fraguado normal se acorta por la alta temperatura.
- Previenen las juntas frías.
- Prolongan el tiempo de transportación, colocación y compactación.

C. Características

El uso de los aditivos retardantes no reduce la temperatura inicial del concreto, pero si alarga los tiempos de fraguado. Reduce desde un 5% hasta un 12% de la cantidad de agua de amasado.

Su dosis varía entre un 0.3% a 2% del peso del cemento.

La acción retardante la exhiben el azúcar, derivados de carbohidratos, sales solubles de zinc, boratos solubles y otras sales, el metanol es también un retardante posible.

Parece que, empleada de manera controlada una pequeña cantidad (como el 0.05% de la masa del concreto) actuara como un retardante aceptable. El retraso del fraguado del concreto es aproximadamente 4 horas.

Como los retardantes se emplean en clima cálido es importante observar que el efecto retardante disminuye a temperaturas altas y algunos cesan de ser efectivos a temperatura ambiente extremadamente altas, alrededor de 60 °C.

La norma ASTM 494-92 requiere que los aditivos de Tipo B retarden el fraguado inicial por lo menos una hora, pero no más de 3 ½ horas, en comparación con una mezcla de control. Se permite que la resistencia a la compresión de tres días en adelante sea 10% menos que la resistencia de control.

D. Aplicaciones

- Vaciados complicados y/o voluminosos.
- Vaciados en clima cálido.
- Bombeo de concreto a largas distancias para provenir atoros.

- Transportes de concreto premezclado a largas distancias en camiones mezcladores (mixers).
- Mantener el concreto plástico en situaciones de emergencia que obligan a interrumpir temporalmente los vaciados.

E. Mecanismo de Acción

Cuando los componentes del cemento se combinan con el agua, se da inicio a la hidratación. Los hidratos y la cal formados se unen entre si formando una masa dura. Los iones de calcio, se fija sobre la superficie de las partículas de cemento, formando una barrera protectora. Con el tiempo se disipa la barrera protectora, permitiendo que continúe el proceso de hidratación normal del cemento.

F. Efectos en el concreto

- **Efectos en el concreto fresco**

Los aditivos retardantes tipo B no afectan el requerimiento de agua.

- **Efectos en el concreto endurecido**

Los efectos de los retardantes sobre la contracción del concreto no son predecibles.

- **Efectos secundarios**

Una dosis excesiva puede provocar que el C3S nuevo llegue a superar el estado durmiente y que nunca fragüe.

- **Efectos sobre el tiempo de fraguado**

El efecto varía según el producto y la dosis empleada como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 1: Efectos sobre el tiempo de fraguado según el producto

Producto	Dosis	Principio de fraguado (h)	Fin de fraguado (h)
Sin aditivo	0	3,10	7,00
Sacarosa	0,5 %	5,30	13,00
	1,0 %	10,00	16,00
Glucosa	1,0 %	9,00	15,00
	2,0 %	14,00	22,30
Ácido fosfórico	0,5 %	4,5	12,00
	1,0 %	6,0	14,00
	2,0 %	8,0	20,00

- **Efectos sobre el calor de hidratación**

El calor desprendido en las primeras 24 horas es tanto más bajo cuanto mayor haya sido el retardo producido.

Sin embargo, el calor total desarrollado es igual después de algunos días y a los 7 días puede ser incluso superior el del concreto con el retardador que sin él.

- **Efectos sobre las resistencias mecánicas.**

Esto indica que las resistencias mecánicas son inferiores hasta los 3 días, pero después de esta edad tienden a igualarse para superarse a los 28 y 90 días, efecto que es tanto más notorio cuanto mayor sea el retardo.

- **Efectos sobre la trabajabilidad**

En general los retardadores tienen un efecto plastificante sobre el concreto fresco, mejorando la docilidad o permitiendo una reducción de amasado.

2.2.4 Normatividad

Los aditivos retardantes, deben cumplir con NTP 334.088, “Specification for Chemical Admixtures for Concrete” (ASTM C 494) o “Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete” (ASTM C 1017). (RNE. E60 Concreto armado).

2.2.5 Aditivo Retardante Z Retar.

Fuente: Hoja técnica de Z aditivos.

A. Descripción del producto

- Aditivos retardador con control sobre el fragüe, no es toxico ni inflamable.
- No contiene cloruros. ASTM C 494 – G.

- Permite un control más efectivo para mezclar la variedad de condiciones de trabajo.

B. Ventajas

- Retarda la iniciación de fragüe 4 horas a 8 horas.
- Para mayor retardo usar el doble de la dosificación, hacer pruebas en el campo.
- No entrapa aire.
- Aumenta la resistencia final.
- Disminuye los agrietamientos.
- Reduce la posibilidad de juntas frías.
- Reduce contenido de cemento.
- Reducción del agua en un 10%.

C. Usos

- Climas calurosos, largas distancias.
- Vaciados de concreto en pozos.
- En la colocación de grandes volúmenes de concreto.
- Pisos y pavimentos especiales cuando se va a utilizar endurecedores de piso (Z PISO, Z PLATA).
- Donde resulte dificultoso el transporte y colocación.
- Cisternas, silos, tanques con Z. 1 POLVO, lo cual obtendrá morteros, silos y concretos impermeabilizados.

D. Aplicación

- Viene listo para ser agregado al agua del amasado, reducir proporcionalmente el agua según la misma cantidad de Z RETAR VZ a usar.
- Z RETAR, viene listo para ser agregado al agua.

E. Cuidado

- El Z RETAR primero en el agua, después los agregados.

F. Rendimiento

Temperatura de la región o lugar hasta.

- 18°C - 2 onz x bolsa de cemento.

- 27°C - 3 onz x bolsa de cemento.
- 38°C- 4 onz x bolsa de cemento.
- 1onz= 28.35 gr.
- 1 onz= 29.57 cc.
- 1 Gln= 3750cc.

G. Densidad

- Densidad: 1.11 kg/Lts.

H. Envases

- 1 galón; 5 galones, 55 galones.

2.2.6 El concreto

El concreto es la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. [Norma E.060 del RNE (2014)]

El concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales.

Por ello la selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada. [Rivva López, E. (2007) Diseño de Mezclas. Pág. 37]

Ordinariamente, la pasta de cemento y agua constituyen del 25 al 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto de cemento está comprendido usualmente entre el 7 y 15%, el agua del 14 al 21% y el agregado constituye aproximadamente del 60 al 80% del volumen total de éste. (Estrada y Páez 2014)

2.2.6.1 Componentes del concreto

A. Cemento

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas la cal hidráulica, la cal aérea y los yesos. [Norma E.060 del RNE (2014)]

Es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación. (Instituto del concreto 1997).

El cemento portland esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

Las materias primas finamente molida e íntimamente mezcladas, se calienta hasta el principio de la fusión (1400-1450°C), usualmente en grandes hornos. A la materia parcialmente fundido que sale del horno se le denomina “Clinker”. El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4%), para regular el fraguado del cemento.

[Flavio Abanto, 2009, pág. 15]

B. Agua para Concreto

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable.

Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:

- (a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
- (b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.

(c) Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051. [RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones, P). 2014. Norma E. 060]

Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, pero es evidente, que para usarla en el lavado de agregados, en la preparación de la mezcla o durante el curado del concreto, no solamente su cantidad es importante, sino también su calidad química y física. (Alvarado. 2010)

Relación agua: material cementante

De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida.

$$R = A/C \dots\dots\dots (1)$$

R: Relación agua/ material cementante.

A: masa de agua del concreto fresco.

C: masa del material cementante del concreto fresco.

Cuanto más baja es la relación A/C tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida, si en cambio esta relación es mayor, habrá mayor cantidad de poros capilares en la pasta de cemento, logrando el incrementando de la permeabilidad y reduciendo la resistencia.

Según Enrique Pasquel C. (2011), afirma que:

Para $A/C >$ sobra agua de hidratación y todo el cemento se hidrata.

Para $A/C = 0.42$ no sobra agua de hidratación.

Para $A/C < 0.42$ queda cemento sin hidratar.

(Pasquel C., E. 2011)

C. Agregados

Conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto. (Rivva 2000)

Agregado fino:

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8”) y que quedan retenidos en el tamiz 0.047 (N° 200), además cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037, o la norma ASTM C33.

La norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación; el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso.

El agregado fino debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe ser arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.
- Limpio de cantidades perjudiciales de polvo, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otros.
- Cumplir con el huso granulométrico.
- Las partículas dañinas no deben exceder como máximo: partículas deleznable: 3%; material más fino que la malla N° 200: 5%.

Agregado grueso:

Se define como agregado grueso el material retenido en el tamiz 4.75mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de rocas, cumpliendo con lo establecido en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C33.

El tamaño máximo del agregado grueso utilizado en un concreto tiene su fundamento en la economía, y está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más del agregado grueso tamizado.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼". (Flavio Abanto. 2009. p. 26-28).

2.2.6.2 Propiedades principales del concreto fresco

Las propiedades del concreto en estado fresco incluyen la consistencia, trabajabilidad, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación y peso unitario. (Rivva López, E. 2000).

A. Trabajabilidad

Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad, así como para ser acabado sin que se presente segregación. (Enrique Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas. p. 26-27).

B. Consistencia

Propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. (Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas. p. 26-27).

Es la habilidad del mortero y concreto fresco para fluir, es decir la capacidad de adquirir la forma de los encofrados que los contienen. (Instituto del concreto. 1997).

El método de determinación empleado es el ensayo del Cono de Abrams ó slump (NTP 339.035 y ASTM C 143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento (es decir, cuanto más húmeda es la mezcla, mayor es el asentamiento), medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido

colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. El asentamiento resulta ser la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. (Gamero. 2008).

El asentamiento es un índice de la consistencia del concreto, relacionado con su estado de fluidez (Speicher. 2007). La Tabla 2 muestra rangos de asentamiento en centímetros que definen la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco.

La consistencia se modificada fundamentalmente por variaciones del contenido de agua de la mezcla. En los concretos bien proporcionados, el contenido necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores, se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado. (Estrada; Páez. 2014).

Tabla 2: Consistencias y trabajabilidad según el asentamiento.

Consistencia	Asentamiento (cm)	Trabajabilidad
Seca	0 – 5	Baja
Plástica	7,5 – 10	Media
Fluida o húmeda	12,5 a mas	Alta

Fuente: Gamero (2008)

Cuando las especificaciones del asentamiento no se dan como requisito máximo la NTP 339.114 – Concreto premezclado, da algunas tolerancias, cuyos valores se muestran en la tabla 2.

Tabla 3: Tolerancia para asentamiento nominal.

Asentamiento especificado (cm)	Tolerancia (cm)
0 – 5	(+-) 1,3
05-oct	(+-) 2,5
>10	(+-) 3,8

Fuente: NTP 339.114

2.2.6.3 Propiedades del Concreto Endurecido

Las propiedades más importantes del concreto en estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas y apariencia. (Rivva López, E. 2000).

A. Resistencia

La resistencia del concreto endurecido es la propiedad más importante para cumplir con la exigencia estructural, por lo que usualmente es considerada como la propiedad más valiosa del concreto; sin embargo no debemos olvidar que en muchas ocasiones otras características como la durabilidad y la permeabilidad, resultan ser más importantes. (Estrada; Páez. 2014).

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

De acuerdo a la teoría de Abrams, para un conjunto dado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto está principalmente determinada por la cantidad neta de agua empleada por unidad de cemento. (Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas. p. 29-30)

a. Resistencia a la compresión del concreto

El valor de f'_c (resistencia a la compresión) se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto. Es claro que pueden existir otros indicadores más importantes dependiendo de las solicitaciones y de la función del elemento estructural o estructura. Las Normas o Códigos relacionan muchas de las características mecánicas del concreto (módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, adherencia, etc.) con el valor de f'_c . La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. La confección de las probetas y el ensayo están regulados por las Normas ASTM. (Ottazzi. 2004)

La Tabla 4 muestra las tolerancias permisibles para realizar las rupturas de especímenes de concreto a diferentes edades.

Tabla 4: Tolerancia permisible por edad de ensayo.

Edad del ensayo (días)	Tolerancia permisible
1	+ - 0,5h
3	+ - 2h
7	+ - 6h
28	+ - 20h
90	+ - 48h

Fuente: NTP 339.034

b. Evolución de la resistencia a compresión del concreto

El incremento de resistencia del concreto es mayor en las primeras edades, ralentizándose el proceso con el paso del tiempo hasta que se estabiliza. Normalmente se adopta como patrón la resistencia a la edad de 28 días, habiéndose alcanzado a esa edad gran parte de la resistencia total. (Valcuende et al. 2009)

Según el Código Modelo CEB-FIP 1990 (Comité Euro-Internacional del Hormigón y la Federación Internacional del Pretensado), se llega a establecer la evolución de la resistencia del concreto en el tiempo de forma aproximada, tomando la fórmula 1.

$$f'c_{(d)} = K_{(d)} * f'c_{28} \dots\dots\dots(1)$$

Donde $K_{(d)}$, es un coeficiente como lo expresa la fórmula 2.

$$K_{(d)} = e^{\left[s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{d}} \right) \right]} \dots\dots\dots(2)$$

Siendo:

$f'c_{(d)}$ = Resistencia a compresión del concreto a la edad “d”.

$f'c_{28}$ = Resistencia a compresión del concreto a edad de 28 días.

S= Coeficiente que depende del tipo de cemento y que adopta los valores:

0,2 Para cementos de endurecimiento rápido y de alta resistencia.

0,25 Para cementos de endurecimiento normal o rápido.

0,38 Para cementos de endurecimiento lento.

d= Edad teórica o equivalente del concreto a una temperatura de 20°C.

La evolución de la resistencia del concreto depende también de la temperatura de conservación, evolucionando más rápidamente cuando mayor es la temperatura, pues esta actúa como catalizador de las reacciones de hidratación del cemento. Para poder relacionar la evolución de la resistencia con la temperatura se utiliza el concepto de madurez: Dos concretos de igual dosificación pero de distinta edad tienen la misma resistencia si tienen la misma madurez. (CEB-FIP, citado por Valcuende et al. 2009)

La madurez “m” es el producto de la temperatura por el tiempo de actuación de la misma. La expresión utilizada es la fórmula 3.

$$m = \sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i] \quad \dots\dots\dots (3)$$

Donde

T_i=Temperatura de conservación del concreto.

t_i= Tiempo de actuación de la temperatura T_i en días.

En el caso particular de concretos sometidos durante “d” días a una temperatura constante de 20 °C, la expresión anterior sería:

$$m = 30 d \quad \dots\dots\dots (4)$$

Igualando las dos expresiones anteriores y despejando “d”, se tiene:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i]}{30} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Esta edad “d” se denomina edad teórica o equivalente de un concreto, y es el tiempo que ha de permanecer dicho concreto a la temperatura de referencia de 20°C para alcanzar la misma madurez (y, por lo tanto la misma resistencia) que si hubiese estado durante t_i días reales a una temperatura de T_i. (Valcuende et al. 2009)

B. Durabilidad

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aún en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacer perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometida. (Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas. p. 29-30)

El concepto de durabilidad del concreto se asocia a la capacidad del mismo de mantenerse en servicio durante el tiempo para el cual la estructura de la que forma parte ha sido proyectada. En otras épocas se creía que el concreto tenía una gran durabilidad, pero hoy en día se ve que ésta es limitada ya sea por causas relacionadas con el medio (heladas, ataques por sulfatos del terreno) o por causas internas (reacción álcali-agregado). (Estrada; Páez. 2014)

Un concreto durable es aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicios a las cuales él está sometido. (Gamero. 2008)

2.2.6.4 Concretos en climas cálidos

El clima cálido es una combinación de cualquiera de las siguientes condiciones que tienden a perjudicar la calidad de la mezcla fresca o la del concreto endurecido, por aceleración de la velocidad de pérdida de humedad y grado de hidratación del cemento, o de otros modos, que produzcan resultados perjudiciales:

- Alta temperatura ambiente
- Alta temperatura del concreto
- Baja humedad relativa
- Alta velocidad del viento
- Radiación solar

(ACI 305-R.99)

Clima cálido cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa y alta velocidad del viento, que tienda a perjudicar la calidad del concreto fresco o endurecido. (Norma E.060 del RNE, 2014).

Durante el proceso de colocación del concreto en climas cálidos, deberá darse adecuada atención a la temperatura de los ingredientes, así como a los procesos de producción, manejo, colocación, protección y curado a fin de prevenir en el concreto, temperaturas excesivas que pudieran impedir alcanzar la resistencia requerida o el adecuado comportamiento del elemento estructural. (Norma E.060 del RNE, 2014).

A fin de evitar altas temperaturas en el concreto, pérdidas de asentamiento, fragua instantánea o formación de juntas, podrán enfriarse los ingredientes del concreto antes del mezclado o utilizar hielo, en forma de pequeños gránulos o escamas, como sustituto de parte del agua del mezclado. (Norma E.060 del RNE, 2014).

A. Efectos negativos más importantes del clima cálido

Mayor demanda de agua que modifica el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

Disminución de la trabajabilidad debido a la rápida evaporación del agua y aceleración del tiempo de fragua y endurecimiento. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

Modificación sustancial de la resistencia, que se incrementa a las 24 horas, decreciendo a los 28 días, con resistencias que a los 40°C son un 10% inferiores que a 20°C. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

Incremento de contracción plástica debido a la rápida evaporación del agua, aumentando la posibilidad de fisuración. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

El tiempo disponible para la colocación del concreto disminuye al disminuir el tiempo de fragua. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

Se puede reducir el tiempo de fraguado en 2 o más horas con el aumento de 10°C (18°F) de la temperatura del concreto. Ver Gráfico N° 1. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

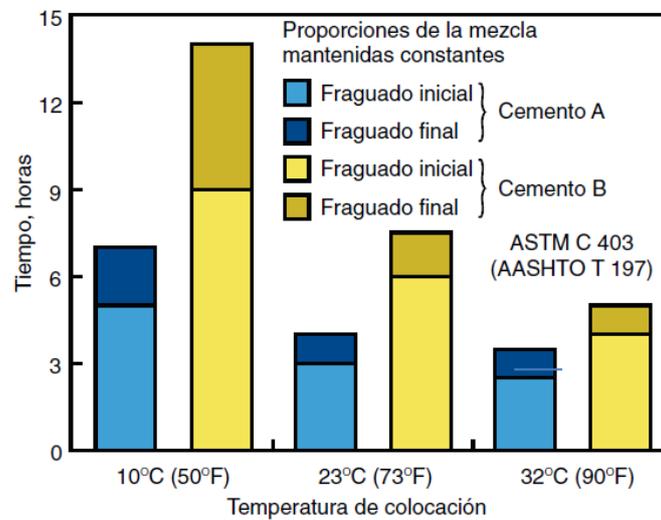


Gráfico N° 1: Efectos de la temperatura del concreto en el tiempo de fraguado (Burg 1996).

En clima caluroso, hay un aumento de la tendencia de formación de fisuras tanto antes como después del endurecimiento. La evaporación rápida del agua del concreto recién colocado puede causar agrietamiento por retracción plástica antes que la superficie endurezca. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

Esta agua adicional podría disminuir la resistencia en 12% a 15% y producir cilindros con resistencia a compresión que no cumplen las especificaciones. Ver Gráfico N° 2. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto).

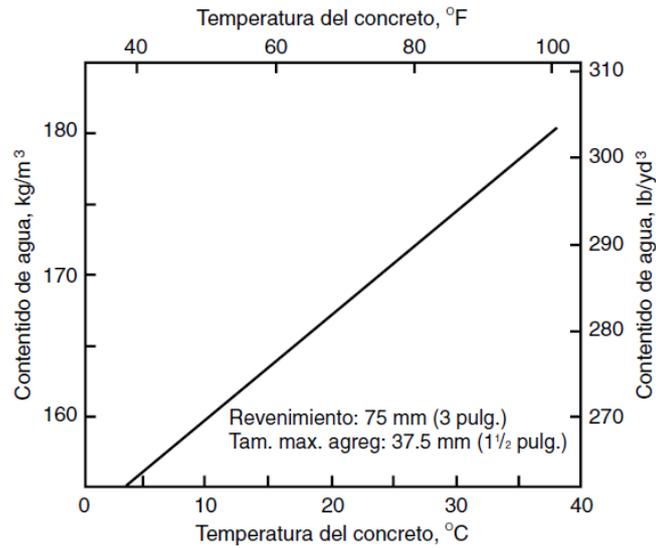


Gráfico N° 2: La demanda de agua de la mezcla de concreto aumenta con el aumento de la temperatura del concreto (Bureau of Reclamation 1981).

Si el contenido de agua ha sido aumentado, para mantener el mismo revenimiento (sin el aumento del contenido de cemento), la reducción de la resistencia es aún mayor. Ver Gráfico N° 3. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto.)

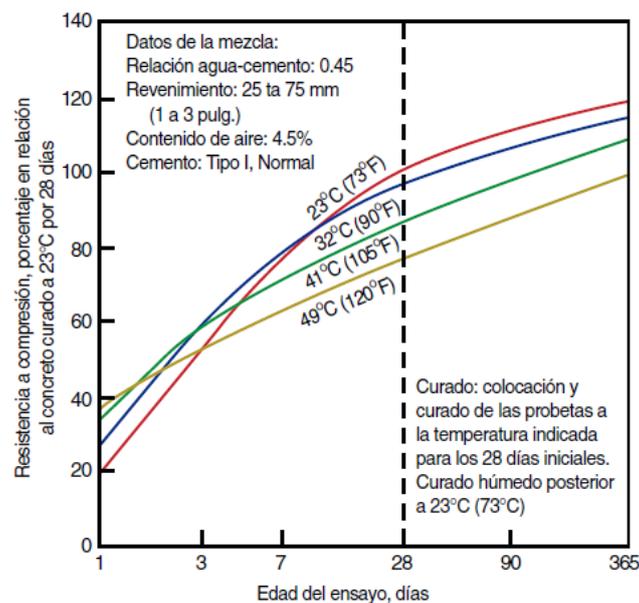


Gráfico N° 3: Efectos de las temperaturas elevadas del concreto sobre la resistencia a compresión en varias edades (Bureau of Reclamation 1981).

En el clima cálido, los agregados y el agua de mezcla se deben mantener lo más fríos posible, pues estos materiales tienen una mayor influencia sobre la temperatura del concreto que los otros materiales. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto.)

B. Curado y Protección

El curado y la protección son más importantes en clima calurosos que en periodos templados. El mantener las cimbras en su lugar no se puede considerar un sustituto satisfactorio del curado en clima cálido. Se las debe retirar tan pronto como posible sin causar daños al concreto.

La necesidad de curado húmedo es mayor durante las primeras horas después del acabado. Para prevenir el secado de las superficies expuestas, el curado húmedo debe comenzar tan pronto como se lo haya acabado y debe continuar por lo menos por 24 horas. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto.)

2.2.6.5 Tiempo de Fraguado

El tiempo de fraguado inicial y final se determinan como el tiempo correspondiente a la resistencia a la penetración es 35 kg/cm² o 3.5 MPa (500 lb/pulg²) y 280 kg/cm² o 27.6 MPa (4000 lb/pulg²), respectivamente. Normalmente, el inicio de fraguado ocurre entre 2 y 6 horas después del mezclado, y el final ocurre entre 4 y 12 horas. La velocidad de endurecimiento del concreto influencia grandemente la tasa de progreso de la construcción. (Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto.)

2.3 Definición de términos básicos

Calor de hidratación: Es la cantidad de calor liberado durante el proceso de hidratación, debido a reacciones fisicoquímicas. (Absalón y Salas 2008).

Cemento portland: Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. (Norma E.060 del RNE 2014)

Cohesividad: Aptitud que tiene el concreto para mantenerse con una masa estable y sin segregación. (Instituto del Concreto de 1997).

Compacidad: es la facilidad con la que el concreto o mortero fresco es compactado o consolidado para reducir el volumen de vacíos y por lo tanto el aire atrapado. (Instituto del Concreto de 1997).

Consistencia: Habilidad del concreto fresco para fluir, es decir la capacidad de adquirir la forma de los encofrados que lo contienen. (Instituto del Concreto de 1997).

Contenido de aire: Es la diferencia entre el volumen aparente de la mezcla y el resultante de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes. (Absalón y Salas 2008)

Dosificación: Es la proporción en peso o en volumen de los distintos elementos integrantes de una mezcla. (Absalón y Salas 2008).

Durabilidad: Es la propiedad que tienen los morteros o concretos de resistir la acción continua de agentes destructivos con los cuales han de estar en contacto. (Absalón y Salas 2008).

Plasticidad: es la condición del concreto o mortero fresco que le permite deformarse continuamente sin romperse. (Instituto del Concreto. 1997).

Tamaño máximo nominal: Es la abertura del tamiz de malla menor a través del cual puede pasar como mínimo el 95% del agregado. (Absalón; Salas. 2008).

Espécimen de concreto: Especímenes que sirven para determinar por lo general las resistencias mecánicas del concreto y llevar el control de calidad del mismo. (Absalón; Salas 2008).

Textura del agregado: Carácter que presenta la superficie de un agregado, lo que produce una sensación táctil o visual. (Absalón; Salas. 2008).

Trabajabilidad: Es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o mortero de ser mezclado, transportado y colocado. (Absalón; Salas. 2008).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación Geográfica de la Investigación.

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca - Jaén, ubicada en la calle Arana Vidal, este estudio se realiza desde mes de Agosto de 2016.



Imagen N° 1: Fotografía satelital de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca – sede Jaén”.

Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>.

Esta investigación se realizó tomando como base los agregados pétreos de la Cantera Josecito, ubicada en el km 6+000 de la carretera Chamaya – Jaén, a proximidades del caserío de Mochenta, en el distrito y provincia de Jaén de la región Cajamarca.

3.2 Diseño de la investigación

En la investigación se estudió las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, propiedades del concreto con aditivo retardante de fragua y sin aditivo, de acuerdo a la norma NTP 334.088 o ASTM C 1017M.

Para ello se elaboró probetas cilíndricas sin aditivo y con aditivo retardante de fragua, los ensayos fueron evaluados a los 07, 14 y 28 días, teniendo una resistencia de diseño promedio de 250 Kg/cm².

3.2.1. Población y muestra.

3.2.1.1. Población

Especímenes de concreto cilíndricos sin aditivo y con aditivo retardante de fragua para un concreto $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$.

3.2.1.2.Muestra

Cuando no se dispone de un registro aceptable de resultados de ensayos el número de probetas deben ser al menos tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory (ASTM C 192M). Mientras tanto para esta investigación se está considerando 10 probetas cilíndricas para cada edad de ensayo. Mientras mayor sea el número de probetas mayor confiabilidad va a tener los resultados obtenidos.

Estuvo constituido por 60 especímenes de concreto, entre probetas cilíndricas, 30 probetas cilíndricas sin aditivo y 30 probetas cilíndricas con aditivo retardante de fragua.

- 30 especímenes sin aditivo probados: 10 a los 07 días, 10 a los 14 días y 10 a los 28 días.
- 30 especímenes con aditivo retardante de fragua probados: 10 a los 07 días, 10 a los 14 días y 10 a los 28 días.

Tabla 5: Número de Especímenes Realizados.

		CONCRETO PATRO			CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR		
		7 d	14 d	28 d	7 d	14 d	28 d
CEMENTO TIPO ICO	Ensayo a Compresión	10	10	10	10	10	10
TOTAL		60 ESPECÍMENES					

3.3 Materiales utilizados

3.3.1. Cemento

El cemento utilizado en la ciudad de Jaén es Pacasmayo Extraforte Tipo ICO., con peso específico relativo de 2,92 gr/cm³.

3.3.2. Agua

El agua utilizada será agua potable que abastece a la ciudad de Jaén, la empresa EPS. Maraión S.R.L. El agua se utilizó a temperatura ambiente (20,5°C) y sin alteración alguna para la elaboración de mezclas.

3.3.3. Agregados

El agregado fino y agregado grueso se extrajeron de la Cantera de Josecito. La arena y la grava se extrajeron en forma natural y la piedra chancada se extrajo del acopio de materiales, después del proceso de trituración de las rocas de la mencionada cantera.

3.3.4. Aire atrapado

Según la tabla del método del ACI-211, el aire atrapado en el concreto depende del tamaño máximo del agregado, de esta manera para un tamaño máximo nominal de 1", le corresponde aproximadamente un 1.5% de aire atrapado por unidad cúbica de concreto.

3.4 Cantera en estudio.

3.4.1. Elección de la cantera para la investigación.

Teniendo en cuenta a las normas NTP, ASTM y la sugerencia del asesor, el material utilizado para la elaboración de los especímenes del presente trabajo de investigación fueron de origen pluvial, tanto el agregado fino (arena) como el agregado grueso (piedra chancada); provinieron de la cantera Josecito que extrae el material del Rio Chamaya.

3.4.2. Ubicación de la cantera.

Los agregados de estudio se obtuvieron de la Planta de Chancado "Josecito", los agregados son extraídos del rio Chamaya, ubicado en el distrito Chamaya, provincia de Jaén y departamento de Cajamarca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84, ubican a la cantera en la Franja 17M con coordenadas 748260.63 Este y 9355651.59 Norte, a una altitud de 544 m.s.n.m.

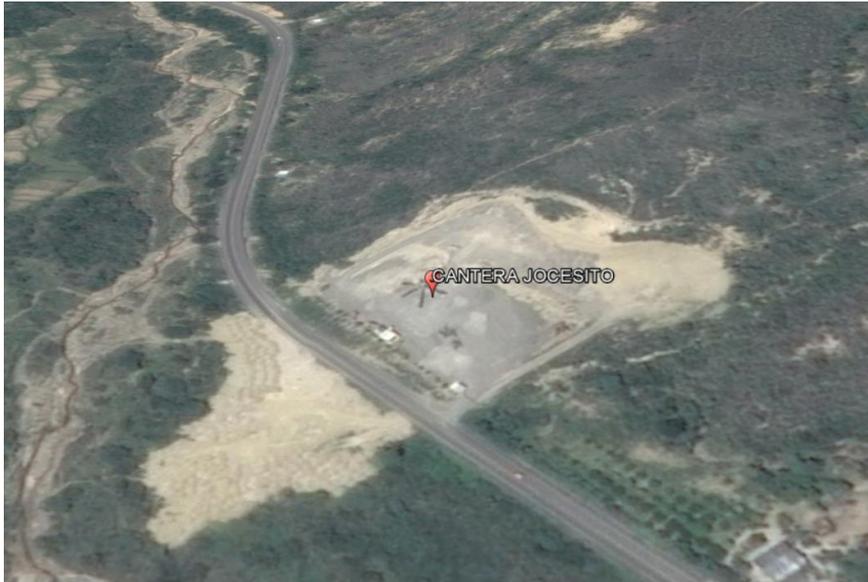


Imagen N° 2: Fotografía satelital de Google Earth, de la ubicación de la planta chancadora “Josecito” lugar de obtención de los agregados.

3.5 Ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Los agregados representan en el concreto alrededor del 60% - 80% del volumen del mismo, es así que la determinación de sus propiedades y características es muy importante para la obtención de un concreto de alta calidad y de las características de los agregados depende la resistencia, trabajabilidad, durabilidad, así como su comportamiento estructural de los elementos estructurales fabricados con estos materiales.

Para la verificación de las propiedades de los agregados es necesario que estos sean regidos en los parámetros establecidos en la norma NTP o sus equivalentes en normas internacionales como la ASTM.

3.5.1. Muestreo de los materiales

El muestreo de los agregados fino y grueso deberán ser de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 400.010 ó ASTM D 75.

El muestreo se realizó de la siguiendo los siguientes procedimientos:

Para agregado grueso, se tomó la muestra en tres lugares, de la parte superior, del punto medio, y del fondo del bloque de agregado. Estos fueron colocados en sacos de plástico, luego fueron trasladados al laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca sede Jaén, para ser ensayados.

Para agregado fino, se tomó la muestra que se encuentra bajo el material superficial, en tres lugares aleatorios. Estos fueron colocados en sacos de plástico, luego fueron trasladados al laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca sede Jaén, para ser ensayados.

3.5.2. Practica normalizada para reducir las muestras de agregado a tamaño de ensayo (NTP 400.043; ASTM C 702).

Para reducir la muestra de agregado a tamaño de ensayo se tuvo en cuenta lo descrito por la norma NTP 400.043 ó ASTM C 702.

Para la realización de los ensayos, las muestras fueron tomadas mediante el siguiente procedimiento:

El agregado fue colocado en un lugar libre de impurezas, se mesclo formando un pequeño montículo con ayuda de una lampa, luego se esparció de forma circular, luego se dividió en cuatro partes de apariencia simétrica, se tomó dos partes opuestas para la realización de los ensayos. Este procedimiento se siguió para los ensayos correspondientes.

3.5.3. Análisis granulométrico.

Los procedimientos son descritos en la norma NTP 400.012, también en la ASTM C 136. El cual fue realizada de tipo mecánico o granulometría por tamizado, para determinar el módulo de finura y su distribución aproximada de los agregados.

Aparatos y materiales.

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g ó 0.1% de la masa de la muestra.
- Juego de tamices para agregado fino (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)
- Juego de tamices para agregado grueso (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4)
- Una estufa capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, tara y recipiente.

Preparación de la muestra.

La NTP 400.012 especifica la cantidad agregado fino para ensayar y la cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas.

3.5.1.1. Módulo de finura

Para determinar el módulo de finura se sumó los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz N°100 en adelante hasta el tamaño máximo presente dividido entre 100. Teniendo en cuenta lo descrito en la norma NTP 400.011-2011 ó ASTM C 136.

- **Módulo de finura para el agregado fino. [Arena] (Ver anexos).**

Se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ RET. ACUM. TAMICES (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100} \dots\dots\dots(6)$$

Se realizaron tres ensayos:

MF1=2.99; MF2= 3.04; MF3= 3.00, de estos consideramos el promedio:

$$MF=3.01$$

- **Módulo de finura para el Agregado Grueso. (Ver anexos).**

Se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, más 500 dividiendo dicha suma entre 100.

$$MG = \frac{\Sigma \% \text{ RET. ACUM. TAMICES (1 1/2" , 3/4" , 3/8" , N}^\circ 4 + 500)}{100} \dots\dots\dots(7)$$

$$MG=7.29$$

3.5.1.2. Tamaño máximo del agregado grueso

Según la NTP 400.037 el tamaño máximo es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

$$TM= 1 1/2''$$

3.5.1.3. Tamaño máximo nominal del agregado grueso

De acuerdo a la NTP 400.037 es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. La NTP 400.010 nos indica que el tamaño máximo nominal del agregado es igual a un tamaño mayor que el primer tamiz que retiene más que el 10% del agregado.

$$TMN= 1''$$

3.5.4. Material más fino que el tamiz N°200 (NTP 400.018, 2011; ASTM C 117)

El porcentaje de material más fino que el tamiz N°200 que debe tener los agregados debe ser lo descrito en la NTP 400.037 ó la ASTM C33, también lo descrito en la NTP 400.018.

$$T = \frac{(M_0 - M_1)}{M_0} * 10 \dots \dots \dots (8)$$

Dónde:

T = Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 por vía húmeda.

M₀ = Peso seco de la muestra original (en g).

M₁ = Peso Seco de la muestra después del lavado (en g).

3.5.5. Peso específico de los agregados

Aparatos y materiales.

Agregado fino

- Balanza: Sensible a 0,1g del peso medio y con capacidad de 1000 g.
- Frasco: Picnómetro volumétrico de 500 cm³ de capacidad.
- Molde Cónico: Metálico de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.
- Barra Compactadora de metal: De 340g de peso con un extremo de superficie plano circular de 25 mm de diámetro.
- Horno: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C.

Agregado grueso

- Balanza: Sensible a 0,1 g y con capacidad de 5000 gramos y Equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura de tamiz N° 6.
- Depósito de agua: Para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Horno: De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C.
- Una franela.

Procedimiento

El procedimiento esta descrito en la NTP 400.021 ó ASTM C 127 para el agregado grueso y para el agregado fino esta descrito en la NTP 400.022 ó ASTM C 128.

3.5.1.4. Peso específico de masa:

Según las normas NTP 400.021 y ASTM C 127 para el agregado grueso y la NTP 400.022 y ASTM C 128 para el agregado fino. Definen como una relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de aire.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - V_a} \dots\dots\dots(9)$$

Dónde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.

S : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - W_{ma}} \dots\dots\dots(10)$$

Dónde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.

S : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.5.1.5. **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:**

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - V_a} \dots\dots\dots(11)$$

Dónde:

S : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - W_{ma}} \dots\dots\dots(12)$$

Dónde:

S : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.5.1.6. **Peso específico aparente:**

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el materiales un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{Pe. a} = \frac{W_{ms}}{[(S - V_a) - (S - W_{ms})]} \dots\dots\dots(13)$$

Dónde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.

S : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. a = \frac{W_{ms}}{W_{ms} - W_{ma}} \dots\dots\dots(14)$$

Dónde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.5.6. Absorción (NTP 400.021 – 400.022, 2011; ASTM C 127- C128)

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergido durante 24 horas en esta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca expresado en porcentaje, se denomina porcentaje de Absorción.

La absorción, depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de mezcla de concreto.

La Absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la resistencia a la abrasión y a la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Abs = \frac{S - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100 \dots\dots\dots(15)$$

Dónde:

W_{ms} : Peso de la muestra secada al horno a 110 °C.

S : Peso de la muestra saturada de superficie seca.

3.5.7. Contenido de humedad. (NTP 339.185, 2011; ASTM C 566)

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el Proporcionamiento de las mezclas de diseño. Esta puede ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

En los cálculos para el concreto se considera al agregado en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

Aparatos y materiales.

Agregado fino

- Balanza: Sensible a 0,1g del peso medio y con capacidad de 1000 g.
- Tara
- Horno: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C.

Agregado grueso

- Balanza: Sensible a 0,1 g y con capacidad de 5000 gramos.
- Tara.
- Horno: De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C.

Procedimiento

El procedimiento esta descrito en la NTP 339.185 ó ASTM C 566 para el agregado por secado.

El contenido de Humedad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W \% = \frac{MH-MS}{MS} \times 100 \dots\dots\dots(16)$$

Dónde:

MH: Peso de la muestra húmeda.

MS : Peso de muestra seca al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

3.5.8. Peso unitario (NTP 400.017, 2011; ASTM C 29)

Es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

Equipos y materiales.

- Balanza: Con aproximación de 1 gramo.
- Balanza Sensible a 0,1 g y con capacidad de 5000 gramos.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipiente de Medida: Cilíndricos metálicos con precisión en sus medidas interiores y de volumen conocido.
- Cuchara de Mano: Para verter el agregado en el molde.

El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro.

3.5.1.7. Peso unitario seco suelto:

Colocamos el material al recipiente con un cucharón dejándole caer aproximadamente de 50 mm del borde superior del mismo. Luego lleno el recipiente se nivelo con la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie.

Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

Los cálculos se realizaron con la siguiente expresión:

$$PU_{ss} = \frac{(G-T)}{V} \dots\dots\dots(17)$$

Dónde:

PUss = Peso unitario suelto seco del agregado, kg/m³

G = Masa del recipiente y agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³.

3.5.1.8. **Peso unitario seco compactado:**

Se colocó 1/3 parte de agregado al recipiente y se apisonó con 25 golpes con la varilla, se realizó de manera uniformemente distribuida sobre la superficie. Luego se llenó la 2/3 partes del recipiente y se siguió el mismo proceso anterior. Finalmente Se llenó el molde a sobre volumen y se apisono como se indicó anteriormente. Finalmente se nivelo la superficie del agregado con la varilla y los dedos, de tal forma que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado quedó equilibrada con los vacíos mayores en la superficie.

Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

Los cálculos se realizaron con la siguiente expresión:

$$PU_{sc} = \frac{(G_{sc}-T)}{V} \dots\dots\dots(18)$$

Dónde:

PUsc = Peso unitario seco compactado del agregado, kg/m³

Gsc = Masa seco compactado del recipiente más agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

3.5.9. Resistencia a la abrasión (NTP 400.019, 2011; ASTM C 131)

Este ensayo tiene por finalidad el cálculo del desgaste del agregado grueso, para ello y de acuerdo a la granulometría se empleará el método descrito en la NTP 400.019 o su equivalente la ASTM C 131.

Selección del equipo.

La máquina de los ángeles, balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra requerida para el ensayo, estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C, tamices que cumplan con la NTP 350.001 según el requerimiento del tipo de abrasión.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7cm de diámetro y cada uno con un peso entre 390 y 445gr.

Preparación de la muestra.

La muestra de ensayo estuvo constituida por agregado limpio representativo del material a ensayar, libre de partículas menores al tamiz N° 12 y secada en una estufa a 110°C, hasta un peso aproximadamente constante.

Procedimiento de ensayo.

Se colocó la muestra de ensayo de acuerdo al peso establecido por la NTP 400.019 seleccionada de acuerdo a los pesos retenidos en las mallas como lo especifica la norma, haciendo un total de 5000gr y la carga abrasiva para una gradación B, en la máquina de los ángeles que gira a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones. Cuando terminó las revoluciones se descargó el material y se lavó por el tamiz N°12, luego se secó este retenido lavado en el horno a una temperatura de 110 °C por un espacio de 24 horas. Secada la muestra se procedió a pesarla, obteniéndose así un valor que será remplazado en la fórmula para obtener el resultado de la abrasión.

La Resistencia a la Abrasión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\%De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots(19)$$

Dónde:

W_o : Peso original de la muestra.

W_f : Peso final de la muestra.

3.6 Procedimiento para el diseño de mezcla.

Para la realización del diseño de mezcla y de las proporciones del concreto se eligió el método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.

Este método de diseño considera las tablas empleadas por el comité 211 del ACI para la selección de los materiales que intervienen en la pasta, sin embargo para la selección de las proporciones de los agregados se emplea un módulo denominado de combinación de los agregados, que no es más que la representación del índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado si éste fuese global.

Se realizó el diseño de mezclas, para un concreto de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento extraforte Pacasmayo Tipo ICO, propiedades encontradas de los agregados de la cantera del Josecito que extrae del río Chamaya y agua potable de la ciudad Jaén. En primer lugar se realizó el diseño de mezcla, posteriormente se confeccionó una mezcla para el ajuste de las proporciones. Teniendo las proporciones de la mezcla ya corregidas se diseñó en primer lugar una mezcla Patrón

Los pasos para obtener el Proporcionamiento de los componentes del concreto (Diseño) según el método antes mencionado es:

1° Selección de la resistencia promedio ($f'cr$) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada ($f'c$), debido a que se desconoce el valor de la desviación estándar y asumiendo un grado de control aceptable en obra se utilizó la Tabla 31.

2° Selección del tamaño máximo nominal. El tamaño máximo nominal realizado los ensayos de los agregados es de $TMN = 1''$.

3° Elección de la consistencia de la mezcla. Deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica (Trabajable) tomando como referencia la Tabla 32.

4° Determinación del volumen de agua de mezclado, se utilizó la Tabla 33, ingresando con el asentamiento, el TMN y la presencia o no de aire incorporado (para éste caso será concreto sin aire incorporado).

5° Se determina el porcentaje de aire atrapado. Se utilizó la Tabla 33, ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado se obtiene el porcentaje de aire.

6° Seleccionar la relación Agua – Cemento (a/c) requerida para obtener la resistencia deseada.

7° Determinación el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua - cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relacion A/C}} \dots\dots\dots(20)$$

8° Determinación del volumen absoluto de cemento. El volumen absoluto está en función del factor cemento y del peso específico del cemento. El factor cemento se encontró de dividir el factor cemento por el peso específico del cemento.

9° Determinación del volumen de la pasta. El volumen de la pasta se encontró al sumar el volumen absoluto de cemento más el agua de mezclado y dividido entre sus pesos específicos más el porcentaje de aire atrapado.

10° Determinación del volumen absoluto de los agregados. El volumen absoluto de los agregados se encontró de restar de la unidad cúbica de concreto el volumen de las pasta.

11° Cálculo de la incidencia del agregado fino y grueso respecto del agregado global. En este paso es donde interviene el método del módulo de finura de la combinación de agregados, se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$rf = \frac{mg-mc}{mg-mf} * 100 \dots\dots\dots(21)$$

Dónde:

mg : Módulo de finura del agregado grueso.

mf : Módulo de finura del agregado fino.

mc : Módulo de la combinación de agregados.

rf : Porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.

Para encontrar el valor de “mc”, ingresamos a la Tabla 34, con el número de bolsas de cemento por metro cúbico y el tamaño máximo nominal del agregado (TMN) y encontramos “mc”. Luego se encontró el porcentaje del agregado grueso por simple diferencia y posteriormente los volúmenes de los agregados multiplicando el porcentaje respectivo por el volumen absoluto de los agregados.

12° Cálculo de los pesos secos de los agregados, se encontró multiplicando el volumen de cada uno de los agregados por su respectivo peso específico.

13° Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño. Se partió encontrando los pesos húmedos de los agregados, multiplicando su peso por su respectivo contenido de humedad, luego se encontró la humedad superficial de los agregados sumando algebraicamente su contenido de humedad más su absorción, luego se determinó el aporte de humedad de los agregados multiplicando su peso seco por el porcentaje de humedad superficial de los agregados, se encontró el aporte total de los agregados sumando algebraicamente los aportes independientes de los mismos, finalmente se encontró el agua efectiva, para ello se toma en cuenta el aporte de los agregados si es negativo significa que hay que sumarle agua de no ser así se hace lo contrario.

14° Proporción en peso de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado, se determinó el peso de los demás componentes con respecto al peso de una bolsa de cemento (42.5 Kg).

3.7 Elaboración de la mezcla de prueba con cemento tipo ICO.

a) Elaboración de concreto Patrón.

Para la mezcla de prueba se consideró la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto patrón para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el que define la resistencia especificada (250 Kg/ cm²).

Los pesos de los materiales de diseño por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba, según el diseño respectivo (Tabla 63) fueron los siguientes:

- **Agua de diseño** : 219.30 lt/m³
- **Cemento** : 438.58 Kg/m³
- **Agregado grueso** : 741.64 Kg/m³
- **Agregado fino** : 704.77 Kg/m³
- **Aire atrapado** : 1.50 %

Con los pesos de los materiales húmedos, se procedió a determinar la cantidad de material en volumen a ser empleado para realizar la mezcla de prueba. Como se consideró realizar tres (03) especímenes cilíndricos de concreto, se tomara el volumen de un espécimen, de acuerdo al molde metálico usado para su elaboración; el cual tiene un diámetro aproximado de 15 cm, con una altura aproximada de 30 cm, del cual se desprende el volumen:

Para la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos:

$$\text{Vol}_{\text{espec.cil.}} = 3 * \frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30 \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$\text{Vol}_{\text{espec.cil.}} = 0.015904 \text{ m}^3$$

Considerando los desperdicios de mezclado y otros, la colada será:

$$\text{Vol}_{\text{colada.}} = 0.020 \text{ m}^3$$

Siendo los pesos de los materiales para los tres (03) especímenes cilíndricos de concreto (Vol. Tanda = 0.020 m³):

- **Cemento** : 8.77 Kg/tanda.
- **Agua Efectiva** : 4.39 Lts/tanda.
- **Agregado fino** : 14.10 Kg/tanda.
- **Agregado grueso** : 14.83 Kg/tanda.
- **Aire atrapado** : 1.50 %

3.8 Elaboración del ajuste de mezcla para el cemento tipo ICO:

El diseño de mezcla que mencionamos sirve para calcular las proporciones de los diferentes materiales que componen el concreto, permiten conocer unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas.

Sin embargo, existen algunos factores de los materiales que no se detectan en los ensayos y que traen como consecuencia un concreto con propiedades algo diferentes a las esperadas.

Por esto es necesario comprobar las cantidades teóricas por medio de mezclas de prueba. A dicha mezcla se le verifica el peso unitario, cantidad de agua añadida, Slump o asentamiento, el rendimiento volumétrico del concreto, así como el contenido de aire y la resistencia a compresión de los especímenes de concreto a los 28 días. También se debe observar que el concreto tenga la trabajabilidad y el acabado adecuado y que no se presente exudación ni segregación. De acuerdo a ello, se puede llevar a cabo los ajustes pertinentes con las proporciones de las mezclas subsecuentes siguiendo el procedimiento sugerido que se indica a continuación:

- **Agua de mezclado:** La cantidad de agua de mezclado estimada para obtener el mismo asentamiento que las tandas de prueba, deberá ser igual al volumen neto del agua de mezclado empleado dividido entre el rendimiento de la mezcla de ensayo expresado en metros cúbicos.
- **Corrección por asentamiento:** La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cubico de concreto deberá ser incrementada en dos (02) litros por cada incremento de 1 cm de asentamiento hasta obtener el asentamiento deseado.
- **Corrección por contenido de aire:** Para ajustar la mezcla a fin de compensar los efectos de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba con aire incorporado, reducir o incrementar el contenido de agua de mezclado en 3 litros por metro cúbico por cada 1 % en el cual, el contenido de aire se incrementa o disminuye en relación con el de la mezcla de ensayo.
- **Corrección por apariencia de la mezcla:** cuando la mezcla tiene la apariencia sobregravosa el volumen del agregado grueso por metro cubico deberá disminuirse en un 10 - 15 %, si tiene apariencia sobrearenosa se aumentara el 10 - 15 % del agregado grueso. Las proporciones de los agregados se calculara respecto al “*rf*”; porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.
- **Peso unitario:** Si la base del proporcionamiento de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto ha sido el peso estimado por metro cúbico del concreto fresco, el peso unitario recalculado del concreto fresco a ser empleado

para efectuar el ajuste de las mezclas de prueba será igual al peso unitario medido en la tanda de ensayo, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución en el contenido de aire de la tanda ajustada de la primera mezcla de prueba.

- **Corrección por resistencia:** Como se obtuvieron especímenes cuya resistencia promedio ensayada a los 7 días está por debajo o por encima del 73% de la resistencia requerida f^c (como corresponde a concretos de alta resistencia según Rivva López E.), se reajustó la relación agua/cemento debido a la hidratación del concreto como sigue, considerando que la resistencia a los 28 días fue considerada como 1.40 veces la resistencia a los 7 días, para esto se utilizó la Ley de Powers:

$$R = 2380 * X^3 \quad ; \quad X = \frac{(0.678*\alpha)}{(0.319*\alpha+a/c)} \dots\dots\dots(23)$$

Dónde:

R = Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm²).

X = Relación Gel / Espacio.

α = Grado de hidratación.

a/c = Relación agua/cemento.

Los materiales de diseño luego de realizar todas las correcciones (Ajuste de Mezcla) del concreto normal por metro cúbico, se muestran de manera detallada en la Tabla 65, Fueron los siguientes:

- **Cemento** : 365.50 Kg/m³.
- **Agua Efectiva** : 220.00 lt/m³.
- **Agregado Fino Húmedo** : 764.60 Kg/m³.
- **Agregado Grueso Húmedo** : 792.70 Kg/m³.

Ya obtenida el diseño se procedió a realizar las treinta (30) especímenes cilíndricos de concreto para luego ser ensayadas a compresion diez (10) a los 7 días, diez (10) a los (14) días y diez (10) a los 28 días.

b) Elaboración d concreto con aditivo Z RETAR.

Para el diseño del concreto con aditivo se tiene en cuenta la hoja técnica del producto. La cual se determina la cantidad de acuerdo a la temperatura ambiente.

Según hoja técnica:

18°C 2 onz x bolsa de cemento.

27°C 3 onz x bolsa de cemento.

38°C 4 onz x bolsa de cemento.

La temperatura ambiente fue de 32°C.

27° C -----3 onz x bolsa de cemento.

32° C ----- X

38°C ----- 4 onz x bolsa de cemento.

X=3.46 onz x bolsa de cemento.

Si 1 onz=29.57cc., entonces la cantidad de aditivo z retar es de 102.32cc por bolsa de cemento. Esta cantidad se adiciona al agua del diseño determinada anteriormente. Se muestran de manera detallada en la **Tabla 66**, Fueron los siguientes:

▪ Cemento	:	365.50 Kg/m ³
▪ Agua Efectiva	:	220.00 lt/m ³
▪ Agregado Fino Húmedo	:	764.60 Kg/m ³
▪ Agregado Grueso Húmedo	:	792.70 Kg/m ³
▪ Z RETAR	:	879.3 cc/m ³

Siendo los pesos de los materiales para los tres (03) especímenes cilíndricos de concreto (Vol. Tanda = 0.020 m³):

▪ Cemento	:	7.31 Kg/tanda
▪ Agua de diseño	:	4.40 lt/tanda
▪ Agregado Fino	:	15.29 Kg/tanda
▪ Agregado Grueso	:	15.85 Kg/tanda

- **Z RETAR** : 17.6 cc/tanda

Con el aditivo Z RETAR adicionado se realizaron treinta (30) especímenes cilíndricos de concreto para luego ser ensayadas a compresion diez (10) a los 7 días, diez (10) a los (14) días y diez (10) a los 28 días.

3.9 Elaboración de especímenes de concreto. [NPT 339.183]

La elaboración de los especímenes de concreto se realizó según la NTP 339.183. Para lo cual se confecciono especímenes de concreto cilíndricos para pruebas de compresión (probetas cilíndrica graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto). El equipo utilizado para la confección de los especímenes de concreto cilíndricos fue:

- Balanza con capacidad aproximada 30 Kg.
- Recipientes para pesar los materiales (baldes de aceites de 18 litros y balde transparente graduado para el agua).
- Probetas cilíndricas graduadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto.
- Herramientas: badilejo, cucharón, enrasador.
- Cono de Abrams para medir el asentamiento o Slump.
- Varilla de Acero semiredondeada, para la compactación de la mezcla en cada una de los especímenes, lizo de 60 cm de largo y de 5/8" de diámetro.
- Comba de goma.
- Recipiente graduado para determinar el Peso Unitario del concreto fresco.

El procedimiento detallado de la confección del concreto se describe a continuación:

- a) Pesar los agregados separadamente (agregado grueso y agregado fino) en estado húmedo.
- b) Homogenizar separadamente los dos agregados mediante una palana, para que así ellos presenten un estado de humedad uniforme.
- c) Tomar muestras de los agregados pesados y determinar su contenido de humedad en ese momento.
- d) Corregir por humedad el peso de los agregados y del agua.
- e) Pesar el cemento, agua total (corregida por humedad de los agregados).
- f) El concreto se realizó de forma manual, se realizó el mezclado revolviendo hasta que los componentes estén totalmente mezclados.

- g) Agregar un 25 % de agua de mezcla y al agua restante adicionar lentamente tomando en cuenta la consistencia de la mezcla.
- h) Amasar los materiales durante 2.0 minutos.
- i) Revolver manualmente la mezcla verificando su estado (asegurándose de que no quede material sin mezclar adherido al fondo y en las paredes de la mezcladora).
- j) Una vez amasados todos los hormigones, medir la docilidad de cada uno de ellos mediante el cono de Abrams.
- k) Determinar el peso unitario del concreto fresco.
- l) Poner la tanda de concreto en las probetas cilíndricas correspondientes para los ensayos planificados del concreto.

La faena de confección del concreto requiere la participación de por lo menos 2 personas. Todo el proceso de mezclado del concreto requiere un tiempo aproximado de 40 minutos por tanda de mezclado. La medición de la trabajabilidad o Slump y el moldeo de las probetas requieren a su vez de otros 20 minutos, este tiempo varían según el tipo de probeta que se esté confeccionando.

3.9.1. Fabricación de Probetas Cilíndricas para Ensayos de Compresión.

Una vez obtenida la docilidad requerida para la mezcla se procedió a la confección de los especímenes cilíndricos de concreto. La mezcla de material se añadió en tres capas (Según la Norma NPT 339.183, Ver Tabla 58) de espesor similar dentro de los moldes de 15 cm de diámetro, debidamente engrasados. Luego de depositar una capa ésta era apisonada con una varilla graduada de 60 cm de largo y 5/8" de diámetro, según norma, distribuyendo los golpes en toda la sección del molde, 25 golpes por capa (Ver Tabla 57). Al terminar el apisonado de cada capa se golpeó con un mazo de goma dando 12 golpes por capa, al terminar la tercera capa se procedió al alisado de la superficie para que este no interfiera con los ensayos de compresión destinados para el concreto. El proceso total de llenado del molde tomó aprox. 2 minutos.

3.10 Curado de los especímenes de concreto. [NTP 339.183–2013].

El curado de los especímenes de concreto se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183 – 2013.

3.10.1. Protección después del acabado.

Inmediatamente después de elaborar el moldeado de los especímenes, se cubrieron estos con bolsas de plástico para evitar la evaporación del agua superficial, provocando pérdida de humedad, así como también la contaminación de los mismos.

3.10.1.1. Curado inicial:

Después del moldeado, transcurridas 24 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron desmoldados y se procedió a realizar el traslado de manera tal que no sean alteradas las superficies y arista, para su posterior curado estándar.

3.10.1.2. Curado estándar-sumergido en agua:

Al terminar el curado inicial y entre los 30 minutos y 1 hora después de haber sacado los especímenes de los moldes, estos se almacenaron en una poza de curado de concreto cubiertos con agua, además se saturó el agua con cal viva para mantener la temperatura de está y evitar la pérdida de cal de los especímenes, así mismo se cubrió la poza con una manta plástica para evitar la contaminación del agua y proteger los especímenes del rocío. Las probetas permanecieron 7, 14 y 28 días en la poza de curado dependiendo de las edades requeridas.

3.11 Ensayo de especímenes.

3.11.1. Ensayos del concreto fresco. [NTP 339.035 – ASTM C 143].

3.11.1.1. Asentamiento o Slump.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.035 – ASTM C 143.

El método de determinación empleado, es el ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump" (Norma NTP 339.035 ó ASTM C143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

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

3.11.1.2. Peso volumétrico [NTP 339.046, ASTM C138]

Esta prueba se realizó de acuerdo a la norma “Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of concrete. Este método nos ayuda a calcular la densidad del hormigón fresco, y dar a conocer las fórmulas para calcular el rendimiento del hormigón, y su contenido de aire. El rendimiento es conocido como el volumen del hormigón producido de una mezcla de cantidades y materiales conocidos.

El peso volumétrico del hormigón se expresa en Kg/m^3 . Se realizó esta prueba usando la Olla de Washington en donde se coloca el hormigón después de haber realizado la prueba de revenimiento y antes de colocarlo en los moldes. El procedimiento para calcular el peso volumétrico es: Primero pesamos la Olla de Washington seca y vacía anotamos ese valor en Kg. Luego, colocamos dentro de la olla el hormigón en tres partes o capas, dando en cada capa 25 punzadas con una varilla lisa de hierro para eliminar cualquier contenido de aire existente. Una vez colocada la última capa hasta la parte superior de la olla, esta es pesada y anotamos ese otro valor.

3.11.1.3. Contenido de aire en el concreto fresco [NTP 339.081-ASTM C 173]

En la prueba de contenido de aire del hormigón fresco se utilizó el Método de Presión aquí se determina la cantidad de aire a partir de la variación del volumen del concreto por una aplicación de una presión conocida. Para determinar los valores del Contenido de aire se utilizó la misma Olla de Washington, la cual su tapa está formada por un medidor en forma de manómetro (dial) que indica la cantidad de aire que existe dentro de la olla, y dos llaves pequeñas para aire y agua.

3.11.1.4. Peso unitario del concreto. [NTP 339.046 – Revisada el 2013 – ASTM C 138]

Según Norma éste ensayo consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del concreto.

El peso unitario se calcula de la siguiente manera:

- Densidad (Peso Unitario): Se calculó este parámetro como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m} \dots\dots\dots(24)$$

Dónde:

D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m³)

M_c = Masa del recipiente de medida lleno de concreto (kg)

M_m = Masa del recipiente vacío (kg)

V_m = Volumen del recipiente (m³).

- Densidad Teórica: Este parámetro es calculado sobre una base libre de aire, se calculó como sigue:

$$T = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(25)$$

Dónde:

T = Densidad teórica del concreto (kg/m³)

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg)

V = Volumen absoluto de los componentes de la mezcla (m³)

- Rendimiento: Se calculó este parámetro como sigue:

$$Y = \frac{M}{D} \dots\dots\dots(26)$$

Dónde:

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³)

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).

D = Densidad de masa (Peso Unitario) del concreto (kg/m³)

- Rendimiento relativo: Se calculó este parámetro como sigue:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots\dots\dots(27)$$

Dónde:

R_y = Rendimiento relativo, un exceso de este valor mayor a 1 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³)

Y_d = Volumen de diseño de concreto producido por tanda (m³)

- Contenido de cemento: Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots\dots\dots(28)$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento (kg/m³).

C_b = Masa del cemento en el lote (kg).

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

3.11.1.5. Contenido de aire – Método Gravimétrico. [NTP 339.046]

El contenido de aire se calculó en base a los resultados obtenidos del ensayo del peso unitario del concreto fresco (Método Gravimétrico) y se calcula de la siguiente manera:

$$A = \left[\frac{(T-D)}{T} \right] \times 100 \quad \dots\dots\dots(29)$$

Dónde:

A = Contenido de aire (%)

T = Masa del cemento en el lote (kg)

D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m³)

3.11.2. Ensayos de concreto endurecido.

3.11.2.1. Densidad de masa o peso unitario del concreto.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.034 - Revisada el 2013, la presente norma establece la fórmula para determinar la densidad de los especímenes de concreto con aproximación de 10 Kg/m³ como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \quad \dots\dots\dots(30)$$

Dónde:

W = Masa del espécimen (Kg).

V = Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua (m³).

3.11.2.2. Resistencia a Compresión. [NTP 339.034 – ASTM C 39]

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en las normas NTP 339.034 - Revisada el 2013 – ASTM C 39, la presente norma establece un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos en velocidad tal que este dentro del rango especificado antes que la falla ocurra.

La resistencia a la compresión del concreto se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto curado sumergido en agua. También se consiguió tener las tolerancias de una probeta de acuerdo a las edades de las muestras, para esto tenemos la recomendación de la norma NTP 339.034 – 3013, Ver Tabla 60, que nos indica la tolerancias que debemos tener con las edades de las muestras.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

- **Identificación de Probetas.**

Para la identificación se colocó en la parte superior de estas con un plumón indeleble las iniciales del nombre del tesista (E.A.C), el número de espécimen (1 al 10), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen.

- **Medición de la Probeta.**

La medición de las probetas se llevó a cabo siguiendo el protocolo que a continuación se detalla:

Se miden los diámetros de las dos caras laterales de la probeta (a_1 , a_2 , b_1 y b_2) lo más cercano posible al eje horizontal de cada diámetro.

Se mide las alturas de los dos lados de la probeta cilíndrica (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.

Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm.

Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.05 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.

- **Ensayo del Espécimen a compresión.**

Previo al ensayo, se debe observar que los cabezales de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas y zona de carga.

- a) **Posición de las probetas.**

Se coloca la probeta de modo que ambas caras se encuentren paralelas a la placa inferior de la máquina compresora.

- b) **Aplicación de la carga**

La carga se deberá aplicar en forma continua y sin choques, a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 ± 0.05 Mpa/s (2.5 kg/cm²). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la primera mitad final de la fase de carga anticipada.

Al aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente, el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido el cual debe ser observado, anotado así como debe también registrarse la carga máxima “P” expresada en Toneladas y las deformaciones registradas con el deformímetro.

- **Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto:**

Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según la siguiente imagen, en donde se indica los tipos de falla según la NTP 339.034, así mismo se registró el modo de falla, y si falló el agregado o la pasta durante el proceso.

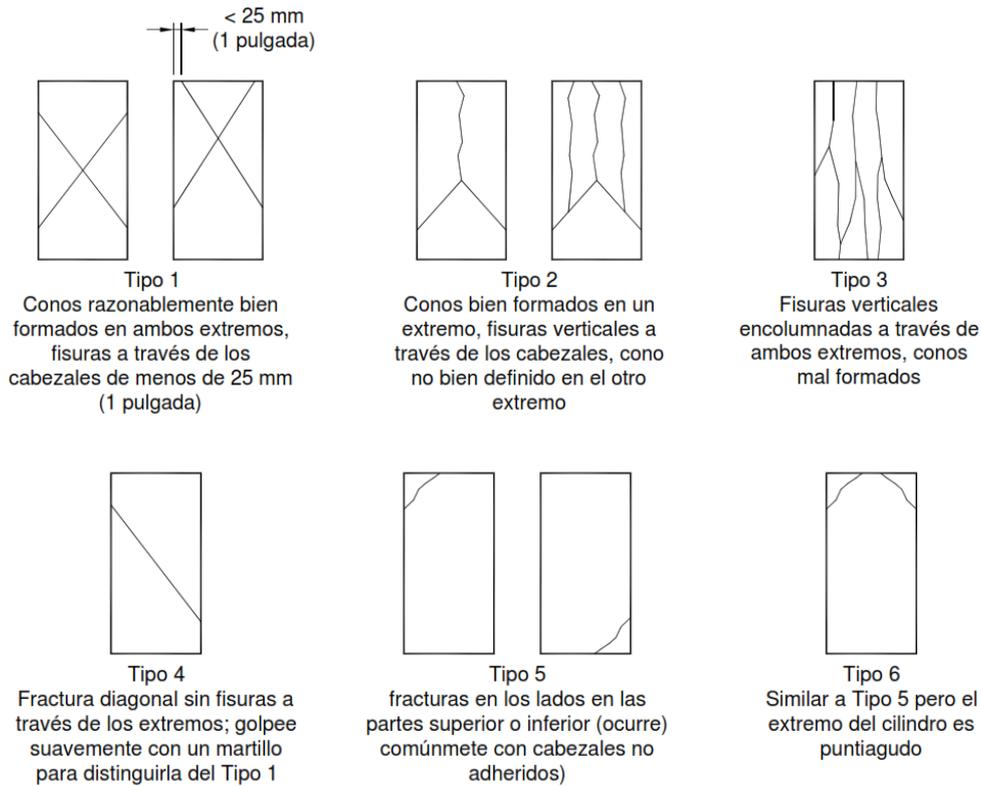


Imagen N° 3: Esquema de los patrones de tipos de fractura.

- **Expresión de Resultados.**

Se calcula la resistencia a la compresión del concreto mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{P}{S} \quad \dots\dots\dots(31)$$

Donde:

R_c = Resistencia a Compresión (Kg/cm^2).

S = Superficie de carga (cm^2).

P = Carga Máxima (Kg).



Imagen N° 4: Ensayo a compresión, registro de tipo de falla.

- **Módulo de Elasticidad.**

El módulo de elasticidad del concreto se determinó con 3 diferentes formas:

A. NORMA E0.60.

Se tomó como módulo de elasticidad:

$$E = 15000 * \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots\dots(32)$$

B. ACI 318s.

Para concretos de peso unitario “wc” comprendido entre 1450 y 2500 kg/m³, el módulo de elasticidad, E_c, para el concreto puede tomarse como:

$$E = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots\dots(33)$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad, MPa.

W_c = Densidad del concreto, kg/m³.

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto, MPa.

4 ANALISIS Y DISCUSION DE RESUSLTADOS

4.1 Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Tabla 6: Propiedades físicas - Mecánicas de los agregados.

PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS	A. FINO	A. GRUESO
Módulo de finura	3.00	7.29
Tamaño Máximo Nominal	-----	1"
Peso específico de Masa (gr/cm ³)	2.56	2.18
Absorción (%)	1.83	0.93
Contenido de Humedad (%)	1.55	0.59
Peso unitario seco suelto (kg/m ³)	1620	1471
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1926	1629
Partículas menores que pasan el tamiz N° 200 (%)	9.83%	0.43%

Como se puede apreciar en las tablas y gráficos (Tabla 6) la granulometría del agregado fino no se encuentra bien gradada con respecto a los límites ASTM C-23.

El módulo de finura es de 3.0% del agregado fino, según el Ingeniero José Lezama Leiva, en el libro tecnología del concreto, pagina número 17 del año 2013, el módulo de finura no debe ser mayor de 2.3% ni mayor que 3.1%.

Según Tabla 6 se puede apreciar que el porcentaje de partículas menores al tamiz N° 200 es de 9.83 %. El cual sobre pasa los límites máximos del material que pasa la malla N° 200. Según el Ingeniero José Lezama Leiva, en el libro tecnología del concreto, pagina número 35 del año 2013, el porcentaje máximo de material que pasa la malla N° 200 arena natural para concreto expuesto a la abrasión es de 3% y arena natural para concreto no expuesto a la abrasión es de 5%.

Para los agregados gruesos se aceptara una perdida ala abrasión de no mayor del 50% del peso original. Se recomienda que los agregados a usarse en pavimentos rígidos y construcciones sujetos a fuertes fricciones,

presenten un desgaste inferior al 30%. (Lezama Leiva, J. 2013. Tecnología Del Concreto. p. 26.)

4.2 Análisis del concreto.

4.2.1. Análisis de la consistencia de la mezcla de concreto.

Para determinar el asentamiento de las diferentes mezclas realizadas en el laboratorio de concreto fresco se elaboraron diez (10) tandas de mezcla experimentales para cada tipo, midiendo el revenimiento mediante el método del cono de Abrams, luego se calculó el promedio del asentamiento para cada caso, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7: Variación de los asentamientos del concreto sin aditivo y con aditivo Z RETAR.

TANDA	CONCRETO SIN ADITIVO	CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR
	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO - MÉTODO DEL CONO DE ABRAMS "cm"	
N° 01	8.35	9.54
N° 02	8.75	9.75
N° 03	8.25	9.83
N° 04	8.55	10.15
N° 05	9.1	10.25
N° 06	8.6	10
N° 07	8.8	9.75
N° 08	8.2	9.45
N° 09	9.15	9.85
N° 10	8.65	10.05
PROMEDIO	8.64	9.86
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.32	0.26
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	3.76%	2.59%

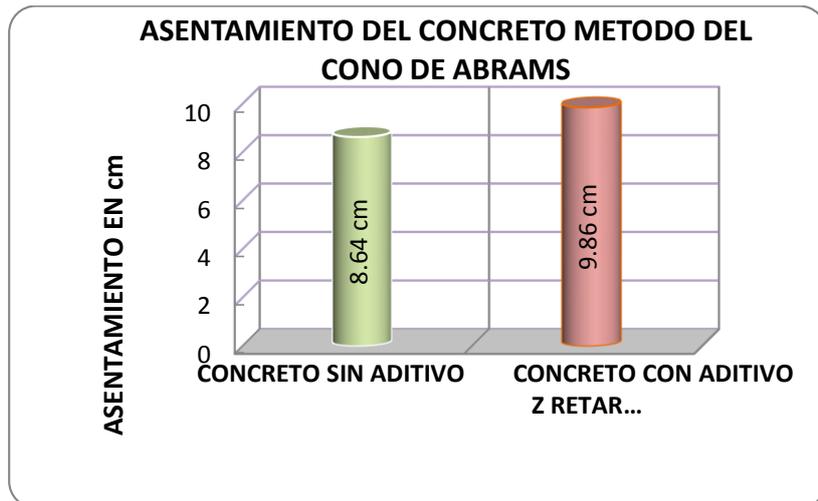


Gráfico N° 4: Asentamiento del concreto sin aditivo y con aditivo Z RETAR.

En la tabla anterior, se muestra que las distintas mezclas realizadas cumplieron con la trabajabilidad plástica (3''- 4'') del concreto sin aditivo y con aditivo Z RETAR, obteniéndose 8.64 cm y 9.86 cm de asentamiento respectivamente. Como se puede apreciar que el aditivo Z RETAR incrementa el asentamiento generando mejor trabajabilidad del concreto fresco. La desviación estándar del concreto patrón es de 0.32 cm y del concreto con aditivo Z RETAR es de 0.26 y el coeficiente de variación son de 3.76% y 2.59% para el concreto patrón y el concreto con aditivo Z RETAR.

Tabla 8: Porcentaje de variación del asentamiento del concreto con aditivo Z RETAR con respecto al concreto patrón.

CONCRETO	ASENTAMIENTO (cm.)	PORCENTAJE	VARIACIÓN DEL ASENT. CON RESPECTO AL PATRÓN.
PATRÓN	8.64	100%	-----
CON ADITIVO Z RETAR	9.86	114.12%	14.12%

El asentamiento del concreto con Z RETAR se incrementa con respecto al concreto patrón, este incremento es de 14.12%. Lo cual este mejora la trabajabilidad del concreto. Esto se pudo comprobar en la observación y manipulación de los ensayos realizados, que cuando se aplicó el aditivo se

tenía mejor trabajabilidad.

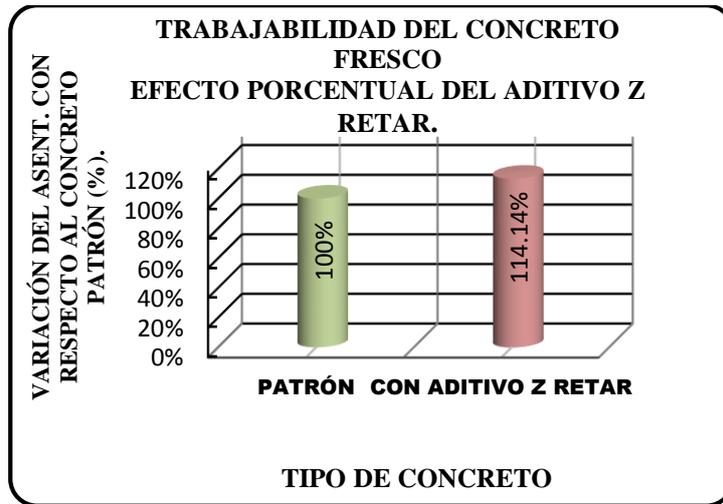


Gráfico N° 5: Variación porcentual del asentamiento por influencia del aditivo Z RETAR con respecto al patrón.

4.2.2. Análisis de la temperatura del concreto.

Para la evaluación de la temperatura del concreto se realizó de cada tanda de concreto la medición de la temperatura con un termómetro. Los resultados obtenidos son como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9: Temperatura del concreto fresco evaluado por tanda.

TEMPERATURA AMBIENTE 32°C.		
TANDA	TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	
	CONCRETO PATRON	CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR
N° 01	28	29.5
N° 02	29	29
N° 03	29.5	28.5
N° 04	28.5	28
N° 05	29	28
N° 06	29.5	28.5
N° 07	28	29
N° 08	29	28.5
N° 09	28.5	28
N° 10	29.5	29
Promedio	28.90	28.60
Desviación Estándar	0.58	0.52
Coficiente de Variación	2.01%	1.81%

La temperatura promedio evaluadas en los ensayos fue para el concreto patrón de 28.90 °C y para el concreto con aditivo Z RETAR fue de 28.60 °C.

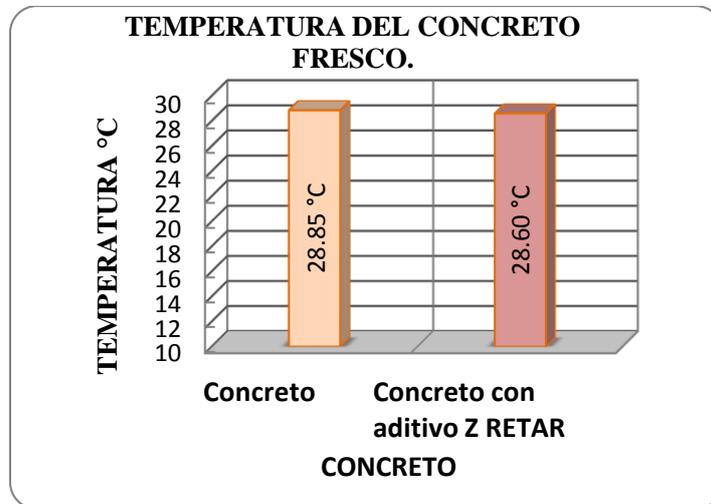


Gráfico N° 6: Temperatura del concreto patrón y concreto con aditivo Z RETAR.

Tabla 10: Porcentaje de variación de temperatura del concreto con aditivo Z RETAR con respecto al concreto patrón.

CONCRETO	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	PORCENTAJE	VARIACIÓN DE TEMPERATURA CON RESPECTO AL PATRÓN.
PATRÓN	28.85	100%	-----
CON ADITIVO Z RETAR	28.6	99.13%	-0.87%

La variación de la temperatura del concreto con aditivo Z RETAR con respecto a concreto patrón es menor en 0.87% lo cual es insignificante, por lo cual nos da entender que el aditivo Z RETAR no influye en la temperatura del concreto.

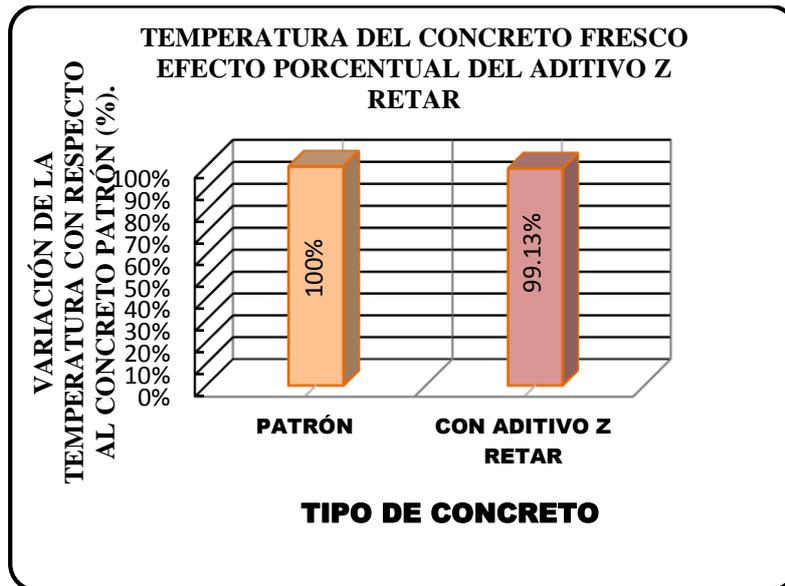


Gráfico N° 7: Variación porcentual de la temperatura por influencia del aditivo Z RETAR con respecto al patrón.

4.2.3. Análisis del tiempo de fraguado del concreto fresco.

El tiempo de fraguado inicial y final se determinó durante la realización de las tandas de concreto, los cuales fueron medidas de forma práctica. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11: Variación de los asentamientos del concreto sin aditivo y con aditivo Z RETAR.

TANDA	TIEMPO DE FRAGUADO CONCRETO PATRON (SIN ADITIVO)		TIEMPO DE FRAGUADO CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR.	
	Tiempo inicial (h)	Tiempo final (h)	Tiempo inicial (h)	Tiempo final (h)
N° 01	2.75	6.40	4.25	8.25
N° 02	3.00	6.50	3.75	8.50
N° 03	3.25	6.35	4.50	8.00
N° 04	2.75	7.00	4.25	8.25
N° 05	3.00	6.65	3.75	7.75
N° 06	3.00	6.40	4.00	8.50
N° 07	2.75	6.50	3.75	8.25
N° 08	3.00	6.60	4.25	8.00
N° 09	2.75	6.85	3.75	8.25
N° 10	3.25	6.75	4.00	8.50
PROMEDIO	3.00	6.60	4.10	8.30
Desv. Estándar	0.20	0.21	0.28	0.25
Coef. Variación	6.57%	3.23%	6.71%	3.00%

Tabla 12: Duración del tiempo de fraguado inicial y final.

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO. (TEMPERATURA AMBIENTE DE 32°C)		
CONCRETO	FRAGUANO INICIAL	FRAGUANO FINAL
SIN ADITIVO	3.00	3.60
CON ADITIVO Z RETAR	4.10	4.20

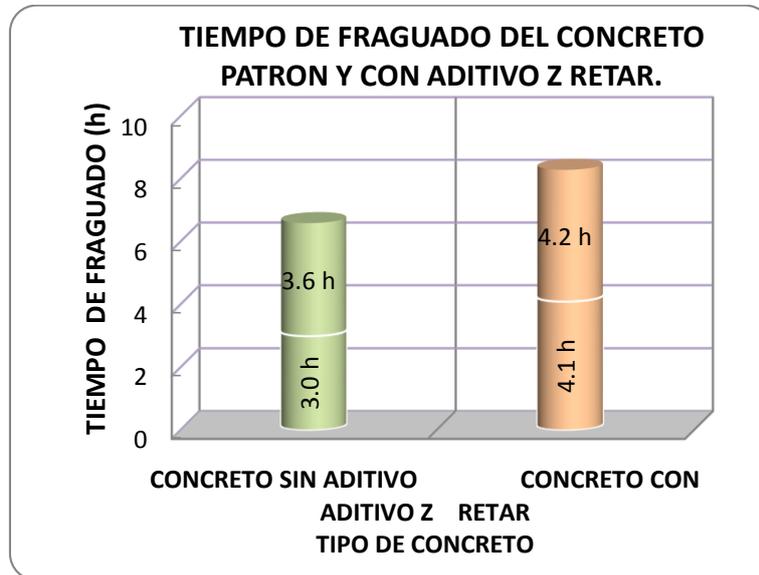


Gráfico N° 8: Representación de los tiempos de fraguado inicial y final de los concretos.

Después de realizado la mezcla, los tiempos de fraguado del concreto sin aditivo es para el fraguado inicial es de 3.00 horas, el fraguado final desde iniciado la realización del concreto es de 6.60 horas, mientras para el concreto con aditivo Z RETAR es para el fraguado inicial de 4.10 horas y para el fraguado final desde iniciado la realización del concreto es de 8.30 horas. La aplicación del aditivo Z RETAR al concreto incrementa el tiempo de fraguado inicial y final.

Tabla 13: Porcentaje de concreto patrón y concreto con aditivo Z RETAR.

PORCENTAJE DE FRAGUADO INICIAL Y FINAL DEL CONCRETO (TEMPERATURA AMBIENTE DE 32°C)				
CONCRETO	FRAGUADO INICIAL	PORCENTAJE	FRAGUADO FINAL	PORCENTAJE
PATRON	3.00	100%	6.60	100%
CON ADITIVO Z RETAR	4.10	136.67%	8.30	125.76%

La variación porcentual del fraguado inicial de concreto con aditivo Z RETAR es de 36.67% más con respecto al concreto patrón. Lo cual permite expresar que el aditivo influye en tiempo de fraguado positivamente permitiendo mejorar trabajabilidad e incrementar el fraguado.

4.2.4. Análisis del peso unitario del concreto fresco.

Para evaluar el peso unitario del concreto fresco, se realizaron (10) tandas de concreto para cada tipo de concreto, luego se calculó el promedio del peso unitario del concreto fresco.

Los resultados del ensayo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Peso unitario del concreto fresco con Cemento Tipo ICO.

ENSAYO	PESO DE CONCRETO (KG)	PESO DE CONCRETO CON ADITIVO (KG)	VOLUMEN (m3)	PESO UNITARIO DEL C° CON CEMENTO TIPO ICO (Kg/m3)	
				SIN ADITIVO	CON ADITIVO
1	13.126	12.975	0.00539	2435.34	2407.33
2	13.144	13.112	0.00539	2438.68	2432.75
3	13.091	13.161	0.00539	2428.85	2441.84
4	12.784	13.056	0.00539	2371.89	2422.36
5	12.806	13.305	0.00539	2375.97	2468.55
6	12.826	13.208	0.00539	2379.68	2450.56
7	13.151	13.156	0.00539	2439.98	2440.91
8	13.416	12.962	0.00539	2489.15	2404.92
9	13.123	13.087	0.00539	2434.79	2428.11
10	13.201	13.05	0.00539	2449.26	2421.24
Promedio				2424.36	2431.86
% Variación				100%	100.31%
DES. EST.				37.43	19.50
COEF. VAR.				1.54%	0.80%



Gráfico N° 9: Peso Unitario del concreto fresco para cada tipo de concreto.

De la **Tabla 14** y el **Gráfico N° 9** se aprecia los resultados obtenidos en el laboratorio, los peso unitario del concreto fresco promedio fueron 2424.36 kg/ m³ para concreto patrón y 2431.86 Kg/m³ para concreto con aditivo Z RETAR. La desviación estándar de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio es de 37.43 Kg/m³ para el concreto patrón y de 19.50 Kg/m³ para el concreto con aditivo Z RETAR. El coeficiente variación para el concreto patrón es de 1.52% y para el concreto con aditivo Z RETAR es de 1.44%.

Tabla 15: Porcentaje de variación del peso unitario fresco del concreto con aditivo Z RETAR. Con respecto al concreto patrón.

CONCRETO	PESO UNIT. PROMEDIO (°C)	PORCENTAJE	VARIACIÓN DE PESO UNITARIO FRESCO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2424.36	100%	-----
CON ADITIVO Z RETAR	2431.86	100.31%	0.31%

La variación porcentual de peso unitario fresco del concreto con aditivo Z RETAR es de 0.31% con respecto al concreto patrón dicha variación es insignificante, la cual nos indica que el aditivo no varía el peso unitario

fresco del concreto.

4.2.1. Contenido de aire por el método de presión en concreto fresco (astm –c 231–97)

En la prueba de contenido de aire del hormigón fresco se utilizó el Método de Presión aquí se determina la cantidad de aire a partir de la variación del volumen del concreto por una aplicación de una presión conocida.

Para determinar los valores del Contenido de aire se utilizó la Olla de Washington, la cual está constituida por un medidor en forma de manómetro (dial) que indica la cantidad de aire que existe dentro de la olla, y dos llaves pequeñas para aire y agua; obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 16: Valores de Contenido de Aire para cada tipo de mezcla de prueba.

CONTENIDO DE AIRE (%)		
Tipo de Mezcla de Prueba		% de Aire
Cemento Tipo ICO	Mezcla de Prueba (MFCA=5.50)	1.50

4.2.2. Análisis del peso unitario del concreto endurecido.

Con el ensayo de peso unitario del concreto se logra apreciar una influencia poco significativa de la presencia del aditivo Z RETAR en el concreto en estado endurecido.

Para determinar el peso unitario del concreto endurecido, se tomó el promedio de los pesos unitarios de los diez (10) especímenes para cada concreto (10 especímenes para el concreto patrón y 10 especímenes para el concreto con aditivo Z RETAR), a los 28 días de su fabricación. Los resultados de tallados de los ensayos se muestran en la **Tabla 73** y **Tabla 74**.

Los valores promedios del ensayo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17: Peso unitario promedio del concreto endurecido a los 28 días para cada tipo de concreto.

DATOS	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO A LOS 28 DÍAS en "Kg/m ³ "	
	CONCRETO CON SIN ADITIVO	CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR.
PROMEDIO	2306.53	2302.82
DESV. ESTANDAR. Y COEF. DE VARIACION		
DESV. EST.	49.38 Kg/cm ²	50.07 Kg/cm ²
COEF. VAR.	2.14%	2.17%

De la tabla anterior podemos observar los resultados del peso unitario endurecido promedio, obtenidos en laboratorio de las diferentes muestras, ensayadas a la edad de 28 días, los cuales fueron de 2306.53 Kg/m³ para el concreto patrón y de 2302.82 Kg/m³ para el concreto con aditivo Z RETAR.

La desviación estándar para el concreto patrón es de 49.38 Kg/m³ y para el concreto con aditivo Z RETAR es de 50.07 Kg/cm².

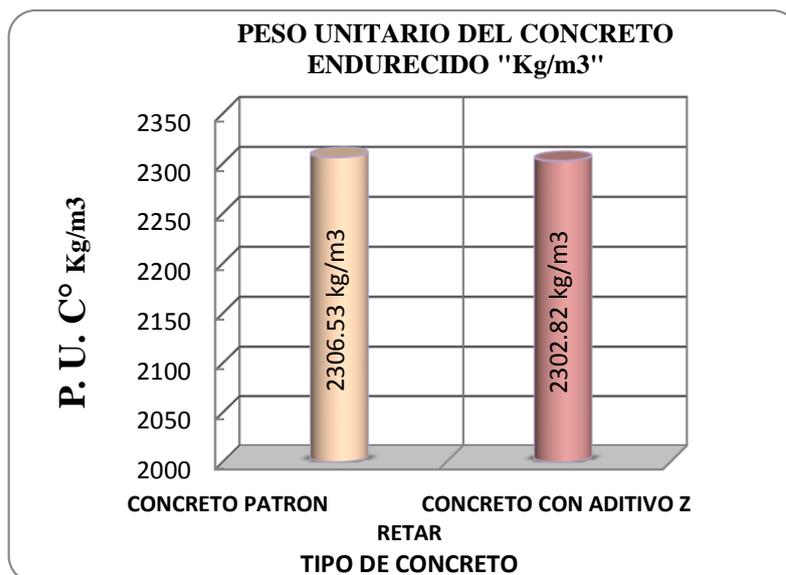


Gráfico N° 10: Peso Unitario del concreto endurecido para cada tipo de concreto.

Tabla 18: Porcentaje de variación del peso unitario endurecido del concreto con aditivo Z RETAR. con respecto al concreto patrón.

CONCRETO	PESO UNIT. ENDURECIDO PROMEDIO (Kg/m ³)	PORCENTAJE	VARIACIÓN DE PESO UNIT. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2306.53	100%	-----
CON ADITIVO Z RETAR	2302.82	99.84%	-0.16%

La variación porcentual de peso unitario endurecido del concreto con aditivo Z RETAR es insignificante la cual es de 0.16% menos con respecto al concreto patrón, por lo que podemos afirmar que el aditivo Z RETAR no varía el peso unitario endurecido del concreto.

4.2.3. Análisis de la resistencia a compresión

Los ensayos a compresión de los especímenes de concreto fueron realizados a las edades de 07, 14 y 28 días, para cada una se elaboraron 10 especímenes cilíndricos, elaborándose 30 especímenes sin aditivo y 30 con aditivo Z RETAR. El resultado de los ensayos realizado a la resistencia a la compresion es tan detallados en la **Tabla 75** y **Tabla 76**.

Los resultados a la resistencia de compresión promedio obtenidos se muestran en las tablas y gráficos que a continuación se presentan:

Tabla 19: Resistencia a compresión promedio de los diferentes especímenes evaluados.

PROMEDIO DE ENSAYOS A COMPRESIÓN (CEMENTO TIPO ICO) Kg/cm ² .			
CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	7 días	14 días	28 días
SIN ADITIVO	201.05	242.48	280.89
CON ADITIVO Z RETAR	188.88	234.47	294.51

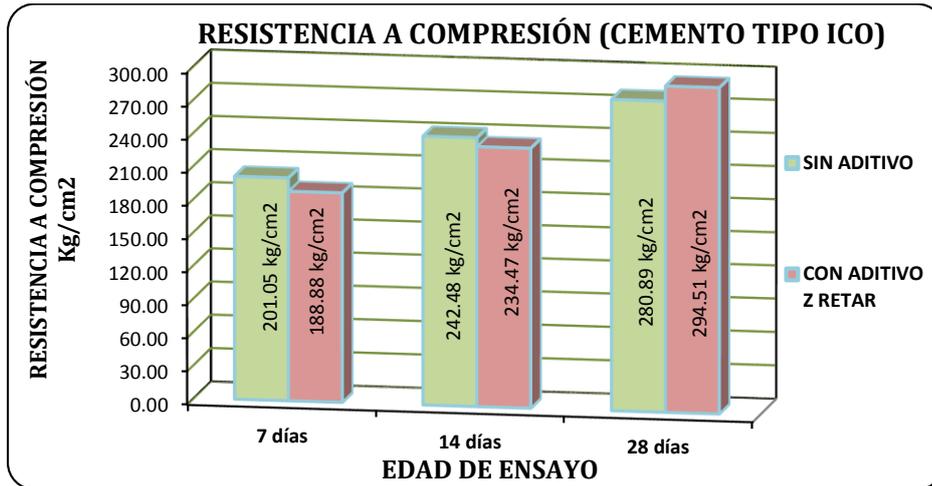


Gráfico N° 11: Resistencia promedio a la compresión de los diferentes especímenes de concreto evaluado.

Tal como se observa en la tabla y grafico anterior, los especímenes elaborados con Cemento Pacasmayo Tipo ICO, la resistencia a compresión promedio a los 7 días del concreto con aditivo Z RETAR es menor (188.88 Kg/cm²) que el concreto sin aditivo (201.05), a los 14 días las resistencia del concreto con aditivo Z RETAR que es de 234.47 Kg/cm², tiende a reducir la diferencia de la resistencia del concreto sin aditivo que es de 243.51 Kg/cm² y para 28 días se puede apreciar que el concreto con aditivo Z RETAR se incrementa con respecto al concreto sin aditivo.

Tabla 20: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto de la aplicación del aditivo Z RETAR.

VARIACION PORCENTUAL DE ENSAYOS A COMPRESIÓN (CEMENTO TIPO ICO) (%)			
CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
PATRON	100.00%	100.00%	100.00%
CON ADITIVO Z RETAR	93.95%	96.29%	104.63%

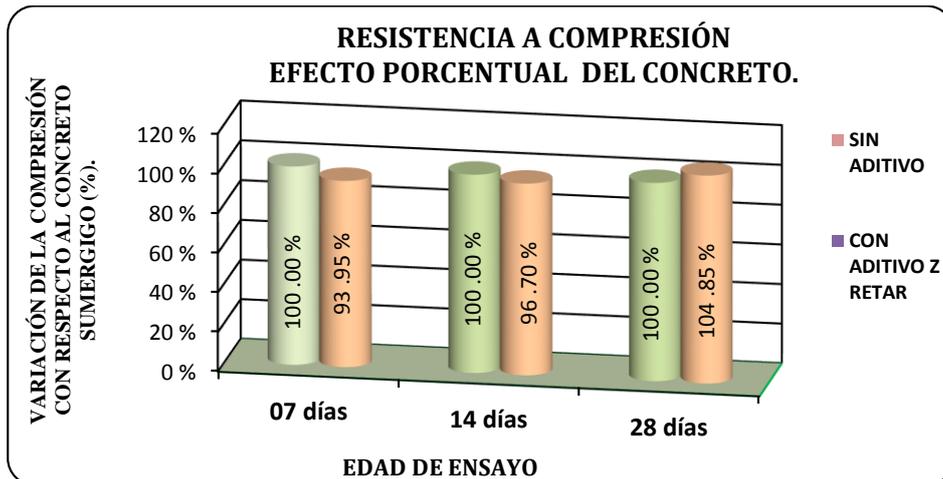


Gráfico N° 12: Variación porcentual de la resistencia a compresión tomando como base el concreto patrón.

Tal como se observa en la tabla y grafico anterior, los especímenes elaborados con Cemento Pacasmayo Tipo ICO, la resistencia a compresión promedio a los 7 días del concreto con aditivo Z RETAR es 6.05% menos con respecto al concreto sin aditivo, a los 14 días este porcentaje se reduce y para 28 días se puede apreciar que el concreto con aditivo Z RETAR se incrementa en un 4.85% con respecto al concreto sin aditivo.

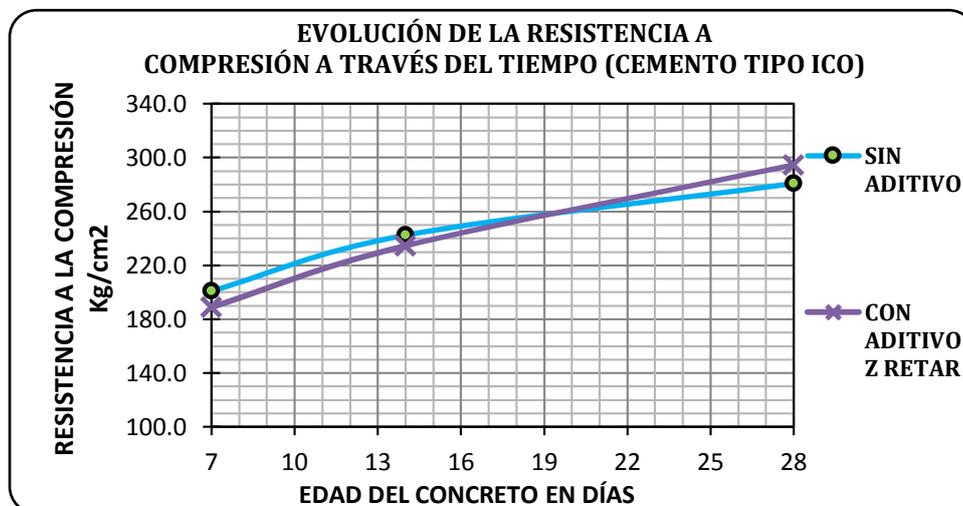


Gráfico N° 13: Evolución de la resistencia a compresión a través del tiempo, de concreto sin aditivo y con aditivo Z RETAR.

De acuerdo al **Gráfico N° 13** se puede apreciar que existe una diferencia en los primeros días, siendo menor el concreto con aditivo Z RETAR y durante el tiempo esta diferencia va reduciéndose hasta ser mayor la resistencia de concreto con aditivo Z RETAR respecto del concreto sin aditivo.

Tabla 21: Datos estadísticos de resistencia a la compresión a los 28 días.

DATOS	CONCRETO PATRON	CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR
	EDAD DE ENSAYO	
	28 días	28 días
PROMEDIO	280.89	294.51
DESV. EST.	8.40	9.93
COEF. VAR.	3%	3%

4.2.4. Análisis del módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto fue determinado a los 28 días de edad tomando el promedio de los especímenes de concreto elaborados, los resultados obtenidos se han representado de acuerdo a los métodos ACI 318S, Norma E 060, para ensayos de compresión. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 22: Módulos de elasticidad promedio de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S.

EDAD	CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	
		NORMA E.060	ACI 363R
28 DÍAS	PATRÓN	251599.04	248133.57
	CON ADITIVO Z RETAR	257622.10	252388.16

La tabla anterior muestra los módulos de elasticidad de los dos tipos de concreto con aditivo y sin aditivo según las normas ACI 318S, E. 060. La de mayor módulo de elasticidad es la de concreto con aditivo Z RETAR.

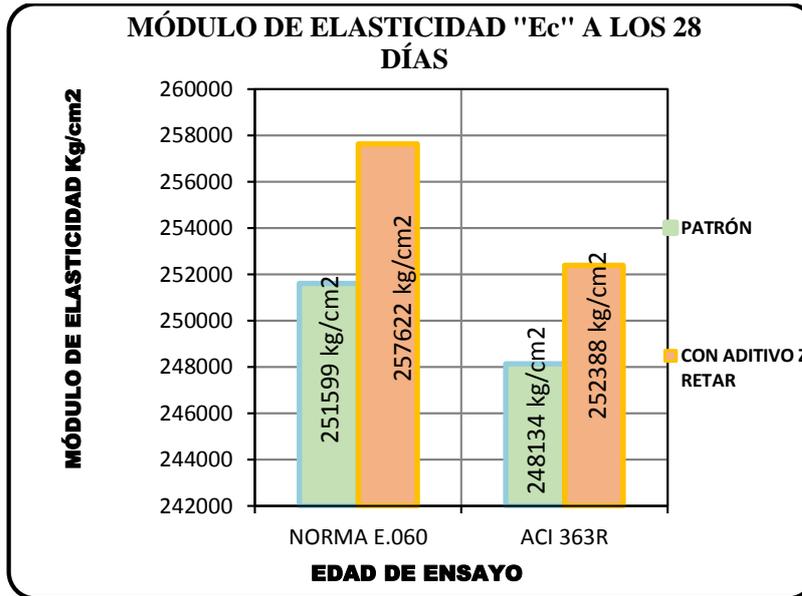


Gráfico N° 14: Módulo de elasticidad promedio a la compresión evaluado a los 28 días.

Tabla 23: Porcentaje de variación de módulo de elasticidad del concreto con aditivo z retar con respecto al concreto patrón.

EDAD	CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm²)	
		NORMA E.060	ACI 318S
28 DÍAS	PATRÓN	100.00%	100.00%
	CON ADITIVO Z RETAR	102.39%	101.71%

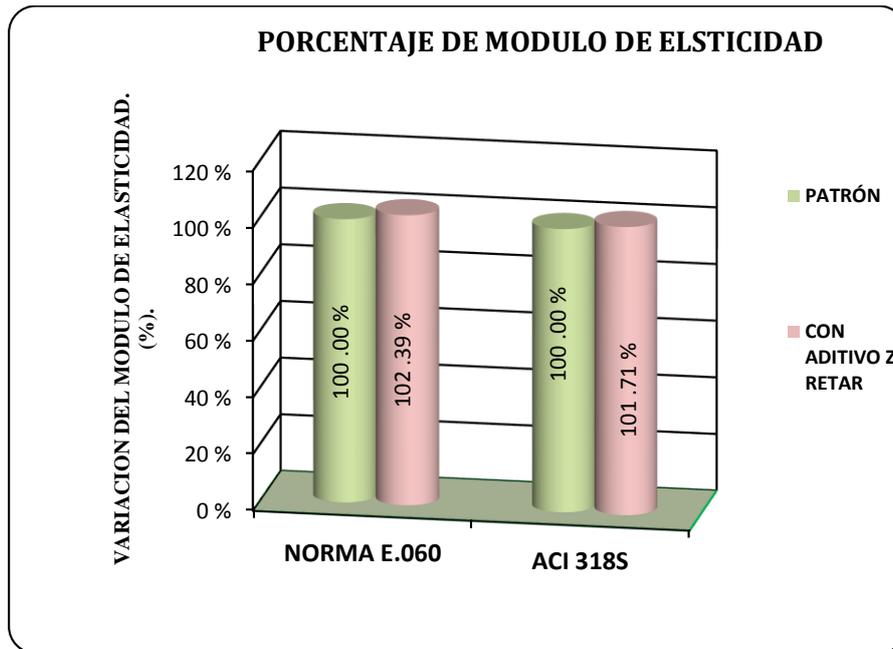


Gráfico N° 15: Porcentaje de variación del concreto.

4.2.5. Análisis del tipo de falla de especímenes a compresión

De acuerdo a la norma NTP 339.034, se ha observado y registrado los diferentes tipos de falla de los ensayos de la resistencia a compresión realizados en laboratorio, cuyo análisis se ha realizado para los tipos de concreto en evaluación (sin aditivo y con aditivo Z RETAR), y a las diferentes edades de ensayo (7, 14 y 28 días), evaluándose 60 especímenes de concreto a compresión, tal como se muestra a continuación.

Tabla 24: Tipos de falla obtenidos en los dos tipos concreto elaborados con cemento tipo ICO.

CONCRETO	TIPO DE FALLA EN C° CON CEMENTO TIPO ICO				TOTAL PROBETAS
	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	
SIN ADITIVO	13	8	4	5	30
CON ADITIVO Z RETAR	11	7	5	7	30
TOTAL PROBETAS					60

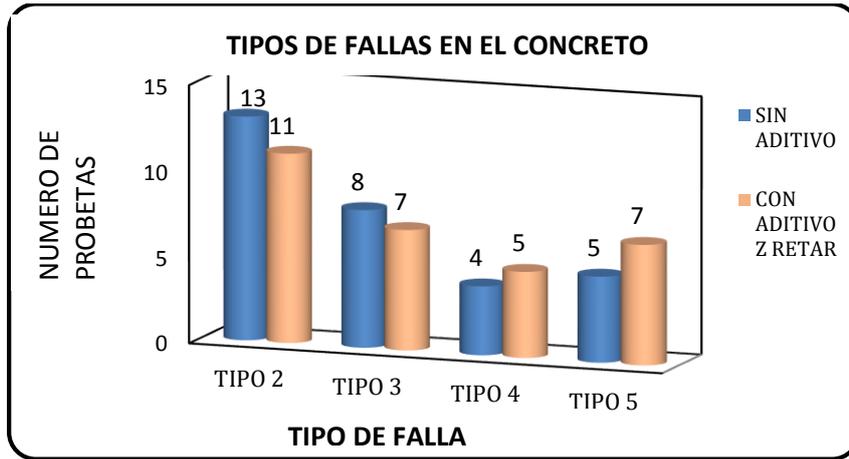


Gráfico N° 16: Tipos de falla obtenidos.

De la tabla y gráfico anteriores muestran que los especímenes elaborados con Cemento Tipo ICO, se determinó que el tipo de falla más común es el de tipo 2 que particularmente es el que más se ha presentado en los especímenes sin aditivo.

Tabla 25: Porcentajes de falla registradas en los ensayos a compresión con cemento tipo ICO sin aditivo.

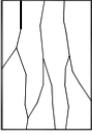
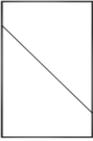
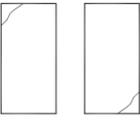
TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
TIPO 2	13	43.33 %
TIPO 3 	8	26.67 %
TIPO 4 	4	13.33 %
TIPO 5 	5	16.67 %
TOTAL	30	100.00 %

Tabla 26: Porcentajes de falla registradas en los ensayos a compresión con cemento tipo I con aditivo Z RETAR.

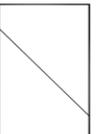
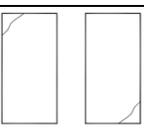
TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
TIPO 2	11	36.67 %
TIPO 3 	7	23.33 %
TIPO 4 	5	16.67 %
TIPO 5 	7	23.33 %
TOTAL	30	100.00 %

Tabla 27: Tipos y porcentaje de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.

TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
tipo 1	----	----
tipo 2	24	40.00%
tipo 3	15	25.00 %
tipo 4	9	15.00 %
tipo 5	12	20.00 %
TOTAL	60	100.00 %

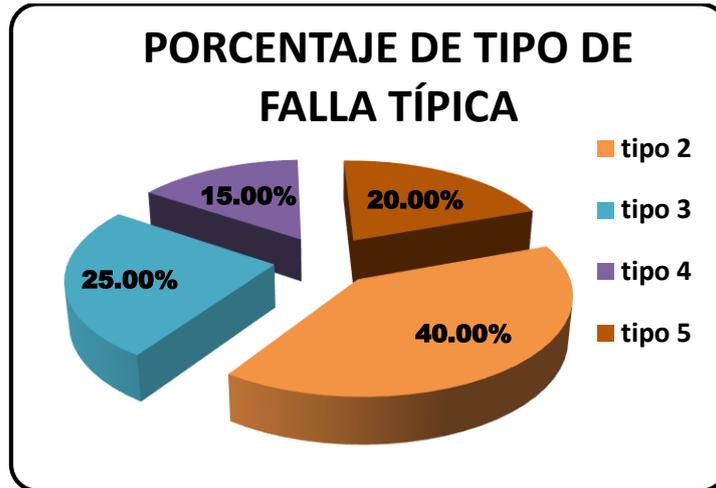


Gráfico N° 17: Representación de los tipos de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.

El tipo de falla más común registrado, fue el tipo 2 con un porcentaje del 40.00%. Los tipos de falla 3 y 4 resultaron porcentajes de 25% y 15% respectivamente. Para el tipo de falla 5 se obtuvo un 20%.

4.2.6. Análisis del modo de falla de especímenes a compresión

La falla estructural se produce cuando el elemento no puede cumplir su función de transmisión de esfuerzos o de retención de presión como se encuentra previsto en el diseño del elemento es decir la falla se produce cuando el elemento se torna incapaz de resistir los esfuerzos previstos en el diseño, esto obedece fundamentalmente a que en general se tiende a considerar el proceso global de deformación plástica que conduce al proceso de fractura.

Así pues, en este estudio se ha considerado evaluar el modo de falla de los especímenes a compresión, determinando cuan súbita es esta falla, evaluando la fragilidad o ductilidad, de las mismas, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 28: Modos de falla más comunes registrados en los ensayos a compresión con cemento tipo ICO.

CONCRETO	MODO DE FALLA EN C° CON CEMENTO TIPO ICO		TOTAL PROBETAS
	FRÁGIL	DÚCTIL	
PATRON	9	21	30
CON ADITIVO Z RETAR	10	20	30
TOTAL DE PROBETAS			60

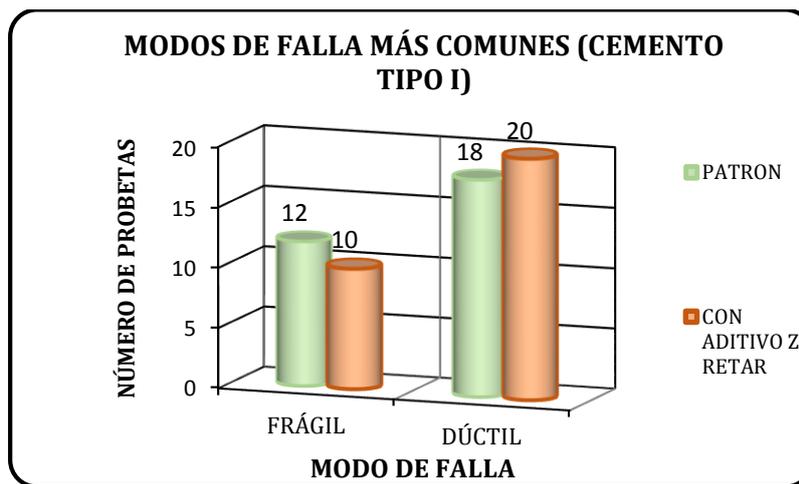


Gráfico N° 18: Modos de falla comunes registrados en los ensayos a compresión con Cemento Tipo ICO.

Tal como se muestra en el Tabla 28: **Modos de falla más comunes registrados en los ensayos a compresión con cemento tipo ICO.** Tabla 28 y en la Gráfico N° 18, los especímenes patrón presentan una falla frágil de 9 especímenes y una falla dúctil de 21 especímenes y para el concreto elaborado con aditivo Z RETAR presentan 10 especímenes falla frágil y 20 especímenes falla dúctil. Lo que demuestra que el aditivo Z RETAR no influye en el modo de falla del concreto.

Tabla 29: Porcentajes de los modos de falla registrados a compresión con cemento tipo ICO.

MODO DE FALLA EN CONCRETO CON CEMENTO TIPO ICO				
MODO DE FALLA	CONCRET O PATRON	CONCRET O CON ADITIVO Z RETAR	CONCRET O PATRON (%)	CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR (%)
FRÁGIL	12	10	40.00%	33.33%
DÚCTIL	18	20	60.00%	66.67%
TOTAL	30	30	100%	100%

De la tabla anterior podemos apreciar los porcentajes de modo de falla de los especímenes evaluados a compresión del concreto patrón y del concreto con aditivo Z RETAR, apreciándose un 40% de falla frágil y 60% de falla dúctil para los especímenes patrón, mientras para los especímenes de concreto con aditivo Z RETAR tiene 33.33% de falla frágil y 66.67% de falla dúctil.

4.3 Análisis de costos.

El análisis de los costos de la mezcla de diseño elaborado, se realizó para 1 m³ de concreto, teniendo en cuenta el costo de los insumos, los materiales empleados para cada caso son:

- Agregado Fino: Cantera “Josecito”.
- Agregado Grueso: Cantera “Josecito”.
- Cemento: Pacasmayo Tipo ICO.
- Agua: Potable de la ciudad de Jaén.
- Aditivo: Z RETAR.

Los costos obtenidos por el tesista para la fabricación de una unidad cubica de concreto son los siguientes:

Tabla 30: Costos por metro cubico de concreto (considerando solo materiales).

DISEÑO	TIPO DE CONCRETO	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	PU(S/.)	PARCIAL (s/.)	TOTAL	RESISTENCIA (Kg/cm2)
Concreto relación a/c=0.60	PATRON	Cemento	bls	8.600	24.00	206.40	236.21	280.89
		Agua	m3	0.220	0.25	0.06		
		Agregado Fino	m3	0.300	45.00	13.50		
		Agregado Grueso	m3	0.360	45.00	16.20		
		Agua de Curado	m3	0.200	0.25	0.05		
	Con aditivo Z RETAR	Cemento	bls	8.600	24.00	206.40	243.47	294.52
		Agua	m3	0.220	0.25	0.06		
		Agregado Fino	m3	0.300	45.00	13.50		
		Agregado Grueso	m3	0.360	45.00	16.20		
		Aditivo Z RETAR	Gln	0.220	33.00	7.26		
		Agua de Curado	m3	0.200	0.25	0.05		

La Tabla 30: **Costos por metro cubico de concreto (considerando solo materiales).**Tabla 30, muestra los costos por metro cubico de concreto, dando como resultado para concreto sin aditivo y con aditivo Z RETAR tienen un costo de S/. 236.21 y S/. 243.47.

4.4 Contrastación de la hipótesis

Se verifico que la aplicación del aditivo Z RETAR aumenta en unas horas más el tiempo de fraguado, mejora la trabajabilidad pero la resistencia a la compresión no se incrementa en 10% en comparación del concreto patrón ya que:

- El tiempo de fraguado del concreto con aditivo Z RETAR registro un incremento de 1.10 horas para el fraguado inicial y un incremento de 1.70 horas para el fraguado final, en comparación al concreto patrón.
- El asentamiento del concreto con aditivo Z RETAR registro un incremento de 14.29% en comparación con el concreto patrón.
- En la resistencia a Compresión los especímenes elaborados con aditivo Z RETAR se registró un incremento de la resistencia de 4.85% a los 28 días, en comparación del concreto patrón.

5 CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

- El valor de las propiedades físico mecánicas de los agregados son:

PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS	A. FINO	A. GRUESO
Módulo de finura	3.00	7.29
Tamaño Máximo Nominal	-----	1"
Peso específico de Masa (gr/cm ³)	2.56	2.18
Absorción (%)	1.83	0.93
Contenido de Humedad (%)	1.55	0.59
Peso unitario seco suelto (kg/m ³)	1620	1471
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1926	1629
Partículas menores que pasan el tamiz N° 200 (%)	9.83%	0.43%

- Se observó que el asentamiento con aditivo Z RETAR es de 9.86 cm, mientras del concreto patrón fue de 8.64 cm, representando un aumento porcentual con respecto al concreto patrón de 14.29%, deduciéndose entonces que a mayores porcentajes de adición del aditivo Z RETAR que la usada en esta investigación, el aumento de asentamiento será aún mayor.
- Los tiempos de fraguado del concreto sin aditivo es para el fraguado inicial es de 3.00 horas, el fraguado final desde iniciado la realización del concreto es de 6.60 horas, mientras para el concreto con aditivo Z RETAR es para el fraguado inicial de 4.10 horas y para el fraguado final desde iniciado la realización del concreto es de 8.30 horas. Lo cual tiene un aumento porcentual para el fraguado inicial con respecto al concreto patrón de 36.67%, concluyendo de esta manera en que la incorporación del aditivo Z RETAR en la mezcla aumenta el tiempo de fraguado inicial.
- La utilización del aditivo Z RETAR no tiene efecto importante en la temperatura del concreto, en el peso unitario al estado fresco y endurecido en comparación con el concreto patrón.

- Se observa que la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Z RETAR a los 7 días disminuye porcentualmente en 6.05% con respecto al concreto patrón, a los 14 días el porcentaje reduce la diferencia a 3.71% respecto al concreto patrón y a los 28 días aumenta la variación porcentual en 4.85% con respecto al concreto patrón. Se puede decir, que la adición del aditivo Z RETAR influye en la resistencia a la compresión del concreto a través del tiempo, aumentando la resistencia a los 28 días de ensayo. El tipo de falla más recurrente en los especímenes tanto para concreto patrón y con aditivo Z RETAR fue el tipo 2.

5.2 Recomendaciones.

- Se debe realizar los ensayos a compresión a los 90 días en otros estudios de investigación que utilicen aditivos retardantes de fragua para poder determinar si se incrementa más la resistencia a la compresión del concreto.
- Para temperaturas diferentes a esta investigación tendrán que determinar la dosificación correspondiente de aditivo Z RETAR ya que esta depende de la temperatura ambiente de donde se realizara la mezcla de concreto. Teniendo en cuenta que a temperaturas extremadamente altas alrededor de 60 °C el aditivo retardante de fragua dejan de ser efectivos.
- Se recomienda continuar con investigaciones de una naturaleza similar a la presente, ya que se desconoce el comportamiento de otros aditivos retardantes de fragua al pie de obra.
- La cantera de Josecito tiene alto porcentaje de finos en la arena, por lo que se recomienda hacer un prelavado para evitar que las partículas finas disminuyen la adherencia y resistencia del concreto endurecido.
- El agregado debe ser mejorado en su granulometría ya que es un material mal gradado y no cumple con las especificaciones técnicas vigentes.

- Se debe realizar investigaciones similares con otras canteras que puedan cumplir con las normas técnicas vigentes.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1 Investigaciones:

- Gerardo A. Rivera L. 2011. Concreto simple. 256 p
- Remigio Rojas Reyes .2010. Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro. 97 p.
- Estela Santiago Patricio. “Diferentes tipos de aditivos para el concreto” monografía para obtener el título de Ingeniero. Universidad Veracruzana -México 2011.
- Harold Castellón Corrales y Karen de la Ossa Arias. “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad de Cartagena – Colombia 2013.
- Vanessa Villalobos y Claudia Villalobos. Análisis del comportamiento del concreto de resistencia de 210 kg/cm² utilizando el aditivo Sika Plast 200VE”. tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Rafael Urdaneta – Venezuela 2010.

6.2 Libros

- Abanto Castillo. Flavio. Tecnología del concreto (Teoría y problemas). Lima. Perú.
- Aditivos, Clasificación, Requisitos y Ensayos, elaborado por el Centro Tecnológico del Hormigón (CTH).
- American Concrete Institute – Capitulo Peruano. Tecnología del Concreto. 1998.
- Estrada, CG; Páez, R. 2014. Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. 201 p.
- Gamero, O. 2008. Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero wirand. Tesis Ing.

Civil. Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería. 53 p.

- Kosmatka H., S.; Kerkhoff, B.; C. Panarese, W.; Tanesi, J. sf. Diseño y control mezclas de concreto.
- Pasquel Carbajal, Enrique. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional. 1998.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. 2014.
- Rivva López, Enrique. Control del concreto en obra. Lima. Perú. 2^a. Ed. 2006.
- Rivva López, Enrique. Concreto de alta resistencia. Lima. Perú. 3^a. Ed. 2014.
- Rivva López, Enrique. Diseño de Mezclas. Lima. Perú. 2007.

6.3 Normas

- NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2^a. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3^a. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.017.2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados. 3^a. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.018.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (N° 200). 3^a. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.019.2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. 2^a. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.
- NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5^a. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

- NTP 339.034.2008 (revisada 2013). CONCRETO (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.046.2008 (revisada 2013). CONCRETO (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto (concreto). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.047.2006. CONCRETO (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.088.2006 CONCRETO (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.183.2013. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.185.2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.010.2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.021.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.022.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto (concreto). 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

7 ANEXO

7.1 Tablas para el diseño de mezclas

Tabla 31: Resistencia a la compresión promedio.

$f'c$ (kg / cm ²)	$f'cr$ (kg / cm ²)
Menor de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas.

Tabla 32: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	$\geq 5"$	Muy Trabajable

Fuente: Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas.

Tabla 33: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada.

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado	1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Contenido de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con aire incorporado	1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
	Contenido de aire total	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas.

Tabla 34: Módulo de finura de la combinación de agregados.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de finura de la combinación de los agregados para los contenidos de cemento en saco / m ³ indicados.			
	6	7	8	9
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.39

Estos valores están referidos al agregado grueso, adecuadamente graduado con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores deben incrementarse o disminuirse en porcentaje de vacíos, 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Los valores de esta tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimento o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables deben ser incrementados en 0.2. (: Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezclas.)

7.2 Tablas para propiedades físico mecánicas de agregados.

Tabla 35: Porción de la muestra de campo requerida para los ensayos de laboratorio.

Tamaño del agregado	Masa de la muestra de campo, mín. Kg (lbs)	Muestra de campo Volumen mín. L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm [N° 8]	10 [22]	8 [2]
4.75 mm [N° 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado Grueso		
09.5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12.5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19.0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25.0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37.5 mm [1 1/2 in.]	75 [165]	60 [15]
50.0 mm [2 in.]	110 [220]	80 [21]
63.0 mm [2 1/2 in.]	125 [275]	100 [26]
75.0 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90.0 mm [3 1/2 in.]	175 [385]	140 [37]

Fuente: NTP 400.010-2011.

Tabla 36: Husos granulométricos del agregado fino.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA (%) LÍMITES TOTALES
9.50 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 micrones (N° 30)	25 a 60
300 micrones (N° 50)	05 a 30
150 micrones (N° 100)	0 a 10

*Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33

Tabla 37: Husos granulométricos del agregado grueso:

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (¾ pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3½ pulg a 1½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2½ pulg a 1½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm. a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 mm. a 9.5 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...

	(3/4 pulg a 3/8 pulg)														
67	19.0 mm. a 4.75 mm (3/4 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12.5 mm. a 4.75 mm (1/2 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9.5 mm. a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	9.5 mm. a 1.18 mm (3/8 pulg a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá concreto (concreto) de la calidad requerida.

Fuente: Norma NTP 400.037 – 2002.

Tabla 38: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa.

Tamaño nominal máximo del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	Pulg	m ³ (l)	pie ³
12.5	½	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 ½	0.0140 (14)	½
75	3	0.0280 (28)	1
100	4	0.0700 (70)	2 ½
125	5	0.1000 (100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017-2011.

Tabla 39: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200.

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, gr
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5000

Fuente: NTP 400.018-2013.

7.3 Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Tabla 40: Granulometría del agregado fino, ensayo 01.

ENSAYO N°01			Peso de la Muestra				1000gr	
Abertura de malla	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que	Limites ASTM	Descripción de la muestra		
Pulg.	mm	Retenido	Parcial	Pasa	C-33			
3/8"	9.53			100	100			
N°04	4.76	18.40	1.84	1.84	98.16	95 - 100	Agregado fino para elaboración de concreto	
N°08	2.38	237.60	23.76	25.60	74.40	80 - 100		
N°16	1.19	178.60	17.86	43.46	56.54	50 - 85		
N°30	0.59	168.10	16.81	60.27	39.73	25 - 60	Módulo de fineza: 2.99 %	
N°50	0.3	174.80	17.48	77.75	22.25	10 - 30	Arena procedente de la	
N°100	0.15	123.80	12.38	90.13	9.87	2 - 10	Concreto f _c =250kg/cm ²	
CAZOLETA		98.70	9.87	100.00	0.00			
Peso Inicial (g)		1000.00						

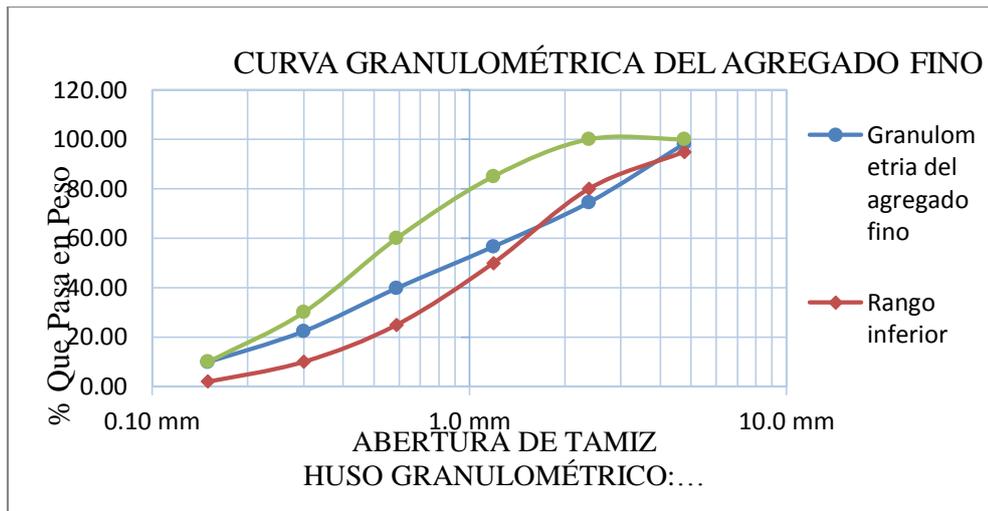


Gráfico N° 19: Curva granulométrica del agregado fino ensayo 01.

Tabla 41: Granulometría del agregado fino, ensayo 02.

ENSAYO N°02		Peso de la Muestra				540gr	Descripción de la muestra
Abertura de malla	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Limites ASTM C-33		
Pulg.	mm						
3/8"	9.53	0		100	100		
N°04	4.76	13.50	2.50	2.50	97.50	95 - 100	Agregado fino para elaboración de concreto
N°08	2.38	131.20	24.30	26.80	73.20	80 - 100	
N°16	1.19	96.00	17.78	44.57	55.43	50 - 85	Módulo de fineza: 3.04 %
N°30	0.59	93.70	17.35	61.93	38.07	25 - 60	
N°50	0.3	88.20	16.33	78.26	21.74	10 - 30	Arena procedente de la
N°100	0.15	64.30	11.91	90.17	9.83	2 - 10	Concreto f _c =250kg/cm ²
CAZOLETA		53.10	9.83	100.00	0.00		
Peso Inicial (g)		540.00					

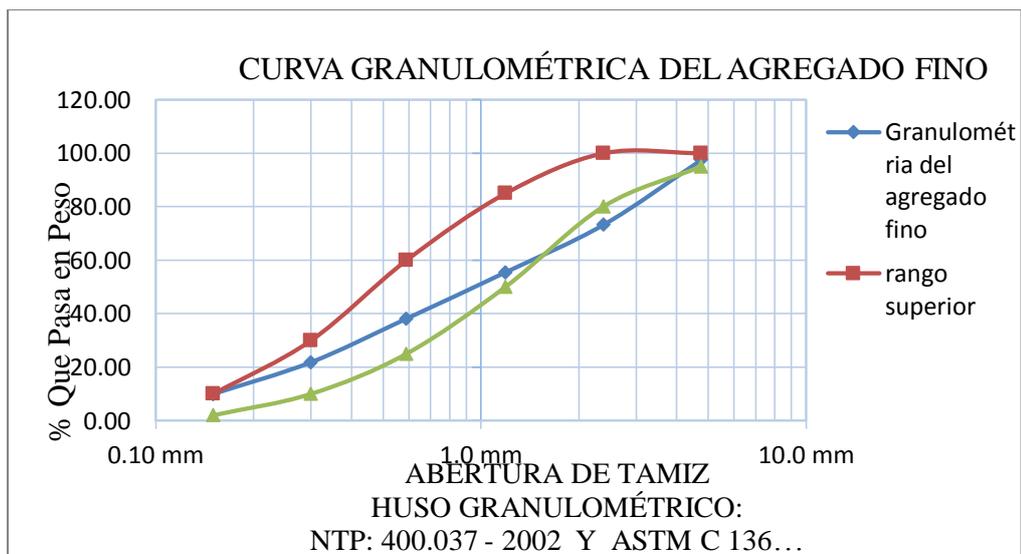


Gráfico N° 20: Curva granulométrica del agregado fino ensayo 02.

Tabla 42: Granulometría del agregado fino, ensayo 03.

ENSAYO N°03			Peso de la Muestra				625gr
Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites ASTM C-33	Descripción de la muestra
Pulg.	mm						
3/8"	9.53	0			100	100	
N°04	4.76	16.80	2.69	2.69	97.31	95 - 100	Agregado fino para elaboración de concreto
N°08	2.38	144.20	23.07	25.76	74.24	80 - 100	
N°16	1.19	109.90	17.58	43.34	56.66	50 - 85	
N°30	0.59	106.40	17.02	60.37	39.63	25 - 60	
N°50	0.3	107.80	17.25	77.62	22.38	10 - 30	Arena procedente de la
N°100	0.15	76.10	12.18	89.79	10.21	2 - 10	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$
CAZOLETA		63.80	10.21	100.00	0.00		
Peso Inicial (g)		625.00					

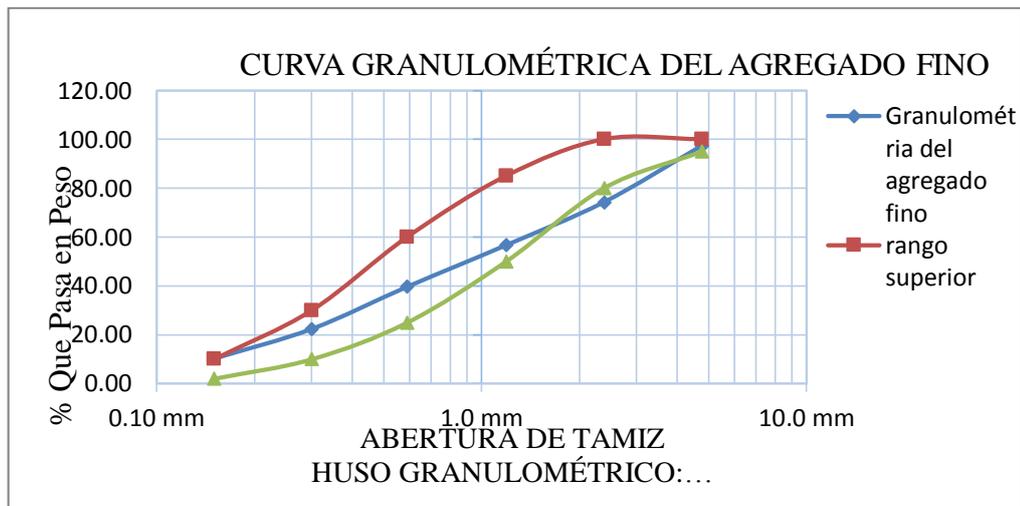


Gráfico N° 21: Curva granulométrica del agregado fino ensayo 03.

Tabla 43: Granulometría del agregado grueso.

Ensayo N°01				Peso de la Muestra		8020 gr	
Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Huso Granulométrico N°56	Descripción de la muestra
Pulg.	mm						
1 1/2"	38.10	0	0.00	0.00	100.00	100	
1"	25.40	1444	18.00	18.00	82.00	90-100	Agregado grueso para elaboración de concreto
3/4"	19.05	1123	14.00	32.00	68.00	40-85	
1/2"	12.70	4251	53.00	85.00	15.00	10-40	Humedad Natural:
3/8"	9.53	962	12.00	97.00	3.00	0-15	OBSERVACIONES:
N°04	4.76	223	2.78	99.78	0.22	0-5	
Cazoleta		18	0.22	100.00	0.00	0	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$
Peso Inicial (g)		8020.00					Mf= 7.29

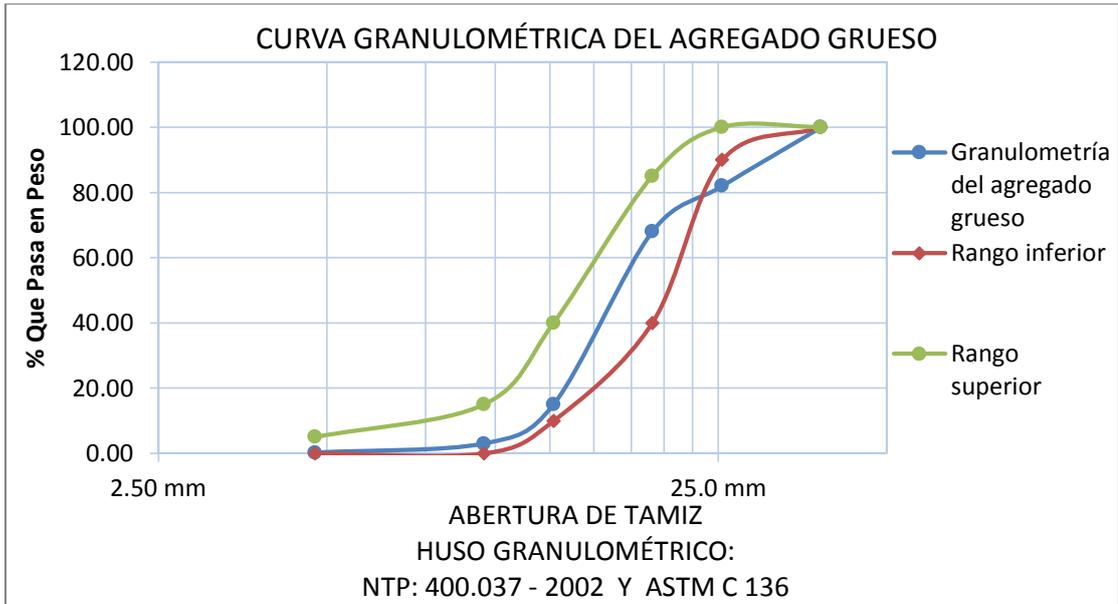


Gráfico N° 22: Curva granulométrica del agregado grueso.

Tabla 44: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200, del agregado grueso.

<i>ITEM</i>	<i>ENSAYO N° 01</i>	<i>ENSAYO N° 02</i>	<i>ENSAYO N° 03</i>
<i>Peso del material seco antes del ensayo (gr.)</i>	2365	2050	2038
<i>Peso del material seco después del ensayo (gr.)</i>	2355	2041	2029
<i>Peso de las partículas menores al tamiz n° 200</i>	10	9	9
<i>PORCENTAJE DE PARTICULAS MENORES AL TAMIZ N° 200</i>	0.42%	0.44%	0.44%
<i>% PROMEDIO DE PARTICULAS MENORES AL TAMÍZ N° 200</i>	0.43%		

Tabla 45: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200, del agregado fino.

<i>ITEM</i>	<i>ENSAYO N° 01</i>	<i>ENSAYO N° 02</i>	<i>ENSAYO N° 03</i>
<i>Peso del material seco antes del ensayo (gr.)</i>	512.8	519.6	520.5
<i>Peso del material seco después del ensayo (gr.)</i>	461.3	469.1	469.9
<i>Peso de las partículas menores al tamiz n° 200</i>	51.5	50.5	50.6
<i>PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200</i>	10.04%	9.72%	9.72%
<i>% PROMEDIO DE PARTICULAS MENORES AL TAMÍZ N° 200</i>	9.83%		

Tabla 46: Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.

PESO ESPECÍFICO DE MASA Y ABSORCIÓN		M01	M02	M03	Und.
K=	Peso de la muestra secada al horno	2410.0	2459.0	2594.0	g
L=	Peso de la muestra saturada con superficie seca	2435.0	2482.0	2615.0	g
M=	Peso de la muestra sumergida en agua	1325.0	1354.0	1437.0	g
	Peso específico masivo (Bulk)	K/(L-M)	2.17	2.18	2.2
	Peso específico masivo promedio	2.18			
	Peso específico masivo S:S.S.	L/(L-M)	2.19	2.2	2.22
	Peso específico de masa promedio	2.2			
	Peso específico aparente	K/(K-M)	2.22	2.23	2.24
	Peso específico aparente promedio	2.23			
	Absorción %	$((L-K)/K)*100$	1.04	0.94	0.81
	Absorción promedio%	0.93			%

Tabla 47: Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.

PESO ESPECÍFICO DE MASA Y ABSORCIÓN		M01	M02	M03	Und.
K=	Peso de la muestra secada al horno	492.1	392.5	490.3	g
L=	Peso del picnómetro y agua al ras	557.4	557.9	557.4	g
M=	Peso del picnómetro, muestra y agua al ras	867.2	800.3	869.5	g
N=	Peso de la muestra saturada con superficie seca	500	400	500	g
Peso específico masivo (Bulk)		$K/(L+N-M)$	2.59	2.49	2.61
Peso específico masivo promedio			2.56		
Peso específico masivo S.S.S.		$N/(L+N-M)$	2.63	2.54	2.66
Peso específico de masa promedio			2.61		
Peso específico aparente		$K/(K+L-M)$	2.7	2.61	2.75
Peso específico aparente promedio			2.69		
Absorción %		$((N-K)/K)*100$	1.61	1.91	1.98
Absorción promedio%			1.83		

Tabla 48: Contenido de humedad del agregado grueso.

HUMEDAD NATURAL		M01	M02	M03	Und.
N=	Peso de la muestra húmeda	647.60	737.00	685.60	g
O=	Peso de la muestra seca	644.5	731.80	681.60	g
Q=	Contenido de agua	$N - O$	3.10	5.20	4.00
S=	Humedad %	$(Q/R)*100$	0.48	0.71	0.59
Humedad Natural Promedio			0.59		

Tabla 49: Contenido de humedad del agregado fino.

HUMEDAD NATURAL		M01	M02		Und.
O=	Peso de la muestra húmeda	516.10	540.00	503.70	g
P=	Peso de la muestra seca	506.60	535.10	494.50	g
R=	Contenido de agua	$O - P$	9.50	4.90	9.20
T=	Humedad %	$(R/S)*100$	1.88	0.92	1.86
Humedad Natural Promedio			1.55		

Tabla 50: Peso unitario suelto del agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO		M01	M02	M03	Und.
A=	Peso del molde + Peso de la muestra de piedra chancada	23284	23121	23202	g
B=	Peso del molde	1491	1491	1491	g
C=	Peso de la muestra de piedra chancada	$(A-B)$	21793	21630	21711
D=	Volumen del molde	14759.83	14759.83	14759.83	cm ³
E=	Peso unitario suelto	(C/D)	1.477	1.465	1.471
Peso Unitario suelto Promedio			1.47		

Tabla 51: Peso unitario compactado del agregado grueso.

PESO UNITARIO VARILLADO COMPACTADO		M01	M02	M03	Und.
F=Peso del molde + Peso de la muestra de piedra chancada varillada		25729	25835	25069	g
G=Peso del molde		1491	1491	1491	g
H=Peso de la muestra de piedra chancada varillada (F-G)		24238	24344	23578	g
I=Volumen del molde		14759.83	14759.83	14759.83	cm ³
J= Peso unitario varillado (H/I)		1.642	1.649	1.597	g/cm ³
Peso Unitario Varillado Promedio		1.63			g/cm ³

Tabla 52: Peso unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO		M01	M02	M03	Und.
A=Peso del molde + Peso de la muestra de arena		25339	25516	25355	g
B=Peso del molde		1491	1491	1491	g
C=Peso de la muestra de arena (A-B)		23848	24025	23864	g
D=Volumen del molde		14759.83	14759.83	14759.83	cm ³
E= Peso unitario suelto (C/D)		1.616	1.628	1.617	g/cm ³
Peso Unitario suelto Promedio		1.62			g/cm ³

Tabla 53: Peso unitario compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO VARILLADO COMPACTADO		M01	M02		Und.
F=Peso del molde + Peso de la muestra arena varillada		29928	29932	29901	g
G=Peso del molde		1491	1491	1491	g
H=Peso de la muestra de arena varillada (F-G)		28437	28441	28410	g
I=Volumen del molde		14759.83	14759.83	14759.83	cm ³
J= Peso unitario varillado (H/I)		1.927	1.927	1.925	g/cm ³
Peso Unitario Varillado Promedio		1.93			g/cm ³

Tabla 54: Resistencia a la abrasión.

Resistencia de Abrasión:		
Graduacion	B	
Peso muestra	5000	g
1 1/2" - 1"		
1" - 3/4"		
3/4" - 1/2"	2500	g
1/2" - 3/8"	2500	g
3/8" - 1/4"		
1/4" - N°4		
N°4 - N° 8		
Total desgaste	939	g
Ret. N° 12	4061	g
%Desgaste	18.78%	

Tabla 55: Tipo de gradación según peso retenido para determinar el número de esferas.

TAMAÑO DE LOS TAMICES		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1 1/2")	25.40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19.00 mm (3/4")	12.70 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12.70 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6.35 mm (1/4")	4.76 mm (N° 4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4.76 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	-----	-----	-----	5000 ± 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.019.

Tabla 56: Número de esferas según tipo de gradación del material.

GRADACIÓN	NÚMEROS DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (grs)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.019

Tabla 57: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba.

CILINDRO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área superficial superior del espécimen Cm ² (pulg ² .)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de Superficie
320 (50) a más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de Superficie
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLÁSTICO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Fuente: Normas NTP 339.183 - 2013.

Tabla 58: Número de capas de compactación requeridas por espécimen.

TIPO Y TAMAÑO DE ESPECÍMENES mm (pulg.)	MODO DE CONSOLIDACIÓN	Nº DE CAPAS DE APROX. IGUAL PROFUNDIDAD
CILINDROS DIÁMETROS EN mm (pulg.)		
75 a 100 (3 a 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Hasta de 225 (9)	Vibración	2
PRISMAS Y CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTOS PLÁSTICOS PROFUNDIDAD EN mm (pulg.)		
Hasta 200 (8)	Varillado	2
Más de 200 (8)	Varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	Vibración	1
Más de 200 (8)	Vibración	2 o más

Fuente: Norma NTP 339.183 - 2013.

Tabla 59: Capacidad de los recipientes de medición.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDICIÓN	
Pulg.	mm.	Pie³	L
1	25.0	0.2	6
1 ½	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 ½	112	2.5	70
6	150	3.5	100

Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar el concreto que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeños que los listados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal listado.

Fuente: Normas NTP 339.046 - 2013.

Tabla 60: Tolerancias en los tiempos de prueba de los especímenes de concreto.

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	± 0.5 h ó 2.1 %
03 días	± 2.0 h ó 2.8 %
07 días	± 6.0 h ó 3.6 %
28 días	± 20 h ó 3.0 %
90 días	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: Normas NTP 339.034 - 2013.

7.4 Diseño de mezclas de concreto.

Tabla 61: Diseño de mezcla del concreto para ajuste de mezclas de prueba Cemento Portland Compuesto Tipo ICO.

TESIS INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE : CONCRETO F'C=250 Kg/cm2 EN LA CIUDAD DE JAEN.																																																									
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.																																																									
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS																																																									
Fecha de Diseño : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2016 Realizado por : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.																																																									
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS Cantera de donde se extraen los material: Josecito																																																									
<table border="1"> <tr> <td>DATUM</td> <td>USO</td> <td>FRANJA</td> </tr> <tr> <td>WGS-84</td> <td>17</td> <td>M</td> </tr> </table>	DATUM	USO	FRANJA	WGS-84	17	M																																																			
DATUM	USO	FRANJA																																																							
WGS-84	17	M																																																							
COORDENADAS UTM ESTE : 0748260.63 NORTE : 9355651.59 COTA : 544.00 m.s.n.m																																																									
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO																																																									
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	250.00 kg / cm2																																																								
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm2																																																								
Incremento	86.70 kg / cm2 84																																																								
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	334.00 kg / cm2																																																								
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES																																																									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">AGREGADO FINO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">AGREGADO GRUESO</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelto seco (kg/m3) :</td> <td>1620</td> <td>Peso unitario suelto seco (kg/m3) :</td> <td>1471.00</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario seco compactado (kg/m3) :</td> <td>1926</td> <td>Peso unitario seco compactado (kg/r) :</td> <td>1629.00</td> </tr> <tr> <td>Peso específico de masa (gr/cm3) :</td> <td>2.56</td> <td>Peso específico de masa (gr/cm3) :</td> <td>2.18</td> </tr> <tr> <td>Absorción (%) :</td> <td>1.83</td> <td>Absorción (%) :</td> <td>0.93</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%) :</td> <td>1.55</td> <td>Contenido de Humedad (%) :</td> <td>0.59</td> </tr> <tr> <td>Módulo de Finura :</td> <td>3.01</td> <td>Módulo de Finura :</td> <td>7.29</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">CEMENTO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :</td> </tr> <tr> <td>Norma :</td> <td>NTP 334.009-2013</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Perfil del Agregado :</td> </tr> <tr> <td>Tipo de Cemento :</td> <td>Pacasmayo Portland Compuesto Tipo ICO.</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Angular</td> </tr> <tr> <td>Peso Específico (gr/cm : 2.92</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">AGUA</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Norma :</td> <td>NTP 334.009-2013</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Específico (gr/cm : 1.00</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1620	Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1471.00	Peso unitario seco compactado (kg/m3) :	1926	Peso unitario seco compactado (kg/r) :	1629.00	Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.56	Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.18	Absorción (%) :	1.83	Absorción (%) :	0.93	Contenido de Humedad (%) :	1.55	Contenido de Humedad (%) :	0.59	Módulo de Finura :	3.01	Módulo de Finura :	7.29	CEMENTO		Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :		Norma :	NTP 334.009-2013	Perfil del Agregado :		Tipo de Cemento :	Pacasmayo Portland Compuesto Tipo ICO.	Angular		Peso Específico (gr/cm : 2.92				AGUA				Norma :	NTP 334.009-2013			Peso Específico (gr/cm : 1.00			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO																																																							
Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1620	Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1471.00																																																						
Peso unitario seco compactado (kg/m3) :	1926	Peso unitario seco compactado (kg/r) :	1629.00																																																						
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.56	Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.18																																																						
Absorción (%) :	1.83	Absorción (%) :	0.93																																																						
Contenido de Humedad (%) :	1.55	Contenido de Humedad (%) :	0.59																																																						
Módulo de Finura :	3.01	Módulo de Finura :	7.29																																																						
CEMENTO		Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :																																																							
Norma :	NTP 334.009-2013	Perfil del Agregado :																																																							
Tipo de Cemento :	Pacasmayo Portland Compuesto Tipo ICO.	Angular																																																							
Peso Específico (gr/cm : 2.92																																																									
AGUA																																																									
Norma :	NTP 334.009-2013																																																								
Peso Específico (gr/cm : 1.00																																																									
DISEÑO DE MEZCLA																																																									
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia : Plástica Asentamiento : 3" - 4"																																																								
Tipo de Concreto a diseñar	Concreto sin Aire Incorporado																																																								
Volumen unitario de Agua	193.00 lt/m3																																																								
Contenido de aire total	1.50 %																																																								
Relación Agua / Cemento	0.50																																																								
Factor cemento	Cantidad de Cemento : 386.00 Kg/m3 Factor Cemento : 9.08 Bolsas/m3																																																								
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :	Cemento : 0.132 m3																																																								
	Agua : 0.193 m3																																																								
	Aire : 0.015 m3																																																								
	Suma de Volúmenes : 0.340 m3																																																								
Volumen absolutos de los Agregados.	Volumen absoluto : 0.660 m3																																																								
Módulo de finura de la Combinación de Agregados	Contenido de Cemento : 9.08 Bolsas/m3																																																								
	TMN : 1"																																																								
	MFCA : 5.50																																																								
Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado.	% de Agregado Fino : 41.82 %																																																								
Volúmenes absolutos de los Agregados.	Agregado Fino : 0.276 m3																																																								
	Agregado Grueso : 0.384 m3																																																								
Peso Seco de los Agregados.	Agregado Fino : 706.40 Kg/m3																																																								
	Agregado Grueso : 836.80 Kg/m3																																																								
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.	Cemento : 386.00 Kg/m3																																																								
	Agua de diseño : 193.00 lt/m3																																																								
	Agregado Fino seco : 706.40 Kg/m3																																																								
	A. Grueso seco : 836.80 Kg/m3																																																								
	Cemento : 42.50 Kg/bls																																																								
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Agua de diseño : 21.25 lt/bls																																																								
	Agregado Fino seco : 77.78 Kg/bls																																																								
	Agregado Grueso seco : 92.13 Kg/bls																																																								
	Cemento : 1																																																								
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado	Agregado fino seco : 1.83																																																								
	Agregado grueso seco : 2.17																																																								
	Agua de Diseño : 21.3 lt/bls																																																								

Tabla 62: Corrección por contenido de humedad de los agregados para el ajuste de mezcla para Cemento Portland Compuesto Tipo ICO.

INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE TESIS : CONCRETO F'C=250 Kg/cm2 EN LA CIUDAD DE JAEN.	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.	
DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS	
Fecha de Correcci: 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2016 Realizado por : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO (CONCRETO PATRON)	
Cantera de donde se extraen los materiales : Josecito	
Materiales de Diseño	Cemento : 386.00 Kg/m3
	Agua de diseño : 193.00 lt/m3
	Agregado Fino seco : 706.40 Kg/m3
	Agregado Grueso seco : 836.80 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 1.55 %
	Agregado Grueso : 0.59 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.83 %
	Agregado Grueso : 0.93 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 717.30 Kg/m3
	Agregado Grueso : 841.70 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : -0.28 %
	Agregado Grueso : -0.34 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : -2.00 lt/m3
	Agregado Grueso : -2.80 lt/m3
	Aporte Total : -4.80 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 197.80 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m3	Cemento : 386.00 Kg/m3
	Agua Efectiva : 197.80 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo : 717.30 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo : 841.70 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.51
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva : 21.8 lt/bls
	Agregado fino húmedo : 79.0 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 92.7 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 1.86
	Agregado grueso húmedo : 2.18
	Agua Efectiva : 21.8 lt / saco

Tabla 63: Ajuste de mezcla por apariencia, asentamiento, agua adicional y contenido de aire para la elaboración del concreto para Cemento Portland Compuesto Tipo ICO.

INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE		
TESIS : CONCRETO F'C=250 Kg/cm2 EN LA CIUDAD DE JAEN.		
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.		
CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE		
Fecha de Correcci: 27 DE SEPTIEMBRE DEL 2016		
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.		
Cantera de donde se extraen los materiales : Josecito (VER DISEÑO)		
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 1.55 %
	Agregado Grueso	: 0.59 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.83 %
	Agregado Grueso	: 0.93 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: -0.28 %
	Agregado Grueso	: -0.34 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento	: 7.72 Kg/tanda
	Agua de diseño	: 3.86 lt/tanda
	Agregado Fino seco	: 14.13 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco	: 16.74 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3)	Cemento	: 7.72 Kg/tanda
	Agua Efectiva	: 3.96 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	: 14.35 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	: 16.83 Kg/tanda
Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia	: Ligeramente gravosa
	Asentamiento	: 6.00 cm
	Agua adicional	: 0.00 cm3
	Contenido de Aire	: 2.00 %
	Peso Unitario del Concreto	: 2,375.97 Kg/m3
Tanda de mezclado	Cemento	: 7.72 Kg/tanda
	Agua Añadida	: 3.96 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	: 14.35 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	: 16.83 Kg/tanda
	Peso de la Colada	: 42.86 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimieto de la tanda	: 0.0180373 m3/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino	: -0.04 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso	: -0.06 lt/tanda
	Agua Añadida	: 3.96 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda	: 3.86 lt/tanda
Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3	: 213.78 lt/m3
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado	: 9.00 cm
	Asentamiento obtenido	: 7.00 cm
	Incrementar asentamiento en	: 2.00 cm
	Incrementar agua de mezcla en	: 4.00 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3	: 217.78 lt/m3
Corrección por contenido de aire (Incremento de 3 lt por cada disminución de 1 % en el contenido de aire)	Contenido de aire deseado	: 1.50 %
	Contenido de aire obtenido	: 2.00 %
	Disminuir el aire en	: -0.50 %
	Incrementar agua de mezcla en	: 1.50 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3	: 219.28 lt/m3
Corrección por apariencia de la mezcla (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño	: 0.2193 m3
	Cemento	: 0.1502 m3
	Aire atrapado	: 0.0150 m3
	Agregado grueso	: 0.3402 m3
	Agregado fino	: 0.2753 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño	: 219.30 lt/m3
	Cemento	: 438.58 Kg/m3
	Agregado grueso	: 741.64 Kg/m3
	Agregado fino	: 704.77 Kg/m3
	Aire atrapado	: 1.50 %

Tabla 64: Ajuste de mezcla por resistencia, mediante Ley De Powers Para Cemento Portland Compuesto Tipo ICO.

INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE	
TESIS : CONCRETO F'C=250 Kg/cm2 EN LA CIUDAD DE JAEN.	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.	
CORRECCIÓN POR RESISTENCIA	
Fecha de Correcci: 5 DE OCTUBRE DEL 2016	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.	
Cantera de donde se extraen los materiales : Josecito	
Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días	Resistencia del especimen 01 : 286.957 kg/cm2
	Resistencia del especimen 02 : 265.823 kg/cm2
	Resistencia del especimen 03 : 264.580 kg/cm2
	Resistencia de 03 especímenes : 272.45 kg/cm2
Probable resistencia a los 28 días (1.4 de la Resist. a los 7 días)	Resistencia probable a 28 días : 381.43 kg/cm2
Resistencia deseada a los 28 días	Resistencia deseada a 28 días fc : 250.00 kg/cm2
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c diseño 1° corrección : 0.50
Grado de hidratación del concreto bajo las condiciones de	Grado de hidratación (α) : 0.57
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c corregida por hidrat. : 0.60
Volumenes Absolutos de los Nuevos Materiales de Diseño (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño : 0.219 m3
	Cemento : 0.125 m3
	Agregado grueso seco : 0.361 m3
	Agregado fino seco : 0.293 m3
	Aire atrapado : 0.002 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño : 219.30 lt/m3
	Cemento : 365.50 Kg/m3
	Agregado grueso seco : 788.06 Kg/m3
	Agregado fino seco : 748.88 Kg/m3
	Aire atrapado : 1.50 %

Tabla 65: Diseño de mezcla del concreto patrón – Corrección Por Humedad para Cemento Portland Compuesto Tipo ICO.

INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE		
TESIS	: CONCRETO F'C=250 Kg/cm2 EN LA CIUDAD DE JAEN.	
TESISTA	: BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA LOS VACEADOS RESPECTIVOS		
Fecha de Correcci: 5 DE OCTUBRE DEL 2016		
Realizado por : Bach. Ing. Civil ELMER APONTE CORREA		
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO (CONCRETO PATRON)		
Cantera de donde se extraen los materiales :	Josecito	(VER DISEÑO)
Materiales de Diseño	Cemento	: 365.50 Kg/m3
	Agua de diseño	: 219.30 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 748.88 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 788.06 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.10 %
	Agregado Grueso	: 0.59 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.83 %
	Agregado Grueso	: 0.93 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 764.60 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 792.70 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 0.27 %
	Agregado Grueso	: -0.34 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 2.00 lt/m3
	Agregado Grueso	: -2.70 lt/m3
	Aporte Total	: -0.70 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 220.00 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 365.50 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 220.00 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 764.60 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 792.70 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva		: 0.60
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	: 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva	: 25.6 lt/bls
	Agregado fino húmedo	: 88.9 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	: 92.2 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento	: 1.0
	Agregado fino húmedo	: 2.1
	Agregado grueso húmedo	: 2.2
	Agua Efectiva	: 25.6 lt / saco
Volumen Aparente de los materiales (pie3).	Cemento	: 8.60
	Agregado fino húmedo	: 16.32
	Agregado grueso húmedo	: 18.92
	Agua Efectiva	: 219.3 lt / saco
Proporción en Volumen de los materiales sueltos	Cemento	: 1.0
	Agregado fino húmedo	: 1.9
	Agregado grueso húmedo	: 2.2
	Agua Efectiva	: 25.5 lt / saco

Tabla 66: Diseño de mezcla del concreto con aditivo Z RETAR.

INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE		
TESIS : CONCRETO F'C=250 Kg/cm2 EN LA CIUDAD DE JAEN. TESISTA : BACH. ING. CIVIL ELMER APONTE CORREA.		
CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR		
Fecha de Correcci: 5 DE OCTUBRE DEL 2016 Realizado por : Bach. Ing. Civil ELMER APONTE CORREA		
CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR		
Cantera de donde se extraen los materiales :	Josecito	(VER DISEÑO)
Determinacion de la cantidad del aditivo Z RETAR en funcion de la temperatura ambiente, la temperatura ambiente de diseño es de 32°C.	Dosificación: 27°C-----3 onz por bolsa de cemento 32°C----- X 38°C-----4 onz por bolsa de cemento	
	Z RETAR	: 3.46 onz/blsc
	onz	: 29.55 cc
	Z RETAR	: 102.243 cc/blsc
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 365.50 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 220.00 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 764.60 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 792.70 Kg/m3
	Z RETAR	: 879.3 cc/m3
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento	: 7.31 Kg/tanda
	Agua de diseño	: 4.40 lt/tanda
	Agregado Fino humedo	: 15.29 Kg/tanda
	Agregado Grueso humedo	: 15.85 Kg/tanda
	Z RETAR	: 17.6 cc/tanda

7.5 Resultados de los ensayos en laboratorio.

Tabla 67: Especímenes cilíndricos elaborados con cemento tipo ICO sin aditivo ensayados a compresión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°										PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 2	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 4	TIPO - 2	-----
ALTURA PROMEDIO		301.85 mm	300.50 mm	302.00 mm	303.35 mm	302.00 mm	303.50 mm	301.70 mm	301.45 mm	302.60 mm	303.10 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		14.97 cm	14.96 cm	15.05 cm	15.10 cm	15.08 cm	15.17 cm	14.97 cm	15.23 cm	15.13 cm	14.98 cm	-----
PESO		12.28 Kg	12.36 Kg	12.50 Kg	12.48 Kg	12.46 Kg	12.53 Kg	12.34 Kg	12.37 Kg	12.42 Kg	12.39 Kg	12.41Kg
F _c DE DISEÑO		250 Kg/cm ²	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2311.4 Kg/m ³	2474.4 Kg/m ³	2326.7 Kg/m ³	2297.3 Kg/m ³	2311.6 Kg/m ³	2285.7 Kg/m ³	2323.8 Kg/m ³	2252.5 Kg/m ³	2282.9 Kg/m ³	2319.4 Kg/m ³	2318.6 Kg/m ³
CARGA MAX. DE ROTURA		38.28 Tn	39.11Tn	35.80 Tn	34.83 Tn	35.21Tn	33.87 Tn	36.92 Tn	34.16 Tn	34.0 Kg/m ³	35.9 Kg/m ³	35.81Tn
ESFUERZO DE ROTURA		217.5 Kg/cm ²	222.5 Kg/cm ²	201.2 Kg/cm ²	194.5 Kg/cm ²	197.3 Kg/cm ²	187.5 Kg/cm ²	209.8 Kg/cm ²	187.5 Kg/cm ²	189.0 Kg/cm ²	203.7 Kg/cm ²	201.0 Kg/cm ²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	221419.96	223947.42	212984.25	209385.53	210862.04	205580.26	217439.34	205584.97	206402.53	214303.62	212790.99
	ACI 363R	226815.58	228600.93	220856.74	218314.67	219357.64	215626.69	224003.74	215630.01	216207.52	221788.72	220720.22

Tabla 68: Especímenes cilíndricos elaborados con cemento tipo ICO sin aditivo ensayados a compresión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°										PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 2	TIPO - 4	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		301.75 mm	301.15 mm	300.80 mm	301.90 mm	301.20 mm	302.03 mm	301.05 mm	301.45 mm	302.10 mm	302.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.03 cm	15.06 cm	15.09 cm	14.99 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.05 cm	15.12 cm	15.14 cm	15.03 cm	-----
PESO		12.38 Kg	12.34 Kg	12.34 Kg	12.22 Kg	12.35 Kg	12.39 Kg	12.27 Kg	12.31Kg	12.46 Kg	12.35 Kg	
F _c DE DISEÑO		250 Kg/cm ²	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	250 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2314.0 Kg/m ³	2436.4 Kg/m ³	2293.9 Kg/m ³	2293.6 Kg/m ³	2291.2 Kg/m ³	2290.7 Kg/m ³	2291.1Kg/m ³	2274.3 Kg/m ³	2291.0 Kg/m ³	2303.0 Kg/m ³	2307.9 Kg/m ³
CARGA MAX. DE ROTURA		41.34 Tn	42.83 Tn	44.26 Tn	40.67 Tn	44.02 Tn	44.71Tn	42.19 Tn	45.15 Tn	45.8 Kg/m ³	41.5 Kg/m ³	43.25 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		233.2 Kg/cm ²	240.4 Kg/cm ²	247.5 Kg/cm ²	230.5 Kg/cm ²	246.6 Kg/cm ²	249.7 Kg/cm ²	237.2 Kg/cm ²	251.5 Kg/cm ²	254.2 Kg/cm ²	234.2 Kg/cm ²	242.5 Kg/cm ²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	229256.44	232793.32	236191.38	227930.18	235775.87	237224.58	231204.76	238078.22	239357.67	229742.62	233755.50
	ACI 363R	232351.14	234849.53	237249.86	231414.29	236956.35	237979.70	233727.40	238582.69	239486.48	232694.56	235529.20

Tabla 69: Especímenes cilíndricos elaborados con cemento tipo ICO sin aditivo ensayados a compresión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°										PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 2	TIPO - 4	TIPO - 2	TIPO - 2	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 4	-----
ALTURA PROMEDIO		301.70 mm	301.50 mm	300.65 mm	301.50 mm	302.00 mm	300.90 mm	301.00 mm	301.90 mm	302.30 mm	301.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.05 cm	15.04 cm	15.12 cm	15.18 cm	15.11 cm	15.07 cm	15.18 cm	15.23 cm	15.12 cm	15.08 cm	-----
PESO		12.37 Kg	13.07 Kg	12.39 Kg	12.47 Kg	12.45 Kg	12.36 Kg	12.38 Kg	12.42 Kg	12.49 Kg	12.40 Kg	
F _c DE DISEÑO		250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	250 Kg/cm ²	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2304.8 Kg/m ³	2440.1Kg/m ³	2295.2 Kg/m ³	2286.8 Kg/m ³	2299.0 Kg/m ³	2302.9 Kg/m ³	2272.6 Kg/m ³	2258.2 Kg/m ³	2301.1Kg/m ³	2304.6 Kg/m ³	2306.5 Kg/m ³
CARGA MAX. DE ROTURA		51.74 Tn	52.25 Tn	49.95 Tn	49.67 Tn	50.52 Tn	51.29 Tn	49.09 Tn	49.07 Tn	49.6 Kg/m ³	50.9 Kg/m ³	50.41Tn
ESFUERZO DE ROTURA		290.8 Kg/cm ²	294.1Kg/cm ²	278.2 Kg/cm ²	274.6 Kg/cm ²	281.8 Kg/cm ²	287.6 Kg/cm ²	271.3 Kg/cm ²	269.4 Kg/cm ²	276.0 Kg/cm ²	285.3 Kg/cm ²	280.9 Kg/cm ²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	256033.83	257486.74	250403.48	248796.00	252009.65	254594.75	247273.79	246401.70	249420.35	253570.10	251,599.04
	ACI 363R	251266.23	252292.54	247289.04	246153.55	248423.62	250249.69	245078.29	244462.26	246594.58	249525.89	248,133.57

Tabla 70: Especímenes cilíndricos elaborados con cemento tipo ICO con aditivo Z RETAR ensayados a compresión a los 7 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°										PROMEDIO	
TIPO DE CONCRETO		CON ADITIVO	-----										
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	-----										
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10	-----	
EDAD DE ENSAYO		7 días	-----										
FALLA DE ROTURA		TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 5	TIPO - 2	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 3	-----	
ALTURA PROMEDIO		301.85 mm	300.50 mm	302.00 mm	303.35 mm	302.00 mm	303.50 mm	301.70 mm	301.45 mm	302.60 mm	303.10 mm	-----	
DIAMETRO PROMEDIO		14.97 cm	14.96 cm	15.05 cm	15.10 cm	15.08 cm	15.17 cm	14.97 cm	15.23 cm	15.13 cm	14.98 cm	-----	
PESO		12.22 Kg	12.39 Kg	12.48 Kg	12.52 Kg	12.42 Kg	12.49 Kg	12.37 Kg	12.32 Kg	12.47 Kg	12.36 Kg	-----	
F ^c DE DISEÑO		250 Kg/cm ²	-----										
PESO UNIATRIO C° END.		2300.1Kg/m ³	2474.4 Kg/m ³	2323.0 Kg/m ³	2304.7 Kg/m ³	2304.1Kg/m ³	2278.4 Kg/m ³	2329.5 Kg/m ³	2243.4 Kg/m ³	2292.1Kg/m ³	2313.8 Kg/m ³	2316.4 Kg/m ³	
CARGA MAX. DE ROTURA		34.36 Tn	35.99 Tn	33.63 Tn	33.23 Tn	33.51Tn	32.78 Tn	33.72 Tn	32.89 Tn	32.8 Kg/m ³	33.5 Kg/m ³	33.65 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA		195.2 Kg/cm ²	204.7 Kg/cm ²	189.1Kg/cm ²	185.6 Kg/cm ²	187.7 Kg/cm ²	181.5 Kg/cm ²	191.6 Kg/cm ²	180.6 Kg/cm ²	182.7 Kg/cm ²	190.1Kg/cm ²	188.9 Kg/cm ²	
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	209778.23	214821.18	206433.11	204512.97	205716.11	202264.23	207813.41	201745.80	202915.84	207027.35	206302.82	
	ACI 363R	218592.06	222154.32	216229.13	214872.77	215722.65	213284.30	217204.14	212918.09	213744.58	216648.89	216137.09	

Tabla 71: Especímenes cilíndricos elaborados con cemento tipo ICO con aditivo Z RETAR ensayados a compresión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°										PROMEDIO	
TIPO DE CONCRETO		CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	CON ADITIVO	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10		-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días		-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 4	TIPO - 2	TIPO - 2	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 4	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 5		-----
ALTURA PROMEDIO		301.75 mm	301.15 mm	300.80 mm	301.90 mm	301.20 mm	302.03 mm	301.05 mm	301.45 mm	302.10 mm	302.25 mm		-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.03 cm	15.06 cm	15.09 cm	14.99 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.05 cm	15.12 cm	15.14 cm	15.03 cm		-----
PESO		12.35 Kg	12.39 Kg	12.41Kg	12.18 Kg	12.38 Kg	12.37 Kg	12.31Kg	12.26 Kg	12.42 Kg	12.38 Kg		
F _c DE DISEÑO		250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2	250 Kg/cm2		-----
PESO UNIATRIO C° END.		2308.3 Kg/m3	2436.4 Kg/m3	2306.9 Kg/m3	2286.1Kg/m3	2296.7 Kg/m3	2287.1Kg/m3	2298.6 Kg/m3	2265.1Kg/m3	2283.6 Kg/m3	2308.6 Kg/m3	2307.7 Kg/m3	
CARGA MAX. DE ROTURA		45.57 Tn	42.05 Tn	40.24 Tn	45.98 Tn	41.14 Tn	39.09 Tn	42.51Tn	39.03 Tn	38.8 Kg/m3	43.6 Kg/m3	41.80 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA		257.0 Kg/cm2	236.1Kg/cm2	225.0 Kg/cm2	260.6 Kg/cm2	230.5 Kg/cm2	218.3 Kg/cm2	238.9 Kg/cm2	217.4 Kg/cm2	215.3 Kg/cm2	245.7 Kg/cm2	234.5 Kg/cm2	
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	NORMA E.060	240683.86	230679.97	225213.82	242345.50	227935.12	221817.74	232074.85	221359.63	220277.69	235357.23	229774.54	
	ACI 363R	240423.27	233356.70	229495.50	241597.03	231417.78	227096.56	234342.01	226772.96	226008.70	236660.63	232717.11	

Tabla 72: Especímenes cilíndricos elaborados con cemento tipo ICO con aditivo Z RETAR ensayados a compresión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°										PROMEDIO	
TIPO DE CONCRETO		CON ADITIVO	-----										
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	-----										
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10	-----	
EDAD DE ENSAYO		28 días	-----										
FALLA DE ROTURA		TIPO - 3	TIPO - 4	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 2	TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 2	-----	
ALTURA PROMEDIO		301.70 mm	301.50 mm	300.65 mm	301.50 mm	302.00 mm	300.90 mm	301.00 mm	301.90 mm	302.30 mm	301.25 mm	-----	
DIAMETRO PROMEDIO		15.05 cm	15.04 cm	15.12 cm	15.18 cm	15.11 cm	15.07 cm	15.18 cm	15.23 cm	15.12 cm	15.08 cm	-----	
PESO		12.41Kg	13.07 Kg	12.37 Kg	12.49 Kg	12.41Kg	12.29 Kg	12.34 Kg	12.48 Kg	12.38 Kg	12.36 Kg		
F _c DE DISEÑO		250 Kg/cm ²	-----										
PESO UNIATRIO C° END.		2312.2 Kg/m ³	2440.1Kg/m ³	2291.5 Kg/m ³	2290.5 Kg/m ³	2291.6 Kg/m ³	2289.9 Kg/m ³	2265.2 Kg/m ³	2269.1Kg/m ³	2280.8 Kg/m ³	2297.2 Kg/m ³	2302.8 Kg/m ³	
CARGA MAX. DE ROTURA		54.00 Tn	55.55 Tn	52.52 Tn	52.05 Tn	52.87 Tn	53.97 Tn	51.55 Tn	50.95 Tn	51.8 Kg/m ³	53.2 Kg/m ³	52.85 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA		303.5 Kg/cm ²	312.7 Kg/cm ²	292.5 Kg/cm ²	287.8 Kg/cm ²	294.9 Kg/cm ²	302.6 Kg/cm ²	284.9 Kg/cm ²	279.7 Kg/cm ²	288.6 Kg/cm ²	298.1Kg/cm ²	294.5 Kg/cm ²	
MODULO DE ELASTICIDAD "E _c " (Kg/cm ²)	NORMA E.060	261572.71	265473.88	256783.41	254700.34	257804.76	261164.89	253397.12	251069.69	255048.10	259206.10	257622.10	
	ACI 363R	255178.80	257934.52	251795.72	250324.28	252517.19	254890.72	249403.71	247759.64	250569.92	253507.07	252388.16	

Tabla 73: Ensayo del peso unitario endurecido del concreto patrón.

N° DE PROBETA	PESO (Kg)	DIAMETRO DE PROBETA (cm)	ALTURA DE PROBETA (cm)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO PATRON ICO (Kg/m3)
1	12.37	15.05	30.170	2304.79
2	13.07	15.04	30.150	2440.07
3	12.39	15.12	30.065	2295.18
4	12.47	15.18	30.150	2286.82
5	12.45	15.11	30.200	2299.02
6	12.36	15.07	30.090	2302.93
7	12.38	15.18	30.100	2272.59
8	12.42	15.23	30.190	2258.23
9	12.49	15.12	30.230	2301.08
10	12.40	15.08	30.125	2304.63
Promedio				2306.53
Desv. Est.				49.38
Coef. Var.				2.14%

Tabla 74: Ensayo del peso unitario endurecido del concreto con aditivo Z RETAR.

N° DE PROBETA	PESO (Kg)	DIAMETRO DE PROBETA (cm)	ALTURA DE PROBETA (cm)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR (Kg/m3)
1	12.41	15.05	30.170	2312.24
2	13.07	15.04	30.150	2440.07
3	12.37	15.12	30.065	2291.47
4	12.49	15.18	30.150	2290.49
5	12.41	15.11	30.200	2291.64
6	12.29	15.07	30.090	2289.88
7	12.34	15.18	30.100	2265.25
8	12.48	15.23	30.190	2269.14
9	12.38	15.12	30.230	2280.81
10	12.36	15.08	30.125	2297.20
Promedio				2302.82
Desv. Est.				50.07
Coef. Var.				2.17%

Tabla 75: Ensayo a la resistencia a compresión del concreto patrón.

ENSAYOS A LA RESISTENCIA DE COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRON (CEMENTO TIPO ICO) Kg/cm².			
N° PROBETAS	EDAD DE ENSAYO		
	7 días	14 días	28 días
1	217.50	233.17	290.82
2	222.50	240.42	294.13
3	201.24	247.49	278.17
4	194.50	230.48	274.61
5	197.25	246.62	281.75
6	187.50	249.66	287.56
7	209.75	237.15	271.26
8	187.50	251.46	269.35
9	189.00	254.17	275.99
10	203.75	234.16	285.25
PROMEDIO	201.05	242.48	280.89
DESV. EST.	12.40	8.46	8.40
COEF. VAR.	6%	3%	3%

Tabla 76: Ensayo a la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Z RETAR.

ENSAYOS A LA RESISTENCIA DE COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO Z RETAR (CEMENTO TIPO ICO) Kg/cm².			
N° PROBETAS	EDAD DE ENSAYO		
	7 días	14 días	28 días
1	195.23	256.99	303.54
2	204.73	236.07	312.66
3	189.06	225.02	292.53
4	185.55	260.56	287.80
5	187.74	230.49	294.86
6	181.50	218.28	302.59
7	191.59	238.94	284.86
8	180.57	217.38	279.65
9	182.67	215.26	288.59
10	190.15	245.74	298.07
PROMEDIO	188.88	234.47	294.51
DESV. EST.	7.27	16.21	9.93
COEF. VAR.	4%	7%	3%

7.6 Fichas técnicas.

7.6.1 Ficha técnica del cemento Pacasmayo Portland Tipo ICO utilizado en los ensayos.



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Telefono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

CEMENTO EXTRAFORTE
Cemento Portland Compuesto Tipo ICO
Conforme a la NTP 334.090
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.4	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	4	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Especifica	cm ² /g	5640	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	4.2	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.92	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	23.4 (239)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	29.6 (302)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm ²)	36.7 (374)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	134	Mínimo 45
Fraguado Final	min	290	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

7.6.2 Ficha técnica del aditivo Z RETAR utilizado en los ensayos.



Z RETAR

DESCRIPCIÓN

- Aditivo retardador con control sobre el fragüe, no es tóxico ni inflamable.
- No contiene cloruros. ASTM C 494 – G
- Permite un control más efectivo para mezclar la variedad de condiciones de trabajo.

VENTAJAS

- Retarda la iniciación de fragüe 4 horas a 8 horas
- Para mayor retardo usar el doble de la dosificación, hacer pruebas en el campo.
- No entrapa aire.
- Aumenta la resistencia final.
- Disminuye los agrietamientos.
- Reduce la posibilidad de juntas frías.
- Reduce contenido de cemento.
- Reducción del agua en un 10 %.

USOS

- Climas calurosos, largas distancias.
- Vaciado de concreto en pozos.
- En la colocación de grandes volúmenes de concreto.
- Pisos y pavimentos especiales cuando se va a utilizar
- Endurecedores de piso (**Z PISO**, **Z PLATA**).
- Donde resulte dificultoso el transporte y colocación.
- Cisternas, silos, tanques con **Z. 1 POLVO**, lo cual obtendrá mortero, silos y concretos impermeabilizados.

APLICACIÓN

- Viene listo para ser agregado al agua del amasado, reducir proporcionalmente el agua según la misma cantidad de **Z RETAR VZ** a usar.
- **Z RETAR**, viene listo para ser agregado al agua

CUIDADOS

El **Z RETAR** primero en el agua, después los agregados.

RENDIMIENTO

Temperatura de la región o lugar hasta

8onz x BC

1onz = 28.35 gr.

1onz = 29.57 cc.

1Gln. = 3750 cc.



LIMA: Av. Los faisanes N° 675 Urb. La Campiña Telf.: 2523058 Cel. Tec: 998 128 514 / 996 330 130
E-mail: ventas@zcorporacion.com.pe / cotizaciones@zcorporacion.com.pe / Web site: www.zaditivos.com.pe
AREQUIPA: Calle Paucarpata 323-A – Cercado Telf.: (054) 203 388 / TRUJILLO: Av. América Sur 820 Urb. Palermo Telf.: (044) 425 548 Entel: 998 127 657
CHICLAYO: Jr. Los Tumbos 505 Telf.: (074) 223 718 Entel: 994 278 778 / CUZCO: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 – Wanchaq Telf.: (073) 257 111 / 994 086 746
ZETITA: SAN BORJA – Entel: 981 288 456 / CALLAO Telf.: 715 5770 / 715 5771 / 998 128 493 / PUCALLPA Telf.: (061) 573 591 / SULLANA Telf.: (073) 509 408 / 998 129 954



ZADITIVOS S. A.
El Mejor Amigo del Concreto

"28 Años al Servicio del Perú"



2014

DENSIDAD

Densidad: 1.11 Kg/ltrs

ENVASES

1 galón; 5 galones, 55 galones.



LIMA: Av. Los faisanes N° 675 Urb. La Campiña Telf.: 2523058 Cel. Tec: 998 128 514 / 996 330 130
E-mail: ventas@zcorporacion.com.pe / cotizaciones@zcorporacion.com.pe / Web site: www.zaditivos.com.pe
AREQUIPA: Calle Paucarpata 323-A – Cercado Telf.: (054) 203 388 / TRUJILLO: Av. América Sur 820 Urb. Palermo Telf.: (044) 425 548 Entel: 998 127 657
CHICLAYO: Jr. Los Tumbos 505 Telf.: (074) 223 718 Entel: 994 278 778 / CUZCO: Av. Tomasa Titto Condemayta 1032 – Wanchaq Telf.: (073) 257 111 / 994 086 746
ZETITA: SAN BORJA – Entel: 981 288 456 / CALLAO Telf.: 715 5770 / 715 5771 / 998 128 493 / PUCALLPA Telf.: (061) 573 591 / SULLANA Telf.: (073) 509 408 / 998 129 954

7.7 Panel fotográfico



Imagen N° 5: Cantera Josecito.



Imagen N° 6: Muestreo del agregado.



Imagen N° 7: Reducción de las muestras de agregado a tamaño de ensayo de agregado fino y agregado grueso.



Imagen N° 8: Ensayo de granulometría agregado fino.



Imagen N° 9: Ensayo de granulometría agregado grueso.



Imagen N° 10: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200.



Imagen N° 11: Ensayo Peso específico y absorción (saturando los agregados por 24 horas, y saturado con superficie seca).



Imagen N° 12: Colocación del agregado grueso al horno a una temperatura 105 °C.



Imagen N° 13: Peso sumergido del agregado grueso.



Imagen N° 14: Ensayo peso unitario suelto del agregado grueso y fino, ensayo peso unitario suelto agregado fino y grueso.



Imagen N° 15: Pesando, mezclando los agregados y el cemento.



Imagen N° 16: Midiendo el agua para la mezcla y medición de la temperatura ambiente.



Imagen N° 17: Midiendo y mezclando el aditivo Z RETAR con el agua.



Imagen N° 18: Mezclando los materiales con el agua y midiendo la temperatura del concreto.



Imagen N° 19: Medición del Slump (asentamiento) mediante el cono de Abrams, del concreto fresco de cada tanda de mezclado.



Imagen N° 20: Realización de las probetas los especímenes cilíndricos.



Imagen N° 21: Evaluando el tiempo de fraguado.



Imagen N° 22: Identificación y medición de las probetas.



Imagen N° 23: Curado con agua las probetas.



Imagen N° 24: Ensayo a la compresión de las probetas.



Imagen N° 25: Tipo de fallas en los ensayos de resistencia a la compresión.