

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA
DE UN CONCRETO DE $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ ADICIONANDO UN
PORCENTAJE DE VIDRIO SÒDICO CÁLCICO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Línea De Investigación: ESTRUCTURAS, SISMOLOGÍA Y CONCRETO

AUTOR : Br. ROJAS LUJÁN JOSÉ FRANK

ASESOR: Ms. DURAND ORELLANA ROCÍO DEL PILAR

TRUJILLO – PERÚ

2015

TESIS: “ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO DE F’C=210 KG/CM² ADICIONANDO UN PORCENTAJE DE VIDRIO SÒDICO CÁLCICO”

Por: Br. Rojas Luján José Frank

Jurado Evaluador

Presidente:
Ing. Vargas Cárdenas Carlos _____

Secretario:
Ing. Narvaez Aranda Ricardo _____

Vocal:
Ing. Paredes Estacio Jorge _____

Asesor:
Ing. Durand Orellana Rocío
del Pilar _____

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico”. El presente trabajo realizado con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, es producto de una investigación ardua y constante donde se ha realizado diferentes estudios básicos de ingeniería para realizar el diseño de mezcla agregándole un porcentaje de vidrio molido para obtener un mejor comportamiento a la compresión.

Atentamente,

Br. ROJAS LUJÁN JOSÉ FRANK

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, Elia Luján y José Rojas por enseñarme los principios básicos y necesarios para vivir y por sus consejos acertados en los momentos oportunos. A mis hermanos, Lorena Rojas y David Rojas por brindarme un amor incondicional y la oportunidad de devolverle el mismo; y por la demostración de paciencia y tolerancia.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta aquí y poder culminar mis estudios.

A mis asesora de proyecto Durand Orellana, Rocío del Pilar, por brindarme su amistad, sus conocimientos y por su total entrega en realización de este proyecto.

Al personal del laboratorio, Paul Henríquez Ulloa y asistentes por su ayuda y colaboración en la realización de los trabajos de laboratorio.

A los docentes de ingeniería civil por los conocimientos adquiridos durante la carrera.

RESUMEN

“ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO DE $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ ADICIONANDO UN PORCENTAJE DE VIDRIO SÒDICO CÁLCICO”

Por: Br. Rojas Luján José Frank

La búsqueda por obtener un concreto con mayor resistencia a la compresión en su estado endurecido, haciendo uso de algún componente que provenga de manera fácil, útil y sobre todo económica, adicional a los componentes básicos para una mezcla de concreto, ha motivado la presente investigación: Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico, haciendo uso de vidrio sódico cálcico molido, el cual es el vidrio común y corriente que encontramos a diario como vidrio de ventanas que a su vez se encuentran en los lugares de reciclaje y aprovechando que este material contiene sílice y ayuda al cemento a obtener una mayor resistencia.

La presente investigación estudia la resistencia a la compresión de un concreto con $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico a la mezcla, usando cemento Fortimax 3. Se determina las características mecánicas del agregado fino y del agregado grueso para poder dar paso al diseño de mezcla de concreto mediante el método del ACI.

Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días y finalmente se analizaron los resultados mediante gráficos y cuadros que se presentan en dicha investigación.

PALABRAS CLAVES: Concreto, mezcla, vidrio sódico cálcico, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

“EXPERIMENTAL STUDY TO INCREASE THE RESISTANCE OF A CONCRETE OF $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ ADDING A PERCENTAGE OF SODIUM CALCIUM GLASS”

By: Br. Rojas Luján José Frank

The quest to obtain more concrete compressive strength in its cured state , using a component that comes easy , useful and above all economically, in addition to the basic components for a mixture of concrete, has motivated this research Experimental study to increase the resistance of a concrete of $f'c=210 \text{ Kg/CM}^2$ adding a percentage of sodium calcium glass. Making use of ground sodium calcium glass, which is the ordinary glass encounter daily as glass windows, which in turn are in places of recycling and using this material containing silica, and helps cement to obtain a higher resistance

The present research study the resistance to the compression of a concrete with $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ adding a percentage of glass sodium calcium to the mixture of concrete, using Fortimax 3 cement. It is determining mechanical properties of fine aggregate and coarse aggregate to design the mixture of concrete with the ACI method.

Compressive strength tests were performed at different ages 7, 14, 21, 28 days and finally it analyzed the results by graphics, and tables presented in such research were analyzed

KEY WORDS: Concrete, mix, sodium calcium glass, compressive strength.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| JURADO EVALUADOR..... | ii |
| PRESENTACIÓN | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| RESUMEN..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| ÍNDICE..... | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | ix |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Planteamiento del Problema..... | 1 |
| 1.2. Delimitación del problema..... | 3 |
| 1.3. Formulación del Problema..... | 3 |
| 1.4. Formulación de la Hipótesis..... | 3 |
| 1.5. Objetivos del estudio..... | 4 |
| 1.6. Justificación del Estudio..... | 5 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1. Antecedentes de investigación..... | 6 |
| 2.2. Fundamentos teóricos..... | 10 |

| | |
|---|----|
| III. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 33 |
| 3.1. Material..... | 33 |
| 3.1.1 Población..... | 33 |
| 3.1.2. Muestra..... | 33 |
| 3.1.3. Unidad de Análisis..... | 33 |
| 3.2. Método..... | 33 |
| 3.2.1 Tipo de Investigación..... | 33 |
| 3.2.2. Diseño de Investigación..... | 34 |
| 3.2.3. Variables de estudio y operacionalización..... | 34 |
| 3.2.4. Instrumentos de recolección de Datos..... | 34 |
| 3.2.5. Procedimientos y análisis de datos..... | 35 |
| 3.2.6. Técnicas de análisis de datos..... | 48 |
| 3.2.7. Modelos estadísticos de análisis de datos..... | 51 |
| IV. RESULTADOS..... | 52 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 54 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 55 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 56 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 57 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1. Resistencia a la compresión promedio..... | 28 |
| TABLA 2. Consistencia y asentamientos..... | 28 |
| TABLA 3. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados. | 29 |
| TABLA 4. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto..... | 30 |
| TABLA 5. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto..... | 31 |
| TABLA 6. Peso específico de cemento pacasmayo fortimax 3..... | 40 |
| TABLA 7. Cuadro de resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto adicionado con vidrio molido | 49 |
| TABLA 8. Resumen de resultados de resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado de vidrio molido, en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días..... | 52 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO1. Resistencia a la compresión de un concreto $=210\text{Kg/cm}^2$ adicionado con vidrio molido..... | 53 |
| GRAFICO 2. Comparación de la resistencia de dos concretos de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. un concreto adicionando vidrio molido con un concreto normal..... | 54 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Agitado de columna de tamices..... | 36 |
| Figura 2. Cantidad de agregado retenido en cada tamiz..... | 36 |
| Figura 3. Muestra del agregado para determinar su peso..... | 37 |
| Figura 4. Muestra en horno a una temperatura de 110°C por 24 horas... | 37 |
| Figura 5. Recipiente para el ensayo de peso unitario..... | 39 |
| Figura 6. Compactando la primera capa de la muestra del agregado..... | 39 |
| Figura 7. Cemento Pacasmayo Fortimax 3..... | 40 |
| Figura 8. Muestra de vidrio molido..... | 46 |
| Figura 9. Peso de agregado para realizar la mezcla..... | 47 |
| Figura 10. Prueba de slump en el cono de Abrams..... | 47 |
| Figura 11. Realizando la mezcla de concreto..... | 47 |
| Figura 12. Agregando el vidrio molido a la mezcla..... | 47 |
| Figura 13. Prueba de resistencia a la compresión..... | 48 |
| Figura 14. Prueba finalizada de resistencia a la compresión..... | 48 |

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es un material compuesto de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua y es un material que ha sido utilizado y estudiado por cientos de años en virtud de sus propiedades para ser moldeado en estado fresco y por su resistencia en estado endurecido. Su aparición se dio cuando “los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua dulce o salada”. La versatilidad de aplicación del concreto ha permitido su uso en diferentes tipos de estructuras tales como edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fábricas, talleres y casas permitiendo la creación de obras más cómodas y seguras para los seres humanos. El agua y el cemento insumos de concreto, reaccionan hidráulicamente generando una reacción química que al fraguar permite formar el esqueleto de la mezcla.

Se han realizado estudios para observar el comportamiento del concreto al ser adherido el vidrio molido con el fin de optimizar la mezcla; el estudio realizado ha sido con vidrio molido del cual se obtuvo buenos resultados. En este trabajo se evaluaron las propiedades mecánicas de los agregados para poder hacer el diseño de mezcla de concreto mediante el método del ACI para luego agregarle un porcentaje de vidrio molido con el fin de obtener una mezcla con una mayor resistencia a la compresión.

1.1 Planteamiento del Problema

El cemento es un material conglomerante que día a día va adquiriendo mayor demanda en el sector de la construcción, la cual va de la mano con el

crecimiento demográfico, hoy por hoy se solicita construcciones con mayor resistencia, mejor apariencia estética empero haciendo uso de materiales reciclables.

El concreto es un material compuesto por un aglomerante, agregado grueso, agregado fino y agua, si fuera el caso con aditivo. Esta mezcla se vuelve completamente rígida en estado endurecido por ende es solicitada para diversas aplicaciones de la ingeniería tales como pilares, cimientos, sobre cimientos, columnas, vigas, losas ya sean enervadas o macizas, puentes, reservorios, entre otros. Empero como toda estructura presenta defectos como fisuras, grietas, aplastamiento, deflexiones y corte lo cual implica que la estructura contenga una mayor cantidad de poros o espacios vacíos, la cual ocasionaría mayor permeabilidad siendo un problema malévolo ya que la humedad puede llegar a oxidar un gran porcentaje del acero contribuyendo a una menor resistencia de la estructura, cabe resaltar la resistencia a la compresión del concreto endurecido.

Hoy en día la industria de la construcción requiere de construcciones con un gran manejo de aplicación en obra y sobretodo una alta resistencia a la compresión. Si fuera el caso se haría uso de aditivos para poder optimizar su calidad y resistencia obteniendo como resultado una estructura lozana.

Actualmente la sociedad demuestra un respeto superficial hacia el medio ambiente, el problema de los desperdicios arrojados en zonas que no están contempladas crece al igual que el poblador va llevando una vida bohemia, la mayoría de nosotros utilizamos espacios no idóneos para verter la basura dentro de lo cual se encuentra el vidrio. Un 9% es vidrio sódico cálcico (fuente: Diario La República) que es el vidrio más común, utilizado para hacer ventanas, lentes, botellas, entre otros, el cual se encuentra en la basura, este problema aqueja a la población debido que a veces utilizamos ríos u orillas

como vertederos clandestinos arrojando los desperdicios y contribuyendo inconscientemente con la contaminación ambiental. Por ello se necesita realizar el reciclaje de vidrio sódico cálcico y emplearlo en otro aspecto dándole un mejor uso y sobre todo obteniendo un beneficio del material y a la vez amilando el impacto negativo hacia el medio ambiente.

Estudios certeros del ingeniero civil y ambiental Parviz Soroushian de la Universidad de Michigan (MSU) en EE.UU. indican que el vidrio sódico cálcico puede ser reutilizado dándonos un increíble beneficio mezclándolo con el cemento, arena, piedra y agua, obteniendo un concreto con mayor grado de resistencia a la compresión, más durable y menor grado de absorción, en su estado endurecido, no obstante originando un óptimo recubrimiento para el acero y del mismo modo una superestructura sumamente más rígida.

1.2 Delimitación del Problema

Por lo mencionado en el problema, el estudio de la tesis se centra en realizar los ensayos necesarios para conocer las características físicas y mecánicas del concreto adicionado de vidrio sódico cálcico molido.

1.3 Formulación del Problema

Realizar el estudio experimental para obtener la resistencia de un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico.

1.4 Formulación de Hipótesis

1.4.1 General

Con la adición de vidrio sódico cálcico aumentará la resistencia a la compresión del concreto adicionado con vidrio molido.

1.4.2 Variables

Variable Independiente (V1) : Adición de Vidrio sódico cálcico.

Variable Dependiente (V2) : Resistencia a la compresión

1.4.2 Operacionalización de las Variables

| VARIABLE | Indicador | Medición |
|----------|----------------------------------|--------------------|
| (V1) | Adición de vidrio sódico cálcico | Kg |
| (V2) | Resistencia a la compresión | Kg/cm ² |

1.5 Objetivo del Estudio

1.5.1 General

Realizar el estudio experimental para obtener la resistencia de un concreto de $f'c=210$ kg/cm² adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico.

1.5.1 Específicos

- Obtener las características mecánicas del agregado grueso y del agregado fino de una determinada cantera.
- Obtener el diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210$ Kg/cm² considerando un porcentaje de vidrio sódico cálcico.
- Calcular la resistencia del concreto a sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días.

1.6 Justificación del Estudio

1.6.1 Justificación académica

El proyecto de tesis se justifica académicamente porque permitirá aplicar procedimientos y metodologías ya aprendidas y normadas para realizar ensayos a las probetas de concreto obteniendo datos como: datos comparativos de resistencia a la compresión del concreto convencional y del concreto adicionado de vidrio sódico cálcico.

1.6.2 Justificación Técnica

El presente proyecto está orientado a ensayos de resistencia a la compresión y ensayos de trabajabilidad con probetas de concreto adicionado de vidrio sódico cálcico, así mismo rigiéndose en la normas establecidas para obtener resultados precisos y puntuales.

1.6.3 Justificación Social

El proyecto se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del deterioro y fallas de las estructuras de las edificaciones, obteniendo como resultado construcciones de mejor calidad para la sociedad y mejor apariencia estética.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Se realizaron investigaciones previas para poder realizar este proyecto de investigación tomando como antecedentes tesis nacionales e internacionales.

2.1.1 Tesis de investigación: Universidad Nacional de Trujillo – Facultad de ingeniería – Escuela de Ingeniería de materiales Influencia del porcentaje vidrio sódico cálcico adicionando sobre la resistencia a la compresión al ataque por cloruros y trabajabilidad en la fabricación del concreto convencional para el sector construcción

En esta investigación, se evaluó la influencia del porcentaje de vidrio sódico cálcico sobre la trabajabilidad, resistencia a la compresión y la resistencia al ataque por cloruros en la fabricación del concreto convencional para el sector construcción a base del cemento Pacasmayo tipo I, agregado grueso de $\frac{3}{4}$, agregado fino y aditivo plastificante Sika Plastiment HE 98 al 0.4% con adición al cemento.

El propósito del estudio fue determinar la cantidad adecuada de vidrio sódico cálcico pasante la malla N° 325 que se debe agregar a un diseño de mezcla de un concreto convencional. Los porcentajes estudiados son 4%, 8%, 12%, 16% en adición al cemento. Se desarrolló el ensayo de trabajabilidad según la norma ASTM C – 143 para evaluar la fluidez del concreto en estado fresco, también se elaboraron 25 probetas cilíndricas de concreto según la norma ASTM C – 31 para evaluar su resistencia a la compresión a 28 y 90 días de curado y por último se elaboraron 25 probetas paralelepípedas según

la norma ASTM G-109 expuestas a 90 días en una solución NaCl al 3% para medir su resistencia al ataque por cloruros.

La mejor trabajabilidad se da al adicionar un 4% de vidrio sódico cálcico, ya que a ese porcentaje hay una mejor fluidez en comparación a los demás porcentajes. Referente a la resistencia a la compresión al adicionar un 4% de vidrio sódico cálcico tanto a 28 y 90 días de curado se alcanzó una mayor resistencia de 221.551 Kg-f/cm² y 28.891 Kg-f/cm² respectivamente. Referente al ensayo de resistencia al ataque por cloruros el mejor resultado se logró en las probetas con 4% de vidrio sódico cálcico debido a que no presento corrosión en las varillas de refuerzo.

Mediante el análisis estadístico se confirmó la influencia del porcentaje del vidrio sódico cálcico añadido sobre la trabajabilidad, resistencia a la compresión y la resistencia al ataque por cloruros en la fabricación del concreto convencional para el sector construcción

Antecedentes empíricos

Meyer Ch. en su investigación acerca de “concreto con material reciclado” encontró que las expansiones de mortero con porcentajes diferentes de vidrio transparente (0%, 10%, 20%, 50% y 100%), probado de acuerdo con la norma ASTM C – 1260, establece una expansión del 1.1% en los 14 días límites para un 10% de vidrio más allá del cual se sospecha que se reactiva, debido que para un mayor porcentaje de vidrio la expansión es mayor y por lo tanto es perjudicial para el mortero.

Malek B: y colaboradores, en su investigación “El uso de materiales de residuo seleccionado en la mezclas de concreto” evaluó el porcentaje de sustitución de áridos finos con vidrio el cual vario del 0% a 20%.

Concluyendo que los diferentes porcentajes de vidrio molido añadido no afecta al slump indicando que la presencia de vidrio molido en mezclas de concreto no afecta a la variabilidad del hormigón, para los valores de resistencia de compresión y la flexión se presenta un aumento hasta una sustitución de vidrio de 20%, este aumento de esfuerzo se debe a la textura de la superficie y la fuerza de las partículas de vidrio en comparación con la de arena.

Jasem M. y colaboradores. En su investigación “Reciclaje de vidrio triturado en las mezclas de concreto” utilizo vidrio reciclado como remplazo del agregado en el concreto en estado fresco y endurecido con vidrio molido fino y grueso. Utilizo proporciones de 0 – 100% de vidrio triturado en muestras de concreto. Los resultados indicaron que el uso de vidrio molido en concreto es una opción de reciclaje viable y eficaz, en particular cuando se utilizan en proporciones de entre el 10% y 25%, mostrando valores más altos que los de hormigón normal en la resistencia a la compresión.

Arciniegas y Fonseca. En su investigación “Utilización de vidrio reciclado en morteros” lo evaluó con un porcentaje de 10%, 20% y 30% comprobando que el 10% de vidrio sódico cálcico influye significativamente sobre las propiedades de resistencia a la compresión de 203.67 Kg/cm² mejorando la durabilidad del concreto convencional.

Sanchez, Burgos. En su investigación “influencia del porcentaje y granulometría de vidrio sódico cálcico reciclado sobre la resistencia a la compresión, permeabilidad y reactividad álcali sílice en concreto a base de cemento PORTLAND Tipo I”, con un porcentaje de 0%, 10%, 20% y 30%; comprobando que el 20% de vidrio sódico cálcico en una

granulometría de malla 16 y 100 influye significativamente sobre las propiedades de resistencia a la compresión a un 32.98 Kg/cm² y permeabilidad mejorando la durabilidad del concreto convencional.

**2.1.2 Tesis de investigación: Universidad Austral de Chile–
Facultad de ciencias de la ingeniería – Escuela de Ingeniería Civil
en Obras Civiles.**

**Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado
H15, H20 y H30.**

La industria de la construcción es la mayor generadora de residuos sólidos a nivel país alcanzando un 34% de participación para el año 2009, según las cifras de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). La extracción, transporte y tratamiento de materias primas, además del impacto medioambiental ocasionado, impulsa la búsqueda de alternativas para hacer sustentable la ejecución de proyectos de obras civiles en ejecución.

Este trabajo de investigación tiene por finalidad dar una perspectiva al lector, acerca de la reutilización, del vidrio de desecho, como un agregado no natural en el hormigón, considerándolo como un árido más, reemplazando una cantidad controlada de arena.

Para determinar la influencia del vidrio triturado en la mezcla, se confeccionaron mezclas de hormigón de prueba, de graduación H15, H20 y H30, son porcentajes variables de vidrio en remplazo de una función de la arena. Las resistencias obtenidas se comparan con la resistencia de hormigones patrones, sin adición de vidrio. Además es de interés para este estudio la variación producida en otras propiedades del hormigón, como la docilidad y la densidad final de la mezcla.

Los resultados muestran que el hormigón con adición de vidrio, mantiene prácticamente inalterable sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, observándose un ligero aumento en la resistencia de las mezclas con un 10% de agregado de vidrio, resultado que es consistente con estudios previos, y que además confirma la hipótesis propuesta.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 Definiciones

a. El cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre las rocas es llamada Clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Se puede establecer dos tipos básicos de cementos.

- De origen arcilloso: obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente.
- De origen puzolánico: la puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o volcánico.

b. Propiedades Generales del Cemento

- Buena resistencia al ataque químico.
- Resistencia a temperaturas elevadas.
- Resistencia inicial elevada que disminuye con el tiempo.
Conversión interna.

- Se ha de evitar el uso de armaduras. Con el tiempo aumenta la porosidad.
- Uso apropiado para bajas temperaturas por ser muy exotérmico.

c. Cementos Adicionales de Cemento Pacasmayo

Compuesto por una mezcla de Clinker, yeso y adiciones minerales y distintas proporciones. Las adiciones minerales utilizadas varían entre puzolanas, filler y escorias de alto horno que añaden ciertas propiedades de valor agregado al cemento, otorgándoles características especiales. Además estos cementos utilizan cantidades menores de Clinker en su fabricación lo que resulta en una menor emisión de gases contaminantes.

- **Antisalitre con Fortimax 3**

Cemento de resistencia moderada a los sulfatos (componente MS), al moderado calor de hidratación (componente MH) y resistente a los agregados álcali-reactivos (componente R).

Propiedades

- ✓ Moderada resistencia a los sulfatos.
- ✓ Resistente al agua de mar.
- ✓ Moderado calor de hidratación.
- ✓ Baja reactividad con agregados álcali-reactivos.

Aplicaciones

- ✓ Concreto con exposición moderada a los sulfatos.
- ✓ Estructuras en contacto con ambientes y suelos húmedos salitrosos.

- ✓ Estructuras en ambiente marino.
- ✓ Obras portuarias.
- ✓ Concreto en clima cálido.
- ✓ Estructuras de concreto masivo.
- ✓ Concreto compactado con rodillo.
- ✓ Obra en presencia de agregados reactivos.
- ✓ Pavimentos y losas.
- ✓ Obras con presencia de agregados reactivos.
- ✓ Obras hidráulicas, canales y alcantarillas.
- ✓ Pavimentos y losas.
- ✓ Estructuras en ambiente marino.
- ✓ Obras portuarias.
- ✓ Plantas industriales y mineras.
- ✓ Desagüe pluviales.
- ✓ Estructuras de concreto masivo.
- ✓ Concreto compactado con rodillo.

d. El concreto

El concreto es un producto artificial compuesto por agregados, fino y grueso, agua, y ocasionalmente por aditivos para darle una característica específica a la mezcla, de tal manera que el concreto adquiriera una adecuada resistencia a la compresión en su estado endurecido.

En la actualidad el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello obliga al estudio y actualización permanentes para obtener del concreto

las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al ingeniero.

- Cemento + agua = pasta
- Agregado fino + agregado grueso = hormigón

Las etapas principales de producción de un buen concreto son:

- Dosificación
- Mezclado
- Transporte
- Colocación
- Consolidación
- Curado

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- a. La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima.
- b. La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.
- c. El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

d.1 TIPOS DE CONCRETO

a. Concreto simple

Es una mezcla del cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino,

deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar cubierto por la misma pasta.

Cemento + A. grueso + A. fino + agua = Concreto simple

b. Concreto armado

Es cuando el agregado simple lleva armadura de acero como refuerzo, actuando la armadura para poder soportar esfuerzos de tracción.

Concreto simple + armadura = Concreto armado

c. Concreto estructural.

Se denomina así al concreto simple, cuando éste es dosificado, mezclado, transportado y colocado de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida y una durabilidad adecuada.

Ventajas Del Concreto

- Maleabilidad
- Continuidad de los elementos estructurales
- Alta resistencia al fuego y al clima
- La mayor parte de los materiales constituyentes están disponibles a bajos costos
- Resistencia a la compresión similar a la piedra natural
- Costo relativamente bajo
- Alta resistencia frente a la tensión, ductilidad y dureza del acero.

Desventajas Del Concreto

El control de calidad no es tan bueno como para otros materiales de construcciones porque con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción.

Otra es que el concreto es un material de relativa fragilidad; su resistencia a la tensión es pequeña comparada con su resistencia a la compresión. No obstante, esta desventaja puede contrarrestarse reforzando o preforjando el concreto con acero.

d. Generalidades de los agregados

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 70-85% del peso total del concreto; razón por la cual las propiedades de los agregados resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla.

Cada elemento tiene su rol dentro de la masa de concreto y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades entre las cuales destacan: la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

La calidad de los agregados depende, de manera muy importante, de los procedimientos de extracción y de los tratamientos a que hayan sido sometidos. En la práctica no hay agregado que se pueda usar con éxito tal como se extrae del yacimiento, sin tratamiento alguno.

e.1 Tipos de agregados

Los agregados por su tamaño generalmente se dividen en dos grupos: Agregado fino y Agregado grueso.

b.1. Agregado Fino

Son aquellos cuyo material pasa en un 100% el tamiz 3/8, es decir se encuentran dispersos entre el tamiz N° 4 y tamiz N°200, según el tamaño de sus partículas pueden ser:

- Arenas gruesas: Con tamaños de partícula entre el tamiz n°4 y n°10 y el módulo de finura > 3.0

- Arenas medias: Con tamaños de partícula entre el tamiz n°10 y n°40 y el módulo de finura =2.5
- Arenas finas: Con tamaños de partícula entre el tamiz n°40 y n°200 y el módulo de finura < 2.0

Según su procedencia pueden ser:

- Arenas de río: redondas, uniformes y limpias.
- Arena de mina: generalmente heterogéneas y sucias.
- Arena de playa: con alto contenido de cloruros.
- Contenido de agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado.

e.2. Agregado Grueso

Son aquellos en que la mayor parte del material es retenido por el tamiz n°4, generalmente se obtienen a través de la explotación en canteras, estos son cortados para darle la forma y el tamaño requeridos en obra, deben presentar ciertas propiedades que lo hagan apto para ser utilizados en procesos de construcción, tales como:

- Ser homogéneos y compactos.
- Carecer de grietas nódulos y restos orgánicos.
- Ser resistentes a las cargas que se han de soportar, al desgaste y a los procesos abrasivos.
- No deben ser absorbentes ni permeables.
- Ser resistentes al fuego.
- Tener adherencia a los morteros.
- Estar dentro de los parámetros referidos al control de calidad

e. Aditivo

Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejorar para el fin a que se destine.

f. Vidrio Sódico Cálcico

La sílice es parte de la materia prima básica, el sodio le da cierta facilidad de fusión y el calcio la provee de estabilidad química: sílice – sodio – calcio. Se emplea para elaborar, vidrios planos botellas, frascos tienen un color verde debido al hierro de las materias primas, tienen poco vidrio. Ej: las ventanas de todos los edificios lo que diferencia de una ventana pequeña a una ventana grande es solo el espesor.

- **Composición**

| | |
|---------------|-----------|
| Sílice ----- | 70% - 75% |
| Sodio----- | 12% - 18% |
| Potasio----- | 0% - 1% |
| Calcio----- | 5% - 14% |
| Aluminio----- | 0.5% - 3% |
| Magnesio----- | 0% - 4% |

Probeta de concreto

Las probetas de concreto son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizan en moldes metálicos cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura rígidos.

Es la manera práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto en las edificaciones.

Para obtener una resistencia representativa, la norma INTINTEC determina los procedimientos a seguir en cada etapa de la

preparación de las probetas; y el reglamento nacional de construcciones señala el tamaño y número de la muestra de ensayo.

Ensayo de resistencia a la compresión

Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. Se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de sección que resiste a la carga.

Los resultados de prueba de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, f'_c , es la especificación del trabajo.

Relación agua/cemento (a/c)

La relación agua / cemento constituye un parámetro importante de la composición del hormigón. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del hormigón. La relación agua / cemento (a/c) es el valor característico más importante de la tecnología del hormigón. 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. La relación agua cemento es el cociente entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el hormigón fresco. Es decir que se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenido en un volumen dado de hormigón.

Slump

Es un ensayo que se le hace al concreto fresco para determinar, su consistencia o fluidez y que cumpla con los parámetros establecidos.

El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior.

Esta medición se complementa con la observación de la forma de derrumbamiento del cono de hormigón mediante golpes laterales con la varilla – pisón.

Muros de Contención

Los muros de contención se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía.

Por ejemplo, en la construcción de vías férreas o de carreteras, el ancho de servidumbre de la vía es fijo y el corte o terraplén debe estar contenido dentro de este ancho. De manera similar, los muros de los sótanos de edificios deben ubicarse dentro de los límites de la propiedad y contener el suelo alrededor del sótano.

2.2.2 Ensayos de los agregados en laboratorio para determinar las propiedades mecánicas

Para determinar las propiedades mecánicas de los agregados se realizan los ensayos que se nombraran a continuación:

a. Contenido de humedad (Norma Técnica Peruana 339.185)

Es la cantidad de agua superficial retenidas por las partículas del agregado. Viene a ser la diferencia entre el estado actual de humedad y el estado seco.

El grado de humedad está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad esta también relacionado con el tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de los poros.

El agregado tiene 4 estados:

Seco: Se consigue mediante un horno a 110° C.

Parcialmente seco: En el aire libre.

Saturado superficialmente seco: Es un estado ideal, se dan cuando sus poros están llenos de agua y están secos superficialmente.

Húmedo: cuando los poros y la superficie están llenos de agua.

b. Pesos unitarios de agregado fino y grueso (Norma Técnica Peruana 400.017)

Mediante este ensayo obtendremos el peso unitario del agregado ya sea suelto o compactado, como también el cálculo de vacíos en ambos agregados y una mezcla de ambos.

En este ensayo se obtiene el peso unitario suelto y de la misma manera se obtiene el peso unitario compactado.

c. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (Norma Técnica Peruana 400.012)

Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices, según la norma de “método de prueba estándar por el análisis del tamiz de agregados finos y agregados gruesos”

El método de determinación granulométrico es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramada (a modo de coladores) que actúan como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Cabe resaltar que mediante este ensayo se obtienen datos mediante los cuales se determina el módulo de finura del agregado.

Tamaño máximo nominal

Según la Norma Técnica Peruana es aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Cabe resaltar que mediante este ensayo se obtienen datos mediante los cuales se determina el módulo de finura del agregado.

d. Peso específico y absorción del agregado fino y grueso (Norma Técnica Peruana 339.022 y 339.021)

La gravedad específica puede ser expresada como la gravedad específica bulk, gravedad específica bulk (SSD) o gravedad específica aparente. La gravedad específica bulk (SSD) y la absorción, se basan en agregados sumergidos en agua después de 24 horas

Absorción

Aumento en el peso de los agregados debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas expresado como un porcentaje del peso seco.

Gravedad específica

Relación entre la masa de una unidad de volumen de un material a la masa del mismo volumen de agua a una temperatura indicada. Los valores son adimensionales.

Gravedad específica aparente

Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen de la parte impermeable del agregado a una temperatura indicada a el peso en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas a una temperatura dada.

Gravedad específica bulk

Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen total (incluyendo los vacíos permeables e impermeables de las partículas pero sin incluir los vacíos entre partículas) a una temperatura establecida para el peso en el aire de un volumen igual del material libre de agua destilada a una temperatura establecida.

Gravedad específica bulk (SSD)

Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen total del agregado, incluyendo el peso del agua dentro de los vacíos alcanzados por la sumersión en gua durante aproximadamente 24 horas (pero sin incluir los vacíos entre las partículas), a una temperatura establecida, en comparación con el peso en el aire de un volumen igual del material libre de agua destilada a una temperatura establecida.

2.2.3 Consideraciones básicas para el diseño de una mezcla de concreto.

Economía

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el

costo del concreto. En general, esto puede ser echo del siguiente modo:

- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.
- Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado (respetando las limitaciones indicadas en el capítulo anterior).
- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

Es necesario además señalar que en adición al costo, hay otros beneficios relacionados con un bajo contenido de cemento. En general, las contracciones serán reducidas y habrá menor calor de hidratación. Por otra parte un muy bajo contenido de cemento, disminuirá la resistencia temprana del concreto y la uniformidad del concreto será una consideración crítica.

La economía de un diseño de mezcla en particular también debería tener en cuenta el grado de control de calidad que se espera en obra. Como discutiremos en capítulos posteriores, debido a la variabilidad inherente del concreto, la resistencia promedio del concreto producido debe ser más alta que la resistencia a compresión mínima especificada. Al menos en pequeñas obras, podría ser más barato “sobrediseñar” el concreto que implementar el extenso control de calidad que requeriría un concreto con una mejor relación costo –eficiencia.

Trabajabilidad

Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento.

Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos sordos al frecuente pedido, en obra, de “más agua”.

Resistencia y Durabilidad

En general las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles.

Como veremos en otros capítulos, no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño.

Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo ó ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos.

Entonces, el proceso de diseño de mezcla, envuelve cumplir con todos los requisitos antes vistos. Asimismo debido a que no todos los requerimientos pueden ser optimizados simultáneamente, es necesario compensar unos con otros; (por ejemplo puede ser mejor emplear una dosificación que para determinada cantidad de cemento no tiene la mayor resistencia a compresión pero que tiene una mayor trabajabilidad).

Finalmente debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se lleva a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado.

2.2.4 Información requerida para el diseño de mezclas

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de lo agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

2.2.5 Pasos para el proporcionamiento

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

1. Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
2. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr}).
3. Elección del Asentamiento (Slump).
4. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
6. Selección de la relación agua/cemento (a/c).
7. Cálculo del contenido de cemento.
8. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
9. Ajustes por humedad y absorción.
10. Cálculo de proporciones en peso.

1. Especificaciones técnicas

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

2. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr})

2.1. Cálculo de la desviación estándar

Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla 2.1 para la determinación de la resistencia promedio requerida

TABLA 1. Resistencia a la compresión promedio.

| $f'c$ | $f'cr$ |
|--------------|------------|
| Menos de 210 | $f'c + 70$ |
| 210 a 350 | $f'c + 84$ |
| Sobre 350 | $f'c + 98$ |

3. Elección del asentamiento (Slump)

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

TABLA 2. Consistencia y asentamientos.

| Consistencia | Asentamiento |
|--------------|------------------------|
| Seca | 0" (0mm) a 2" (50mm) |
| Plástica | 3" (75mm) a 4" (100mm) |
| Fluida | ≥ 5" (125mm) |

4. Selección de tamaño máximo del agregado

Para obtener el tamaño máximo, tamaño máximo nominal y módulo de finura se realiza el ensayo de granulometría a los agregados de una determinada cantera según la norma técnica peruana 400.012.

5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

La tabla 3, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 3. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

| ASENTAMIENTO O SLUMP (mm) | ³ Agua en <i>lt m</i> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados. | | | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|------|
| | 10mm (3/8") | 12.5mm (1/2") | 20mm (3/4") | 25mm (1") | 40mm (1½") | 50mm (2") | 70mm (3") | 150mm (6") | |
| CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO | | | | | | | | | |
| 30 a 50 (1" a 2") | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 | 125 | |
| 80 a 100 (3" a 4") | 225 | 215 | 205 | 195 | 175 | 170 | 160 | 140 | |
| 150 a 180 (6" a 7") | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 | --- | |
| Cantidad aproximada de aire atrapado (%). | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | |
| CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO | | | | | | | | | |
| 30 a 50 (1" a 2") | 180 | 175 | 165 | 160 | 145 | 140 | 135 | 120 | |
| 80 a 100 (3" a 4") | 200 | 190 | 180 | 175 | 160 | 155 | 150 | 135 | |
| 150 a 180 (6" a 7") | 215 | 205 | 190 | 185 | 170 | 165 | 160 | --- | |
| Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición. | Exposición suave | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.5* | 1.0* |
| | Exposición moderada | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.5 | 4.0 | 3.5* | 3.0* |
| | Exposición severa | 7.5 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5* | 4.0* |

6. Elección de la relación agua/cemento (a/c)

Para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad

Tabla 4. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

| RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)* | RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO | |
|--|---|-------------------------------|
| | CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO | CONCRETO CON AIRE INCORPORADO |
| 450 | 0.38 | --- |
| 400 | 0.43 | --- |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

7. Cálculo del contenido de cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación agua/cemento han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación agua/cemento. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

8. Estimación del contenido del agregado grueso y agregado fino

Método del comité 211 del ACI

Se determina el contenido del agregado grueso mediante la tabla 8.1, elaborada por el comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla 7.1 permite obtener un coeficiente b / b_0 resultante de la división del peso del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en Kg/m³

Tabla 5. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

| TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO | | Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino. | | | |
|-----------------------------------|--------|---|-------------|------|------|
| | | MÓDULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO | | | |
| mm. | Pulg. | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 10 | 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 12.5 | 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 20 | 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 25 | 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 40 | 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 50 | 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 70 | 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 150 | 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

9. Ajuste por humedad y absorción

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectada por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportaran algo de esta agua a la pasta aumentando la relación agua/cemento, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a la compresión.

10. Cálculo de proporciones en peso

Se dosifica en peso para un volumen de 1 m³

| |
|---|
| CEMENTO: AGREGADO FINO: AGREGADO GRUESO / AGUA |
|---|

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Población

Por tratarse de una investigación experimental, la población estará constituida por probetas cilíndricas de concreto, ya que se realizará el estudio experimental al concreto con el fin de obtener una mezcla con un mejor comportamiento a la compresión.

3.1.2 Muestra

Se trabajara con un concreto de 210 Kg/cm², basándose en una dosificación diseñada mediante el método del ACI.

3.1.3 Unidad de Análisis

Para el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ se realizará el ensayo de resistencia a la compresión, mediante rupturas de probetas en sus diferente edades de 7, 14, 21 y 28 días en las cuales se romperán una cantidad determinada de probetas por edad para ser más puntuales con los datos obteniendo un promedio de las rupturas.

3.2 Método

3.2.1 Tipo de Investigación

3.2.1.1 Por el propósito: Aplicada- Experimental

3.2.1.2 Por el nivel de conocimientos que se adquieren: Descriptiva

3.2.2 Diseño de Investigación

El presente es un estudio experimental por que se pretende un diseño de mezcla con una mayor resistencia a la compresión mediante procesos experimentales, los cuales se determinan en base a una dosificación realizada mediante el método del ACI con datos obtenidos de los ensayos de agregados para poder determinar sus propiedades mecánicas.

3.2.3 Variables de Estudio y Operacionalización

3.2.3.1 Variables de estudio

Variable Independiente (V1) : Adición de Vidrio sódico cálcico.

Variable Dependiente (V2): Aumento de la resistencia a la compresión y mayor trabajabilidad del concreto.

3.2.3.2 Operacionalización de las variables

| VARIABLE | Indicador | Medición |
|-----------------|-----------------------------|--------------------|
| (V1) | Vidrio sódico cálcico | Kg |
| (V2) | Resistencia a la compresión | Kg/cm ² |

3.2.4 Instrumentos de Recolección de Datos

Para esta investigación obtuvimos datos mediante:

- Estudio de ensayos de agregados de una determinada cantera.
- Método del ACI para el diseño de mezcla a la que incluiremos un porcentaje de vidrio molido.
- Ruptura de probetas en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días.

3.2.5 Procedimiento y análisis de Datos

3.2.5.1 Ensayo de los agregados en laboratorio para determinar las propiedades mecánicas.

Cantera : “H & C”

Dirección : Av. América Norte 2420

Laboratorio : Mecánica De Suelos UPAO

a. Ensayo de granulometría (Norma Técnica Peruana 400.012)

Se toma una muestra del agregado y es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

c.1 Módulo de Finura

Agregado fino: Peso = 1000 gr

$$M_f = \frac{\% \text{Ret. Acum.} \left(1 \frac{1''}{2} + \frac{3''}{4} + \frac{3''}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100 \right)}{100}$$

$$M_f = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 7.02 + 14.58 + 36.62 + 82.64 + 90.68}{100}$$

$$M_f = 2.6$$

c.1 Tamaño máximo nominal

Agregado grueso: Peso = 4000 gr

T.M.N = $\frac{3}{4}$ “



Figura 1. Agitado de columna tamices.



Figura 2. Cantidad de agregado retenido en cada tamiz.

b. Contenido de humedad (Norma Técnica Peruana 339.185)

Determinar la cantidad de agua existente en cada uno de los agregados a emplear en la mezcla y que podría afectar a la mezcla

Agregado grueso

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{húmedo} - \text{seco}}{\text{seco}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{527.7 - 521.1}{521.1} \times 100$$

- **% de humedad = 1.29**

Agregado fino

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{húmedo} - \text{seco}}{\text{seco}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{587.9 - 577.5}{577.5} \times 100$$

- **% de humedad = 1.81**



Figura 3. muestra del agregado para determinar su peso.



Figura 4. Muestra en horno a una temperatura de 110°C por 24 horas.

c. Pesos Unitarios (Norma Técnica Peruana 400.017)

Determinar el peso unitario seco suelto y compactado para poder desarrollar un diseño de mezcla adecuado.

b.1. Peso Unitario Seco y Suelto

Agregado fino

$$\text{Peso Unitario seco suelto} = \frac{4.351 \text{ Kg}}{0.00272 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso Unitario seco suelto} = 1599.71 \text{ Kg/m}^3$$

Agregado grueso

$$\text{Peso Unitario seco suelto} = \frac{14.910 \text{ Kg}}{0.00943 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso Unitario seco suelto} = 1581.71 \text{ Kg/m}^3$$

b.2. Peso Unitario Seco y compactado

Agregado fino

$$\text{Peso Unitario seco compactado} = \frac{4.712 \text{ Kg}}{0.00272 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso Unitario seco compactado} = 1732.42 \text{ Kg/m}^3$$

Agregado grueso

$$\text{Peso Unitario seco compactado} = \frac{15.326 \text{ Kg}}{0.00943 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso Unitario seco compactado} = 1625.25 \text{ Kg/m}^3$$



Figura 5. Recipiente para el ensayo de peso unitario.



Figura 6. Compactando la primera capa de la muestra del agregado

d. Peso específico y porcentaje de absorción (Norma Técnica Peruana 339.022. y 339.021)

Determinar el peso específico y % de absorción tanto del agregado grueso como del agregado fino de acuerdo a las normas técnicas peruanas nombradas.

Agregado Fino:

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{508}{695 + 508 - 1005} = 2.56$$

$$\text{Absorción(\%)} = 1.01$$

Agregado Grueso:

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{3028.5}{30.285 - 1824.1} = 2.51$$

$$\text{Absorción(\%)} = 0.86$$

3.2.5.2 Para esta investigación se utilizó cemento Pacasmayo Fortimax 3

De acuerdo a la ficha técnica de Cementos Pacasmayo (cemento fortimax 3, 13 de febrero del 2015 se obtuvo su peso específico.

TABLA 6. Peso específico de cemento pacasmayo fortimax 3

| DESCRIPCIÓN | RESULTADO |
|-----------------|-----------|
| PESO ESPECIFICO | 2.94 |



Figura 7. Cemento pacasmayo Fortimax 3.

3.2.5.3 Diseño de mezcla para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

2. Elección de la resistencia promedio ($f'cr$)

TABLA 2.1. Resistencia a la compresión promedio.

$$f'c = 210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad ; \quad f'c + 84 = f'cr$$

- $f'cr = 294 \text{Kg/cm}^2 \dots\dots(a)$

3. Elección del asentamiento (Slump)

TABLA 3.1. Consistencia y asentamientos.

Para la determinación de un concreto con resistencia de 210 Kg/cm² para muros de contención utilizamos un asentamiento de 3" a 4".

- **Slump = (Plástica) 3" – 4" ... (b)**

4. Selección de tamaño máximo del agregado

De acuerdo a los datos obtenidos en el ensayo de agregados:

- **Tamaño Máximo Nominal = $\frac{3}{4}$ " ... (c)**

5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

Tabla 5.1. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

- **Sin aire incorporado = 2%...(d)**

- **Estimación de agua = 205 Lt/m³...(e)**

6. Elección de la relación agua/cemento (a/c)

Tabla 6.1. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

Para poder encontrar la relación agua/cemento interpolamos los datos que necesitamos, mostrados en la tabla 6.1

$$\frac{300 - 250}{0,55 - 0,62} = \frac{294 - 250}{x - 0,62}$$

$$\frac{50}{-0,07} = \frac{44}{x - 0,62}$$

$$(x - 0,62)(50) = (44) (-0,07)$$

- **Relación agua/cemento = 0,558...(f)**

7. Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento Kg/m}^3 = \frac{\text{contenido de agua de mezclado lts/m}^3}{\text{relación a/c (para f'cr)}}$$

$$\text{Contenido de cemento Kg/m}^3 = \frac{205 \text{ lts/m}^3}{0,558}$$

- **Contenido de cemento Kg/m³ = 367,38 Kg/m³... (g.1)**
- **Factor cemento = 8,64 Bls...(g.2)**

$$\text{Volumen de cemento m}^3 = \frac{\text{contenido de cemento (kg)}}{\text{peso específico del cemento (Kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen de cemento m}^3 = \frac{367,38 \text{ Kg}}{2940 \text{ Kg/m}^3}$$

- **Volumen de cemento (m³) = 0,125...(g.3)**

8. Estimación del contenido del agregado grueso y agregado fino

Método del comité 211 del ACI

Una vez obtenido b / b_o , procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cubico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{➤ } \frac{b}{b_o} = 0,64$$

$$\text{Peso seco del A. grueso (Kg/m}^3\text{)} = \frac{b}{b_o} (\text{P. U. compactado del A. grueso})$$

$$\text{Peso seco del A. grueso (Kg/m}^3\text{)} = 0,64(1625,25)$$

- **Peso seco del A. grueso (Kg/m³) = 1040,16 Kg/m³...(h.1)**

❖ Entonces los volúmenes de los agregados grueso y fino serán:

$$\text{Volumen del A. grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso seco del A. grueso}}{\text{peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Volumen del A. grueso (m}^3\text{)} = \frac{1040,16}{2.51 \times 10000}$$

- **Volumen del A. grueso (m³) = 0,414m³...(h.2)**

$$\text{Volumen del A. fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. A. grueso})$$

$$\text{Volumen del A. fino (m}^3\text{)} = 1 - (0,205 + 0,02 + 0,125 + 0,414)$$

- **Volumen del A. fino (m³) = 0,236m³...(h.3)**

❖ Por consiguiente el peso seco del agregado fino será:

$$\text{Peso seco del A. fino (Kg/m}^3\text{)} = (\text{Vol. A. fino}) \times (\text{P. específico del A. fino})$$

$$\text{Peso seco del A. fino (Kg/m}^3\text{)} = (0,236) \times (2.56) \times (1000)$$

- **Peso seco del A. fino (Kg/m³) = 604,16Kg/m³...(h.4)**

9. Ajuste por humedad y absorción

Agregado grueso

✓ Humeda: %W_g

✓ % Absorción: %A_g

Agregado fino

✓ Humeda: %W_f

✓ % Absorción: %A_f

Pesos de agregados húmedos

$$\text{Peso del A. grueso húmedo (Kg)} = (\text{Peso A. G. seco}) \times \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

$$\text{Peso del A. grueso húmedo (Kg)} = (1040,16) \times \left(1 + \frac{1,29}{100}\right)$$

- **Peso del A. grueso húmedo (Kg) = 1053,58 Kg...(i.1)**

$$\text{Peso del A. fino húmedo(Kg)} = (\text{Peso A. F. seco}) \times \left(1 + \frac{\%Wf}{100}\right)$$

$$\text{Peso del A. fino húmedo(Kg)} = (604,16) \times \left(1 + \frac{1,81}{100}\right)$$

- **Peso del A. fino húmedo (Kg) = 615,09 Kg...(i.2)**

Agua Efectiva

$$\text{Agua en A. grueso} = (\text{Peso A. G. seco}) \times \left(\frac{\%Wg - \%Ag}{100}\right)$$

$$\text{Agua en A. grueso} = (1040,16) \times \left(\frac{1,29 - 0,86}{100}\right)$$

- **Agua en A. grueso = 4,47...(i.3)**

$$\text{Agua en A. fino} = (\text{Peso A. F. seco}) \times \left(\frac{\%Wf - \%Af}{100}\right)$$

$$\text{Agua en A. fino} = (604,16) \times \left(\frac{1,81 - 1,01}{100}\right)$$

- **Agua en A. fino = 4,83...(i.4)**

$$\text{Agua efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (\text{Agua en A. fino} + \text{Agua en A. grueso})$$

$$\text{Agua efectiva (Lts)} = 205 - (4,83 + 4,47)$$

- **Agua efectiva (Lts) = 195,7 Lts...(i.5)**

10. Cálculo de proporciones en peso

Al diseño de mezcla se le adiciona un porcentaje mínimo de vidrio molido.

CEMENTO: AGREGADO FINO: AGREGADO GRUESO: VIDRIO/AGUA

$$\frac{P.\text{cemento}}{P.\text{cemento}} : \frac{P.A.F.\text{húmedo}}{P.\text{cemento}} : \frac{P.A.G.\text{húmedo}}{P.\text{cemento}} : \text{VIDRIO} / \frac{A.\text{efectiva}}{P.\text{cemento}}$$

$$1 : 1.68 : 2.87 : 0.06\text{kg/bls} / 22\text{lbs/bls}$$

Galería de fotos de mezcla de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ adicionando un porcentaje mínimo de vidrio molido



Figura 8. Muestra de vidrio molido.



Figura 9. Peso de agregado para realizar la mezcla.



Figura 10. Prueba de slump en el cono de Abrams



Figura 11. Realizando la mezcla de concreto.



Figura 12. Agregando el vidrio molido a la mezcla



Figura 13. Prueba de resistencia a la compresión.



Figura 14. Prueba finalizada de resistencia a la compresión.

3.2.6 Técnica de Análisis de Datos

En esta investigación se aplicó la Distribución T de Student

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

Donde:

T = valor estadístico de la prueba t de student

\bar{X}_1 = Valor promedio del grupo 1

\bar{X}_2 = Valor promedio del grupo 2

σ_p = desviación estándar ponderada de ambos grupos.

N_1 = tamaño de la muestra del grupo 1

N_2 = tamaño de la muestra del grupo 2

Ecuación para obtener la desviación estándar ponderada.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{SC_1 + SC_2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Donde:

σ_p = Desviación estándar ponderada

Sc = Suma de cuadrados de cada grupo

N = Tamaño de la muestra 1 y 2.

Tabla 7. Cuadro de resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto adicionado con vidrio molido

| N° | x1 | x2 | (X1 - Xprom1) | (X1 - X1prom)2 | (X2 - Xprom2) | (X2 - X2prom)2 |
|----|--------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 1 | 301.93 | 313.8 | -3.773 | 14.235529 | -9.2 | 85.3776 |
| 2 | 307.22 | 315.6 | 1.517 | 2.301289 | -7.4 | 55.3536 |
| 3 | 306.14 | 323.5 | 0.437 | 0.190969 | 0.5 | 0.2116 |
| 4 | 307.4 | 322.1 | 1.697 | 2.879809 | -0.9 | 0.8836 |
| 5 | 306.4 | 310.5 | 0.697 | 0.485809 | -12.5 | 157.2516 |
| 6 | 307.4 | 317.2 | 1.697 | 2.879809 | -5.8 | 34.1056 |
| 7 | 303.2 | 329.4 | -2.503 | 6.265009 | 6.4 | 40.4496 |
| 8 | 305.2 | 328.4 | -0.503 | 0.253009 | 5.4 | 28.7296 |
| 9 | 302.4 | 322.5 | -3.303 | 10.909809 | -0.5 | 0.2916 |
| 10 | 305.2 | 319.6 | -0.503 | 0.253009 | -3.4 | 11.8336 |
| 11 | 307.2 | 317.9 | 1.497 | 2.241009 | -5.1 | 26.4196 |
| 12 | 306.3 | 328.5 | 0.597 | 0.356409 | 5.5 | 29.8116 |
| 13 | 304.2 | 329.4 | -1.503 | 2.259009 | 6.4 | 40.4496 |

| | | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------|-----------|------|---------|
| 14 | 306.9 | 322.4 | 1.197 | 1.432809 | -0.6 | 0.4096 |
| 15 | 304.3 | 326.5 | -1.403 | 1.968409 | 3.5 | 11.9716 |
| 16 | 305.6 | 327.7 | -0.103 | 0.010609 | 4.7 | 21.7156 |
| 17 | 305.4 | 327.6 | -0.303 | 0.091809 | 4.6 | 20.7936 |
| 18 | 304.9 | 328.4 | -0.803 | 0.644809 | 5.4 | 28.7296 |
| 19 | 304.8 | 326.4 | -0.903 | 0.815409 | 3.4 | 11.2896 |
| 20 | 305.6 | 328.4 | -0.103 | 0.010609 | 5.4 | 28.7296 |
| 21 | 307.4 | 319.6 | 1.697 | 2.879809 | -3.4 | 11.8336 |
| 22 | 307.5 | 316.5 | 1.797 | 3.229209 | -6.5 | 42.7716 |
| 23 | 304.6 | 324.5 | -1.103 | 1.216609 | 1.5 | 2.1316 |
| 24 | 306.5 | 327.5 | 0.797 | 0.635209 | 4.5 | 19.8916 |
| 25 | 307.4 | 327.6 | 1.697 | 2.879809 | 4.6 | 20.7936 |
| 26 | 310.5 | 323.4 | 4.797 | 23.011209 | 0.4 | 0.1296 |
| 27 | 309.7 | 318.5 | 3.997 | 15.976009 | -4.5 | 20.6116 |
| 28 | 306.4 | 322.7 | 0.697 | 0.485809 | -0.3 | 0.1156 |
| 29 | 301.2 | 326.5 | -4.503 | 20.277009 | 3.5 | 11.9716 |
| 30 | 302.2 | 318.6 | -3.503 | 12.271009 | -4.4 | 19.7136 |
| promedio | 305.703 | 323.04 | | | | |

X1 = resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto
adicionando vidrio molido.

N1 = 30

N2 = 30

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 2803763.07

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 3131430.02

Luego:

$$\sigma_p = 319.892037$$

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

$$T = -0.20990179$$

- El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 56.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto adicionado con vidrio molido.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto adicionado con vidrio molido.

Si:

$P < 0.05$; entonces : H_1 es verdadero

$P > 0.05$; entonces : H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.4172

- ✓ Por consiguiente se determina que no existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto normal y el concreto adicionado con vidrio molido.

3.2.7 Modelos Estadísticos de Análisis de Datos

En este estudio se realizó la distribución normal como control estadístico para el concreto haciendo uso de programas como Excel para registrar datos y obtener la curva normal de la resistencia del concreto a los 28 días

IV. RESULTADOS

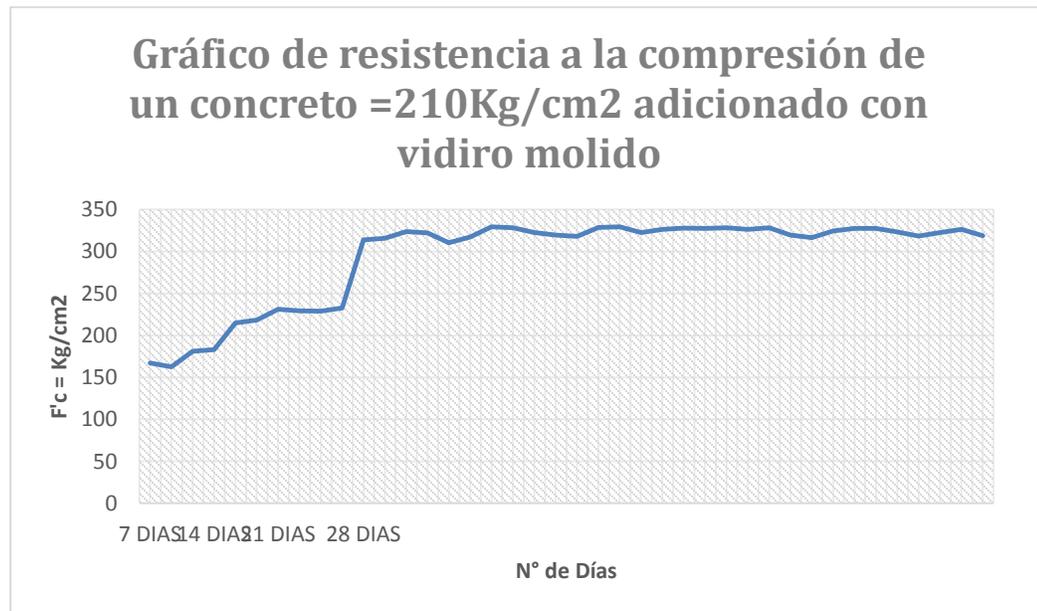
Los resultados de esta investigación se plasma en el cuadro de resumen de resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días adicionado con vidrio molido.

Tabla 8. Resumen de resultados de resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado de vidrio molido, en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días.

| N° DIAS | DESCRIPCION | DIAMETRO | f'c | % DE RESISTENCIA |
|------------|-------------|----------|-------|------------------|
| 7 DIAS | PROBETA 1 | 15.1 | 167.2 | 0.88 |
| | PROBETA 2 | 15.2 | 162.7 | |
| | PROBETA 3 | 15.2 | 181.2 | |
| 14 DIAS | PROBETA 4 | 15.2 | 182.9 | 1.05 |
| | PROBETA 5 | 15.1 | 214.8 | |
| | PROBETA 6 | 15.2 | 218.3 | |
| 21 DIAS | PROBETA 7 | 15.1 | 231.0 | 1.20 |
| | PROBETA 8 | 15.1 | 229.4 | |
| | PROBETA 9 | 15.1 | 228.7 | |
| | PROBETA 10 | 15.2 | 232.6 | |
| 28 DIAS | PROBETA 11 | 15.1 | 313.8 | 1.50 |
| | PROBETA 12 | 15.1 | 315.6 | |
| | PROBETA 13 | 15.2 | 323.5 | |
| | PROBETA 14 | 15.0 | 322.1 | |
| | PROBETA 15 | 15.1 | 310.5 | |
| | PROBETA 16 | 15.0 | 317.2 | |
| | PROBETA 17 | 15.0 | 329.4 | |
| | PROBETA 18 | 15.0 | 328.4 | |
| | PROBETA 19 | 15.2 | 322.5 | |
| | PROBETA 20 | 15.0 | 319.6 | |
| | PROBETA 21 | 15.1 | 317.9 | |
| | PROBETA 22 | 15.1 | 328.5 | |
| PROBETA 23 | 15.1 | 329.4 | | |

| | | |
|------------|------|-------|
| PROBETA 24 | 15.1 | 322.4 |
| PROBETA 25 | 15.0 | 326.5 |
| PROBETA 26 | 15.2 | 327.7 |
| PROBETA 27 | 15.0 | 327.6 |
| PROBETA 28 | 15.0 | 328.4 |
| PROBETA 29 | 15.1 | 326.4 |
| PROBETA 30 | 15.1 | 328.4 |
| PROBETA 31 | 15.1 | 319.6 |
| PROBETA 32 | 15.0 | 316.5 |
| PROBETA 33 | 15.0 | 324.5 |
| PROBETA 34 | 15.0 | 327.5 |
| PROBETA 35 | 15.2 | 327.6 |
| PROBETA 36 | 15.1 | 323.4 |
| PROBETA 37 | 15.1 | 318.5 |
| PROBETA 38 | 15.0 | 322.7 |
| PROBETA 39 | 15.0 | 326.5 |
| PROBETA 40 | 15.1 | 318.6 |

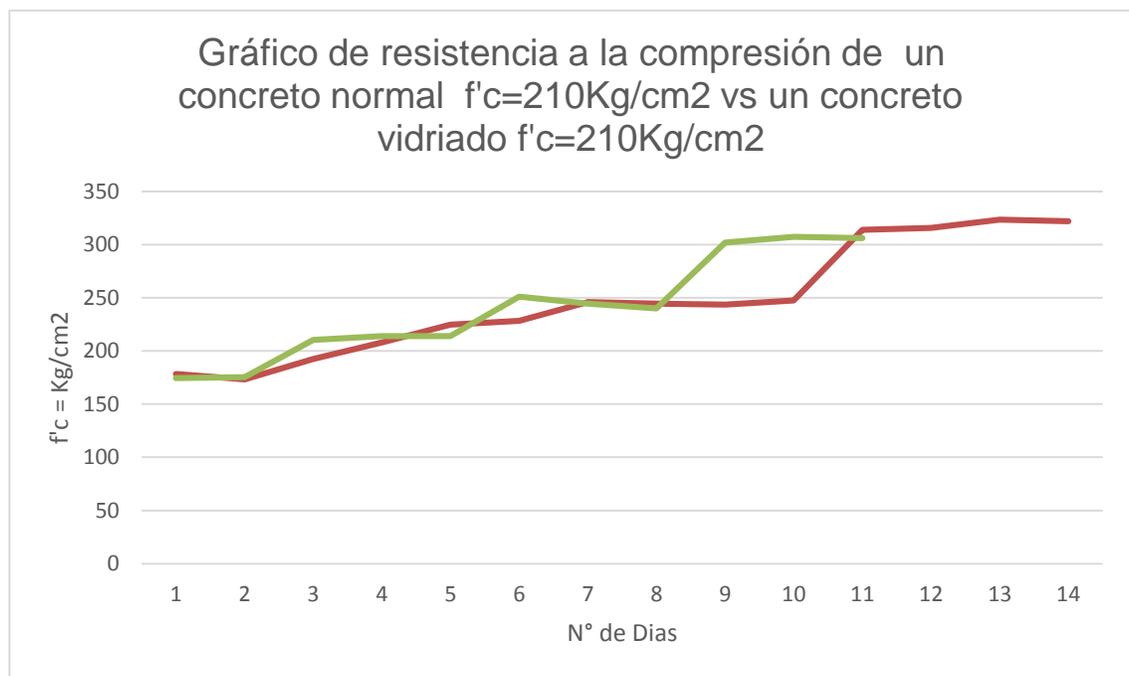
Gráfico1. Resistencia a la compresión de un concreto =210Kg/cm2 aficionado con vidrio molido



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó una comparación de un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ normal de la tesis: "Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días; entre el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado de vidrio molido.

Grafico 2. Comparación de la resistencia de dos concretos de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, un concreto adicionando vidrio molido con un concreto normal



- Concreto normal
- Concreto vidriado

- ✓ Los resultados no fueron los esperados, ya que no existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión de un concreto normal $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado de un porcentaje mínimo de vidrio.

VI. CONCLUSIONES

- La resistencia a la compresión obtenida fue de 318.75 Kg/cm^2 a los 28 días, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido.
- Los resultados obtenidos para obtener las características de los agregados fueron satisfactorios ya que estos cumplen con los husos granulométricos de la Norma Técnica Peruana 400.037.
- La dosificación para un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ agregando un porcentaje mínimo de vidrio molido mediante el método del ACI, fue de $1 : 1.68 : 2.87 : 0.06 \text{ Kg/bls} / 22.7 \text{ lts/bls}$.
- La resistencia a la compresión obtenida en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días fueron de 184 Kg/cm^2 , 220.4 Kg/cm^2 , 245.4 Kg/cm^2 y 318.8 Kg/cm^2 respectivamente, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido.
- Considerando que la trabajabilidad para un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ depende del asentamiento (slump) que tiene la mezcla, realizada la dosificación resultó 8cm, prueba que fue realizada con el cono de Abrams, por lo que se concluye que la adherencia del vidrio molido a la mezcla no afecta su consistencia en su estado fresco.
- Los resultados obtenidos resultaron no satisfactorios en cuanto a la propiedad de resistencia a la compresión que debe tener el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, al parecer el porcentaje de vidrio molido añadido a una dosificación normal fue insuficiente.

VII. RECOMENDACIONES

- Ampliar la investigación realizando comparaciones de resistencia a la compresión de concretos con porcentajes de vidrio molido, mayores a 2%.
- Del estudio experimental con un porcentaje menor al 1% de vidrio molido en peso de dosificación, se puede recomendar su uso para ser utilizado con fines de acabados (enlucidos)

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, Flavio (1995). Tecnología del concreto.
- Bender Joel y P. Hellerstein Jonathan (2011). Vidrio, Cerámica y Materiales Afines” de la “Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. EE.UU.
- Construcción e Ingeniería (2012). Nuevo tipo de cemento con vidrio molido y menos cemento.
- Diario La República (2013). El 45% de restos que se tira a mares y ríos es plástico y causa la muerte de las especies.
- Hermida German (2013). Técnicas de Sika - Aditivos para concreto. Perú.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones IECA (2010). Componentes y Propiedades del Cemento.
- Martínez Quispe, Judith (2013). Informe sobre cemento Pacasmayo de la facultas de ingeniería – escuela de ingeniería civil - universidad nacional de Huancavelica. Perú.
- Mendoza Marie. Concreto - unidad I “propiedades físicas y mecánicas del concreto y el acero. Venezuela.
- Presidente Pérez, Carlos (2001). Norma Técnica Peruana 400.012. Perú.
- Petit V., Marvin (2012). El concreto como material constructivo del instituto universitario politécnico Santiago Mariño de Caracas. Venezuela.
- Porrero, Joaquín, Ramos, Carlos, Grases, José (2008). Manual del concreto estructural. Venezuela.
- Rivva López, Enrique. (2000). Naturaleza y Materiales del Concreto. Perú.