

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



DESEMPEÑO DEL CONCRETO ELABORADO EN LA PROVINCIA DE HUANUCO CON LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I.

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

PRESENTADO POR:

FERNANDO TOLENTINO MURGA CORI

ASESOR

ING. JOSÉ LUIS VILLAVICENCIO GUARDIA

HUÁNUCO – PERÚ

2016



DEDICATORIA

Dedico esta investigación a todas aquellas personas que me apoyaron en la elaboración de esta tesis. En especial a mis padres quienes son el motor y motivo, que hacen que día a día existe una razón para seguir adelante.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor de tesis Ing. José Luis Villavicencio Guardia, por su tiempo, sus sugerencias, su paciencia y su motivación que han sido fundamentales en el desarrollo de esta tesis.

A los Ingenieros Erasmo Fernández Sixto y Mauro A. Domínguez Magino, por darme las facilidades de realizar mis ensayos en los ambientes del laboratorio de Estructuras de la FICA.

A los Ingenieros Moisés Edgar, Torres Ramírez y Edelmiro Cueva Solís, en asesorar la parte de contenido y metodológica en la primera etapa del proyecto de tesis.

A los amigos Omar y Eleuterio que trabajan en el laboratorio de Suelos y Pavimentos de la FICA. A mis amigos y colaboradores Alfredo, Franklin, David y Omar que estuvieron presentes en cada ensayo apoyándome en la recolección de datos.

Finalmente manifiesto mi más profundo agradecimiento a mi familia a mi Madre a mi Padre y hermanas por su comprensión y apoyo, también un agradecimiento muy especial a mi tío Ricardo quien me brindó su apoyo en un momento muy crucial de mi carrera, también un agradecimiento en particular a mi padre por apoyarme pese a las adversidades que le ocurrieron en su salud.



RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar el desempeño del concreto elaborado con cada una de las marcas de cemento Portland Tipo I planteadas en la investigación para el cual se realizó un mismo diseño de mezclas de igual dosificación ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$); los cuales se realizara la comparación a partir de datos obtenidos como resultado de ensayar vigas y probetas de concreto a 05 edades. (3 días, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días)

Antes de realizar los ensayos de las probetas vigas para la investigación, se realizó el acondicionamiento del área de trabajo, la adquisición de los equipos y el ensayos preliminares de probetas cilíndricas y vigas, el objetivo de esta primera etapa es prever todas las dificultades, errores, fallas que pudieran ocurrir durante los ensayos definitivos, es nuestra seguridad y nuestro control de calidad.

La siguiente etapa corresponde a la fabricación de 30 vigas de concreto sin refuerzo de acero corrugado y de 45 probetas cilíndricas, todas con las mismas condiciones de dimensión (vigas: largo=60 cm, ancho =15 cm y altura 15cm y de probetas cilíndricas de diámetro=15 cm y de altura=30 cm , diseño de mezclas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) de dosificación, mezclado, transporte, curado. Seguidamente se realizan la recolección de datos (Fuerza en **kg** mediante ensayos a flexión, con una idealización de la viga simplemente



apoyada y cargado simétricamente con fuerzas concentradas ubicadas a la tercera parte de la longitud de la viga medida desde el apoyo.

Del análisis y procesamiento de datos se obtiene varios gráficos que muestran las diferentes etapas que ocurren desde que inicia el ensayo hasta que finaliza.

Nuestro interés es el diagrama Periodo – Resistencia con la finalidad de hacer las comparaciones con las diferentes marcas de cemento.

Como conclusión es posible verificar y comparar el desempeño del concreto elaborado con diferentes marcas comerciales de cemento a partir del gráfico experimental obtenido. Esto se explica a detalle en la última parte del Capítulo 5.



INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación está enfocado a todas aquellas personas interesados o relacionadas con la construcción: estudiantes, profesionales y afines. Es necesario tomar en cuenta que al momento de realizar una construcción se necesita tener el mejor cemento y en el mercado hay una gran variedad de marcas, lo que hace que se complique un poco la elección. Se pretende determinar de alguna manera cual cemento elegir. En esta tesis se presenta una comparación entre las diferentes marcas comerciales de Cemento Portland Tipo I, realizando pruebas de compresión simple en probetas cilíndricas, y pruebas a la flexión en vigas. Para realizar el diseño del concreto hidráulico se trató primeramente el agregado pétreo, para tener las mismas condiciones en cada uno de los cementos y no favorecer a ninguno. Se tomaron todas las marcas comerciales que se manejan comúnmente en la zona del país, por su facilidad a la hora de conseguirlo en el mercado. A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas tanto a los agregados como al cemento, que son los principales componentes de un concreto hidráulico para finalmente determinar que cemento comercial es que reúne mejores condiciones para la construcción.

El laboratorio es la principal fuente de información que se debe considerar al momento de tomar decisiones en la construcción, por tal motivo se pretende que esta investigación se tome en consideración para todas aquellas personas que se dediquen a realizar infraestructura en el país.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

El estudio que se pretende hacer no está relacionado al déficit constructivo con respecto al uso de cualquier marca de cemento, si no está relacionado con la escasa información sobre el desempeño de cada marca de cemento Portland Tipo I para una construcción determinada.



Como ya sabemos, en nuestro entorno existe diferentes marcas de Cemento Portland Tipo I, de los cuales se necesitan información sobre su desempeño en el concreto para así poder tener una mejor elección a la hora de adquirir alguna marca de Cemento Portland Tipo I, ya que muchas veces la elección de alguna marca de Cemento Portland Tipo I se realiza por su costo más económico o porque simplemente todos lo piden y por lo tanto ya es común usarlo y no nos basamos en un sustento técnico adecuado sobre el desempeño del Cemento Portland Tipo I empleado en el concreto.

Cabe recalcar que esta investigación no está relacionada con lo comercial o simpatía con alguna marca de cemento esto es una investigación académica con la finalidad de aclarar algunas interrogantes que surgen en el entorno laboral de la construcción.

JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de investigación está realizado con la intención de coadyuvar con el Constructor e Ingeniero Civil, dándole ciertos parámetros al momento de elegir una marca de Cemento Portland Tipo I, para llevar a cabo una construcción con la mejor calidad posible.

Actualmente la industria de la construcción en lo que se refiere a cementos se puede apreciar una gran variedad en el mercado por la que el Constructor e Ingeniero Civil tiene más elecciones y más interrogantes a la hora de adquirir una determinada marca de Cemento Portland, por la que es necesario tener información necesaria a la hora de la elección de una determinada marca de cemento.

Las pruebas de laboratorio son muy importantes porque es la única fuente de información confiable acerca del comportamiento de todos los materiales para la construcción, y así poder inclinarse por una determinado marca de Cemento Portland Tipo I.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño del concreto elaborado en la localidad de Huánuco con las diferentes marcas comerciales del cemento portland TIPO I teniendo como base los ensayos de laboratorio a los 3, 7, 14, 21 y 28 días.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Plantear un diseño de mezcla para una resistencia ($f'c=210\text{Kg/cm}^2$)
- Elaborar testigos de concreto cilíndricos y primas rectangulares con un mismo diseño de mezcla para las diferentes marcas de cemento y someterlo a ensayos a los 3, 7, 14, 21, 28 días.
- Contrastar la experiencia del constructor como la del ingeniero civil adquirida en obra sobre la preferencia de alguna marca del cemento portland.
- Promover la investigación para mejorar la calidad en la construcción de nuestra localidad.
- Difundir los resultados sobre la investigación realizada.

DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se limita a ensayar probetas cilíndricas y vigas de concreto simple de resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$ de dimensiones: 6pulg. de diámetro x 12pulg. de alto y 0.15x0.15m. x 0.6m. de largo respectivamente, para absorber los esfuerzos de tracción y de corte, elaborados teniendo en consideración todas las especificaciones del reglamento nacional de edificaciones.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis presenta 05 capítulos los primeros capítulos corresponde al marco teórico, a toda la teoría que se necesita para entender los conceptos, las teorías, el método de diseño, las propiedades de los materiales; todo lo que nos permite comprender desde lo más básico.



De aquí en adelante se explica de manera resumida los contenidos de cada capítulo.

En el Capítulo I, *EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES*, se describen los conceptos y criterios que se deben tener en cuenta al utilizar los materiales para la realización de los ensayos de compresión y flexión, además los conocimientos que se necesitan para hacer los ensayos de agregados y la manera de proceder para obtener la cantidad de material que se usará para la mezcla y en la última parte los equipos que se usaron para la realización de los ensayos.

En el Capítulo II, *PROCESO CONSTRUCTIVO*, en este capítulo se describen los conocimientos que nos permite llevar a cabo el proceso constructivo adecuado; sus tolerancias, las propiedades del concreto fresco y la manera de proceder desde el mezclado, llenado, transporte, vibrado y curado de la viga de concreto.

En el Capítulo III, *RESISTENCIA DEL CONCRETO*, en este capítulo se explica detalladamente las propiedades mecánicas del concreto, sus procedimientos y las normas que la regulan.

En el Capítulo IV, *MARCO METODOLÓGICO* en este capítulo se describe el caso estudiado y se expone la metodología empleada, se realiza el procedimiento para determinar la dosificación y la toma de datos de los ensayos.

En el Capítulo V, *PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS*, se procesan los datos e información obtenida de los ensayos realizados y se presentan mediante tablas resumidas y gráficos que permiten entender rápidamente estos resultados y sus respectivos análisis.

Finalmente, se presentan las Conclusiones de la investigación que derivan principalmente del análisis de los resultados de acuerdo a los objetivos



planteados así como también se presentan las Recomendaciones, además se indican algunas líneas futuras de investigación que desprenden de esta tesis. Como parte final de la tesis se presenta el presente proyecto de investigación de manera física y digital para su constatación.



CAPÍTULO I

EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

1.1.1 CARACTERÍSTICAS

Entre los factores que hacen el concreto un material de construcción universal tenemos:

- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración de agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como por ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción



por completo (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión)

Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las propiedades de cada uno.

Esta combinación es la que permite la masiva utilización del concreto armado en la construcción de edificios, puentes, pavimentos, presas, tanques, pilotes, etc.

1.1.2 MATERIALES COMPONENTE DEL CONCRETO

1.1.2.1 LIGANTES

- Cemento
- Agua

1.1.2.2 AGREGADOS

- Agregado fino: arena
- Agregado grueso: grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos

Observación:

CEMENTO + AGUA = PASTA

AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO = HORMIGÓN

Las operaciones en la producción del concreto variaran de acuerdo con el género de la obra que lo requiere con el tipo de concreto que se produzcan.

1.2 CEMENTO PORTLAND

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tienen la propiedad de reaccionar lentamente



con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezcla que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

1.2.1 COMPUESTOS QUÍMICOS DEL CEMENTO PORTLAND

El cemento es una mezcla de muchos compuesto, resulta impráctica su representación con una formula química. No obstante hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

Tabla 1: Compuestos químicos que forman el Cemento Portland

COMPONENTES	ABREVIACIÓN
Silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)	C3S
Silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)	C2S
Aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)	C3A
Aluminato ferrita tricálcica ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)	C3AF

Fuente: Tecnología del Concreto, Abanto Castillo, Pag.16. (EAOP)

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación.

- El silicato tricálcico (C_3S). Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. La reacción del C_3S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de la hidratación.
- El silicato dicálcico (C_2S). Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.
- El aluminato tricálcico (C_3A). El yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con C_3A para controlar el tiempo de fraguado.



- El aluminato ferrita tricálcica (C_3AF). Es semejante al C_3A , porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia.

1.2.2 CARACTERÍSTICA DEL CEMENTO PORTLAND

El cemento portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsa que tiene el peso neto de 42.5 kg. y un pie cúbico de capacidad. En aquellos casos que no se conozca el valor real se considerara para el cemento un peso específico de 3.15.

1.2.3 CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

Los cementos portland, se clasifican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150).

- TIPO I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- TIPO II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- TIPO III: Es el cemento de alta resistencia inicial. el concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos por cemento tipo I o tipo II.
- TIPO IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.
- TIPO V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con altos contenidos de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar.



1.2.4 FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO

La fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: a) Fraguado inicial, cuando la masa empieza a perder plasticidad; b) Fraguado final, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido.

El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia.

1.2.5 CALOR DE HIDRATACIÓN

Durante el proceso de endurecimiento se producen reacciones que generan calor. Cuando las acciones son pequeñas y el calor puede liberarse, el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse fácilmente, resulta un factor a tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a los 50°C. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de ésta, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras.

1.3 EL AGUA

1.3.1 EL AGUA EN EL CONCRETO

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionada con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

1.3.2 REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR

- El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.
- Si se tuviera dudas de la calidad de agua a emplearse en una preparación de mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de esta



agua para luego comparar los resultados obtenidos con los valores máximos admisibles que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Valores Máximos Admisibles para el Agua a usarse en la Mezcla

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólido de suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Tecnología del Concreto, Abanto Castillo, Pag.21. (EAOP)

- También deberá hacerse un ensayo a la resistencia de compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.
- Un método rápido para conocer la existencia de ácido en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua con ácido tornará un color rojizo. Asimismo para determinar la presencia de yeso u otros sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua unos (500 grs) y se le hecha algunas gotas ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos, esta agua debe entonces mantenerse analizar a un laboratorio para saber su contracción y ver si está dentro del rango permisible.

El agua de mar se puede usar en la elaboración de concreto bajo ciertas restricciones que indicamos continuación.

- El agua de mar puede ser empleada en la preparación de mezcla para estructuras de concreto simple.



- En determinados casos puede ser empleada en la preparación de mezcla para estructuras de concreto armado, con una densificación y compactación adecuada.
- No debe utilizarse en la preparación de concreto de alta resistencia o concreto que van a ser utilizados en la preparación de elementos pretensados, postensados.
- No debe emplearse en la preparación de mezcla, de concreto que va a recibir un acabado superficial de importancia, concretos expuestos; ya que el agua de mar tiende a producir humedad permanente y florescencia en la superficie del concreto armado.
- Para diseñar mezclas de concreto en las cuales va a utilizar agua de mar, se recomienda para compensar la reducción de la resistencia final, utilizar un f_c de 110% a 120% de mala resistencia promedio encontrada.
- No se utilizará el agua de mar en concretos con resistencia mayor a 175 kg/cm² a los 28 días.

1.4 AGREGADOS

Llamado también árido, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc) y el agua formando los concretos y morteros.

1.4.1 CLASIFICACIÓN

Los agregados naturales se clasifican en:

- Agregados finos: Arena fina / Arena gruesa
- Agregados gruesos: Grava / Piedra



1.4.2 AGREGADOS FINOS

1.4.2.1 DEFINICIÓN

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan un tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumplen con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.

Las arenas provenientes de la desintegración natural de las rocas; y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados.

1.4.2.2 GRANULOMETRÍA

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena.

La distribución de tamaño de partícula se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N° 4, 8, 16, 30, 50, y 100.

El Reglamento Nacional de Edificaciones especifica la granulometría de la arena en concordancia con las Normas, del ASTM. Una buena granulometría debe estar comprendida entre los valores de la Tabla 3.

Tabla 3: Requisitos Granulométricos del Agregado Fino

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES (%)
9.5mm	3/8"	100
4.75mm	N° 4	95 a 100
2.36mm	N° 8	80 a 100
1.18mm	N° 16	50 a 85
600µm	N° 30	25 a 60
300µm	N° 50	05 a 30
150µm	N° 100	0 a 10

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, Pag.68. (EAOP)

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las ordenadas presentan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y

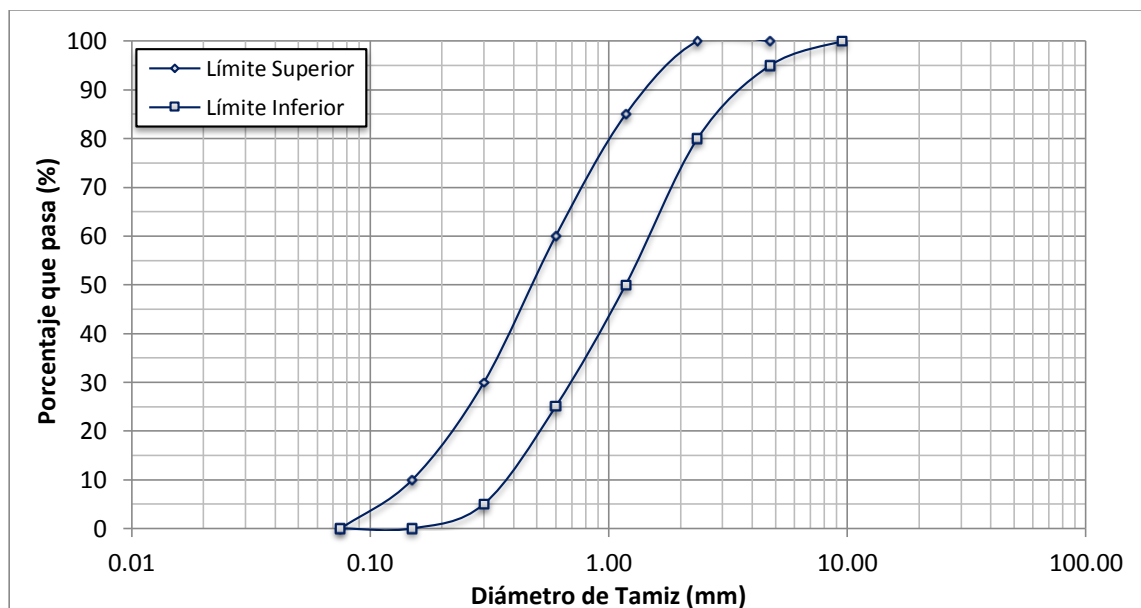


las abscisas, las aberturas correspondientes a la Fig. 1 representa las curvas envolventes de la norma.

La norma ASTM, exceptúa los concretos preparados con más de 300 kg/m^3 de los porcentajes requeridos para el material que pasa las mallas N° 50 y N° 100 que, en este caso puede reducirse a 5% y 0% respectivamente.

Esta posición se explica por qué el mayor contenido de cemento contribuye a la plasticidad del concreto y la compacidad de la pasta, función que cumple el agregado más fino.

Fig. 1: Huso Granulométrico del Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Además, 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. En este



sentido, el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir en toda su masa.

En general, en cuanto la granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de la Fig. 1.01 y que den curvas granulométricas suaves.

1.4.2.3 REQUISITOS DE USO

- El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir las normas sobre su granulometría.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: 1°) partículas despreciables 3%, 2°) material más fino que la malla N° 200:5%.

1.4.3 AGREGADO GRUESO

1.4.3.1 DEFINICIÓN

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 el agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

GRAVAS

Comúnmente llamados “canto rodado”, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra provenientes de la disgregación, natural de las rocas, por acción de hielo y otros agentes atmosféricos, este material comúnmente se encuentra en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en formas más o menos redondeadas; pesan de 1600 a 1700 kg/m³.



PIEDRA PARTIDA O CHANCADA

Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de roca o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.

Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistente que lo hechos con piedra redonda; su peso se estima de 1450 a 1500 kg/m³.

1.4.3.2 GRANULOMETRÍA

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la NTP 400.037 o la norma ASTM C33, los cuales se indican en la Tabla 04.

1.4.3.3 TAMAÑO MÁXIMO

El tamaño máximo de los agregados gruesos en el concreto armado se fija por la exigencia de que pueda entrar fácilmente en los encofrados y entre las barras de la armadura.

En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de altura de las losas.
- Tres cuartos de espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzos, paquetes de barras, cables o ductos de refuerzos.

Esta limitaciones están dirigidas a que las barras de refuerzo que quede convenientemente recubiertas y no se presentes cavidades de las llamadas “cangrejeras”. Sin embargo, pueden omitirse por excepción, si el ingeniero responsable comprueba que los métodos de puesta en obra y la trabajabilidad del concreto lo permiten.



Tabla 4: Requerimientos de Granulometría de los Agregados Gruesos

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
			4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50
1	90mm-37.5mm	3.5"-1.5"	100	90 a 100	.....	25 a 60	.....	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	63mm-37.5mm	2.5"-1.5"	.....	.....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	50mm-25mm	2"-1"	.....	.....	.....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	.....
357	50mm-4.75mm	2"-N°4	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	35 a 70	.....	10 a 30	.....	0 a 5	.....	.....	.....
4	37.5mm-19mm	1.5"-3/4"	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....
467	37.5mm-4.75mm	1.5"-N°4	.....	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	35 a 70	.....	10 a 30	0 a 5	.....	.....	.....
5	25mm-12.5mm	1"-1/2"	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	.....	.....	.....	.....
56	25mm-9.5mm	1"-3/8"	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	.....	.....	.....
57	25mm-4.75mm	1"-N°4	.....	.....	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	25 a 60	.....	0 a 10	0 a 5	.....	.....
6	19mm-9.5mm	3/4"-3/8"	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	.....	.....	.....
67	19mm-4.75mm	3/4"-N°4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	.....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	.....	.....
7	12.5mm-4.75mm	1/2"-N°4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	.....	.....
8	9.5mm-2.36mm	3/8"-N°8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	.....
89	9.5mm-1.18mm	3/8"-N°16	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75mm-1.18mm	N°4-N°16	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Tecnología del Concreto, Abanto Castillo, Pag.27. (EAOP)



Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 1 ½". En tamaños mayores, solo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

1.4.3.4 REQUISITOS DE USO

- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las particular deben estar libres de tierra, polvo, limo, humos, escamas, materia orgánica, sales u sustancias dañinas.
- Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan los porcentajes máximos siguiente 1°). Partículas deleznable: 5%, 2°). Material más fino que la malla. N° 200: 1%, 3°) Carbón y lignito: 0.5%.

1.4.4 MÓDULO DE FINEZA

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando ese índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las nomás granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulados retenidos en la serie de mallas estándar: 3", 11/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.

Según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concreto de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las



se encuentran en entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, para su cálculos se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suman los porcentajes acumulativos retenidos en la mallas de la serie estándar y se divide la suma entre 100.

También es posible determinar el módulo de fineza de agregados combinados esto es, mezclando agregado fino y agregado grueso en proporciones variadas.

1.5 CEMENTO PORTLAND

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

1.5.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

Las materias primas utilizadas en la fabricación del cemento Portland consisten principalmente en Cal, Sílice, Alúmina y Óxido de Hierro. Estos compuestos interactúan en el horno para formar una serie de productos más complejos, hasta alcanzar un estado de equilibrio químico, con la excepción de un pequeño residuo de cal no combinada, que no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar.

En la fabricación del Clinker de cemento Portland, durante la calcinación, el Calcio se combina con otros componentes de la mezcla cruda para formar cuatro compuestos principales que corresponden al 90% de la masa del cemento.

Se usa el término “fase” preferiblemente al término “compuesto” para describirse los componentes del Clínter. Siguen los cuatro compuestos principales en el cemento Pórtland, sus fórmulas químicas aproximadas y abreviaturas:

Tabla 5: Componentes del cemento portland.

Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_2 = \text{C}_3\text{A}$
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_2 = \text{C}_4\text{AF}$

Siguen las fórmulas de Sulfato de calcio y sus fórmulas químicas:

Tabla 6: El sulfato de calcio y sus formulas quimicas

Sulfato de calcio anhidro (anhidrita)	CaSO_4
Sulfato de calcio dihidratado (yeso)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Hemidrato de sulfato de calcio	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$

El Yeso, Sulfato de calcio dihidratado, es la fuente de sulfato más empleada en el cemento. El C_3S y el C_2S en el Clínter se conocen como Alita y Belita, respectivamente. La Alita constituye del 50% al 70% del Clínter, mientras que la Belita es responsable por sólo 15% al 30%. Los compuestos de aluminato constituyen aproximadamente del 5% al 10% del Clínter y los compuestos de ferrita del 5% al 15% (Fig. 2).

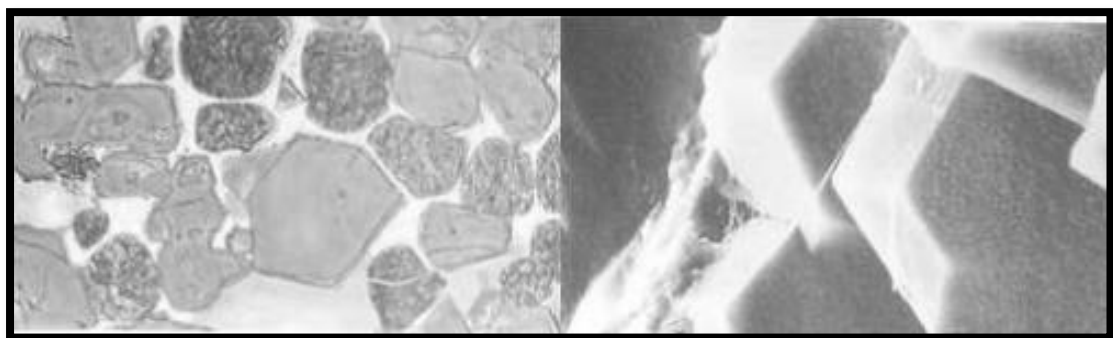


Fig. 2: Componentes del Clínter

(Izquierda) El examen de secciones finas pulidas de Clínker Pórtland muestra la alita (C₃S) como cristales angulares y claros. Los cristales más oscuros y redondeados son la belita (C₂S). Aumento 400X. (Derecha) Micrografía del microscopio electrónico de barrido (SEM) de los cristales de alita en el Clínker Pórtland. Aumento 3000X.

Además de los compuestos principales, existen algunos compuestos menores tales como MgO, TiO₂, Mn₂O₃, K₂O y Na₂O, que generalmente no sobrepasan de un ligero porcentaje del peso del cemento. Dos de los compuestos menores revisten interés: los óxidos de sodio y potasio, K₂O y Na₂O, conocidos como álcalis (aunque en el cemento existen también otros álcalis). Se ha encontrado que reaccionan con algunos agregados y que los productos de esa reacción ocasionan una desintegración del concreto, además de afectar la rapidez con que el concreto adquiere resistencia.

En presencia de agua, estos compuestos se hidratan para formar nuevos compuestos, los cuales son la infraestructura de la pasta de cemento endurecida en el concreto (Fig. 3).

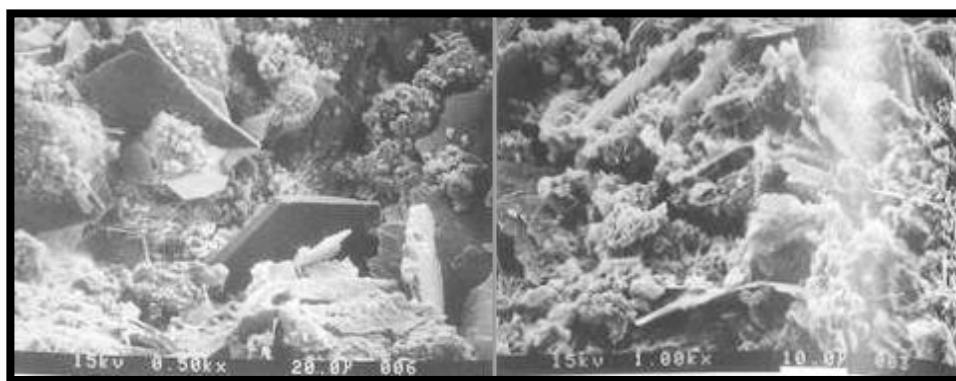


Fig. 3: Micrografías electrónicas de barrido de una pasta endurecida de cemento (Izquierda) aumento 500X y (Derecha) Aumento 1000X.

Los silicatos de calcio, C₃S y C₂S, se hidratan para formar los compuestos de hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado. El cemento Pórtland hidratado contiene del 15% al 25% de hidróxido de calcio y aproximadamente 50% de silicato de calcio hidratado, en masa. La resistencia y otras



propiedades del cemento hidratado se deben principalmente al silicato de calcio hidratado. El C₃A reacciona con el agua y el hidróxido de calcio para formar aluminato tetracálcico hidratado. El C₄AF, Sulfato (yeso, anhidrita u otra fuente de sulfato) y el agua se combinan para formar Etringita (Trisulfoaluminato de calcio hidratado), monosulfato de calcio y otros compuestos afines.

El porcentaje aproximado de cada compuesto se puede calcular a través del análisis químico de los óxidos del cemento anhidro (cálculos de Bogue). Debido a las imprecisiones de los cálculos de Bogue, se pueden determinar los porcentajes de los compuestos de manera más precisa a través de las técnicas de difracción de rayos X.

El conocimiento actual de la química indica que los compuestos principales del cemento tienen las siguientes propiedades:

Silicato Tricálcico, C₃S, se hidrata y se endurece rápidamente y es responsable, en gran parte, por el inicio del fraguado y la resistencia temprana. En general, la resistencia temprana del concreto de cemento Pórtland es mayor, cuando el porcentaje de C₃S aumenta.

Silicato Dicálcico, C₂S, se hidrata y se endurece lentamente y contribuye grandemente para el aumento de resistencia en edades más allá de una semana.

Aluminato Tricálcico, C₃A, libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye un poco para el desarrollo de las resistencias tempranas. Los cementos con bajos porcentajes de C₃A resisten mejor a suelos y aguas con sulfatos.

Ferroaluminato Tetracálcico, C₄AF, es el producto resultante del uso de las materias primas de hierro y aluminio para la reducción de la temperatura de Clínkerización o cocción durante la fabricación del cemento. Este compuesto contribuye muy poco para la resistencia. La mayoría de los



efectos de color para la producción del cemento gris se deben al C_4AF y sus hidratos.

Sulfato de Calcio, como anhidrita (sulfato de calcio anhidro), yeso (sulfato de calcio dihidratado) o hemidrato, se adiciona al cemento durante la molienda final, ofreciendo sulfato para la reacción con el C_3A y la formación de etringita (trisulfoaluminato de calcio). Esto controla la hidratación del C_3A . Sin sulfato, el fraguado del cemento sería rápido. Además del control del fraguado y del desarrollo de resistencia, el sulfato también ayuda a controlar la contracción por secado y puede influenciar la resistencia hasta 28 días.

1.5.2 CENIZA VOLANTE, ESCORIA, HUMO DE SÍLICE Y PUZOLANAS NATURALES

La ceniza volante, la escoria granulada de alto horno, el humo de sílice (sílice activa, microsílice) y las puzolanas naturales, tales como esquisto calcinado, arcilla calcinada o metacaolinita, son materiales que, cuando son usados conjuntamente con el cemento Pórtland o el cemento adicionado, contribuyen para la mejoría de las propiedades del concreto endurecido, debido a sus propiedades hidráulicas o puzolánicas o ambas (Fig. 4). La puzolana es un material silícico o silícico aluminoso que, cuando está en forma de polvo fino y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio liberado por la hidratación del cemento Pórtland para formar silicato de calcio hidratado y otros compuestos cementantes. Las puzolanas y las escorias se clasifican como material cementante suplementario o aditivo (adición) mineral.



Fig. 4: Materiales cementantes suplementarios.

De la izquierda para la derecha, ceniza volante, metacaolinita (arcilla calcinada), humo de sílice, ceniza volante, escoria y esquisto.

Los materiales cementantes suplementarios se usan para mejorar una propiedad particular del concreto, tal como resistencia a la reactividad álcali-agregado. La cantidad óptima de adición se debe establecer a través de pruebas para determinar si el material realmente mejora la propiedad y la correcta cantidad, pues una sobredosis o una dosis insuficiente pueden ser perjudiciales o los efectos deseados no se logran. Los materiales cementantes suplementarios también reaccionan de manera diversa con los diferentes tipos de cementos.

1.5.2.1 CENIZAS VOLANTES

La ceniza volante es un subproducto de la combustión del carbón pulverizado en plantas generadoras de electricidad. Bajo la ignición (combustión) en el horno, la mayor parte de la materia volátil y el carbono del carbón se queman. Durante la combustión las impurezas minerales del carbón (tales como arcilla, feldespato, cuarzo y esquisto) se funden en suspensión y se transportan hacia afuera de la cámara por los



gases de escape. En el proceso el material se enfría y se solidifica como pequeñas esferas vítreas llamadas cenizas volantes de los gases de escape a través de precipitadores electrostáticos o de filtros de manga. La ceniza volante es un polvo finamente dividido parecido al cemento Pórtland (Fig. 5).



Fig. 5: La ceniza volante.

La incorporación de cenizas volantes afecta las propiedades del hormigón fresco y endurecido. Las variaciones de ambos estados pueden afectar a la durabilidad del hormigón. Las propiedades más valoradas de los hormigones con cenizas volantes en estado fresco son su mayor docilidad, lo que permite relaciones agua/cemento más bajas, y la reducción en el calor de hidratación por la disminución del contenido de cemento. Al endurecerse desarrollan bajas resistencias a edades tempranas, pero su resistencia al largo plazo suele ser igual o mayor a la de los hormigones equivalentes sin cenizas. Esto se debe a la lenta velocidad de la reacción puzolánica de las cenizas, que va aumentando la formación de compuestos hidratados y densificando la microestructura a medio plazo (28 - 180 días).

1.5.2.2 ESCORIA

La escoria granulada de alto horno molida, también llamada cemento de escoria, se produce de la escoria siderúrgica de alto horno, la cual es un cemento hidráulico no metálico que consiste en silicatos aluminosilicatos de calcio. Este producto se desarrolla en el estado fundido simultáneamente con el acero en un alto horno. La escoria fundida se enfría rápidamente y se apaga en el agua para formar un material granulado vítreo. La escoria granulada es áspera y tiene forma angular (Fig. 6). En presencia de agua y de un activador que se encuentra en el cemento Pórtland, la escoria se hidrata y se endurece de una manera similar al cemento Pórtland. Sin embargo, las escorias enfriadas por el aire no presentan las propiedades hidráulicas de las escorias enfriadas por el agua.

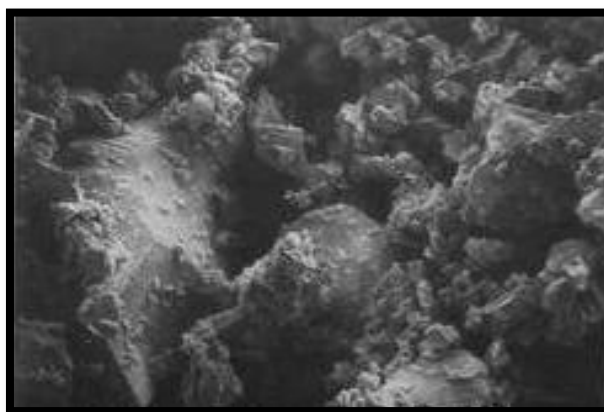


Fig. 6: Micrografía por microscopio electrónico de barrido de partículas de escoria con aumento de 2100X.

1.5.2.3 HUMO DE SILICE

El humo de sílice, también llamado de microsílíce, humo de sílice condensado o sílice activa, es un subproducto que se usa como una puzolana, es básicamente dióxido de silicio en una forma cristalina, tal como el hollín en una chimenea. Este subproducto es el resultado de la reducción del cuarzo de alta pureza con el carbón en hornos eléctricos



durante la producción de liga de silicio o ferrosilicio. El humo de sílice condensado sube como un vapor oxidado de los hornos. Cuando se enfría, el humo se condensa y se colecta en bolsas de tela. El condensado se procesa para removerle las impurezas y para controlar el tamaño de las partículas. Se emplea donde se requiera un alto grado de impermeabilidad.

1.5.2.4 PUZOLANAS NATURALES

El término de “puzolana” viene de una ceniza volcánica extraída en Pozzuoli, un pueblo de Nápoles, Italia. Esta ceniza fue resultado de la erupción del Monte Vesuvio.

Son utilizadas en presas para controlar el aumento de la temperatura en el concreto masivo y actual como material cementante. Además del control del aumento de la temperatura, se usan para mejorar la resistencia al ataque de sulfato y está entre los primeros materiales a controlar la reacción álcali-agregado.

Comúnmente son los materiales procesados, los cuales se tratan por altas temperaturas en los hornos y después se muelen hasta que se convierten en un polvo fino. Estos materiales incluyen arcillas calcinadas, esquisto calcinado y metacaolinita.

Las arcillas calcinadas se emplean en construcciones de concreto para uso universal, se pueden usar como substitutas parciales del cemento, para aumentar la resistencia al ataque del sulfato, controlar la reactividad álcali-agregado y reducir la permeabilidad.

El esquisto calcinado puede contener alguna propiedad cementante o hidráulica. Debido a la cantidad de calcita residual, la cual no es totalmente calcinada, y las moléculas de agua adsorbida en el mineral de arcilla, tiene una pérdida por ignición. La pérdida por ignición no es una medida o una



indicación de la cantidad de carbono, como podría ser en la ceniza volante.

La metacaolinita, una arcilla calcinada especial, se produce por la calcinación a baja temperatura de la arcilla caolín de alta pureza. Se usa en aplicaciones especiales, donde se necesite baja permeabilidad y muy alta resistencia. Su usa como un aditivo al concreto como sustituto del cemento.

1.5.3 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND:

- **Tipo I:** normal es el cemento Pórtland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo.(Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales). Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento
- **Tipo II :** de moderada resistencia a los sulfatos, es el cemento Pórtland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado.(Puentes, tuberías de concreto)
- **Tipo III:** Alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días del vaciado
- **Tipo IV:** Se requiere bajo calor de hidratación en que no deben producirse dilataciones durante el fraguado
- **Tipo V:** Usado donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias)



1.5.4 CEMENTO PORTLAND TIPO I

1.5.4.1 CARACTERÍSTICAS:

- Cemento Portland Tipo I.
- Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.
- Producto obtenido de la molienda conjunta de clinker y yeso.
- Bajo contenido de álcalis(*)

(*) Los cementos con bajo contenido de álcalis (BA), protegen los concretos preparados con agregados que, por acción del álcalis, pueden tener una reacción destructiva.

1.5.4.2 USOS Y APLICACIONES:

Se recomienda para estructuras y acabados de edificaciones en general, estructuras industriales, conjuntos habitacionales, puentes, y todas aquellas obras que se construyan sobre terrenos con contenido menor de 150 ppm de sulfato soluble en agua.

1.5.4.3 RECOMENDACIONES:

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/ cemento (a/c a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Es importante utilizar agregados de buena calidad. Si estos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las proporciones correctas.
- Como todo concreto, se recomienda realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.
- Para asegurar una conservación del cemento, se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas del aire húmedo.



- Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar la compactación.

1.6 DISEÑO DE MEZCLA

1.6.1 PASOS EN EL DISEÑO DE LA MEZCLA

Los siguientes pasos se consideran fundamentales en el proceso de la selección de las proporciones de la mezcla para alcanzar las propiedades deseadas en el concreto. Ellos deben efectuarse independientemente del método de diseño seleccionado.

- Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en los planos y en las especificaciones de obra.
- Seleccionar la resistencia promedio requerida (f'_{cr}), para obtener en obra la resistencia de diseño especificada por el proyectista (f'_{c}). En esta etapa se deberá tener en cuenta la desviación estándar y el coeficiente de variación.
- Seleccionar en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en consideración, entre otros factores la trabajabilidad deseada, las características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto.
- Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado, en la mezcla.



- Determinar el porcentaje de aire atrapado o del aire total, según se trate de concretos normales o de concretos en los que expresamente, por razones de durabilidad, se ha incorporado aire, mediante el empleo de aditivo.
- Seleccionar la relación agua – cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia o ausencia de aire incorporado.
- Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto, en función al volumen unitario de agua y la relación agua – cemento seleccionada.
- Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso. La selección de la cantidad de cada uno de ellos en una unidad cúbica de concreto está condicionada al método de diseño seleccionado.
- Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por unidad del agregado.
- Corregir dichas proporciones seleccionadas en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.
- Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizadas en laboratorio.
- Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.



1.6.2 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

La resistencia a la compresión promedio requerida, la cual ha de emplearse como base para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenidos a partir de las siguientes ecuaciones.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34S$$

$$f'_{cr} = f'_c + 1.33S - 35$$

En donde **S** viene a ser la desviación estándar, el mismo que se calcula en base a registro de resultados de ensayos de obras realizadas durante los 12 últimos meses, que está basado en por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos de resistencia a compresión, o en dos grupos de resultados de ensayos que totalizan en por lo menos 30; para poder utilizar estos resultados la obra que va iniciar debe tener materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones de trabajos similares de la obra que se cuenta con resultados de ensayos a compresión. En caso que se cuenta de 15-30 resultados, se debe utilizar un factor de corrección, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Factor de Corrección para la Desviación Estándar

ENSAYOS	FACTOR DE CORRECCIÓN
Menos de 15	Usar la Tabla 1.06
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

Fuente: Diseño de Mezclas, Rivva López, Pag.61. (EAOP)

Cuando no se cuenta con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar, la resistencia promedio requerida debe ser determinada empleando los valores de la Tabla 8.



Tabla 8: Resistencia a la Compresión Promedio

$f'c$ (kg/cm ²)	$f'cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
Mayor de 350	$1.1f'c + 50$

Fuente: E060 Concreto Armado, RNE, Pag.30. (EAOP)

1.6.3 PROPORCIONES DEL CONCRETO SEGÚN EL COMITÉ 211 DEL ACI.

1.6.3.1 CONCEPTOS GENERALES

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas permite obtener valores de los de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica del concreto.

El procedimiento para la selección de las proporciones es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que se indican en cada tabla.

Es usual que las características de obra establezcan limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla, entre las cuales se puede tener:

- Máxima relación agua-cemento.
- Mínimo contenido de cemento.
- Máximo contenido de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Mínima resistencia a compresión.
- Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, o la utilización de tipos especiales de cemento o agregados.



1.6.3.2 SECUENCIA DE DISEÑO

Previo al procedimiento para determinar las proporciones de los componentes del concreto, se debe tener las especificaciones de obra como la presencia de cloruros o sulfatos, la resistencia a compresión a los 28 días, la consistencia el tamaño máximo nominal y las propiedades físicas del agregado grueso y agregado fino; luego realizamos los siguientes pasos:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión y la desviación estándar (si es que se cuenta).
- Selección de volumen unitario de agua de diseño, se ingresa a la Tabla 9 con un valor de tamaño máximo nominal, un asentamiento y según sea la especificación en obra con o sin aire incorporado.

Tabla 9: Volumen de Agua en Litros por Cada m³ de Concreto

ASENTAMIENTO	TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1.5"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	.....
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	.....

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, Pag.72. (EAOP)

- Selección del contenido de aire, se ingresa a la Tabla 10 y está en función del tamaño máximo nominal.



Tabla 10: Contenido de Aire Atrapado

TMN AGREGADO GRUESO		AIRE ATRAPADO (%)
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1.5"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, Pag.72. (EAOP)

- Selección de la relación agua – cemento por resistencia de la Tabla 11 aquí se ingresa con un valor de la resistencia promedio requerida y dependiendo si se incorpora o no aire a la mezcla.

Tabla 11: Relación Agua – Cemento por Resistencia

f'cr (kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	.....
420	0.41	.....
450	0.38	.....

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, Pag.72. (EAOP)

- Determinación de factor cemento.
- Determinación del contenido del agregado grueso, este valor se saca de la Tabla 12 está en función al tamaño máximo nominal del agregado grueso y a la granulometría del agregado fino, que se expresa como el módulo de finura.



Tabla 12: Peso del Agregado Grueso por m³ de Concreto

TMN AGREGADO GRUESO		MÓDULO DE FINURA DE AGREGADO FINO			
		2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1.5"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, Pag.72. (EAOP)

- Determinación de la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua, aire y agregado grueso.
- Determinación del volumen absoluto del agrado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad de los agregados.
- Determinación de las proporciones en peso de las materiales, luego de su corrección por humedad.
- Determinación de los pesos por tanda de un saco.

1.7 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

1.7.1 MAQUINA DE PRUEBAS DE COMPRESION ASTM

Maquina utilizada para tronar probetas cilíndricas de concreto, cuando se realizan los ensayos de compresión para hallar la resistencia a la compresión del concreto, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en mega pascales (MPa) en unidades SI.



Fig. 7: MAQUINA DE PRUEBAS DE COMPRESION ASTM

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Especificaciones de la máquina de pruebas de compresión ASTM

ESPECIFICACIONES	
Capacidad.	1,112 kN (250,000 lbf.).
Marco.	Placa superior e Inferior en acero, con cuatro columnas de acero, roscadas y soldadas en su sitio. 375 mm. ancho x 305.mm. prof. x 940 mm. alt. (14,75 pulg. ancho x 12 pulg. prof. x 37 pulg. alt.).
Ariete.	155 mm. (6-1/8 pulg.) diámetro; 76 mm. (3 pulg.)
Platina Superior.	Tipo asiento rotativo; 159 mm. (6-1/4 pulg.) diámetro.
Platina Inferior.	178 mm. (7 pulg.) diámetro.
Espacio Libre Vertical.	318 mm. (12-1/2 pulg.); o 368 mm. (14-1/2 pulg.) sin el ensamblaje de la platina inferior.
Bomba.	Bomba electro hidráulica de 0,7 kw (1 h.p.) montada dentro del depósito con protección de sobrecarga.
Controles.	Válvula de control de flujo con compensación de presión con una palanca de control de 4 posiciones y válvula de flujo ajustable. Botón de Encendido/Apagado.
Pantalla.	Pantalla digital con teclado de membrana; gráfica



	de barras de la desviación del paso; cálculo automático de la esfuerzo; almacenamiento de datos para 500 pruebas, puertos de impresión y salida de datos RS232C.
Rango.	11,2 a 1,112 kN (2,500 a 250,000 lbf.).
Precisión.	Calibrado en fábrica con una precisión de lectura del 0,5% desde el 1% al 100% de capacidad de la máquina.
Dimensiones Generales.	648 mm. ancho x 305 mm. prof. x 1,143 mm. alt. (25,5 pulg. ancho x 12 pulg. prof. x 45 pulg. alt.).
Peso.	Neto 243 kg. (535 lbs.).

1.7.2 MEZCLADORA DE CONCRETO DE LABORATORIO.

La Mezcladora de Concreto de Laboratorio está diseñada para mezclar lotes de diseños compuestos. El tambor de acero soldado y la corona dentada integrada junto con el marco de acero soldado, aseguran un servicio confiable con operación suave y silenciosa. El dispositivo de bloque del tambor con cinco posiciones de ajuste, permite ajustarlo para lograr el mejor ángulo de mezclado posible.



Fig. 8: MEZCLADORA DE CONCRETO

Fuente: Elaboración Propia



1.7.3 MOLDES CILINDRICOS DE PLASCTICO.

Los Moldes Cilíndricos de Plástico se utilizan para formar cilindros de concreto de 102 mm. x 203 mm. (4 pulg. x 8 pulg.) y 152 mm. x 305 mm. (6 pulg. x 12 pulg.) utilizados en aplicaciones de pruebas de compresión. Están fabricados en una sola pieza de polipropileno; los moldes cumplen con todos los requisitos establecidos en las normas ASTM y AASHTO.



Fig. 9: Moldes cilíndricos de plástico

Fuente: Elaboración Propia



CAPÍTULO II

PROCESO CONSTRUCTIVO

2.1 PROPIEDADES DE CONCRETO

2.1.1 TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA

TRABAJABILIDAD:

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia.

CONSISTENCIA:

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “slump test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco, esta prueba desarrollada por Dult Abram, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo consiste en consolidar una mezcla de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldado.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” o sea su capacidad de adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. Se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

El equipo necesario para realizar este ensayo consta de cilindro cónico con dos aberturas cuyos diámetros son de 10cm y 20cm, con una altura de 30cm;



además para compactar se usa varilla de 5/8" de 60cm de largo y terminación semiesférica.

Tabla 14: Clases de mezcla según su Asentamiento

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0" - 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" - 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Tecnología del Concreto, Abanto Castillo, Pag. 49. (EAOP)

2.1.2 SEGREGACIÓN

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de éste en sus partes constituyente, la separación del agregado grueso del Mortero. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas a arenosas y cangrejeras, etc.

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuando más fluida es y menor cuando es lo contrario.

Ocurre segregación en los siguientes casos:

- Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezcla. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tienden a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la "lechada" asciende a la superficie.
- Cuando se suelta en concreto de alturas mayores de ½ metro el efecto es semejante.
- También se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas, si estas presentan cambios de dirección.
- El excesivo vibrado de la mezcla produce segregación.



2.1.3 RESISTENCIA

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado, las cuales después de curadas se someten a pruebas de comprensión.

Se emplea la resistencia a la comprensión por facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse la resistencia. La resistencia de comprensión del concreto es la carga máxima para la unidad de área soportada por una muestra antes de fallar por comprensión (agrietamiento, rotura).

La resistencia a la comprensión de un concreto (f'_c) debe ser alcanzado a los 28 días en un 100%, después del vaciado y realizado el curado respectivo.

2.1.4 EXUDACIÓN

Se define como ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos.

Este fenómeno se presenta momento después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la exudación.

La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua-cemento en esta zona.



Como producto de exceso de una parte de agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso y poco durable.

2.1.5 DURABILIDAD

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, los cuales están sometidos en el servicio. Gran parte los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclo de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

2.1.6 IMPERMEABILIDAD

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas; el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como el curado adecuado por tiempo prolongado, suele aumentar la impermeabilidad.

2.2 MEZCLADO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

2.2.1 MEZCLADO

El mezclado de concreto tiene por finalidad cubrir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, produciendo una masa homogénea.

EQUIPO USADO

El equipo empleado en el mezclado de concreto son mezcladoras de tipo trompo o tipo tolva, de ejes horizontales y ejes verticales que



existen de diferentes capacidades, las más empleadas son aquellas de tamaño medio entre 6 pie³ y 16 pie³.

PROCEDIMIENTOS PARA CARGAR LA MEZCLADORA

Generalmente se acepta que se coloque inicialmente en el tambor una pequeña porción del agua de mezcla, aproximadamente 10%, añadiendo luego los materiales sólidos (piedra, cemento, arena, en este orden) conjuntamente con el 80% de agua.

El 10% restante se termina de introducir cuando todos los materiales se encuentran en la mezcladora.

TIEMPO DE MEZCLADO

La duración del mezclado se establece a partir del instante en que los componentes del concreto, incluyendo le agua están en el tambor, hasta la descarga misma.

El tiempo mínimo del mezclado dependerá en gran parte de la eficiencia de la mezcladora, pero un tiempo de minuto y medio se considera satisfactorio

2.2.2 TRANSPORTE

El concreto deberá ser transportado desde la mezcladora a hasta su ubicación final en la estructura tan rápido como sea posible y empleando procedimientos que prevengan la segregación o pérdidas de materiales y garantice la calidad deseada para el concreto.

EQUIPO UTILIZADO:

El concreto puede ser transportado satisfactoriamente por varios métodos: carretilla, canaletas, elevadores, latas, fajas, bombas, etc. La decisión de que método utilizar depende sobre todo de la cantidad de concreto a transportarse, de la distancia y dirección (vertical u horizontal) y de consideraciones económicas. El abastecimiento de las



carretillas, tolvas, baldes, deberá ser vertical, dentro de lo posible. Cuando la descarga de concreto se realiza en ángulo, la piedra tiende a desplazarse hacia un extremo produciendo segregación.

Las exigencias básicas de un buen transporte son:

- No debe ocurrir segregación, es decir separación de los componentes del concreto. La segregación ocurre cuando se permite que parte del concreto se mueva más rápido que el concreto adyacente, o cuando se suelta el concreto desde una altura mayor el efecto es semejante.
- No debe ocurrir pérdidas de materiales, especialmente de la pasta de cemento.
- La capacidad de transporte debe estar coordinado con la cantidad de concreto a colocar, debiendo ser suficiente para impedir la ocurrencia de juntas frías.

CARRETILLAS:

No deben utilizarse las ruedas metálicas, de tener que usar este equipo es recomendable que tengan ruedas de jébe, deben ser conducidas sobre superficies suaves y rígidas, lo que se consigue colocando tablas por donde se desplazará la carretilla.

2.2.3 COLOCACIÓN Y CONSOLIDACIÓN

COLOCACIÓN:

El concreto podrá ser colocado tan cerca como sea posible de su ubicación final, a fin de evitar segregación debida a su manipulación o desplazamiento.

El concreto no deberá ser sometido a ningún procedimiento que pueda originar segregación.

CONSOLIDACIÓN:



El mejor método conocido actualmente para la consolidación es la vibración. La vibración por sí mismo, no hace al concreto más fuerte, ni más resistente a los agentes externos, pero permite el uso de mezclas más secas y menos trabajables.

No debe concentrarse la vibración en un solo sitio por más tiempo del necesario se recomienda no sobrepasar 10 segundos. Una referencia de orden práctico es retirar el vibrador cuando comienza a aflorar lechada de cemento en la superficie. Vibrados excesivos en un solo sitio generan segregación.

La aguja o “cabezote” del vibrador de inmersión debe ser introducido verticalmente evitando movimientos bruscos que podrían ocasionar bolsas de aire.

Los vibradores no deberán usarse para desplazar lateralmente el concreto de los encofrados.

2.3 CURADO DEL CONCRETO

El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación de cemento).

Si el concreto se seca muy rápidamente se producen rajaduras superficiales y además se le impide alcanzar resistencia especificada, los agentes más perjudiciales son el sol y el viento, debe evitarse que estos lleguen al concreto fresco.

El concreto alcanza en promedio el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del llenado. La resistencia final depende en gran medida de las condiciones de humedad y temperatura durante este periodo inicial. El 30% o más de la resistencia, puede perderse por un secado prematuro del concreto



o si la temperatura baja a 5°C o menos durante los primeros días, a menos que se mantenga el concreto continuamente húmedo durante un largo tiempo después del descenso de la temperatura. La congelación del concreto fresco puede reducir su resistencia hasta un 50%.

Para evitar estos peligros, el concreto debe protegerse de la pérdida de humedad al menos durante 7 días y mantener a una temperatura por encima de 10°C y permanentemente húmedo; en trabajos más delicados hasta 14 días. Cuando se utiliza cementos de alta resistencia inicial, los periodos de curados pueden reducirse a 3 días.



CAPÍTULO III

RESISTENCIA DEL CONCRETO

3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. El procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM-C-192M-95 y C-39-96.

Para concreto estructural $f'_c \geq 175 \text{ Kg/cm}^2$, la resistencia teórica a la compresión es f'_c , sin embargo los cilindros de prueba no deben romperse a f'_c sino a una resistencia mayor llamada f'_{CR} que depende de la desviación estándar del número de pruebas realizadas.

a) Cuando no hay información:

Sólo para concretos de $f'_c < 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f'_{CR} = f'_c + 85 \text{ Kg/cm}^2$

Para $f'_c \geq 350 \text{ Kg/cm}^2$ es obligatorio hacer pruebas

b) Cuando hay menos de 15 pruebas:

Para concretos de $f'_c \leq 210 \text{ Kg/cm}^2$ $f'_{CR} = f'_c + 70 \text{ Kg/cm}^2$

Para concretos $210 < f'_c < 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f'_{CR} = f'_c + 85 \text{ Kg/cm}^2$

Para concretos de $f'_c > 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f'_{CR} = 1.1f'_c + 50 \text{ Kg/cm}^2$

c) Cuando hay más de 15 pruebas pero menos de 30 el factor de la desviación estándar se modificará como sigue:

15 pruebas: se multiplica por 1.16

20 pruebas: se multiplica por 1.08

25 pruebas: se multiplica por 1.03

30 pruebas o más: se multiplica por 1.00

La desviación estándar se calcula por:



$$S = \left[\frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

Donde X_i = Resistencia individual de una prueba de 2 cilindros
 X = Promedio de n pruebas
 n = número de pruebas consecutivas

Ninguna prueba debe estar menor de 35 kg/m^2 de f'_c para concreto de $f'_c \leq 350 \text{ kg/m}^2$ ni menos de $0.1 f'_c$ para concretos de más de 350 kg/m^2 . En ocasiones un período de 28 días para determinar la resistencia del concreto puede resultar muy largo, por lo que se suele efectuar ensayos a los 7 días. La relación entre la resistencia obtenida a los 7 días y la resistencia a los 28 días, es aproximadamente:

$$f'_{c7} = 0.67 \cdot f'_{c28}$$

Empíricamente se puede tomar:

$$f'_{c28} = f'_{c7} + 8 \cdot \sqrt{f'_{c7}}$$

En la siguiente tabla se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

Tabla 15: Relación entre la resistencia la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 años	2 años	5 años
$f'_{c(t)}/f'_{c28}$	0.67	0.86	1.00	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Actualmente la norma ASTM-C-39-96 permite utilizar los resultados de ensayos a compresión de probetas no estándar siempre que se les apliquen factores de corrección. La resistencia obtenida constituye una



fracción de la resistencia de un cilindro estándar. Los factores de corrección se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16: Factores de corrección de resistencia para diferentes relaciones h/d (Tomado de la norma ASTM-C-39-96)

Relación h/d	2.00	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00	0.70	0.50
a	1.00	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.70	0.50
b	1.00	1.02	1.04	1.06	1.11	1.18	1.43	2.00

- Dónde:
- h: Altura de la probeta ensayada
 - d: Diámetro de la probeta ensayada
 - a: Factor de corrección de resistencia de la probeta ensayada
 - b: Razón entre las resistencias de la probeta ensayada y del cilindro estándar

3.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

El ensayo con el cual se mide la resistencia a la compresión del concreto, está establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 y NTP 339.034.

Se emplean moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de longitud. Para cada edad se deben ensayar como mínimo 2 cilindros y trabajar con el valor promedio.

Se deben aceitar las paredes del molde; al llenar éste se debe lograr una buena compactación, la cual puede realizarse con varilla (método apisonado) si el asentamiento es mayor a 7,5 cm ó con vibrador (método vibrado) si el asentamiento es menor a 2,5 cm, para asentamientos entre 2,5 y 7,5 cm puede usarse varilla o vibrador preferiblemente el método empleado en la obra.



Fig. 10: Moldes de Plásticos utilizados

Fuente: Elaboración Propia

La varilla compactadora debe ser de acero estructural, cilíndrica, lisa, de 16 mm de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm, la punta debe ser redondeada. Los vibradores pueden ser internos o externos; los vibradores internos pueden ser de eje rígido o flexible, preferiblemente accionados con motores eléctricos, la frecuencia de vibración debe ser de 7000 rpm o mayor. Los vibradores externos pueden ser de mesa o de plancha, la frecuencia de vibración debe ser de 3600 rpm o mayor y su construcción debe ser tal que el molde quede bien ajustado, se debe usar un tacómetro para controlar la frecuencia de vibración.

Los cilindros se llenan con hormigón en capas de igual volumen aproximadamente, el número de capas depende del método de compactación escogido, así:

Varillado ----> 3 capas

Vibrado ----> 2 capas

En el método apisonado cada capa debe compactarse con 25 golpes, los cuales deben distribuirse uniformemente en toda la sección transversal del molde. La capa del fondo debe compactarse en toda su profundidad, al compactar las capas superior e intermedia la varilla debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa inmediatamente inferior. Si al retirar la varilla quedan huecos en el cilindro, éstos deben cerrarse golpeando suavemente en las paredes del molde.



Fig. 11: Llenado de concreto en las probetas de plástico

Fuente: Elaboración Propia

La vibración se debe transmitir al cilindro el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del hormigón, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se debe llenar y vibrar en dos capas aproximadamente iguales, todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar su vibrado.

La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador, se considera suficiente el vibrado, cuando el hormigón presente una superficie relativamente lisa. En la vibración interna en cada capa se debe introducir el vibrador en tres sitios diferentes; al compactar, el vibrador no debe tocar el fondo o las paredes del molde y debe penetrar 25 mm aproximadamente en la capa inferior. El vibrador se debe retirar suavemente de modo que no se formen bolsas de aire. En la vibración externa debe tenerse el cuidado de que el molde esté rígidamente unido a la superficie o elemento vibrante.

Los cilindros deben referenciarse. Los moldes con el concreto, se deben colocar durante las primeras 16 horas como mínimo y máximo 24 horas, sobre



una superficie rígida, libre de vibración u otras perturbaciones. Los cilindros se deben almacenar en condiciones tales que se mantenga la temperatura entre $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se prevenga la pérdida de humedad de los mismos. Los cilindros para verificar diseño o para control de calidad, deben removerse de los moldes después de 20 ± 4 horas de haber sido moldeados y deben almacenarse en condiciones de humedad tales que siempre se mantenga agua libre en todas sus superficies, a temperatura permanente de $23\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento del ensayo. Los cilindros no deben estar expuestos a goteras o corrientes de agua, debe de estar sumergida completamente en agua.



Fig. 12: Almacenamiento del concreto bajo agua

Fuente: Elaboración Propia

Para el ensayo de compresión deben sumergirse en agua los cilindros por 24 ± 4 horas inmediatamente antes de la rotura para asegurar una condición uniforme de humedad. Los cilindros se deben probar a la edad especificada por el calculista, aunque se recomienda probar parejas de cilindros antes y después de la edad especificada con el fin de determinar cómo ha sido el desarrollo de resistencia.



Antes de probar los cilindros se debe comprobar que sus bases sean planas, las bases de los cilindros que no sean planas dentro de 0,005 mm deben refrentarse. El refrentado se puede hacer con mortero de azufre o yeso de acuerdo con la norma NTC 504. Los cilindros deben ensayarse tan pronto como sea posible, en estado húmedo; se llevan a la máquina de ensayo y se aplica carga a una velocidad constante (1,4 a 3,5 kg/cm²/s) hasta que el cilindro falle.



Fig. 13: Refrentado de cilindros de concreto (mortero de azufre y almohadillas de neopreno).

Fuente: Elaboración Propia

La resistencia a la compresión se calcula así:

$$R_C = P/A$$

Dónde:

P = Carga máxima aplicada en kg.

A = Área de la sección transversal en cm².

R_C = Resistencia a la compresión del cilindro en kg/cm², con aproximación a 1 kg/cm².

$$10 \text{ kg/cm}^2 \approx 1 \text{ Mpa}$$



Fig. 14: Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto.

Fuente: Elaboración Propia

Adicional al valor de la resistencia a la compresión se debe reportar el número de identificación o referencia del cilindro, su edad, tipo de fractura y defectos tanto del cilindro como del refrenado.

La resistencia a la compresión del concreto se debe determinar como el promedio de al menos dos cilindros probados al mismo tiempo.

3.3 RESISTENCIA A LA FLEXION

La resistencia a la flexión o también llamada “Modulo de Rotura” de un concreto es baja en comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura.



Este parámetro es aplicado en estructuras tales como pavimentos rígidos; debido a que los esfuerzos de compresión que resultan en la superficie de contacto entre las llantas de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de las mismas, la cual en el peor de los casos puede llegar a ser de 5 o 6 kg/cm²; este esfuerzo de compresión sobre un pavimento de concreto hidráulico resulta sumamente bajo con relación a la resistencia a la compresión del concreto que normalmente es de 210 kg/cm² en nuestro medio.

3.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION

El método más empleado para medir la resistencia a la flexión es usando una viga simplemente apoyada con carga en los tercios de la luz, aunque en algunas partes se emplea el método de la viga en voladizo o el de la viga simplemente apoyada con carga en el punto medio; los resultados obtenidos difieren con el método empleado.

El ensayo de la viga simplemente apoyada con carga en los tercios de la luz se realiza de acuerdo con la norma RNE E.060 o ASTM C31 y ASTM C78. El equipo empleado en el ensayo es el siguiente:

- Probetas para ensayo: vigas rectangulares elaboradas y endurecidas con el eje mayor en posición horizontal. Los moldes deben cumplir los siguientes requisitos:

Longitud > 3 profundidad en posición de ensayo + 5 cm.

Ancho / profundidad (en la posición en que se elabora) <1,5

Dimensión menor de la sección recta >3 tamaño máximo del agregado (para TM>5cm)

Los moldes más empleados tiene una sección de 15 x 15 cm y una longitud de 60 cm (utilizado en este proyecto de investigación) y se usará para concretos con agregado grueso de tamaño máximo < 5 cm. Se pueden usar moldes de otras dimensiones pero que cumplan los requisitos antes vistos.



Fig. 15: Moldes de madera para el ensayo a flexión

Fuente: Elaboración Propia

- Varilla compactadora: debe ser de acero estructural, cilíndrica, lisa, de 16 mm de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm, la punta debe ser redondeada.

- Vibrador: puede ser vibración interna o externa, se debe cumplir con los mismos requisitos que para el ensayo de resistencia a la compresión.

La utilización de la varilla o el vibrador para compactar, se hace de acuerdo a los criterios del ensayo de resistencia a la compresión, a menos que las especificaciones de la obra indiquen lo contrario.

Asentamiento $> 7,5$ cm se debe utilizar varilla.

Asentamiento $< 2,5$ cm se debe utilizar vibrador.

Asentamiento entre 2,5 y 7,5 cm se puede utilizar varilla o vibrador, preferiblemente el método empleado en la obra.

Los moldes se deben aceitar y luego se procede a llenarlos por capas de acuerdo a la tabla 17.

Tabla 17: Número de capas requeridas en la elaboración de las vigas

ALTURA DEL MOLDE (cm)	FORMA DE COMPACTAR	N° DE CAPAS
≤	Varilla	2
>	Varilla	3 o más
≤	Vibrador	1
>	Vibrador	2 o más

Cada capa se compactará de la siguiente forma:

-Varilla: se dará un golpe por cada 14 cm² de sección horizontal.



Fig. 16: Llenado de concreto en los moldes de vigas de madera.

Fuente: Elaboración Propia

-Vibrador: la duración requerida de la vibración es función de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Usualmente la vibración debe suspenderse inmediatamente después de que la superficie del concreto se haga relativamente suave (comience a fluir la pasta); se debe tener cuidado de no sobrevibrar porque produce segregación.



En la vibración interna se coloca el vibrador cada 15 cm a lo largo del eje longitudinal y se penetra ligeramente en la capa inferior; cuando las probetas tienen un ancho mayor de 15 cm debe introducirse el vibrador alternadamente a lo largo de 2 líneas de acción. En la vibración externa el molde debe colocarse rígidamente unido a la superficie vibrante.

Las vigas deben referenciarse. Los moldes con el hormigón, se deben colocar durante las primeras 16 horas como mínimo y máximo 24 horas, sobre una superficie rígida, libre de vibración u otras perturbaciones. Las vigas se deben almacenar en condiciones tales que se mantenga la temperatura entre 16°C y 27 °C y se prevenga la pérdida de humedad de las mismas.

Las vigas para verificar diseño o para control de calidad deben removerse de los moldes después de 20 ± 4 horas de haber sido moldeadas y deben almacenarse en condiciones de humedad tales que siempre se mantenga agua libre en todas sus superficies a temperatura permanente de 23 ± 2 °C hasta el momento del ensayo. Las vigas no deben estar expuestas a goteras o corrientes de agua, debe de estar sumergida en agua completamente.

Las vigas que se elaboran para conocer el tiempo en que se pueda dar al servicio el pavimento o para hacer el control de curado en la obra, se deben almacenar sobre la losa o tan cerca como sea posible al sitio donde se esté usando el concreto y deben recibir la misma protección. Para el ensayo de flexión deben sumergirse en agua las vigas por 24 ± 4 horas inmediatamente antes de la rotura para asegurar una condición uniforme de humedad.

Las vigas se deben probar a la edad especificada por el calculista, aunque se recomienda probar parejas de vigas antes y después de la edad especificada con el fin de determinar cómo ha sido el desarrollo de resistencia.



Fig. 17: Ensayo de Resistencia a la flexión.
Fuente: Elaboración Propia

Las vigas deben ensayarse tan pronto como sea posible, en estado húmedo; se llevan a la máquina de ensayo, se giran 90° respecto a la posición de elaboración y se aplica carga a una velocidad constante (8,8 a 12,4 kg/cm²/min.), hasta que la viga falle.

La resistencia a la flexión se calcula así:

a) Si la falla ocurre dentro del tercio central, el módulo de rotura se determina con la fórmula:

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Siendo:



MR = Módulo de rotura de la viga (kg/cm²).

P = Carga máxima aplicada en (kg.).

L = Distancia entre apoyos (cm).

b = Ancho de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

d = Altura de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

- b) Si la falla ocurre por fuera del tercio central, pero no está separada de él por más de una longitud equivalente al 5% de la luz libre o distancia entre apoyos, el módulo de rotura se determina con la ecuación siguiente:

$$MR = \frac{3 \cdot P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

Siendo:

MR = Módulo de rotura (kg/cm²).

P = Carga máxima aplicada en kg.

a = Distancia entre la sección de falla y el apoyo más próximo medido sobre el eje longitudinal de la cara inferior de la viga en cm.

b = Ancho de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

d = Altura de la sección en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

- c) Si la falla ocurre por fuera del tercio medio de la viga y a una distancia mayor del 5% de la distancia entre apoyos, se debe descartar el resultado del ensayo.

La resistencia a la flexión del concreto se debe determinar como el promedio de al menos dos vigas probadas al mismo tiempo y con una aproximación a 0,1 kg/cm² (10kg/cm² ≈ 1Mpa).

3.5 PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO

3.5.1 RELACIÓN ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL CONCRETO A COMPRESIÓN

En la Fig. 14 se muestran curvas esfuerzo-deformación para concretos normales de diversas resistencia a la compresión. Las gráficas tienen una rama ascendente casi lineal cuya pendiente varía de acuerdo a la resistencia y se extiende hasta aproximadamente 1/3 a 1/2 de $f'c$.

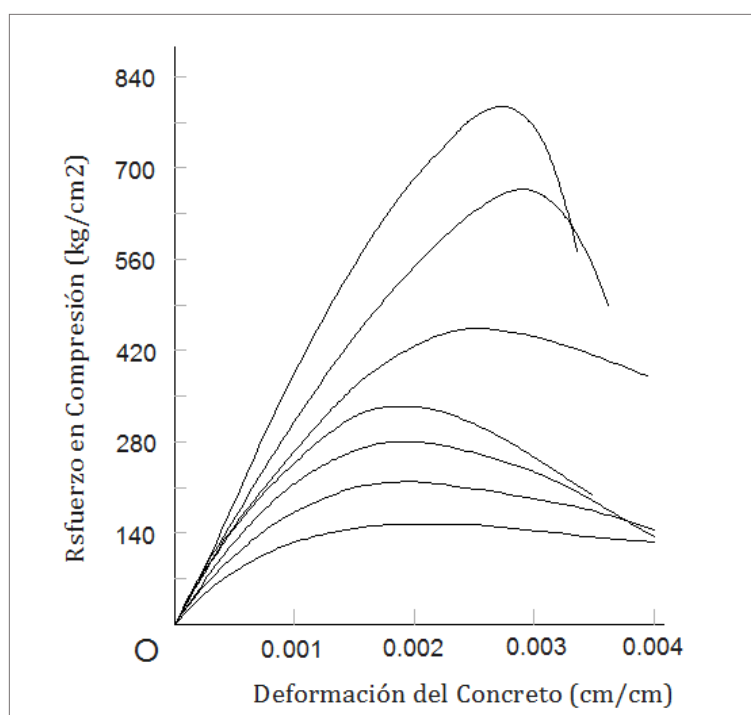


Fig. 18: Curva Esfuerzo-Deformación del Concreto en Compresión

Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto Armado, E. Harmsen, Pag.28 (EAOP)

Posteriormente adoptan la forma de una parábola invertida cuyo vértice corresponde al esfuerzo máximo en compresión. La deformación correspondiente a este punto es mayor para los concretos más resistentes. Sin embargo, para los de menor resistencia es casi constante e igual 0.002. La rama descendente de las gráficas tiene una longitud y pendiente que varíe de acuerdo al tipo de concreto. Para concreto de resistencias bajas tiende a tener menor pendiente y mayor longitud que para concreto de resistencias

mayores. De ello se deduce que los concretos menos resistentes son los más dúctiles. Hognestad y Todeschini han propuesto idealizaciones de la curva esfuerzo-deformación del concreto, los cuales se muestran en la Fig. 15

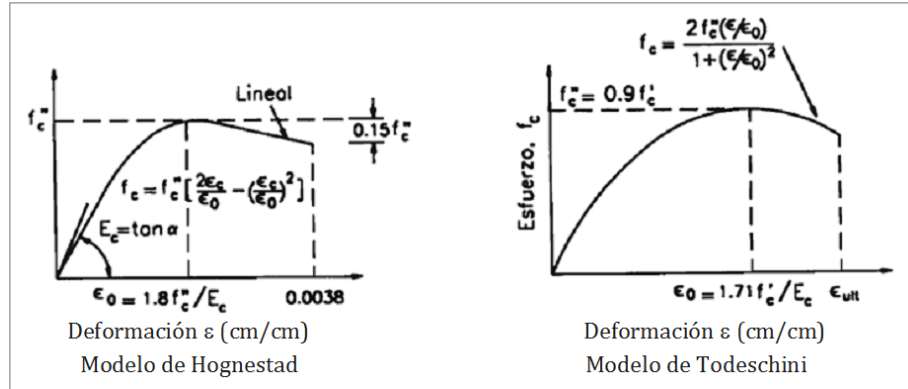


Fig. 19: Idealización de la curva esfuerzo-deformación del concreto
 Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto Armado, E. Harmsen, Pag.28 (EAOP)

La curva esfuerzo-deformación del concreto varía de acuerdo a la velocidad de aplicación de la carga como se muestra en la Fig. 14. Si ésta se incrementa a un ritmo mayor, la resistencia máxima obtenida es mayor que si la carga se incrementa a menor razón. Este efecto debe tenerse presente cuando se analice los resultados de las pruebas estándar elaboradas en laboratorio.

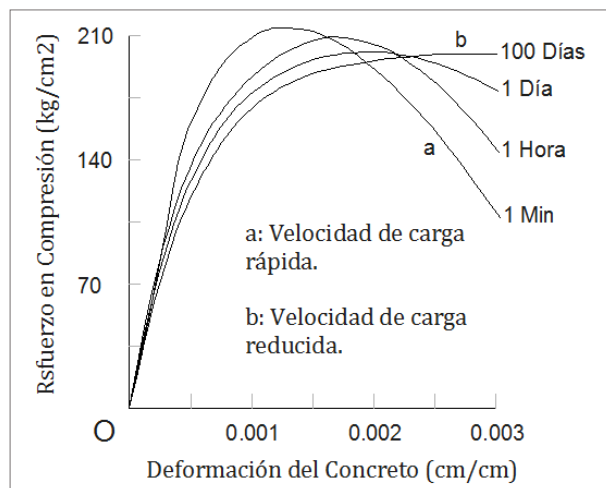


Fig. 20: Efecto de la Velocidad de Carga en la Resistencia a la Compresión del Concreto
 Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto, Arthur H. Nilson, Pag.40 (EAOP)

El módulo de elasticidad de un material es parámetro que mide la variación de esfuerzos en relación a la deformación en el rango elástico. Es función del ángulo de la línea esfuerzo-deformación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material. El concreto presenta un comportamiento elasto plástico y por ello los esfuerzos no son directamente proporcionales a la deformación. Por lo anterior, ha sido necesario definir términos como modulo secante y modulo tangente en un intento por convenir un valor para el módulo de elasticidad del concreto.

El módulo tangente se define como la pendiente de la recta tangente a la curva esfuerzo-deformación en un punto de ella. En particular, el módulo tangente que corresponde al esfuerzo nulo se denomina módulo tangente inicial. La deformación de este parámetro es difícil pues la recta tangente en el origen no está bien definida. Por su parte, el módulo secante es la pendiente de una recta secante a la curva, que une el punto de esfuerzo cero con otro cualquiera de la curva. El módulo secante es más fácil de determinar que el módulo tangente, por ello, es el más utilizado Fig. 17.

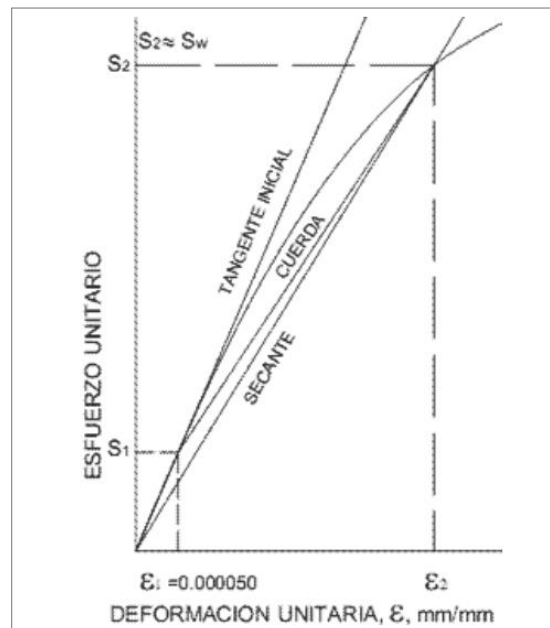


Fig. 21: Módulo Tangente y Secante del Concreto Compresión



Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto Armado, E. Harmsen, Pag.30
(EAOP)

Para definir el módulo de elasticidad de concreto, el ACI emplea el concepto de módulo secante y propone (ACI-8.5.1):

$$E_c = 0.14w^{1.5}\sqrt{f'_c}$$

E_c : Modulo de elasticidad del concreto

w : Peso unitario del concreto en kg/m³.

f'_c : Resistencia a la compresión del concreto.

Para concretos normales, con pesos unitarios de aproximadamente 2300 kg/m³ se usa también la siguiente expresión:

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c}$$

La norma E.060 en su Capítulo 8, indica que el módulo de elasticidad del concreto para peso normal se debe tomar como:

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$



CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo de la tesis describimos todo el procedimiento llevado a cabo en los ensayos a compresión de las probetas cilíndricas y en los ensayos a flexión en las vigas rectangulares.

4.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación a desarrollar es del tipo Cuantitativo.

4.1.2 NIVEL DE LA INVESTIGACION

Tipo Cuantitativa:

El estudio se hará a nivel Descriptivo – Experimental - Analítico.

- **Experimental.** Comprende los ensayos de laboratorio de las probetas elaborado con las diferentes marcas comerciales de Cemento Portland Tipo I.
- **Descriptiva.** Comprende el proceso de identificación, descripción, caracterización de la realidad actual de las diferentes marcas del cemento Portland tipo I.
- **Analítico.** Los diferentes tópicos serán analizados ampliamente mediante sus correspondientes variables los mismos que nos permitirán llegar a conclusiones valiosas para contrastar la hipótesis de trabajo.

4.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para alcanzar el objetivo general del proyecto de investigación se plantearon el siguiente esquema:



4.1.3.1 ESQUEMA DE LA INVESTIGACION

ENSAYOS A REALIZARSE

Estos ensayos se dan a nivel experimental, en donde se ensayarán las probetas elaborado con las diferentes marcas comerciales de Cemento Portland Tipo I.

Ensayos de los materiales para elaborar el concreto

- Gravedad específica y absorción de agregado. grueso
- Gravedad específica y absorción de agregado. fino
- Peso unitario de agregado grueso (suelto varillado)
- Peso unitario de agregado fino (suelto varillado)
- Desgaste los angeles

Ensayos a los testigos de concreto

- Rotura de probetas esfuerzo a compresion
- Ensayo a flexion en vigas

4.1.3.2 METODOLOGIA

Para el desarrollo del presente tema de Tesis, se siguió paso a paso los 5 ítems que se describen a continuación.



PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/ INDICADOR	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>¿Cuál es el desempeño del concreto elaborado con las diferentes marcas comerciales del cemento portland Tipo I en la provincia de Huánuco?</p>	<p>General</p> <p>Evaluar el desempeño del concreto elaborado en la localidad de Huánuco con las diferentes marcas comerciales del cemento portland TIPO I teniendo como base los ensayos de laboratorio a los 3, 7, 14, 21 y 28 días.</p> <p>Específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> Plantear un diseño de mezcla para una resistencia (f'c) determinada. Elaborar testigos de concreto cilíndricos y primas rectangulares con un mismo diseño de mezcla para las diferentes marcas de cemento y someterlo a ensayos a los 3, 7, 14, 21, 28 días. Contrastar la experiencia del constructor como la del ingeniero civil adquirida en obra sobre la preferencia de alguna marca del cemento portland. Promover la investigación para mejorar la calidad en la construcción de nuestra localidad. Difundir los resultados sobre la investigación realizada 	<p>General</p> <p>El concreto elaborado con Cemento Pórtland Tipo I de la marca "Cemento Andino", tiene mayor desempeño en los diferentes ensayos.</p>	<p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Concreto elaborado con Diferentes marcas comerciales de Cemento Portland Tipo I. <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Desempeño del concreto sometido a ensayos a los 3, 7, 14, 21, 28 días. <p>Indicadores</p> <p>X1: Peso específico del cemento</p> <p>X2: Resistencia del concreto a compresión</p> <p>X3: Resistencia del concreto a flexión</p>	<p>Tipo de Investigación: Cuantitativa</p> <p>Nivel de Investigación: Experimental, Descriptivo, y Analítico.</p> <p>Método:</p> <p>Recolección de información: Fuente: Primaria y secundaria. Proceso y presentación de datos Técnica: Laboratorio y diseño. Procesamiento de la Información: Categorización de Variables. Software: Excel, Word.</p> <p>Nivel de Contraste de Hipótesis:</p> <p>H0: $\beta_i = 0$: (nula)</p> <p>Todos los coeficientes de las variables Xi no son significativos, es decir las variables independientes no influyen sobre la variable dependiente.</p> <p>H1: $\beta_i \neq 0$: (alternativa)</p> <p>Al menos un coeficiente de las variables Xi son significativos por lo tanto las variables independientes sí influyen en la variable dependiente.</p>

Tabla 18: Metodología de desarrollo de la presente Tesis



4.2 UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

4.2.1 DETERMINACION DEL UNIVERSO

El universo estará dado por las diferentes marcas comerciales de Cemento Portland tipo I que se distribuye en la región de Huánuco y la elección de la cantera que se con la cual se elaborara los testigos de concreto, en este caso se dio la elección de la cantera de Pitumama.

4.2.2 MUESTRA

Las muestras a estudiar van a ser las diferentes marcas comerciales de Cemento Portland Tipo I entre ellas tenemos:

Tabla 19: Listado de los tipos de cementos portland a utilizar.

MARCAS COMERCILAES DE CEMENTO	PROCEDENCIA
Cemento Andino	Tarma-Perú
Cemento Quisqueña	Pucallpa-Perú
Cemento Apu	Tarma-Perú

➤ Cantera empleada:

Pitumama

- Probetas de concreto simple:

La norma peruana indica que se deben realizar ensayos a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días, respetando este criterio se ensaya las probetas a los 7, 14, 21 y 28 días; además se optó también a realizar a los 3 días, debido a que el comportamiento de la resistencia a compresión es más relevante en los primeros días.

Teniendo en cuenta este criterio se ensayó las probetas de concreto a los 3, 7, 14, 21 y 28 días; tres probetas por cada día y con las marcas de cemento anteriormente mencionadas.

- Vigas de concreto simple:



Las vigas de concreto simple de resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$ son de dimensiones: 6pulg. de diámetro x 12pulg. de alto y 0.15x0.15m. x 0.6m. de alto respectivamente.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.3.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS

La cantidad de muestra para cada ensayo, el procedimiento a seguir, las herramientas y equipos que son necesarios para recolectar los datos, así como las expresiones que se utilizan para calcular cada una de las propiedades físicas tanto de la piedra chancada como de la arena gruesa.

De aquí en adelante se confeccionan tablas con datos recolectados del laboratorio y los resultados, que están formulados internamente en una hoja Excel.



Fig. 22: En la imagen se muestra el proceso de granulometría los agregados

Fuente: Elaboración Propia



TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Tabla 20: Análisis Granulométrico de Piedra Chancada. "Cantera Figueroa"

PESO INICIAL (gr):			4946			
TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)	PESO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	RETENIDO EN CADA TAMIZ (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)
2"	50.80	0	0	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0	0	100.00	0.00	0.00
1"	25.40	0	0	100.00	0.00	0.00
3/4"	19.05	33	33	99.33	0.67	0.67
1/2"	12.70	1537	1570	68.26	31.08	31.74
3/8"	9.53	1290	2860	42.18	26.08	57.82
1/4"	6.35	1177	4037	18.38	23.80	81.62
N°4	3.175	433	4470	9.62	8.75	90.38
N°8	1.588	404	4874	1.46	8.17	98.54
N°16	0.794	70	4944	0.04	1.42	99.96
PASA		2	4946	0.00	0.04	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Tamaño máximo nominal, de acuerdo a la NTP 400.037 (INDECOPI), corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

De la descripción anterior tenemos que el T.M.N. de nuestra piedra chancada le corresponde un valor igual a: 1/2".

El la Fig. 23 los limites inferior y superior indican el huso granulométrico y la curva de color negra que corresponde a nuestro agregado y está dentro del huso 67 de (3/4" a N°4").

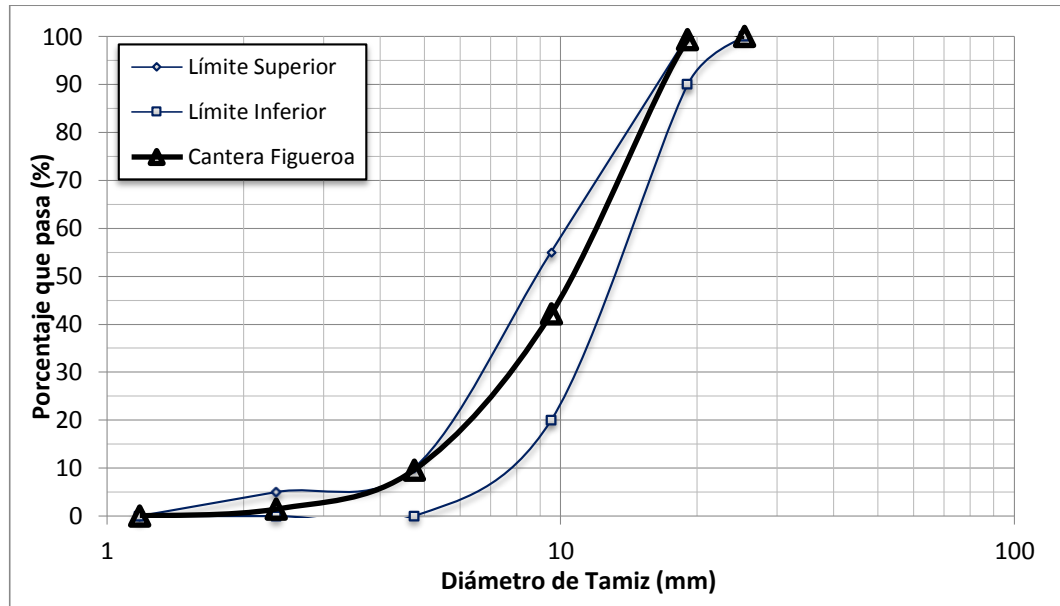


Fig. 23: Curva Granulométrica de Piedra Chancada a escala logarítmica en el eje X

Fuente: Elaboración Propia

PESO SECO COMPACTADO

Tabla 21: Peso Unitario Seco Compactado

MUESTRA	UND	M-1	M-2	M-3
Peso de Resc + Piedra chancada seco	gr.	27320	27494	27598
Peso de Resc	gr.	5830	5830	5830
Volumen del Resc	cm3.	14086	14086	14086
Peso de la Piedra chancada seco	gr.	21490	21664	21768
Peso unitario seco compactado	gr/cm3.	1.5256	1.5380	1.5454

Fuente: Elaboración Propia

Promediando los 03 resultados de la última fila de la Tabla 21 se tiene un peso unitario seco de 1536 kg/m³.



PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA CHANCADA

Tabla 22: Peso Específico de la Piedra Chancada

MUESTRA	UND	M-1
Peso de Resc + Piedra chancada superficialmente seco	gr.	4209
Peso de Resc	gr.	685
Peso de la Piedra chancada superficialmente seco	gr.	3524
Peso de muestra S.S. sumergido	gr.	2202
Peso de agua desplazado: W	gr.	1322
Densidad del agua : ρ	gr/cm ³ .	1
Volumen de muestra S.S. : W/ρ	cm ³	1322
Peso Específico	gr/cm ³ .	2.66

Fuente: Elaboración Propia

Es este ensayo se fue bastante práctico aplicando el principio de Arquímedes, el peso del agua desplazada viene a ser igual al volumen de la piedra superficialmente seca (S.S.) por tratarse del agua, siendo su densidad 1gr/cm³.

De la última fila de la Tabla 22 se tiene un peso específico de 2.66 Tn/m³.

ABSORCIÓN DE LA PIEDRA CHANCADA

Tabla 23: Absorción de la Piedra Chancada

MUESTRA	UND	M-1
Peso de Resc + Piedra chancada Seco y Limpio	gr.	4185
Peso de Resc	gr.	685
Peso de Resc + Piedra chancada Superficialmente seco	gr.	4209
Peso del agua en los poros de la Piedra chancada	gr.	24.00
Peso de la Piedra chancada seco	gr.	3500
Absorción	%	0.68%

Fuente: Elaboración Propia

De este ensayo se obtiene un valor de absorción 0.68%.



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA PIEDRA CHANCADA

Tabla 24: Contenido de Humedad de la Piedra Chancada

MUESTRA	UND	M-1
Peso de Rec + Piedra Chancada natural	gr.	3061.04
Peso de Rec + Piedra Chancada seco	gr.	3044.26
Peso de Rec	gr.	690.31
Peso del Agua Evaporada	gr.	16.78
Peso de la Piedra chancada seco	gr.	2353.95
Contenido de humedad		0.71%

Fuente: Elaboración Propia

Este ensayo se determinó minutos antes de realizar el llenado de las probetas rectangulares y cilíndricas, ya que la humedad al transcurrir los días varía significativamente.

MÓDULO DE FINEZA DE LA ARENA GRUESA

El la Fig.18 las curvas de color azul son los extremos del huso granulométrico para agregado fino, es favorable que la curva de color negra se encuentre dentro del huso, permite que la mezcla sea trabajable y no se presenta excesiva exudación.

Tabla 25: Análisis Granulométrico de Arena Gruesa. "Cantera Río Huallaga"

PESO INICIAL (gr):			2277			
TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)	PESO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	RETENIDO EN CADA TAMIZ (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)
3/8"	9.525	51	51	97.76	2.24	2.24
N°4	4.763	14	65	97.15	0.61	2.85
N°8	2.381	62	127	94.42	2.72	5.58
N°16	1.191	227	354	84.45	9.97	15.55
N°30	0.590	710	1063.5	53.29	31.16	46.71
N°50	0.297	637	1700	25.34	27.95	74.66
N°80	0.208	417	2117	7.03	18.31	92.97
N°100	0.149	86	2203	3.25	3.78	96.75
N°200	0.074	67	2270	0.31	2.94	99.69
PASA		7	2277	0.00	0.31	100.00



Fuente: Elaboración Propia

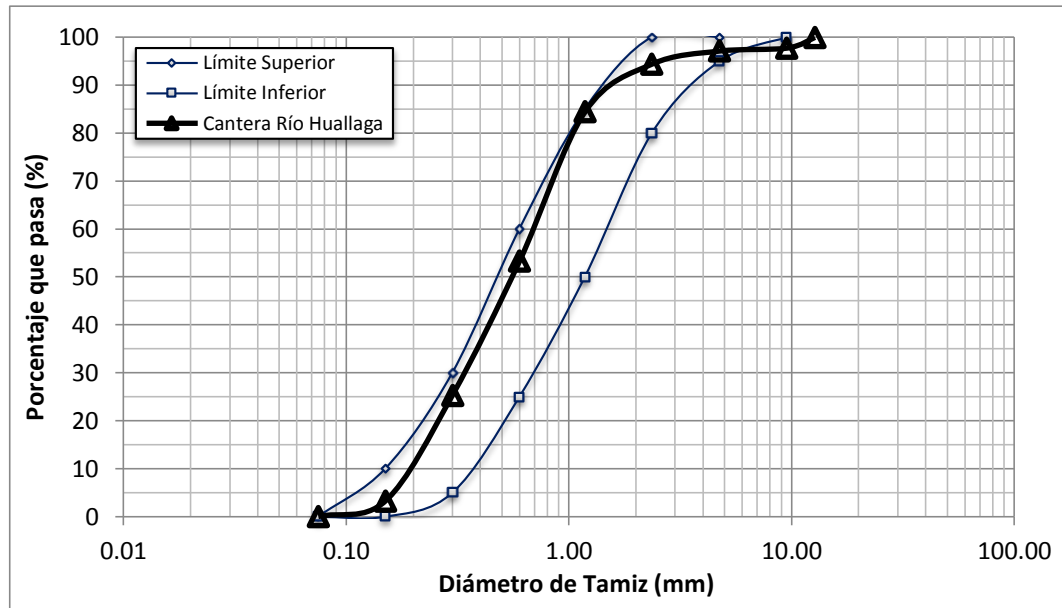


Fig. 24: Curva Granulométrica de Arena Gruesa a escala logarítmica en el eje X

Fuente: Elaboración Propia

El módulo de fineza se define:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acumulado}(3 + 1\ 1/2'' + 3/4 + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Tabla 26: Peso Retenido Acumulado de Arena Gruesa

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (%)
3/8"	2.24
N°4	2.85
N°8	5.58
N°16	15.55
N°30	46.71
N°50	74.66
N°100	96.75

Fuente: Elaboración Propia



La sumatoria de los valores de la columna derecha de la Tabla 26 es igual a 244.33, para obtener el módulo hay que dividir entre 100 esto es: 2.44; es un valor que está dentro de los límites recomendables (2.3 - 3.1).

PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA GRUESA

Tabla 27: Peso Específico de la Arena Gruesa

MUESTRA	UND	M-1
Peso de Rec + Arena gruesa superficialmente seco	gr.	1243
Peso de Rec	gr.	685
Peso de la Arena gruesa superficialmente seco	gr.	558
Volumen del Picnómetro	cm ³ .	586.49
Volumen del Agua Añadido	cm ³ .	348.94
Volumen de Arena gruesa S.S.	cm ³ .	237.55
Peso Específico	gr/cm ³ .	2.35

Fuente: Elaboración Propia

De la última fila de la Tabla 27 se tiene un peso específico de 2.35gr/cm³.

ABSORCIÓN DE LA ARENA GRUESA

Como resultado del ensayo se tiene un valor de absorción 0.98%.

Tabla 28: Absorción de la Arena Gruesa

MUESTRA	UND	M-1
Peso de Rec + Arena gruesa Seco y Limpio	gr.	1182.7
Peso de Rec	gr.	677
Peso de Rec + Arena gruesa Superficialmente seco	gr.	1187.7
Peso del agua en los poros de la Arena gruesa	gr.	5.00
Peso de la Arena gruesa seco	gr.	505.7
Absorción	%	0.98%

Fuente: Elaboración Propia



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA ARENA GRUESA

Tabla 29: Contenido de Humedad de la Arena Gruesa

MUESTRA	UND	M-1
Peso de Rec + Arena gruesa natural	gr.	1419.38
Peso de Rec + Arena gruesa seco	gr.	1394.86
Peso de Rec	gr.	755.62
Peso del Agua Evaporada	gr.	24.52
Peso de la Arena gruesa seco	gr.	639.24
Contenido de humedad		3.84%

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 CALCULAR LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA

4.3.2.1 ESPECIFICACIONES

- Por tratarse de ensayos en laboratorio no está sujeto a congelación o en presencia de sulfatos o cloruros. (por ello el diseño es sin aire incorporado).
- La resistencia a compresión de diseño es de 210kg/cm² a los 28 días, no se cuenta con registros de ensayos a compresión anteriores.
- La condición de colocación requiere que la mezcla tenga una consistencia plástica (de 3" a 4").
- El agregado es de la planta chancadora Figueroa (Andabamba) con un tamaño máximo nominal de 1/2".

4.3.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

Cemento:

- Portland tipo I marca Andino.
- Peso específico 3.15gr/cm³

Agua:



- Potable, de la red de servicio público. “Seda Huánuco”

Agregado Grueso: “Piedra chancada”

- Tamaño máximo nominal 1/2”
- Peso seco compactado 1536kg/m³
- Peso específico 2.66Tn/m³
- Absorción 0.68%
- Contenido de humedad 0.71%

Agregado Fino: “Arena Gruesa” se muestra en resumen de los cálculos anteriores.

- Peso específico 2.35Tn/m³
- Absorción 0.98%
- Contenido de humedad 3.84%
- Módulo de fineza 2.44

4.3.2.3 PASOS PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN CEMENTO

ANDINO

- Determinación de la resistencia promedio

Como nuestro f'_c de diseño es 210kg/cm² y no contamos con registros anteriores de ensayos a compresión, para determinar la resistencia promedio requerida f'_{cr} usamos la Tabla 1.06.

Del cual tenemos un $f'_{cr} = f'_c + 85 \text{kg/cm}^2 = 295 \text{kg/cm}^2$

- De acuerdo al ensayo de granulometría de la piedra chancada tenemos que el tamaño máximo nominal es de 1/2”.
- Como se indicó en las especificaciones vamos a utilizar una consistencia plástica con un valor del Slump de 3” a 4”.
- Volumen unitario de agua



Entramos a la Tabla 9 y determinamos que el volumen unitario del agua necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado y tamaño máximo nominal de 1/2" se tiene un volumen de 216 lt/m³.

- Contenido de aire

De la Tabla 10 se determina que el contenido de aire atrapado para la piedra chancada de tamaño máximo nominal 1/2" es de 2.5%.

- Relación agua – cemento

Como sabemos las probetas que se van ensayas no estarán sujetas al interperismo, congelamiento ni a ataques de sulfatos o cloruros, la relación agua cemento está en función de la resistencia promedio requerida y es 295kg/cm², entrando a la Tabla 11 Obtenemos un valor de 0.557.

- Factor cemento

Se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua cemento esto es:

$$\text{Factor cemento} = 216/0.557 = 388\text{kg/m}^3 = 9.12\text{bls/m}^3.$$

- Contenido de agregado grueso

Entramos a la Tabla 2 con un módulo de fineza de 2.44 de la arena gruesa y con tamaño máximo nominal de 1/2" encontrándose un valor de $b/b_o = 0.586$ metros cúbicos de piedra chancada seco compactado por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Peso de agregado grueso} = 0.586 \times 1536 = 900\text{kg/m}^3$$

- Cálculos de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y la piedra chancada, así como el volumen de aire, procedemos a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos materiales.

Cemento	$388 / (3.15 \times 1000)$	$= 0.123 \text{ m}^3$
Agua	$216 / (1 \times 1000)$	$= 0.216 \text{ m}^3$



Aire	2.5%	= 0.025 m ³
Piedra chancada	900/(2.66x1000)	= 0.338 m ³
Suma de volúmenes conocidos		0.702 m ³

- Contenido de arena gruesa

El volumen absoluto de la arena gruesa será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso de la arena gruesa será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

Volumen absoluto de la arena gruesa = 1 - 0.702 = 0.298 m³

Peso de la arena gruesa seco = 0.298 x 2.35 x 1000 = 699 kg/m³

- Valores de diseño

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán:

Cemento	388 kg/m ³
Agua	216 lt/m ³
Arena gruesa seco	699 kg/m ³
Piedra chancada seco	900 kg/m ³

- Corrección por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidos en función de las condiciones de humedad de la piedra chancada y arena gruesa.

Peso húmedo de:

Arena gruesa	699 x (1 + 0.0384) = 726 kg/m ³
Piedra chancada	900 x (1 + 0.0071) = 906 kg/m ³

Humedad superficial de:

Arena gruesa	3.84 - 0.98 = 2.86%
Piedra chancada	0.71 - 0.68 = 0.03%



Aporte de humedad de los agregados

Arena gruesa	$699 \times 0.0286 = 20 \text{ lt/m}^3$
Piedra chancada	$900 \times 0.0003 = 00 \text{ lt/m}^3$
Agua efectiva	= Total-Aporte = $216 - 20 = 196 \text{ lt/m}^3$

- Por lo tanto los pesos de los materiales corregidos por humedad que intervienen en la mezcla son :

Cemento	388 kg/m ³
Agua	196 lt/m ³
Arena gruesa	726 kg/m ³
Piedra chancada	906 kg/m ³

- La proporción en pesos de los materiales es el siguiente:

$$388/388: 770/388: 859/388 = \mathbf{1: 1.87: 234: 21.45 \text{ lt/bls}}$$

4.3.2.4 CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO

- Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de concreto, en una mezcladora tipo trompo de capacidad 1/4 de bolsa de cemento como la que tiene el laboratorio de Suelos y Pavimentos de la FICA, debemos multiplicar a las proporciones del ítem anterior por $42.5/4 = 10.625 \text{ kg}$ y en el caso del agua divididos entre 4, como resultado se tiene en la Tabla 30.



Tabla 30: Cantidad de Materiales para un concreto de 210kg/cm² con Cemento Andino

MATERIALES	CANTIDAD	Und
Cemento Andino	10.63	kg
Agua Potable	5.4	lt
Arena Gruesa	20.0	kg
Piedra Chancada da 1/2"	25.0	kg

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.5 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

Cemento:

- Cemento Apu.
- Peso específico 3.05gr/cm³

Agua:

- Potable, de la red de servicio público. "Seda Huánuco"

Agregado Grueso: "Piedra chancada"

- Tamaño máximo nominal 1/2"
- Peso seco compactado 1536kg/m³
- Peso específico 2.66Tn/m³
- Absorción 0.68%
- Contenido de humedad 0.71%

Agregado Fino: "Arena Gruesa" se muestra en resumen de los cálculos anteriores.

- Peso específico 2.35Tn/m³
- Absorción 0.98%
- Contenido de humedad 3.84%
- Módulo de fineza 2.44

4.3.2.6 PASOS PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN CEMENTO APU

- Determinación de la resistencia promedio



Como nuestro f'_c de diseño es 210kg/cm^2 y no contamos con registros anteriores de ensayos a compresión, para determinar la resistencia promedio requerida f'_{cr} usamos la Tabla 1.06.

Del cual tenemos un $f'_{cr} = f'_c + 85\text{kg/cm}^2 = 295\text{kg/cm}^2$

- De acuerdo al ensayo de granulometría de la piedra chancada tenemos que el tamaño máximo nominal es de $1/2''$.
- Como se indicó en las especificaciones vamos a utilizar una consistencia plástica con un valor del Slump de $3''$ a $4''$.

- Volumen unitario de agua

Entramos a la Tabla 9 y determinamos que el volumen unitario del agua necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de $3''$ a $4''$, en una mezcla sin aire incorporado y tamaño máximo nominal de $1/2''$ se tiene un volumen de 216 lt/m^3 .

- Contenido de aire

De la Tabla 10 se determina que el contenido de aire atrapado para la piedra chancada de tamaño máximo nominal $1/2''$ es de 2.5% .

- Relación agua – cemento

Como sabemos las probetas que se van ensayar no estarán sujetas al intemperismo, congelamiento ni a ataques de sulfatos o cloruros, la relación agua cemento está en función de la resistencia promedio requerida y es 295kg/cm^2 , entrando a la Tabla 11 Obtenemos un valor de 0.557 .

- Factor cemento

Se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua cemento esto es:

Factor cemento = $216/0.557 = 388\text{kg/m}^3 = 9.12\text{bls/m}^3$.

- Contenido de agregado grueso



Entramos a la Tabla 12 con un módulo de fineza de 2.44 de la arena gruesa y con tamaño máximo nominal de 1/2" encontrándose un valor de $b/b_0 = 0.586$ metros cúbicos de piedra chancada seco compactado por unidad de volumen de concreto.

Peso de agregado grueso = $0.586 \times 1536 = 900 \text{ kg/m}^3$

- Cálculos de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y la piedra chancada, así como el volumen de aire, procedemos a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos materiales.

Cemento	$388 / (3.05 \times 1000)$	$= 0.127 \text{ m}^3$
Agua	$216 / (1 \times 1000)$	$= 0.216 \text{ m}^3$
Aire	2.5%	$= 0.025 \text{ m}^3$
Piedra chancada	$900 / (2.66 \times 1000)$	$= 0.338 \text{ m}^3$
Suma de volúmenes conocidos		<u>0.707 m³</u>

- Contenido de arena gruesa

El volumen absoluto de la arena gruesa será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso de la arena gruesa será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

Volumen absoluto de la arena gruesa = $1 - 0.707 = 0.293 \text{ m}^3$

Peso de la arena gruesa seco = $0.293 \times 2.35 \times 1000 = 690 \text{ kg/m}^3$

- Valores de diseño

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán:

Cemento	388 kg/m ³
Agua	216 lt/m ³
Arena gruesa seco	690 kg/m ³
Piedra chancada seco	900.1 kg/m ³



- Corrección por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidos en función de las condiciones de humedad de la piedra chancada y arena gruesa.

Peso húmedo de:

Arena gruesa	$690 \times (1 + 0.0384) = 716 \text{ kg/m}^3$
Piedra chancada	$900 \times (1 + 0.0071) = 906 \text{ kg/m}^3$

Humedad superficial de:

Arena gruesa	$3.84 - 0.98 = 2.86\%$
Piedra chancada	$0.71 - 0.68 = 0.03\%$

Aporte de humedad de los agregados

Arena gruesa	$699 \times 0.0286 = 20 \text{ lt/m}^3$
Piedra chancada	$900 \times 0.0003 = 00 \text{ lt/m}^3$
Agua efectiva	$= \text{Total-Aporte} = 216 - 20 = 196 \text{ lt/m}^3$

- Por lo tanto los pesos de los materiales corregidos por humedad que intervienen en la mezcla son :

Cemento	388 kg/m ³
Agua	196 lt/m ³
Arena gruesa	716 kg/m ³
Piedra chancada	906 kg/m ³

- La proporción en pesos de los materiales es el siguiente:

$388/388 : 770/388 : 859/388 = 1 : 1.85 : 234 : 21.48 \text{ lt/bls}$

4.3.2.7 CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO

- Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de concreto, en una mezcladora tipo trompo de capacidad 1/4 de bolsa de cemento como la que tiene el laboratorio de Suelos y Pavimentos de la



FICA, debemos multiplicar a las proporciones del ítem anterior por $42.5/4 = 10.625\text{kg}$ y en el caso del agua divididos entre 4, como resultado se tiene en la Tabla 31.

Tabla 31: Cantidad de Materiales para un concreto de $210\text{kg}/\text{cm}^2$

MATERIALES	CANTIDAD	Und
Cemento Apu	10.63	kg
Agua Potable	5.37	lt
Arena Gruesa	19.62	kg
Piedra Chancada da 1/2"	24.84	kg

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.8 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

Cemento:

- Cemento Quisqueña
- Peso específico $3.12\text{gr}/\text{cm}^3$

Agua:

- Potable, de la red de servicio público. "Seda Huánuco"

Agregado Grueso: "Piedra chancada"

- Tamaño máximo nominal $1/2"$
- Peso seco compactado $1536\text{kg}/\text{m}^3$
- Peso específico $2.66\text{Tn}/\text{m}^3$
- Absorción 0.68%
- Contenido de humedad 0.71%

Agregado Fino: "Arena Gruesa" se muestra en resumen de los cálculos anteriores.

- Peso específico $2.35\text{Tn}/\text{m}^3$
- Absorción 0.98%



- Contenido de humedad 3.84%
- Módulo de fineza 2.44

4.3.2.9 PASOS PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN CEMENTO

QUISQUEÑA

- Determinación de la resistencia promedio

Como nuestro f'_c de diseño es 210kg/cm^2 y no contamos con registros anteriores de ensayos a compresión, para determinar la resistencia promedio requerida f'_{cr} usamos la Tabla 1.06.

Del cual tenemos un $f'_{cr} = f'_c + 85\text{kg/cm}^2 = 295\text{kg/cm}^2$

- De acuerdo al ensayo de granulometría de la piedra chancada tenemos que el tamaño máximo nominal es de $1/2"$.
- Como se indicó en las especificaciones vamos a utilizar una consistencia plástica con un valor del Slump de $3"$ a $4"$.
- Volumen unitario de agua

Entramos a la Tabla 9 y determinamos que el volumen unitario del agua necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de $3"$ a $4"$, en una mezcla sin aire incorporado y tamaño máximo nominal de $1/2"$ se tiene un volumen de 216 lt/m^3 .

- Contenido de aire

De la Tabla 10 se determina que el contenido de aire atrapado para la piedra chancada de tamaño máximo nominal $1/2"$ es de 2.5% .

- Relación agua – cemento

Como sabemos las probetas que se van ensayar no estarán sujetas al intemperismo, congelamiento ni a ataques de sulfatos o cloruros, la relación agua cemento está en función de la resistencia promedio requerida y es 295kg/cm^2 , entrando a la Tabla 1.11 Obtenemos un valor de 0.557 .



- Factor cemento

Se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua cemento esto es:

$$\text{Factor cemento} = 216/0.557 = 388\text{kg/m}^3 = 9.12\text{bls/m}^3.$$

- Contenido de agregado grueso

Entramos a la Tabla 12 con un módulo de fineza de 2.44 de la arena gruesa y con tamaño máximo nominal de 1/2" encontrándose un valor de $b/b_o = 0.586$ metros cúbicos de piedra chancada seco compactado por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Peso de agregado grueso} = 0.586 \times 1536 = 900\text{kg/m}^3$$

- Cálculos de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y la piedra chancada, así como el volumen de aire, procedemos a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos materiales.

Cemento	$388 / (3.12 \times 1000)$	$= 0.124 \text{ m}^3$
Agua	$216 / (1 \times 1000)$	$= 0.216 \text{ m}^3$
Aire	2.5%	$= 0.025 \text{ m}^3$
Piedra chancada	$900 / (2.66 \times 1000)$	$= 0.338 \text{ m}^3$
Suma de volúmenes conocidos		0.704 m^3

- Contenido de arena gruesa

El volumen absoluto de la arena gruesa será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso de la arena gruesa será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

$$\text{Volumen absoluto de la arena gruesa} = 1 - 0.704 = 0.296 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de la arena gruesa seco} = 0.296 \times 2.35 \times 1000 = 696 \text{ kg/m}^3$$

- Valores de diseño



Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán:

Cemento	388 kg/m ³
Agua	216 lt/m ³
Arena gruesa seco	696 kg/m ³
Piedra chancada seco	900.1 kg/m ³

- Corrección por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidos en función de las condiciones de humedad de la piedra chancada y arena gruesa.

Peso húmedo de:

Arena gruesa	$696 \times (1 + 0.0384) = 723 \text{ kg/m}^3$
Piedra chancada	$900.1 \times (1 + 0.0071) = 906 \text{ kg/m}^3$

Humedad superficial de:

Arena gruesa	$3.84 - 0.98 = 2.86\%$
Piedra chancada	$0.71 - 0.68 = 0.03\%$

Aporte de humedad de los agregados

Arena gruesa	$699 \times 0.0286 = 20 \text{ lt/m}^3$
Piedra chancada	$900 \times 0.0003 = 00 \text{ lt/m}^3$
Agua efectiva	$= \text{Total-Aporte} = 216 - 20 = 196 \text{ lt/m}^3$

- Por lo tanto los pesos de los materiales corregidos por humedad que intervienen en la mezcla son :

Cemento	388 kg/m ³
Agua	196 lt/m ³
Arena gruesa	723 kg/m ³
Piedra chancada	906 kg/m ³

- La proporción en pesos de los materiales es el siguiente:



388/388: 770/388: 859/388 = **1: 2: 2: 21.45** lt/bls

4.3.2.10 CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO

- Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de concreto, en una mezcladora tipo trompo de capacidad 1/4 de bolsa de cemento como la que tiene el laboratorio de Suelos y Pavimentos de la FICA, debemos multiplicar a las proporciones del ítem anterior por $42.5/4 = 10.625\text{kg}$ y en el caso del agua divididos entre 4, como resultado se tiene en la Tabla 32.

Tabla 32: Cantidad de Materiales para un concreto de 210kg/cm^2

MATERIALES	CANTIDAD	Und
Cemento Quisqueña	10.63	kg
Agua Potable	5.37	lt
Arena Gruesa	19.81	kg
Piedra Chancada da 1/2"	24.84	kg

Fuente: Elaboración Propia



CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo de la tesis presentamos los resultados de los cálculos realizados en el capítulo anterior, utilizando los datos obtenidos de los ensayos; estos resultados se presentan en tablas, figuras y gráficos. Así mismo la descripción, comentario, comparaciones que pudiesen hacerse, e interpretación.



Fig. 25: En la vista se muestra los moldes de las vigas y de las probetas en la cuales se realizará el vaciado de concreto; se aprecia un total de 30 moldes para las vigas y un total de 45 moldes para las probetas cilíndricas

Los moldes de vigas se realizaron dos por cada marca de cemento en un total de seis moldes de vigas por cada periodo de ensayo siendo así un total de 30 moldes; en lo que se refiere a probetas cilíndricas se extrae tres testigos por

cemento haciendo así un total de 9 moldes por día por lo que se necesitó un total de 45 moldes en total



Fig. 26: En la vista se muestra el agregado a utilizarse en el vaciado de vigas y probetas cilíndricas



Fig. 27: En la vista se muestra el habilitado de los moldes en el cual se realizó la limpieza de toda la superficie antes de realizar el colocado del concreto



Fig. 28: En la vista se muestra el habilitado y iniciado de la elaboración del concreto



Fig. 29: En la vista se muestra la prueba del slump del concreto el cual se verifica y realiza con el cono de abrhans



Fig. 30: En la vista se muestra la verificación del slump del concreto el cual fue se asume en el diseño de mezclas y debe de cumplirnos.



Fig. 31: En la vista se verifica el slump que se asumió en el diseño de mezclas en este caso nos muestra 4"



Fig. 32: En la vista se muestra el colocado del concreto en las vigas y colocado del concreto en las probetas



Fig. 33: En la vista se muestra ya todas las vigas y probetas ya vaciados en toda su totalidad



Fig. 34: En la vista se muestra ya el inicio de los ensayos en vigas y testigos cilíndricos; también se pidió al asesor su presencia para las recomendaciones respectivas.

5.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio



Fig. 35: En la vista se muestra ya todas las vigas y probetas ya vaciados en toda su totalidad

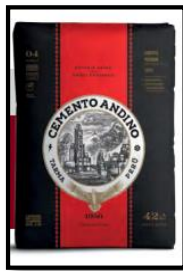


Fig. 36: En la vista se muestra ya el inicio de ensayo en los testigos cilíndricos

5.1.1 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND, EL CUAL FUE SOMETIDO EN DIFERENTES PERIODOS DE ROTURA

A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio

5.1.1.1 RESISTENCIA A LOS 3 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	34860	189.61	SI CUMPLE
2	35760	194.50	SI CUMPLE
3	36490	201.09	SI CUMPLE
PROMEDIO		195.07	

Tabla 33: Resistencia a los 3 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	36200	199.49	SI CUMPLE
2	37630	206.02	SI CUMPLE
3	38110	208.65	SI CUMPLE
PROMEDIO		204.72	

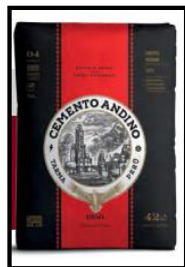
Tabla 34: Resistencia a los 3 días Cemento APU
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	39510	217.74	SI CUMPLE
2	39680	220.12	SI CUMPLE
3	40470	223.03	SI CUMPLE
PROMEDIO		220.29	

Tabla 35: Resistencia a los 3 días Cemento QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2 RESISTENCIA A LOS 7 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	43580	235.49	SI CUMPLE
2	45900	249.65	SI CUMPLE
3	49030	270.20	SI CUMPLE
PROMEDIO		251.78	

Tabla 36: Resistencia a los 7 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	46930	253.60	SI CUMPLE
2	48080	263.23	SI CUMPLE
3	49940	271.63	SI CUMPLE
PROMEDIO		262.82	

Tabla 37: Resistencia a los 7 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	59960	328.27	SI CUMPLE
2	59990	324.17	SI CUMPLE
3	60890	333.36	SI CUMPLE
PROMEDIO		328.60	

Tabla 38: Resistencia a los 7 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.3 RESISTENCIA A LOS 14 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	49660	271.88	SI CUMPLE
2	50560	275.00	SI CUMPLE
3	51260	282.49	SI CUMPLE
PROMEDIO		276.46	

Tabla 39: Resistencia a los 14 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	47270	255.43	SI CUMPLE
2	52770	288.91	SI CUMPLE
3	53220	289.47	SI CUMPLE
PROMEDIO		277.94	

Tabla 40: Resistencia a los 14 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	66000	361.34	SI CUMPLE
2	66480	359.24	SI CUMPLE
3	68070	372.67	SI CUMPLE
PROMEDIO		364.42	

Tabla 41: Resistencia a los 14 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.4 RESISTENCIA A LOS 21 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	61870	338.73	SI CUMPLE
2	65360	355.50	SI CUMPLE
3	68070	375.13	SI CUMPLE
PROMEDIO		356.45	



Tabla 42: Resistencia a los 21 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	54490	294.45	SI CUMPLE
2	58690	321.32	SI CUMPLE
3	61740	335.81	SI CUMPLE
PROMEDIO		317.19	

Tabla 43: Resistencia a los 21 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	70580	386.41	SI CUMPLE
2	71410	385.88	SI CUMPLE
3	71810	393.15	SI CUMPLE
PROMEDIO		388.48	

Tabla 44: Resistencia a los 21 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.5 RESISTENCIA A LOS 28 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	70870	388.00	SI CUMPLE
2	71460	388.68	SI CUMPLE
3	71870	396.07	SI CUMPLE
PROMEDIO		390.92	

Tabla 45: Resistencia a los 28 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	64490	348.49	SI CUMPLE
2	65190	356.90	SI CUMPLE
3	66740	363.01	SI CUMPLE
PROMEDIO		356.13	

Tabla 46: Resistencia a los 28 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	70680	386.96	SI CUMPLE
2	71510	386.42	SI CUMPLE
3	71910	396.29	SI CUMPLE
PROMEDIO		389.89	

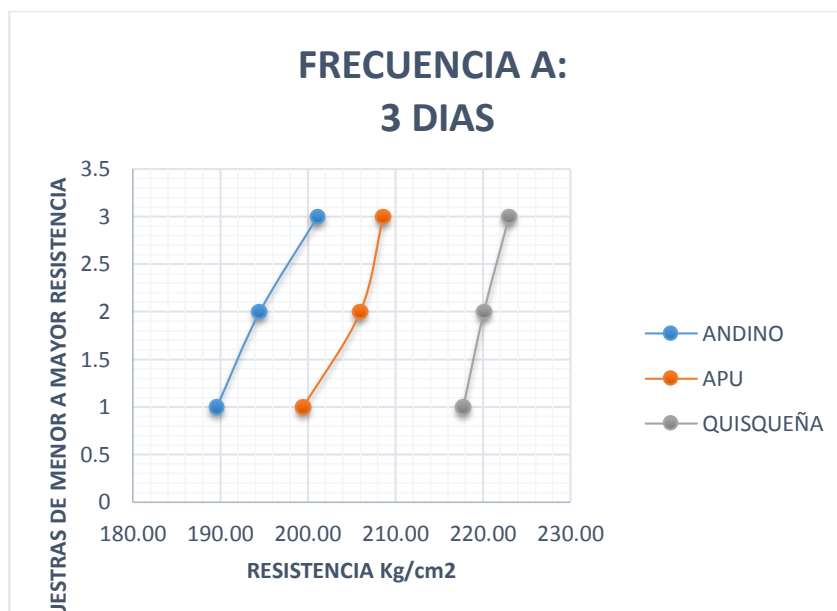
Tabla 47: Resistencia a los 28 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

Con los datos anteriores se realizaron gráficas para representar la frecuencia de las resistencias en sus diferentes edades; en cada cuadro se realiza la comparación con las diferentes marcas empleadas en la elaboración del concreto.

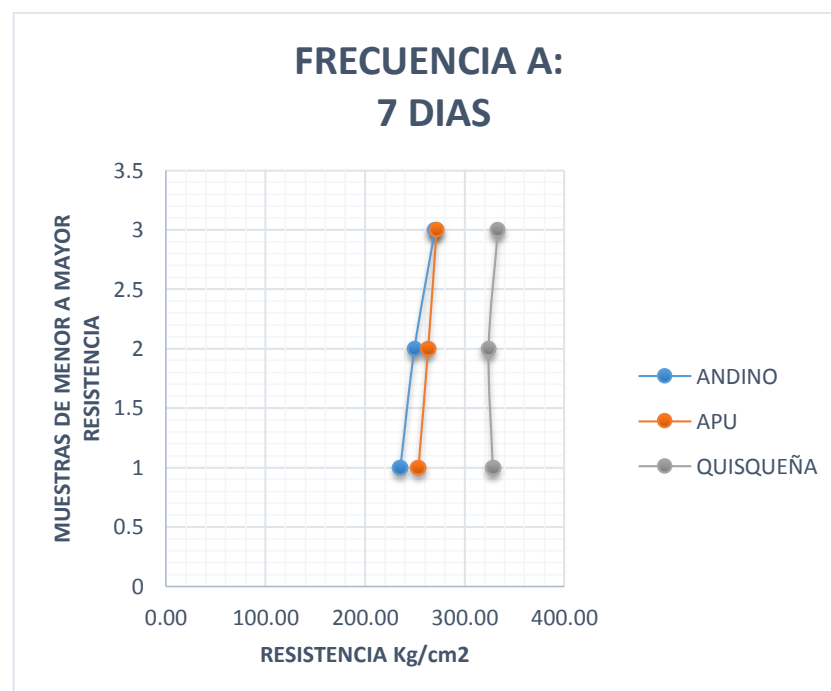


Fig. 37: Curva de la Evolución de la Resistencia a Compresión (3 días)



Fuente: Elaboración Propia

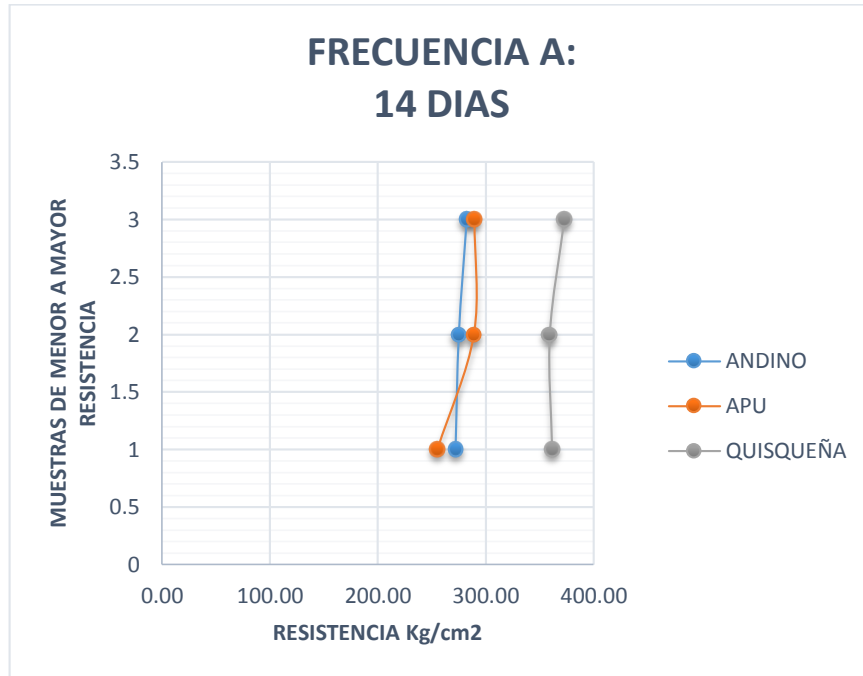
Fig. 38: Curva de la Evolución de la Resistencia a Compresión (7 días)



Fuente: Elaboración Propia

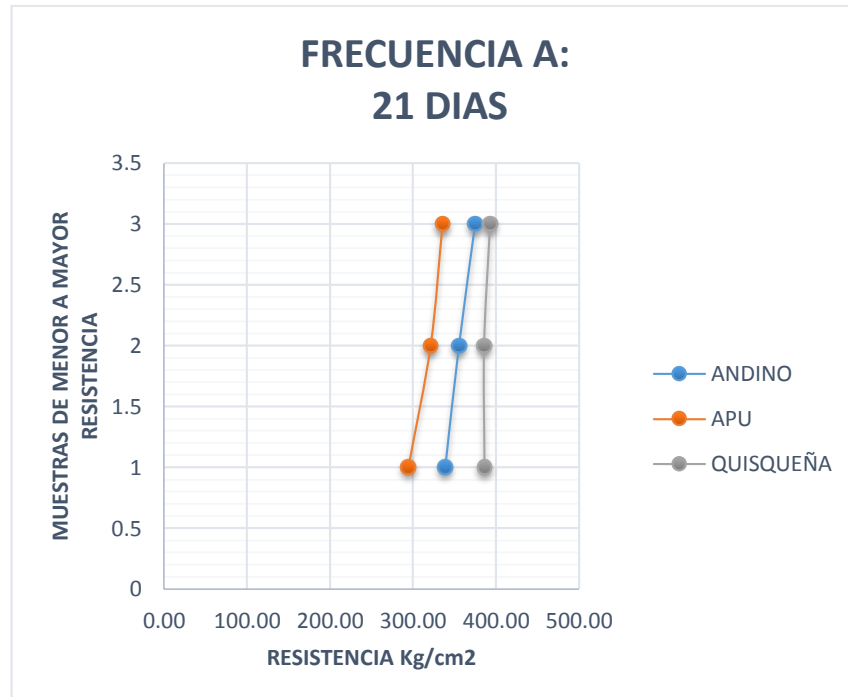


Fig. 39: Curva de la Evolución de la Resistencia a Compresión (14 días)



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 40: Curva de la Evolución de la Resistencia a Compresión (21 días)



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 41: Curva de la Evolución de la Resistencia a Compresión (28 días)



Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA DE CADA UNA DE LAS MARCAS DE CEMENTO EMPLEADAS EN LA ELABORACION DEL CONCRETO

A continuación se representa gráficamente la resistencia de cada marca; representando en cada una de ellas los límites máximos, mínimos y promedio de la resistencia por cada día de prueba:

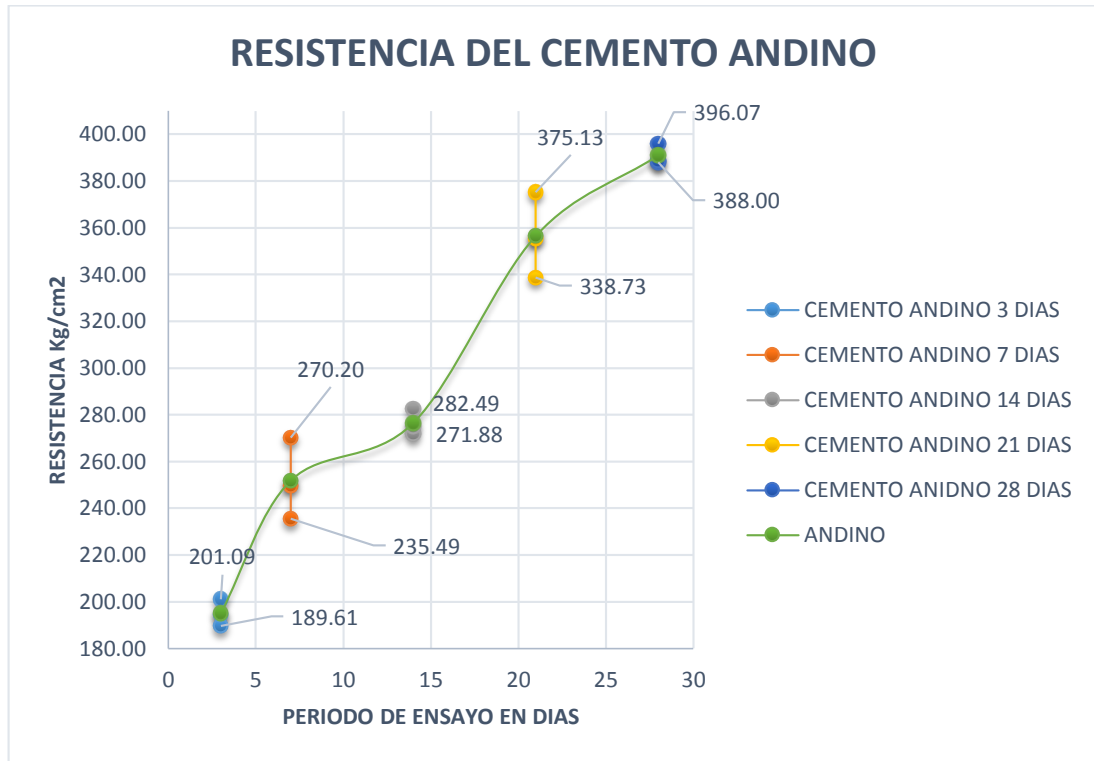


Fig. 42: Resistencia del concreto elaborado con CEMENTO ANDINO

Fuente: Elaboración Propia

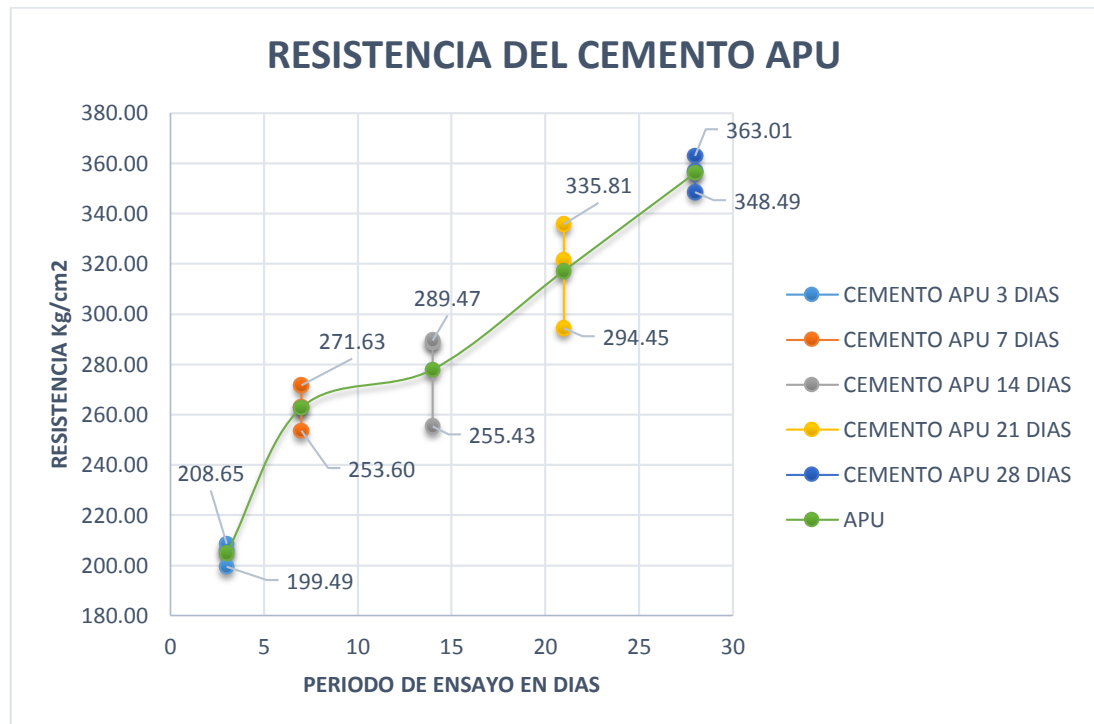


Fig. 43: Resistencia del concreto elaborado con CEMENTO APU

Fuente: Elaboración Propia

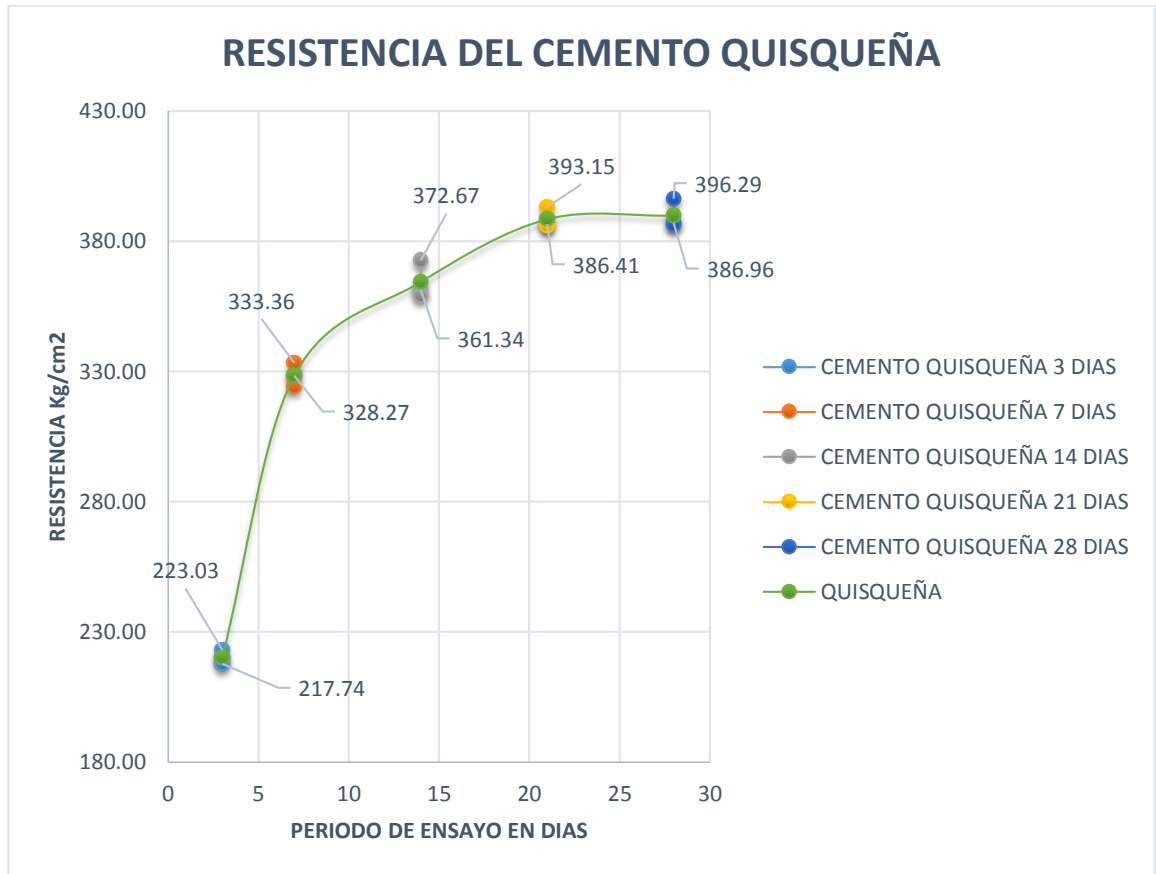


Fig. 44: Resistencia del concreto elaborado con CEMENTO QISQUEÑA

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4 GRAFICO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO

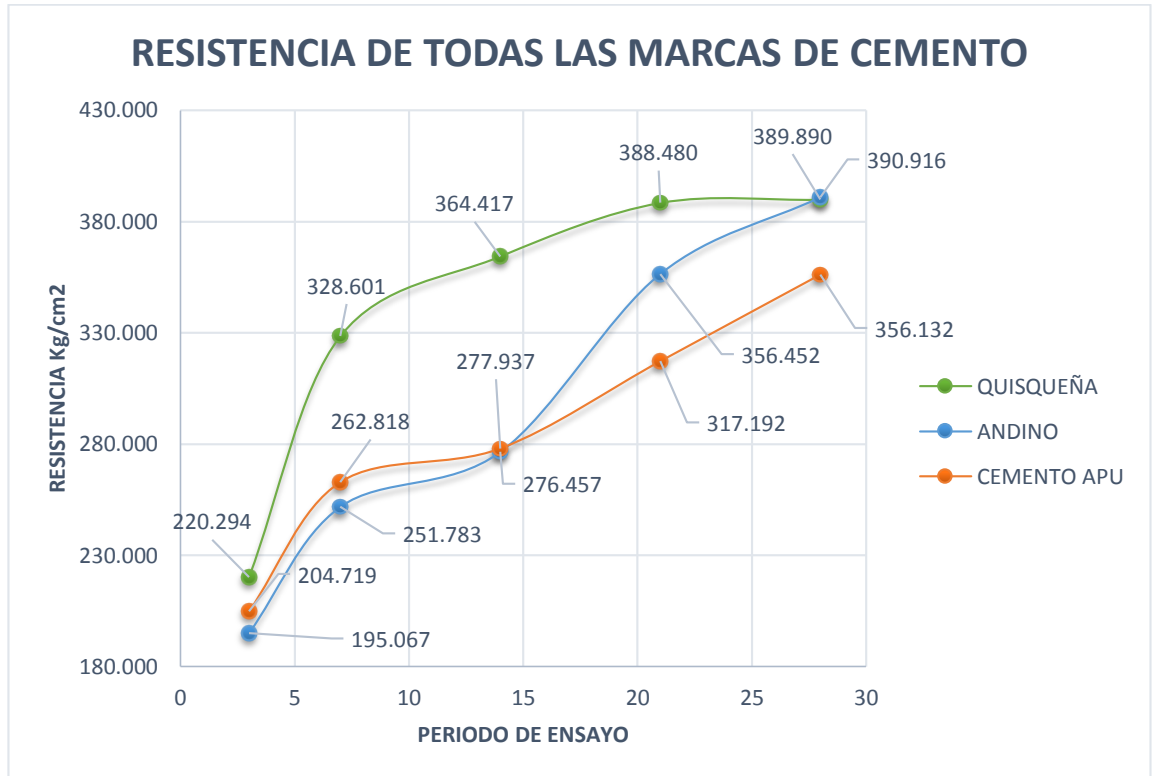


Fig. 45: Resistencia del concreto de todas las marcas
 Fuente: Elaboración Propia

Resumen de promedios

RESISTENCIA PROMEDIO EN DIFERENTES EDADES					
CEMENTO	3 DIAS	7 DIAS	A4 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
ANDINO	195.067	251.783	276.457	356.452	390.916
APU	204.719	262.818	277.937	317.192	356.132
QUISQUEÑA	220.294	328.601	364.417	388.480	389.890

Tabla 48: Resistencia promedio de todas las marcas en diferentes edades
 Fuente; Elaboración Propia

Se observa que el grafico de resistencia del concreto elaborado con cemento andino tiene mayor desarrollo en comparación de los demás gráficos, debido a que posee un valor más alto.

5.2 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION

La tensión máxima, o tensión a la fractura se halla en este ensayo a flexión, también se denomina módulo de rotura, o resistencia a la flexión, un parámetro mecánico importante para los materiales frágiles. La tensión se calcula a partir del espesor de la probeta, el momento de flexión y el momento de inercia de la sección. En la figura se da un resumen del ensayo de flexión en tres puntos para secciones rectangulares, en este caso se adaptado la máquina de ensayo a compresión para poder realizar el ensayo a flexión.

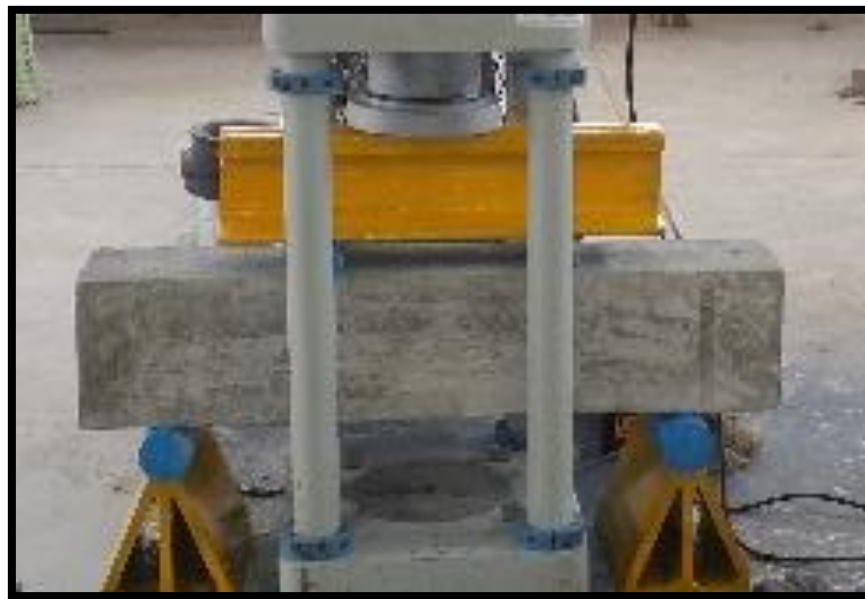


Fig. 46: Adaptación de la máquina de ensayo a compresión.

Fuente: Elaboración Propia

La fractura de las vigas se presenta en el tercio medio del claro (Fig. 25) por lo que el módulo de ruptura se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

R → Es el módulo de ruptura en kPa (kgf/cm²).

P → Es la carga máxima aplicada en N (kgf).

L → Es la distancia entre apoyos.

b → Es el ancho promedio del espécimen, en cm.

d → Es al peralte promedio del espécimen, en cm.



Fig. 47: Ensayo a Flexión.
Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra un resumen de las resistencias de las vigas de concreto hidráulico elaborados por cada marca comercial de cemento:



Fig. 48: Colocamos las vigas prismáticos en la máquina para realizar el ensayo respectivo.

Fuente: Elaboración Propia



Fig. 49: Se observa la rotura de vigas cuando es sometido a carga; el cual se produce en el tercio central por la que el módulo de rotura se calculara de la siguiente manera

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Fuente: Elaboración Propia



Fig. 50: se verifica si la falla fue en el tercio central

Fuente: Elaboración Propia



5.2.1 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND, EL CUAL FUE SOMETIDO EN DIFERENTES PERIODOS DE ROTURA

A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio; para ello se calcula el módulo de rotura

5.2.1.1 RESISTENCIA A LOS 3 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	2500	44.44	SI CUMPLE
2	2680	47.64	SI CUMPLE
PROMEDIO		46.04	

Tabla 49: Resistencia a los 3 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	2540	45.16	SI CUMPLE
2	2690	47.82	SI CUMPLE
PROMEDIO		46.49	

Tabla 50: Resistencia a los 3 días Cemento APU
 Fuente: Elaboración Propia

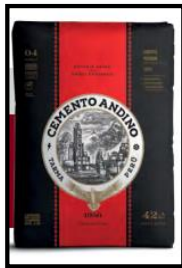


MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	2660	47.29	SI CUMPLE
2	2760	49.07	SI CUMPLE
		48.18	

Tabla 51: Resistencia a los 3 días Cemento QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia



5.2.1.2 RESISTENCIA A LOS 7 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3100	55.11	SI CUMPLE
2	3150	56.00	SI CUMPLE
		55.56	

Tabla 52: Resistencia a los 7 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3090	54.93	SI CUMPLE
2	3100	55.11	SI CUMPLE
		55.02	

Tabla 53: Resistencia a los 7 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia

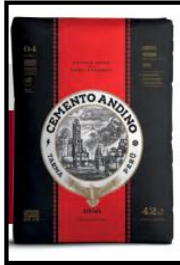


MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3150	56.00	SI CUMPLE
2	3180	56.53	SI CUMPLE
		56.27	

Tabla 54: Resistencia a los 7 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia



5.2.1.3 RESISTENCIA A LOS 14 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3430	60.98	SI CUMPLE
2	3570	63.47	SI CUMPLE
		62.22	

Tabla 55: Resistencia a los 14 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3400	60.44	SI CUMPLE
2	3450	61.48	SI CUMPLE
		60.96	

Tabla 56: Resistencia a los 14 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia

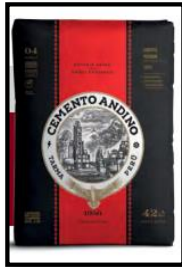


MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3630	64.53	SI CUMPLE
2	3650	64.89	SI CUMPLE
		64.71	

Tabla 57: Resistencia a los 14 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia



5.2.1.4 RESISTENCIA A LOS 21 DIAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3580	63.64	SI CUMPLE
2	3670	65.24	SI CUMPLE
		64.44	

Tabla 58: Resistencia a los 21 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3580	63.29	SI CUMPLE
2	3650	64.89	SI CUMPLE
		64.09	

Tabla 59: Resistencia a los 21 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia

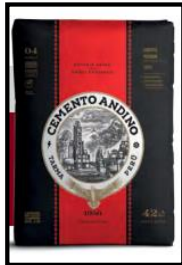


MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3710	65.96	SI CUMPLE
2	3730	66.31	SI CUMPLE
		66.13	

Tabla 60: Resistencia a los 21 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia



5.2.1.5 RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	4060	72.18	SI CUMPLE
2	4130	73.42	SI CUMPLE
		72.80	

Tabla 61: Resistencia a los 28 días CEMENTO ANDINO
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3700	65.78	SI CUMPLE
2	3770	67.02	SI CUMPLE
		66.40	

Tabla 62: Resistencia a los 28 días CEMENTO APU
 Fuente: Elaboración Propia



MUESTRA	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	OBSERVACIONES
1	3720	66.13	SI CUMPLE
2	3770	67.02	SI CUMPLE
		66.58	

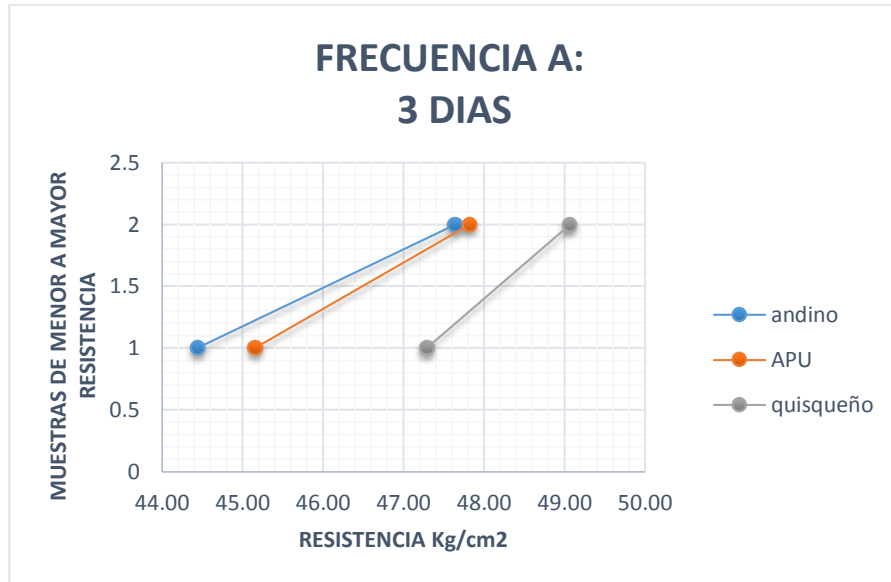
Tabla 63: Resistencia a los 28 días CEMENTO QUISQUEÑA
 Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION, (CALCULO DEL MODULO DE ROTURA)

Con los datos anteriores se realizaron gráficas para representar la frecuencia de las resistencias en sus diferentes edades; en cada cuadro se realiza la

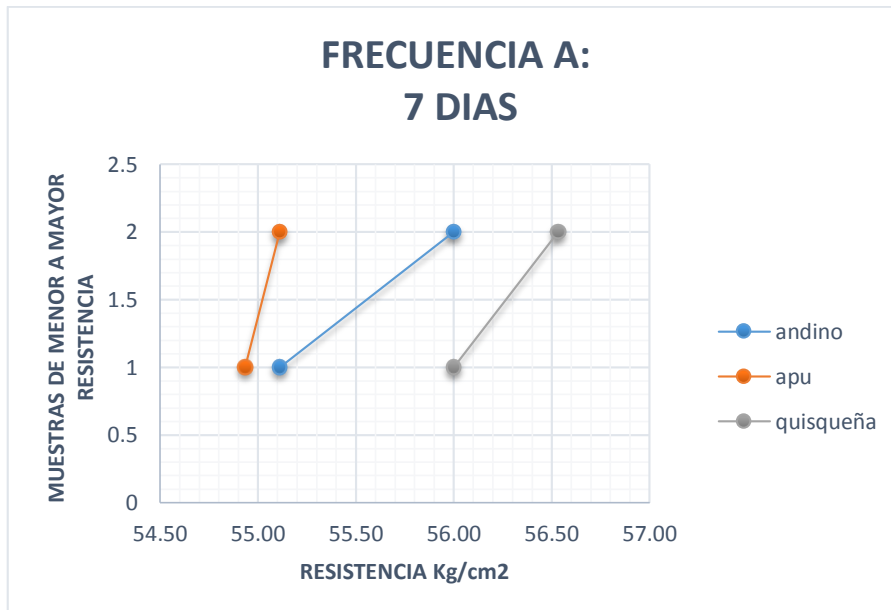
comparación con las diferentes marcas empleadas en la elaboración del concreto.

Fig. 51: Curva de la Evolución de la Resistencia (módulo de rotura) a (3 días)



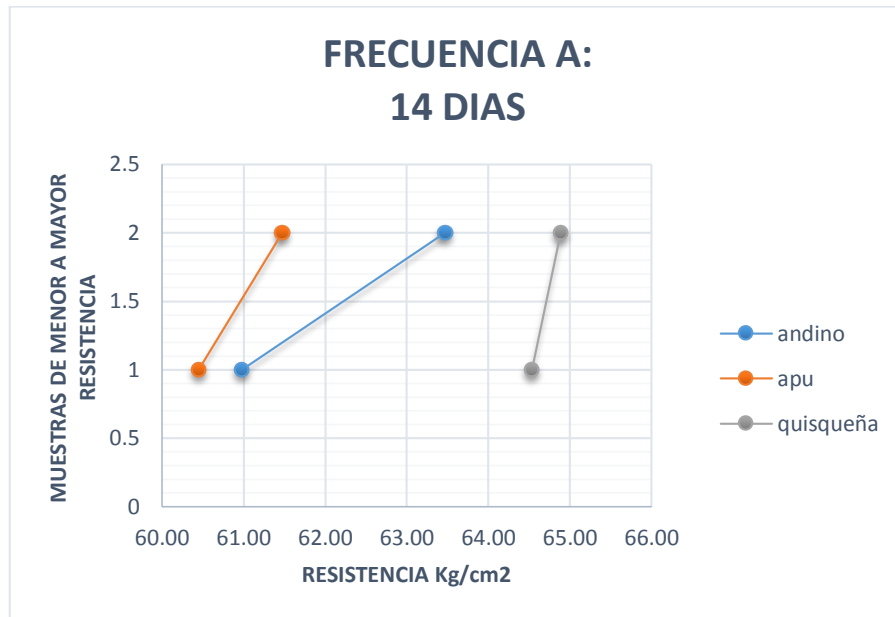
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 52: Curva de la Evolución de la Resistencia (módulo de rotura) (7 días)



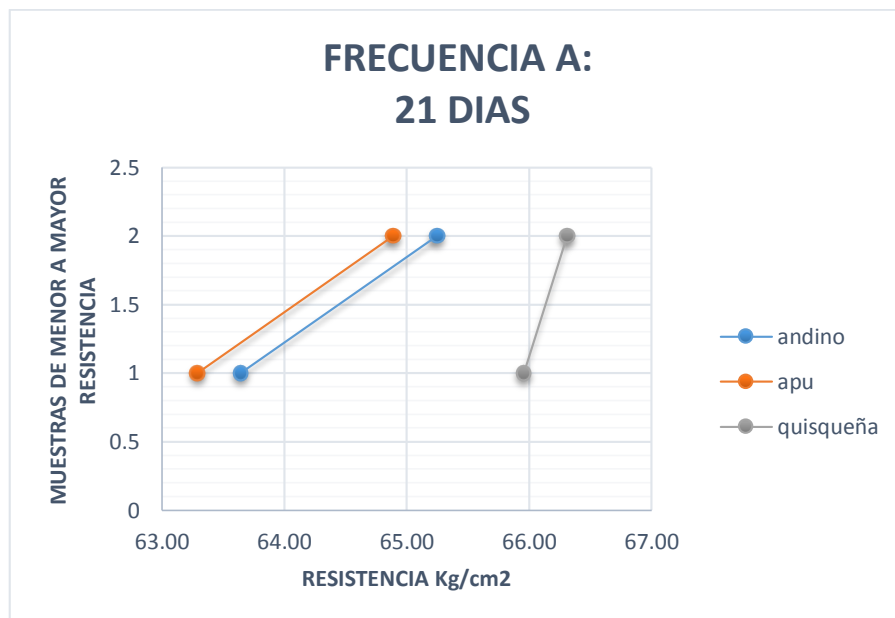
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 53: Curva de la Evolución de la Resistencia (módulo de rotura) (14 días)



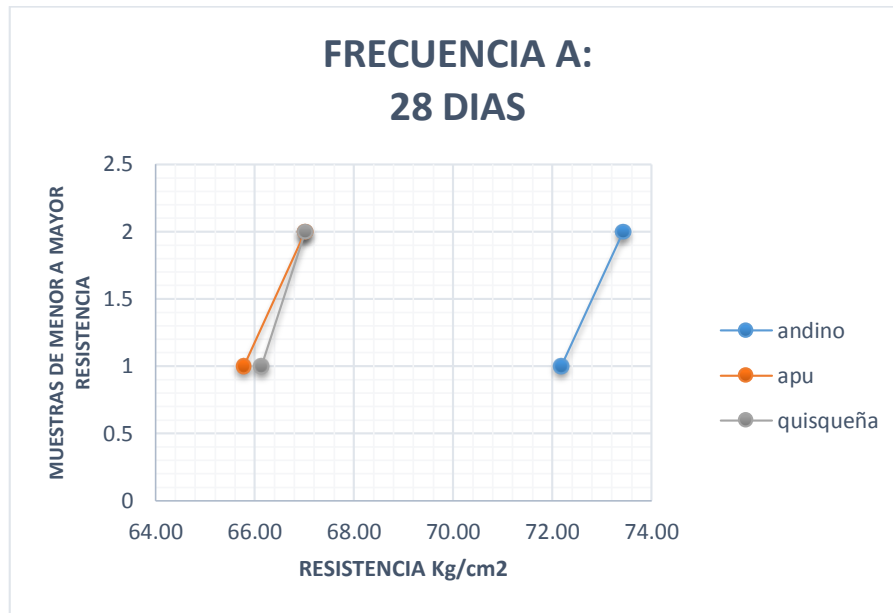
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 54: Curva de la Evolución de la Resistencia (módulo de rotura) (21 días)



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 55: Curva de la Evolución de la Resistencia (módulo de rotura) (28 días)



Fuente: Elaboración Propia

5.2.3 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA (MODULO DE ROTURA) DE CADA UNA DE LAS MARCAS DE CEMENTO EMPLEADAS EN LA ELABORACION DEL CONCRETO

A continuación se representa gráficamente la resistencia de cada marca; representando en cada una de ellas los límites máximos, mínimos y promedio de la resistencia por cada día de prueba:

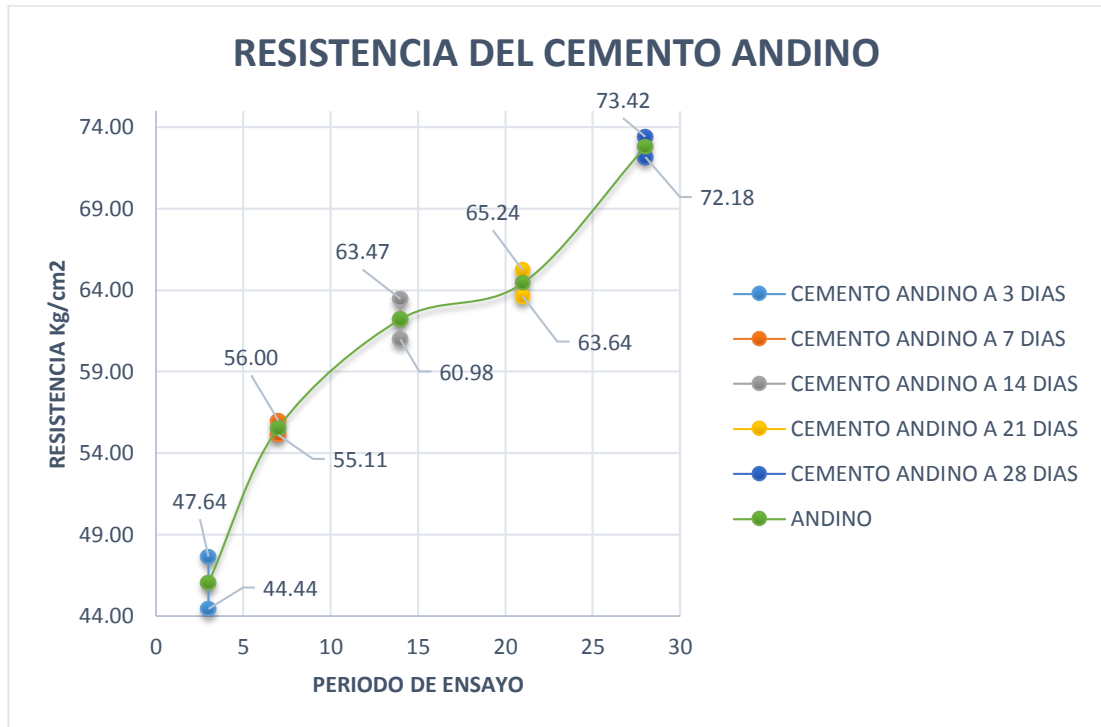


Fig. 56: Resistencia del concreto elaborado con CEMENTO ANDINO

Fuente: Elaboración Propia

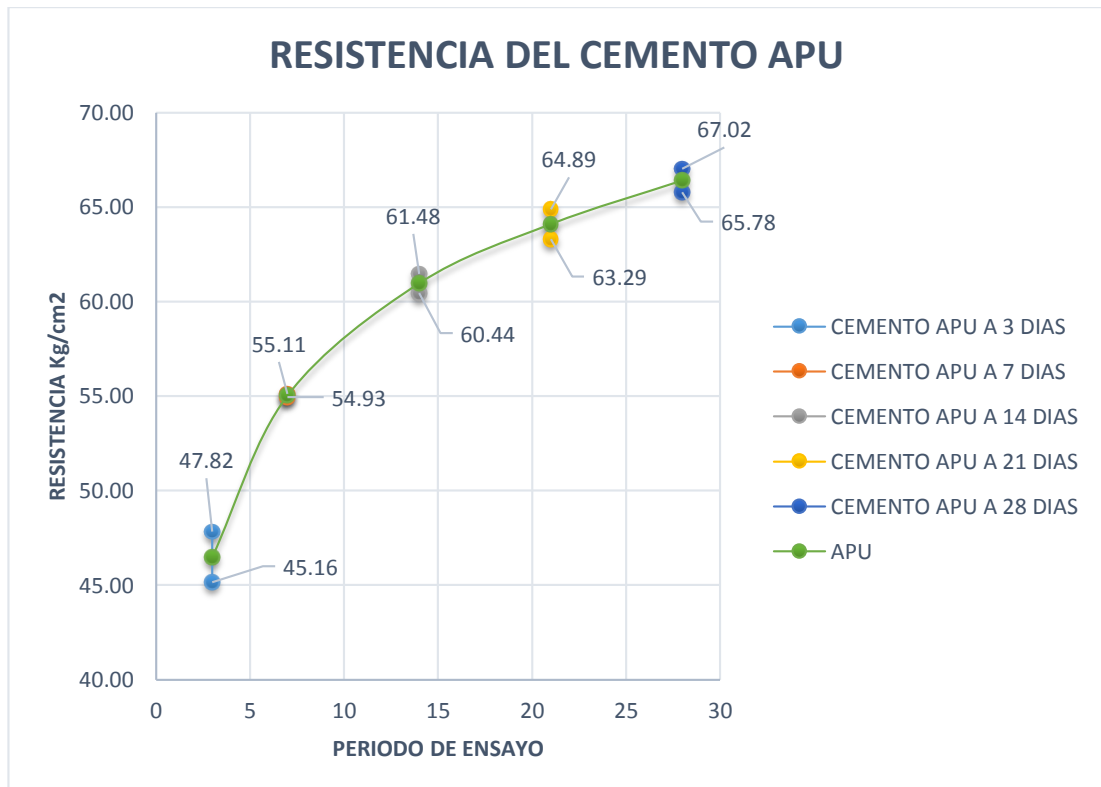


Fig. 57: Resistencia del concreto elaborado con CEMENTO APU

Fuente: Elaboración Propia

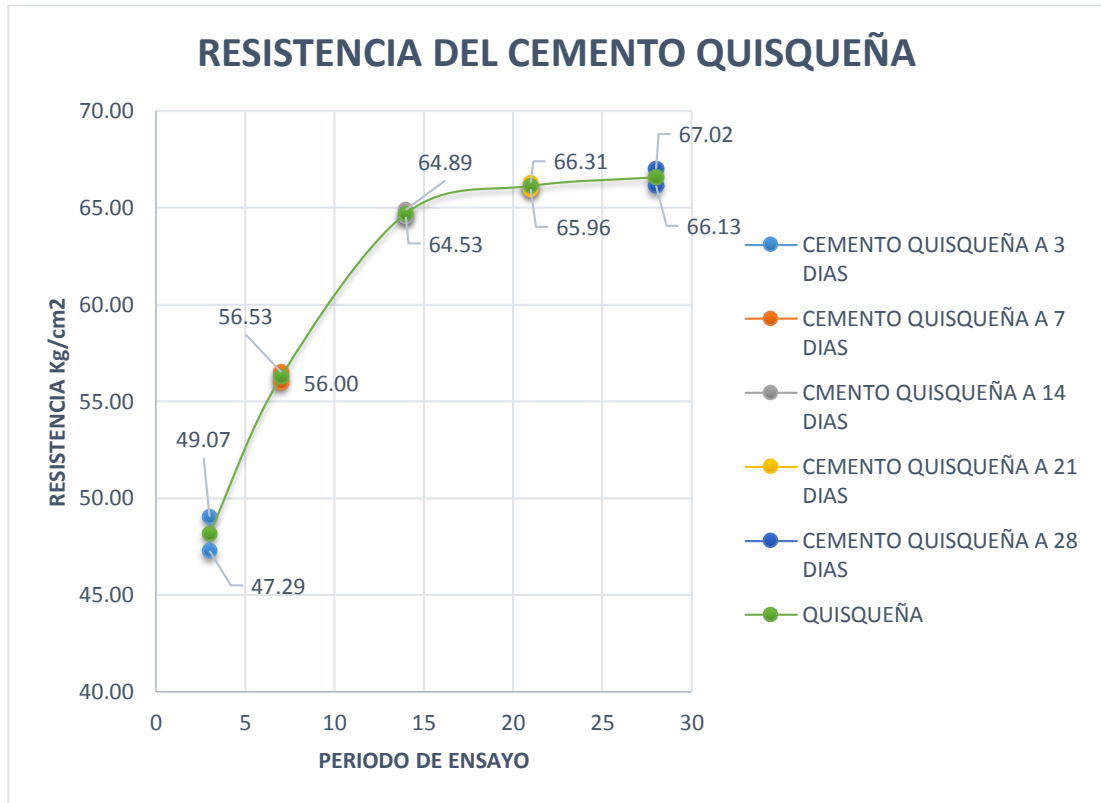


Fig. 58: Resistencia del concreto elaborado con CEMENTO QUISQUEÑA

Fuente: Elaboración Propia



5.2.4 GRAFICO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO

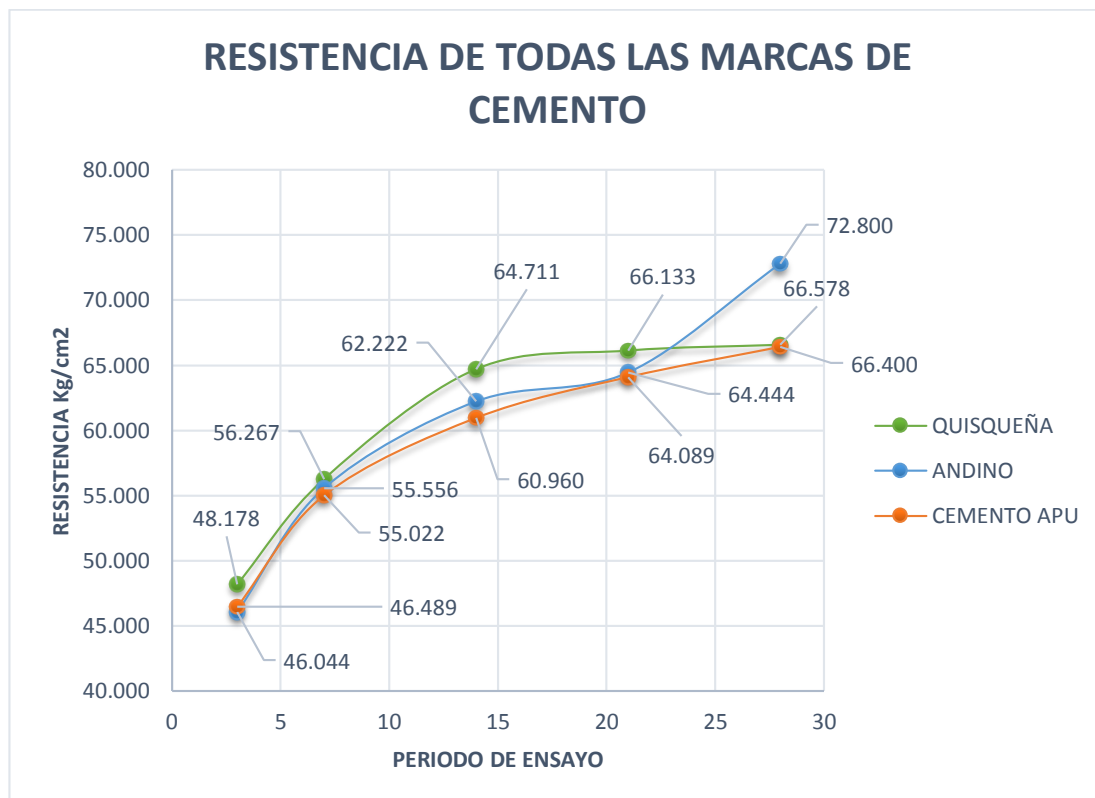


Fig. 59: Resistencia del concreto de todas las marcas

Fuente: Elaboración Propia

Resumen de promedios

RESISTENCIA PROMEDIO EN DIFERENTES EDADES					
CEMENTO	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
ANDINO	46.044	55.556	62.222	64.444	72.800
APU	46.489	55.022	60.960	64.089	66.400
QUISQUEÑA	48.178	56.267	64.711	66.133	66.578

Tabla 64: Resistencia promedio de todas las marcas en diferentes edades

Fuente; Elaboración Propia

Se observa que el grafico de resistencia del concreto elaborado con cemento andino tiene mayor desarrollo en comparación de los demás gráficos, debido a que posee un valor más alto.





ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	v
RELACIÓN DE TABLAS	x
RELACIÓN DE FIGURAS	XII
INTRODUCCIÓN	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
ESTRUCTURA DE LA TESIS	3
1 CAPÍTULO I EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES	6
1.1.1 CARACTERÍSTICAS	6
1.1.2 MATERIALES COMPONENTE DEL CONCRETO	7
1.1.2.1 LIGANTES	7
1.1.2.2 AGREGADOS	7
1.2 CEMENTO PORTLAND	7
1.2.1 COMPUESTOS QUÍMICOS DEL CEMENTO PORTLAND	8
1.2.2 CARACTERÍSTICA DEL CEMENTO PORTLAND	9
1.2.3 CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND	9
1.2.4 FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO	10
1.2.5 CALOR DE HIDRATACIÓN	10
1.3 EL AGUA	10
1.3.1 EL AGUA EN EL CONCRETO	10
1.3.2 REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR	10
1.4 AGREGADOS	12
1.4.1 CLASIFICACIÓN	12
1.4.2 AGREGADOS FINOS	13
1.4.2.1 DEFINICIÓN	13
1.4.2.2 GRANULOMETRÍA	13
1.4.2.3 REQUISITOS DE USO	15
1.4.3 AGREGADO GRUESO	15
<hr/>	
DESEMPEÑO DEL CONCRETO ELABORADO EN LA PROVINCIA DE HUANUCO CON LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I.	
Fernando T. Murga Cori	V



1.4.3.1	DEFINICIÓN	15
1.4.3.2	GRANULOMETRÍA	16
1.4.3.3	TAMAÑO MÁXIMO	16
1.4.3.4	REQUISITOS DE USO	18
1.4.4	MÓDULO DE FINEZA	18
1.5	CEMENTO PORTLAND	19
1.5.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PÓRTLAND	19
1.5.2	CENIZA VOLANTE, ESCORIA, HUMO DE SÍLICE Y PUZOLANAS NATURALES	23
1.5.2.1	CENIZAS VOLANTES	24
1.5.2.2	ESCORIA	26
1.5.2.3	HUMO DE SILICE	26
1.5.2.4	PUZOLANAS NATURALES	27
1.5.3	TIPOS DE CEMENTO PORTLAND:	28
1.5.4	CEMENTO PORTLAND TIPO I	29
1.5.4.1	CARACTERÍSTICAS:	29
1.5.4.2	USOS Y APLICACIONES:	29
1.5.4.3	RECOMENDACIONES:	29
1.6	DISEÑO DE MEZCLA	30
1.6.1	PASOS EN EL DISEÑO DE LA MEZCLA	30
1.6.2	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO	32
1.6.3	PROPORCIONES DEL CONCRETO SEGÚN EL COMITÉ 211 DEL ACI.	33
1.6.3.1	CONCEPTOS GENERALES	33
1.6.3.2	SECUENCIA DE DISEÑO	34
1.7	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	36
1.7.1	MAQUINA DE PRUEBAS DE COMPRESION ASTM	36
1.7.2	MEZCLADORA DE CONCRETO DE LABORATORIO.	38
1.7.3	MOLDES CILINDRICOS DE PLASCTICO.	39
2	CAPÍTULO II PROCESO CONSTRUCTIVO	40
2.1	PROPIEDADES DE CONCRETO	40
2.1.1	TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA	40
2.1.2	SEGREGACIÓN	41
2.1.3	RESISTENCIA	42
2.1.4	EXUDACIÓN	42
2.1.5	DURABILIDAD	43
2.1.6	IMPERMEABILIDAD	43
2.2	MEZCLADO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO	43



2.2.1	MEZCLADO.....	43
	EQUIPO USADO.....	43
	PROCEDIMIENTOS PARA CARGAR LA MEZCLADORA.....	44
	TIEMPO DE MEZCLADO.....	44
2.2.2	TRANSPORTE.....	44
2.2.3	COLOCACIÓN Y CONSOLIDACIÓN.....	45
2.3	CURADO DEL CONCRETO.....	46
3	CAPÍTULO III RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	48
3.1	RESISTENCIA A LA CROMPRESION.....	48
3.2	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMRESION.....	50
3.3	RESISTENCIA A LA FLEXION.....	55
3.4	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION.....	56
3.5	PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO.....	62
	3.5.1 RELACIÓN ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL CONCRETO A COMPRESIÓN	
	62	
4	CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO.....	66
4.1	TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
	4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	66
	4.1.2 NIVEL DE LA INVESTIGACION.....	66
	4.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	66
	4.1.3.1 ESQUEMA DE LA INVESTIGACION.....	67
	4.1.3.2 METODOLOGIA.....	67
4.2	UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA.....	69
	4.2.1 DETERMINACION DEL UNIVERSO.....	69
	4.2.2 MUESTRA.....	69
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	70
	4.3.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS.....	70
	4.3.2 CALCULAR LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA.....	77
	4.3.2.1 ESPECIFICACIONES.....	77
	4.3.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES.....	77
	4.3.2.3 PASOS PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN CEMENTO ANDINO.....	78
	4.3.2.4 CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO.....	81
	4.3.2.5 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES.....	82
	4.3.2.6 PASOS PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN CEMENTO APU.....	82
	4.3.2.7 CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO.....	85
	4.3.2.8 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES.....	86



4.3.2.9 PASOS PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN CEMENTO QUISQUEÑA.....	87
4.3.2.10 CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO.....	90
5 CAPÍTULO V PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	91
5.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN	96
5.1.1 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND, EL QUAL FUE SOMETIDO EN DIFERENTES PERIODOS DE ROTURA	97
5.1.1.1 RESISTENCIA ALOS 3 DIAS.....	97
5.1.1.2 RESISTENCIA ALOS 7 DIAS.....	98
5.1.1.3 RESISTENCIA ALOS 14 DIAS.....	99
5.1.1.4 RESISTENCIA ALOS 21 DIAS.....	100
5.1.1.5 RESISTENCIA ALOS 28 DIAS.....	101
5.1.2 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION	102
5.1.3 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA DE CADA UNA DE LAS MARCAS DE CEMENTO EMPLEADAS EN LA ELABORACION DEL CONCRETO ..	105
5.1.4 GRAFICO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO.....	108
5.2 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION	109
5.2.1 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND, EL QUAL FUE SOMETIDO EN DIFERENTES PERIODOS DE ROTURA	112
5.2.1.1 RESISTENCIA ALOS 3 DIAS.....	112
5.2.1.2 RESISTENCIA ALOS 7 DIAS.....	113
5.2.1.3 RESISTENCIA ALOS 14 DIAS.....	114
5.2.1.4 RESISTENCIA ALOS 21 DIAS.....	115
5.2.1.5 RESISTENCIA ALOS 28 DIAS.....	116
5.2.2 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION, (CALCULO DEL MODULO DE ROTURA)	116
5.2.3 GRAFICO DE EVOLUCION DE LA RESISTENCIA (MODULO DE ROTURA) DE CADA UNA DE LAS MARCAS DE CEMENTO EMPLEADAS EN LA ELABORACION DEL CONCRETO	119
5.2.4 GRAFICO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO.....	122
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES.....	126
LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	127



BIBLIOGRAFÍA.....	128
ANEXOS.....	129



RELACION DE TABLAS

TABLA 1: COMPUESTOS QUÍMICOS QUE FORMAN EL CEMENTO PORTLAND	8
TABLA 2: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES PARA EL AGUA A USARSE EN LA MEZCLA	11
TABLA 3: REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO	13
TABLA 4: REQUERIMIENTOS DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS GRUESOS.....	17
TABLA 5: COMPONENTES DEL CEMENTO PORTLAND.	20
TABLA 6: EL SULFATO DE CALCIO Y SUS FORMULAS QUIMICAS	20
TABLA 7: FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	32
TABLA 8: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO.....	33
TABLA 9: VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR CADA M3 DE CONCRETO	34
TABLA 10: CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO.....	35
TABLA 11: RELACIÓN AGUA – CEMENTO POR RESISTENCIA.....	35
TABLA 12: PESO DEL AGREGADO GRUESO POR M3 DE CONCRETO	36
TABLA 13: ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA DE PRUEBAS DE COMPRESIÓN ASTM	37
TABLA 14: CLASES DE MEZCLA SEGÚN SU ASENTAMIENTO.....	41
TABLA 15: RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN DIFERENTES ETAPAS Y LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS	49
TABLA 16: FACTORES DE CORRECCIÓN DE RESISTENCIA PARA DIFERENTES RELACIONES H/D (TOMADO DE LA NORMA ASTM-C-39-96)	50
TABLA 17: NÚMERO DE CAPAS REQUERIDAS EN LA ELABORACIÓN DE LAS VIGAS.....	58
TABLA 18: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LA PRESENTE TESIS	68
TABLA 19: LISTADO DE LOS TIPOS DE CEMENTOS PORTLAND A UTILIZAR.	69
TABLA 20: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE PIEDRA CHANCADA. "CANTERA FIGUEROA"	71
TABLA 21: PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	72
TABLA 22: PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA CHANCADA.....	73
TABLA 23: ABSORCIÓN DE LA PIEDRA CHANCADA	73
TABLA 24: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA PIEDRA CHANCADA.....	74
TABLA 25: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA GRUESA. "CANTERA RÍO HUALLAGA"	74
TABLA 26: PESO RETENIDO ACUMULADO DE ARENA GRUESA.....	75
TABLA 27: PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA GRUESA	76
TABLA 28: ABSORCIÓN DE LA ARENA GRUESA.....	76
TABLA 29: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA ARENA GRUESA	77
TABLA 30: CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN CONCRETO DE 210KG/CM2 CON CEMENTO ANDINO	82
TABLA 31: CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN CONCRETO DE 210KG/CM2.....	86
TABLA 32: CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN CONCRETO DE 210KG/CM2.....	90



TABLA 33: RESISTENCIA A LOS 3 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	97
TABLA 34: RESISTENCIA A LOS 3 DÍAS CEMENTO APU	98
TABLA 35: RESISTENCIA A LOS 3 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	98
TABLA 36: RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	98
TABLA 37: RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS CEMENTO APU	99
TABLA 38: RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	99
TABLA 39: RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	99
TABLA 40: RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS CEMENTO APU	100
TABLA 41: RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	100
TABLA 42: RESISTENCIA A LOS 21 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	101
TABLA 43: RESISTENCIA A LOS 21 DÍAS CEMENTO APU	101
TABLA 44: RESISTENCIA A LOS 21 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	101
TABLA 45: RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	101
TABLA 46: RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS CEMENTO APU	102
TABLA 47: RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	102
TABLA 48: RESISTENCIA PROMEDIO DE TODAS LAS MARCAS EN DIFERENTES EDADES	108
TABLA 49: RESISTENCIA A LOS 3 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	112
TABLA 50: RESISTENCIA A LOS 3 DÍAS CEMENTO APU	112
TABLA 51: RESISTENCIA A LOS 3 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	112
TABLA 52: RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	113
TABLA 53: RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS CEMENTO APU	113
TABLA 54: RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	113
TABLA 55: RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	114
TABLA 56: RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS CEMENTO APU	114
TABLA 57: RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	114
TABLA 58: RESISTENCIA A LOS 21 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	115
TABLA 59: RESISTENCIA A LOS 21 DÍAS CEMENTO APU	115
TABLA 60: RESISTENCIA A LOS 21 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	115
TABLA 61: RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS CEMENTO ANDINO.....	116
TABLA 62: RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS CEMENTO APU	116
TABLA 63: RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS CEMENTO QUISQUEÑA	116
TABLA 64: RESISTENCIA PROMEDIO DE TODAS LAS MARCAS EN DIFERENTES EDADES	122



RELACION DE FIGURAS.

FIG. 1: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.....	14
FIG. 2: COMPONENTES DEL CLINKER.....	20
FIG. 3: MICROGRAFÍAS ELECTRÓNICAS DE BARRIDO DE UNA PASTA ENDURECIDA DE CEMENTO.....	21
FIG. 4: MATERIALES CEMENTANTES SUPLEMENTARIOS.	24
FIG. 5: LA CENIZA VOLANTE.	25
FIG. 6: MICROGRAFÍA POR MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO DE PARTÍCULAS DE ESCORIA CON AUMENTO DE 2100X.	26
FIG. 7: MAQUINA DE PRUEBAS DE COMPRESION ASTM	37
FIG. 8: MEZCLADORA DE CONCRETO	38
FIG. 9: MOLDES CILÍNDRICOS DE PLÁSTICO.....	39
FIG. 10: MOLDES DE PLÁSTICOS UTILIZADOS	51
FIG. 11: LLENADO DE CONCRETO EN LAS PROBETAS DE PLÁSTICO.....	52
FIG. 12: ALMACENAMIENTO DEL CONCRETO BAJO AGUA	53
FIG. 13: REFRENTADO DE CILINDROS DE CONCRETO (MORTERO DE AZUFRE Y ALMOHADILLAS DE NEOPRENO).....	54
FIG. 14: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.	55
FIG. 15: MOLDES DE MADERA PARA EL ENSAYO A FLEXIÓN.....	57
FIG. 16: LLENADO DE CONCRETO EN LOS MOLDES DE VIGAS DE MADERA.	58
FIG. 17: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	60
FIG. 18: CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN	62
FIG. 19: IDEALIZACIÓN DE LA CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL CONCRETO	63
FIG. 20: EFECTO DE LA VELOCIDAD DE CARGA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	63
FIG. 21: MÓDULO TANGENTE Y SECANTE DEL CONCRETO COMPRESIÓN	64
FIG. 22: EN LA IMAGEN SE MUESTRA EL PROCESO DE GRANULOMETRÍA LOS AGREGADOS.....	70
FIG. 23: CURVA GRANULOMÉTRICA DE PIEDRA CHANCADA A ESCALA LOGARÍTMICA EN EL EJE X...	72
FIG. 24: CURVA GRANULOMÉTRICA DE ARENA GRUESA A ESCALA LOGARÍTMICA EN EL EJE X.....	75
FIG. 25: EN LA VISTA SE MUESTRA LOS MOLDES DE LAS VIGAS Y DE LAS PROBETAS EN LA CUALES SE REALIZARÁ EL VACIADO DE CONCRETO; SE APRECIA UN TOTAL DE 30 MOLDES PARA LAS VIGAS Y UN TOTAL DE 45 MOLDES PARA LAS PROBETAS CILÍNDRICAS	91
FIG. 26: EN LA VISTA SE MUESTRA EL AGREGADO A UTILIZARSE EN EL VACIADO DE VIGAS Y PROBETAS CILÍNDRICAS	92
FIG. 27: EN LA VISTA SE MUESTRA EL HABILITADO DE LOS MOLDES EN EL CUAL SE REALIZÓ LA LIMPIEZA DE TODA LA SUPERFICIE ANTES DE REALIZAR EL COLOCADO DEL CONCRETO.....	92
FIG. 28: EN LA VISTA SE MUESTRA EL HABILITADO Y INICIADO DE LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO	93



FIG. 29: EN LA VISTA SE MUESTRA LA PRUEBA DEL SLUMP DEL CONCRETO EL CUAL SE VERIFICA Y REALIZA CON EL CONO DE ABRHANS93

FIG. 30: EN LA VISTA SE MUESTRA LA VERIFICACIÓN DEL SLUMP DEL CONCRETO EL CUAL FUE SE ASUME EN EL DISEÑO DE MEZCLAS Y DEBE DE CUMPLIRNOS.94

FIG. 31: EN LA VISTA SE VERIFICA EL SLUMP QUE SE ASUMIÓ EN EL DISEÑO DE MEZCLAS EN ESTE CASO NOS MUESTRA 4”94

FIG. 32: EN LA VISTA SE MUESTRA EL COLOCADO DEL CONCRETO EN LAS VIGAS Y COLOCADO DEL CONCRETO EN LAS PROBETAS95

FIG. 33: EN LA VISTA SE MUESTRA YA TODAS LAS VIGAS Y PROBETAS YA VACIADOS EN TODA SU TOTALIDAD95

FIG. 34: EN LA VISTA SE MUESTRA YA EL INICIO DE LOS ENSAYOS EN VIGAS Y TESTIGOS CILÍNDRICOS; TAMBIÉN SE PIDIÓ AL ASESOR SU PRESENCIA PARA LAS RECOMENDACIONES RESPECTIVAS.96

FIG. 35: EN LA VISTA SE MUESTRA YA TODAS LAS VIGAS Y PROBETAS YA VACIADOS EN TODA SU TOTALIDAD96

FIG. 36: EN LA VISTA SE MUESTRA YA EL INICIO DE ENSAYO EN LOS TESTIGOS CILÍNDRICOS.....97

FIG. 37: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (3 DÍAS) 103

FIG. 38: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (7 DÍAS) 103

FIG. 39: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (14 DÍAS) 104

FIG. 40: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (21 DÍAS) 104

FIG. 41: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (28 DÍAS) 105

FIG. 42: RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO ANDINO 106

FIG. 43: RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO APU 106

FIG. 44: RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO QUISQUEÑA..... 107

FIG. 45: RESISTENCIA DEL CONCRETO DE TODAS LAS MARCAS..... 108

FIG. 46: ADAPTACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN..... 109

FIG. 47: ENSAYO A FLEXIÓN..... 110

FIG. 48: COLOCAMOS LAS VIGAS PRISMÁTICOS EN LA MÁQUINA PARA REALIZAR EL ENSAYO RESPECTIVO..... 110

FIG. 49: SE OBSERVA LA ROTURA DE VIGAS CUANDO ES SOMETIDO A CARGA; EL CUAL SE PRODUCE EN EL TERCIO CENTRAL POR LA QUE EL MÓDULO DE ROTURA SE CALCULARA DE LA SIGUIENTE MANERA..... 111

FIG. 50: SE VERIFICA SI LA FALLA FUE EN EL TERCIO CENTRAL 111

FIG. 51: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA (MÓDULO DE ROTURA) A (3 DÍAS)..... 117

FIG. 52: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA (MÓDULO DE ROTURA) (7 DÍAS) 117

FIG. 53: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA (MÓDULO DE ROTURA) (14 DÍAS) 118

FIG. 54: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA (MÓDULO DE ROTURA) (21 DÍAS) 118

FIG. 55: CURVA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA (MÓDULO DE ROTURA) (28 DÍAS) 119

FIG. 56: RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO ANDINO 120



FIG. 57: RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO APU..... 120
FIG. 58: RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO QUISQUEÑA..... 121
FIG. 59: RESISTENCIA DEL CONCRETO DE TODAS LAS MARCAS..... 122



CONCLUSIONES

1. El procedimiento para determinar el desempeño del concreto elaborado con diferentes marcas de cemento portland, es realizando un gráfico de comparación dichos gráficos en el caso de probetas cilíndricas son elaborados en función de la resistencia a la compresión y el periodo en que se realizó los ensayos los cuales fueron 3 días, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días; y en el caso de vigas se realizara la gráfica en función al módulo de rotura y el periodo en que se realizó los ensayos los cuales fueron 3 días, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.
2. Las comparaciones se realizó en cada periodo de ensayo; dicha comparación se realizó con las tres marcas de cemento con las cuales se elaboró los concretos; las gráficas generadas mostraron gráficos que al inicio una marca de cemento predominaba en su resistencia a la compresión pero en el siguientes periodos de ensayo ya no era una gran diferencia los resultados entre las marcas de cemento; ya los resultados eran similares y ya no tan cambiantes como en un inicio tanto así que al final la resistencia a compresión tenía una mínima diferencia; a comparación de los resultados obtenidos de la resistencia a flexión (**módulo de rotura**) no existe gran diferencia los resultados tienen un margen de diferencia no tan permisible como se muestra a continuación en el siguiente tabla: (tabla 64)

Resumen de promedios:

RESISTENCIA PROMEDIO EN DIFERENTES EDADES					
CEMENTO	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
ANDINO	46.044	55.556	62.222	64.444	72.800
APU	46.489	55.022	60.960	64.089	66.400
QUISQUEÑA	48.178	56.267	64.711	66.133	66.578

Tabla 1: Resistencia promedio de todas las marcas en diferentes edades

Fuente; Elaboración Propia



En los que se refiere a los ensayos a compresión se verifico que el concreto elaborado con Cemento Quisqueña, a los 3 días de ensayo alcanzo una resistencia alta en comparación al Cemento Apu y Cemento Andino, algo similar ocurrió con el Cemento Apu en comparación de Cemento Andino pero la diferencia no era considerable, por lo contrario se verifico que el Cemento Andino no dio los resultados que esperábamos al inicio según planteados en la hipótesis la cual podría decirse que es una hipótesis nula la cual era muy apresurado afirmar dicha hipótesis.

Se realizaron los siguientes ensayos a los 7 días el margen de diferencia del Cemento Quisqueña en comparación del Cemento Apu y Cemento Andino la diferencia considerable de resultados se mantenía por lo contrario el margen de diferencia de resistencia del Cemento Apu y Cemento Andino no eran tan permisibles

Conforme se fueron realizando los ensayos que faltaban a los 14 días; 21 días; y 28 días los resultados se fueron aproximando y la resistencia del Cemento Quisqueña ya no se incrementaba tanto inicio; a continuación se muestra la tabla de resultados promedios de la resistencia a la compresión según los ensayos en los distintos periodos : (tabla 48)

Resumen de promedios:

RESISTENCIA PROMEDIO EN DIFERENTES EDADES					
CEMENTO	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
ANDINO	195.067	251.783	276.457	356.452	390.916
APU	204.719	262.818	277.937	317.192	356.132
QUISQUEÑA	220.294	328.601	364.417	388.480	389.890

Tabla 2: Resistencia promedio de todas las marcas en diferentes edades

Fuente; Elaboración Propia

Como se puede apreciar en los cuadros los resultados en el primer cuadro que se muestra de la tabla 64 (módulo de rotura) no existe mucha diferencia, a diferencia de la tabla 48 si se observa que los resultados son cambiantes pero al final se puede observar que ya no existe mucha



diferencia; por lo que podemos concluir que nuestra hipótesis planteada se verifica en donde el cemento andino supera en resistencia al compresión y resistencia al flexión (módulo de rotura); por lo que se afirma que tiene mejor desempeño en comparación de las demás marcas de cemento planteada en esta investigación.

3. También por los resultados obtenidos en esta tesis y que se mencionaron anteriormente; que al momento que se va elegir un cemento comercial para una construcción lo más importante es tener el conocimiento de cómo se comporta cada tipo de cemento para que este cumpla con las condiciones óptimas de su diseño inicial, de ahí que cada fabricante sabrá lograr sacar lo mejor de cada concreto.



RECOMENDACIONES

1. Para brindar facilidades a los estudiantes de último ciclo a realizar tesis basado en ensayos a flexión de elementos fabricados con materiales como el concreto, las autoridades de la facultad deben preocuparse en adquirir equipos; moldes para los testigos de vigas y accesorios, ya que al hacerlo nosotros mismos los accesorios y moldes no tienen la precisión en todo momento del ensayo.
2. Se recomienda a realizar ensayos previos en mayor número ya que ello facilitara la toma de datos a la hora de realizar los ensayos finales.
3. Verificar en el caso de realizar la rotura de vigas la distancia a la cual se produce la rotura el cual servirá para realizar correcciones que la norma establece
4. Hacer una tesis con estructura metodológica de cada uno de las tesis desarrolladas en la FICA, según los autores de metodología de investigación; pues la mayoría de las tesis no cuenta con un esquema metodológica, servirá de mucho en orientar a futuros investigadores de la facultad en cuanto al nivel, tipo, diseño de la investigación y la selección de la muestra.



LINEAS DE INVESTIGACIÓN

1. Realizar ensayos que cumple con los lineamientos de diseño **experimental; descriptiva; analítica** sobre esta tesis.
2. Hacer ensayos de vigas de concreto y probetas cilíndricas para determinar el $f'c$ en el caso de las probetas cilíndricas y el módulo de rotura en vigas.
3. Hacer pruebas respectivas de los agregados para realizar el diseño de mezclas de la resistencia del concreto que se requiere.
4. Diseñar y ensayar, probetas cilíndricas y vigas prismáticas con el diseño de mezclas planteado en este caso $f'c=210$ kg/cm² y realizar los ensayos a los (3 días; 7 días; 14 días; 21 días; 28 días) estos periodos de ensayo se realizaran en vigas y probetas cilíndricas.



BIBLIOGRAFÍA

1. Abanto Castillo, F., 2000. Tecnología del Concreto. En: Lima: San Marcos, p. 243.
2. Gere, J. M., 2012. Timoshenco Resistencia de Materiales. En: J. López, ed. Madrid: Paraninfo, p. 921.
3. H. Nilson, A., 2001. Diseño de Estructuras de Concreto. En: E. A. H., ed. Bogotá: McGRAW - HILL, p. 713.
4. Harmsen, T. E., 2005. Diseño de Estructuras de Concreto Armado. En: Lima: PUCP, p. 679.
5. ICG, 2015. Instituto de la Construcción y Gerencia. En: Lima: s.n., p. 288.
6. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009. Norma Técnica de Edificación. En: Lima: El Peruano, p. 187.
7. Rivva López, E., 2007. Diseño de Mezclas. En: Lima: Williams, p. 291.



ANEXO 01

ENSAYOS DE AGREGADOS



ENSAYOS DE AGREGADOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO Y FINO.

OBJETIVO

Determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.
- Tamices. Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.
- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ} \text{F}$).

MUESTRA NECESARIA

Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo. No está permitido seleccionar la muestra a un peso exacto determinado.

Agregado fino. Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300gr.

Agregado grueso. Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente los indicados en la **Tabla A1.01.**



Tabla A1.01: Peso Mínimo de Muestra para realizar Ensayo

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL CON ABERTURAS CUADRADAS		PESO MÍNIMO DE LA MUESTRA DE ENSAYO
mm	pulg	kg
9.5	3/8"	1
12.5	1/2"	2
19.0	3/4"	5
25.0	1"	10
37.5	1 1/2"	15
50.0	2"	20
63.0	2 1/2"	35
75.0	3"	60
90.0	3 1/2"	100
100.0	4"	150
112.0	4 1/2"	200
125.0	5"	300
150.0	6"	500

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, MTC E204-2000, (EAOP)

PROCEDIMIENTO

Seleccíonese un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colóquense los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura. Efectúese la operación de tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

Limítese la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.

Continúese el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: tómesese individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia



arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considerará satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4.75 mm (No. 4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una sola capa. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilídense tamices de 203 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.

Determínese el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el ítem Herramientas y Equipos.

El peso total del material después del tamizado, debe ser comparado con el peso original de la muestra que se ensayó. Si la cantidad difiere en más del 0.3%, basado en el peso de la muestra original seca, el resultado no debe ser aceptado.

CÁLCULOS

Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con una aproximación de 0.1%, con base en el peso total de la muestra inicial seca.

Cuando sea requerido, calcular el módulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos, acumulados para cada una de las siguientes mallas, dividiendo la suma por 100: 150 μm (Nº 100), 300 μm (Nº 50), 600 μm (Nº 30), 1,18 mm (Nº 16), 2,36 mm (Nº 8), 4,75 mm (Nº 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4"), 37,5 mm (1 1/2"), y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1. De acuerdo a la NTP 400.037 para determinar el Tamaño máximo nominal del agregado grueso, corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.



PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

OBJETIVO

Establecer el método para determinar el peso unitario suelto o compactado de los agregados, ya sean finos, gruesos o una mezcla de ambos.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Balanza. Debe medir con una exactitud de 0.1% con respecto al material usado.
- Varilla compactadora, de acero, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo debe ser semiesférico y de 8 mm de radio (5/16").
- Recipientes de medida, metálicos, cilíndricos, preferiblemente provistos de agarraderas, a prueba de agua, con el fondo y borde superior pulido, plano y suficientemente rígido, para no deformarse bajo duras condiciones de trabajo. Los recipientes de 15 a 30 litros deben ir reforzados en su boca con una banda de acero de 40 mm de ancho. La capacidad del recipiente utilizado en el ensayo, depende del tamaño máximo de las partículas del agregado que se va a medir, de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla A1.02.

Tabla A1.02: Capacidad del Recipiente

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	
mm	pulg	L (m ³)	P3
12.5	1/2"	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1"	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 1/2"	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3"	28.0 (0.028)	1
112.0	4 1/2"	70.0 (0.070)	2 1/2

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, MTC E203-2000, (EAOP)



PROCEDIMIENTO

Método del apisonado. Para agregados de tamaño nominal menor o igual que 39 mm (1 1/2").

El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo.

Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.

Al apisonar la primera capa, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.

Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno, en kg (lb).

CÁLCULOS

El peso unitario seco es el cociente entre el peso de la muestra compactada y el volumen del recipiente que lo contiene expresado en kg/m³.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

OBJETIVO

Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinar el peso específico, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz No. 4).

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Balanzas, con capacidad igual o superior a 5000 g, según el tamaño máximo de la muestra para ensayo, con sensibilidad de 0.5 g para pesos hasta de 5000 g, o 0.0001 veces el peso de la muestra, para pesos superiores.



- Canastillas metálicas, como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas. Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálicas, de aproximadamente igual base y altura, fabricadas con armazón de suficiente rigidez y paredes de tela metálica con malla de 3 mm. Para agregados con tamaño máximo inferior a 38 mm (1 ½") se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 dm³ y para tamaños superiores canastillas con capacidades de 8 a 16 dm³ (litros).
- Dispositivo de suspensión. Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida

MUESTRA

Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm. Las cantidades mínimas para ensayo se indican en la Tabla A1.03, en función del tamaño máximo nominal del agregado.

Tabla A1.03: Peso Mínimo de Muestra para realizar Ensayo

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		PESO MÍNIMO DE LA MUESTRA DE ENSAYO
mm	Pulg	kg
Hasta 12.5	1/2"	2
19.0	3/4"	3
25.0	1"	4
37.5	1 1/2"	5
50.0	2"	8
63.0	2 1/2"	12
75.0	3"	18
90.0	3 1/2"	25

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, MTC E206-2000, (EAOP)

PROCEDIMIENTO

La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas;



se seca a continuación en una estufa a 100° - 110 °C y se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante 24 ± 4 horas.

Después del período de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un pifio absorbente de gran tamaño, hasta que se elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar cualquier evaporación de la superficie de los agregados. A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca (S.S.S.). Estas y todas las pesadas subsiguientes se realizarán con una aproximación de 0.5 g para pesos hasta 5000 g y de 0.0001 veces el peso de la muestra para pesos superiores.

A continuación, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua, a la temperatura entre 21° y 25 °C y un peso unitario de 0.997 ± 0.002 g/cm³. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar la inclusión de aire en la muestra sumergida, agitando convenientemente. La canastilla y la muestra deberán quedar completamente sumergidas durante la pesada y el hilo de suspensión será lo más delgado posible para que su inmersión no afecte a las pesadas.

Se seca entonces la muestra en horno a 100° - 110 °C, se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco hasta peso constante.

CÁLCULOS

Por medio de las siguientes expresiones se determina el peso específico y la absorción.

$$\text{Peso Específico} = \frac{A}{\text{Empuje}} = \frac{A}{A - C} \quad (\text{A1.01})$$



$$Absorción = \frac{B - A}{A} * 100 \quad (A1.02)$$

A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos

B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

OBJETIVO

Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación del peso específico a 23/23 °C (73.4/73.4 °F) así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño inferior a 4.75 mm (tamiz No. 4).

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Balanza, con capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.1 g.
- Matraz aforado o picnómetro, en el que se puede introducir la totalidad de la muestra y capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de ± 0.1 cm³ Su capacidad hasta el enrase será, como mínimo, un 50 por ciento mayor que el volumen ocupado por la muestra.
- Molde cónico. Un tronco de cono recto, construido con una chapa metálica de 0.8 mm de espesor como mínimo, y de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura.
- Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340 ± 15 g y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.
- Bandejas de zinc, de tamaño apropiado.
- Un dispositivo que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada.



PROCEDIMIENTO

Después de homogeneizar completamente la muestra y eliminar el material de tamaño superior a 4.75 mm (tamiz No. 4), se selecciona, por cuarteo, una cantidad aproximada de 1 Kg., que se seca en el horno a 100 - 110 °C, se enfría luego al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante. A continuación se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante 24 ± 4 horas.

Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja, comenzando la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire caliente, mientras se agita continuamente para que la desecación sea uniforme, y continuando el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente.

Para fijar este punto, cuando se empiece a observar visualmente que se está aproximando el agregado a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca

Inmediatamente, se introducen en el picnómetro previamente tarado, 500.0 g del agregado fino, preparado como se ha descrito anteriormente, y se le añade agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad; para



eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso, introduciéndolo seguidamente en un baño de agua a una temperatura entre 21° y 25°C durante 1 hora, transcurrida la cual se enrasa con agua a igual temperatura, se saca del baño, se seca rápidamente su superficie y se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua), con una aproximación de 0.1 g.

Si se desea, el peso de agua necesaria para el enrase final del picnómetro aforado puede determinarse volumétricamente con una bureta que aproxime 0.1 cm³. En estos casos, el peso total del picnómetro enrasado será:

$$C = 0.9975V_a + S + M \quad (A1.03)$$

C = Peso total del picnómetro con muestra y agua hasta el enrase, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca, en gramos.

V_a = Volumen de agua añadida, en cm³.

M = Peso del picnómetro vacío, en gramos.

Tomándose el valor 0.9975 como promedio del peso específico del agua en el intervalo de temperaturas utilizado.

Se saca el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a 100 - 110 °C, hasta peso constante; se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 1-½ horas y se determina finalmente su peso seco.

CÁLCULOS

Se calculan los pesos específicos aparente a 23/23 °C (73.4/73.4 °F), saturado superficie seca así como la absorción, por las siguientes expresiones (se expresarán siempre las temperaturas a las cuales se hayan realizado las medidas):

$$\text{Peso Específico} = \frac{A}{B + A - S} \quad (A1.04)$$



$$Absorción = \frac{S - A}{A} * 100 \quad (A1.05)$$

A = Peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos.

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos.

HUMEDAD DE LOS AGRGADOS GRUESO Y FINO

En los agregados existen poros, los cuales encuentran en la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

OBJETIVO

Establecer el método de ensayo para determinar el porcentaje de humedad total en una muestra de agregado grueso y fino por medio del secado

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Balanza. Una balanza o báscula con precisión dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, graduada como mínimo a 0,05 kg.
- Horno. Fuente de Calor capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipiente. Se utiliza para introducir la muestra en el horno.

ESTADOS DE LOS AGRGADOS

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.



Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- Totalmente seco. Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (Generalmente 24 horas).
- Parcialmente seco. Se logra mediante exposición al aire libre.
- Saturado y Superficialmente seco. (SSS). En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.
- Totalmente Húmedo. Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento a seguir para el desarrollo del ensayo de humedad total es el siguiente:

Primero se debe comenzar con la extracción y preparación de la muestra la cual debe realizarse de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma La muestra debe ser representativa según el lugar de abastecimiento que se va a ensayar y en el caso de agregados de masa normal, la masa de la muestra no debe ser menor que la cantidad especificada en la siguiente Tabla A1.04.

Tabla A1.04: Peso Mínimo de Muestra para realizar Ensayo

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (mm)		PESO MÍNIMO DE LA MUESTRA (kg)
6.3	1/4"	0.5
9.5	3/8"	1.5
12.5	1/2"	2
19.0	3/4"	3
25.0	1"	4
37.5	1 1/2"	6
50.0	2"	8
63.0	2 1/2"	10



75.0	3"	13
------	----	----

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, NTP 339.185, (EAOP)

Después de escogida la muestra se prosigue a calcular su masa con aproximación de 0.1%, evitando la pérdida de humedad y del mismo material; luego de haberlo pesado se deposita la muestra en un recipiente para después ser sometido a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en el horno y de ésta de manera extraer la humedad.

Inmediatamente el material esté seco se saca del horno y se deja enfriar (para no causar daños en la balanza) para finalmente calcular su masa.

CÁLCULOS

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{A - D}{D} * 100 \quad (\text{A1.06})$$

P = Es el contenido de humedad [%].

A = Es la masa inicial de la muestra en gramos.

D.= Es la masa de la muestra seca en gramos.



ANEXO 02

PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS



RESUMEN DE PRESUPUESTO GENERAL

PRESUPUESTO DE PROYECTO DE TESIS

ITEN	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
PROYECTO DE TESIS					
1.00	REVISION DE FUENTES	Días	25.00	30	S/. 750.00
2.00	APROBACION DE PLAN DE TESIS				S/. -
3.00	RESOLUCION PARA INICIAR TESIS				S/. -
4.00	ENSAYOS VIGAS Y PROBETAS				S/. 3,971.19
4.01	ADQUISICION DE INSUMOS				S/. 311.19
4.01.01	ADQUISICION DE INSUMOS	m3	1.50	207.46	S/. 311.19
4.02	PRUEBAS DE LABORATORIO				S/. 710.00
4.02.01	PRUEBA DE MATERIALES	Glb	2	355.00	S/. 710.00
4.03	ELABORACION Y ENSAYOS DE TESTIGOS DE CONCRETO ACOMPRESION				S/. 450.00
4.03.01	ROTURA DE PROBETA A COMPRESION	Glb	45	10.00	S/. 450.00
4.04	ELABORACION Y ENSAYOS DE TESTIGOS DE CONCRETO A FLEXION				S/. 750.00
4.04.01	ENSAYO A FLEXION	Glb	30	25.00	S/. 750.00
4.05	TRABAJO DE GABINETE				S/. 1,750.00
4.05.01	TRABAJO DE GABINETE	Glb	5	350.00	S/. 1,750.00
5.00	ELABORACION DE BORADOR DE TESIS				S/. 2,230.00
5.01	Sacar copia de libros y estudiar	Días	5	20	S/. 100.00
5.02	Tipear y editar Marco Teórico	Días	20	30	S/. 600.00
5.03	Hacer Marco Metodológico	Días	20	15	S/. 300.00
5.04	Armar el borrador de tesis y presentar al asesor (impresión)	Días	15	30	S/. 450.00
5.05	Revisión y Aprobación del borrador	Días	15	20	S/. 300.00
5.06	SUSTENTAR				S/. 580.00
5.06.01	Elaborar las Presentaciones en Power point	Días	7	40	S/. 280.00
5.06.02	Sustentar tesis	gbl	1	300	S/. 300.00
PROYECTO DE TESIS					
-	REVISION DE FUENTES				S/. 750.00
-	APROBACION DE PLAN DE TESIS				S/. -
-	RESOLUCION PARA INICIAR TESIS				S/. -
-	PRESENTACION DE ELABORAR TESIS				S/. 3,971.19
4.01	ADQUISICION DE INSUMOS				311.19
4.02	PRUEBAS DE LABORATORIO				710.00
4.03	ELABORACION Y ENSAYOS DE TESTIGOS DE CONCRETO ACOMPRESION				450.00
4.04	ELABORACION Y ENSAYOS DE TESTIGOS DE CONCRETO A FLEXION				750.00
4.05	TRABAJO DE GABINETE				1750.00
-	ELABORACION DE BORADOR DE TESIS				S/. 2,230.00
		(CD)		S/.	6951.19
COSTO DEL PROYECTO DE TESIS					6951.19



ANALISIS DE COSTOS DETALLADO

PRESUPUESTO DE PROYECTO DE TESIS						
4.01		ADQUISICION DE INSUMOS				
PARTIDA:	4.01.0	ADQUISICION DE INSUMOS				
	1	Costo unitario m3 de concreto				207.46
	<u>Descripción Recurso</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cuadrilla</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio S/.</u>	<u>Parcial S/.</u>
01.01.01	MATERIA LES					
01.01.01.01	CEMENTO	bl		9.2471	18.14	167.74
01.01.01.02	AGUA	lt		0.1600	1.00	0.16
01.01.01.03	AGREGADO FINO	m3		0.3242	60.00	19.45
01.01.01.04	AGREGADO GRUESO	m3		0.3351	60.00	20.11
						207.46
4.02		PRUEBAS DE LABORATORIO				
PARTIDA:	4.02.0	PRUEBA DE MATERIALES				
	1	Costo unitario directo por ensayos				355.00
Código	<u>Descripción Recurso</u>			<u>Cantidad</u>	<u>Precio S/.</u>	<u>Parcial S/.</u>
02.01.01	Ensayos					
02.01.01.01	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE AGRE. GRUESO			1.0000	70.00	70.00
02.01.01.02	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE AGRE. FINO			1.0000	60.00	60.00
02.01.01.03	PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO (SUELTO VARILLADO)			1.0000	65.00	65.00
02.01.01.04	PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO (SUELTO VARILLADO)			1.0000	60.00	60.00
02.01.01.05	DESGASTE LOS ANGELES			1.0000	100.00	100.00
						355.00
4.03		ELABORACION Y ENSAYOS DE TESTIGOS DE CONCRETO ACOMPRESION				
PARTIDA:	4.03.0	ROTURA DE PROBETA A COMPRESION				
	1	Costo unitario directo por rotura de probeta				10.00
Código	<u>Descripción Recurso</u>			<u>Cantidad</u>	<u>Precio S/.</u>	<u>Parcial S/.</u>
03.01.01	Ensayo					
03.01.01.01	ROTURA DE PROBETA A COMPRESION			1.0000	10.00	10.00
						10.00



4.04		ELABORACION Y ENSAYOS DE TESTIGOS DE CONCRETO A FLEXION		
PARTIDA:	4.04.0 1	ENSAYO A FLEXION		
		Costo unitario directo por rotura de probeta		25.00
Código				
	<u>Descripción Recurso</u>	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
04.01.01	<u>Ensayo</u>			
04.01.01.01	ENSAYO A FLEXION	1.0000	25.00	25.00
				25.00
4.05		TRABAJO DE GABINETE		
PARTIDA:	4.05.0 1	TRABAJO DE GABINETE		
		Costo de utiles		350.00
Código				
	<u>Descripción Recurso</u>	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
05.01.01	<u>Útiles y Otros</u>			
05.01.01.01	PAPEL, UTIES DE ESCRITORIO	1.0000	50.00	50.00
05.01.01.02	MATERIAL DE IMPRESIÓN	1.0000	50.00	50.00
05.01.01.03	COMPRA BIBLIOGRAFICA	1.0000	100.00	100.00
05.01.01.04	MOBILIDAD LOCAL	1.0000	50.00	50.00
05.01.01.05	VIATICOS-OTROS	1.0000	50.00	50.00
05.01.01.06	IMPREVISTOS	1.0000	50.00	50.00
				350.00



ANEXO 03

VARIOS



TRANSCRIPCIÓN

"AÑO DE LAS CUMBRES MUNDIALES EN EL PERÚ"
UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN
HUANUCO-PERÚ
SECRETARÍA GENERAL

RESOLUCIÓN N° 1159-2008-UNHEVAL-CU.

Cayhuayna, 19 de junio de 2008.

En la fecha se ha expedido la Resolución N° 1159-2008-UNHEVAL-CU. En los documentos que se acompañan en veintitrés (23) folios;

CONSIDERANDO:

Que el Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, con Oficio N° 335-2007-UNHEVAL-FICA-D, del 17-DIC.2007, remite para su ratificación la Resolución N° 117-2007-UNHEVAL-FICA-D, del 05.NOV.2007, que aprueba el *Reglamento Interno de Grados y Títulos*;

Que el Director de Asuntos Académicos, con el Oficio N° 059-2008-UNHEVAL-VRAcad-DACAD, del 28.ENE.2008, manifiesta que habiéndose levantado las observaciones del referido Reglamento debe ser ratificado por el Consejo Universitario;

Que la Asesora Legal, con el Informe N° 308-2008-UNHEVAL/AL, del 19.MAY.2008, opina que el Consejo Universitario debe ratificar la Resolución N° 117-2007-UNHEVAL-FICA-D, del 05/NOV.2007, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, aprobando el *Reglamento Interno de Grados y Títulos*;

Que dado cuenta en la sesión ordinaria de Consejo Universitario, del 11.JUN.2008, teniendo en cuenta las opiniones favorables de la Dirección de Asuntos Académicos y de Asesoría Legal, el pleno acordó ratificar la Resolución N° 117-2007-UNHEVAL-FICA-D, del 05.NOV.2007, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, aprobando el *Reglamento Interno de Grados y Títulos* de dicha Facultad, que consta de nueve capítulos, 61 artículos, 17 disposiciones complementarias, una disposición final y cuatro anexos;

Que con la Resolución N° 0001-2008-UNHEVAL-AU, del 07.MAY.2008, la Asamblea Universitaria, aprueba los resultados de la elección de las autoridades de la UNHEVAL, llevado a cabo el 25.ABR.2008, reconociendo al *Dr. Víctor Pedro Cuadros Ojeda*, como Rector, por el período de cinco años, desde el 17.MAY.2008 hasta el 17.MAY.2013;

Que, asimismo, con la Resolución N° 1053-2008-UNHEVAL-CU, del 23.MAY.2008, se designa, a partir del 26.MAY.2008, al *Mg. Arnulfo Ortega Mallqui*, Profesor Principal a dedicación exclusiva, como *Secretario General* de la UNHEVAL;

Que el Rector remite el caso a Secretaría General con el Proveído N° 165-2008-UNHEVAL-CU, para que se emita la Resolución correspondiente;

Estando a lo acordado y a las atribuciones conferidas al Rector, por la Ley Universitaria N° 23733 y por el Estatuto de la UNHEVAL;

SE RESUELVE:

- 1º. **RATIFICAR** la Resolución N° 117-2007-UNHEVAL-FICA-D, del 05.NOV.2007, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, aprobando el *Reglamento Interno de Grados y Títulos* de dicha Facultad, que consta de nueve capítulos, 61 artículos, 17 disposiciones complementarias, una disposición final y cuatro anexos;
- 2º. **DISPONER** que el Vicerrectorado Académico adopten las acciones complementarias del caso.
- 3º. **DAR A CONOCER** esta Resolución a los órganos internos correspondientes.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dr. Víctor Cuadros Ojeda
RECTOR



Mg. Arnulfo Ortega Mallqui
SECRETARIO GENERAL

Distribución:
Rectorado
VRAdm-VRAcad
DCPYP-OCJ-DACAD
OC-OT
UGT-URC
Facultad-Archivo

[Signature]
SECRETARIO GENERAL

ANEXO N° 01
PERFIL DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE TESIS

- I. **GENERALIDADES**
 - Título de la investigación.
 - Tesista.
 - Asesor.
 - Fecha de inicio y fecha probable de término.
 - Resumen
 - Summary
- II. **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**
 - 2.1. Antecedentes y fundamentación del problema.
 - 2.2. Formulación del problema.
 - 2.3. Objetivos: Generales y Específicos
 - 2.4. Justificación e importancia.
 - 2.5. Limitaciones.
- III. **MARCO TEÓRICO**
 - 3.1. Revisión de estudios realizados.
 - 3.2. Conceptos fundamentales.
 - 3.3. Marco Situacional.
 - 3.4. Definición de términos básicos.
- IV. **HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES**
 - 4.1 Hipótesis: General y Específicas
 - 4.2 Sistema de Variables-Dimensiones e Indicadores
 - 4.3 Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores
- IV. **MARCO METODOLÓGICO**
 - 4.1. Nivel y Tipo de Investigación.
 - 4.2. Diseño de la Investigación.
- V. **UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA**
 - 5.1. Determinación del Universo/Población.
 - 5.2. Selección de la Muestra.
- VI. **TECNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.**
 - 6.1. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos.
 - 6.2. Procesamiento y presentación de datos.
- VII. **ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.**
 - 7.1. Potencial humano.
 - 7.2. Recursos materiales.
 - 7.3. Recursos financieros.
 - 7.4. Costos.
 - 7.5. Cronograma de Acciones.

ANEXO N° 02

PERFIL DE LA ESTRUCTURA DE LA TESIS

1.1 CUBIERTA.

El logotipo de la UNHEVAL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

(TÍTULO DE LA TESIS)

TESISTA: (NOMBRES Y APELLIDOS)

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUÁNUCO – PERÚ

(Año de la sustentación)

1.2 HOJAS DE RESPETO

1.3 PORTADA: Que tiene la misma estructura de la cubierta. No se numera.

1.4 RESUMEN: Es una síntesis de la tesis. Generalmente incluirá la definición del problema, el procedimiento o métodos, los resultados y las conclusiones

1.5 ÍNDICE: Es el contenido de los títulos u rubros principales de la Tesis, con la mención de la página (Pág.).

1.6 INTRODUCCIÓN: Se consigna la importancia del trabajo de investigación, la visión genérica del mismo, las limitaciones más saltantes.

1.7 MARCO TEÓRICO (CAPÍTULO I): Se consignan: Los antecedentes (otros trabajos de investigación afines) la investigación bibliográfica (que tendrá su correlato en las **Notas y referencias**; la hipótesis, las variables (dependiente, independiente e interviniente), los indicadores; los objetivos; la población y la muestra.

1.8 MARCO METODOLÓGICO (CAPÍTULO II): Se consignan: los métodos, las técnicas los instrumentos empleados y cómo y para qué los utilizó

1.9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS (CAPÍTULO III): Se consignan los cuadros y gráficos basados en los resultados que se han obtenido de la aplicación de los instrumentos de investigación, principalmente de los cuestionarios, así como la interpretación que hace el investigador o tesista.

Se comparan o contrastan también con las conclusiones o aseveraciones que hayan realizado otros investigadores con los resultados que ha obtenido el tesista, o lo que puedan decir las normas contrastadas con la realidad.

1.10 CONCLUSIONES (no es capítulo, pero va en hoja aparte): Son proposiciones concretas, que confirman o rechazan la hipótesis y los objetivos formulados cuando se formuló el Proyecto de Tesis, así como verdades o falsedades que se han podido establecer durante la investigación.

1.11 SUGERENCIAS (no es capítulo, pero va en hoja aparte). Tiene como sustento principal las conclusiones.

1.12 BIBLIOGRAFÍA: Contiene la relación de obras, revistas u otros documentos consultados, que deben figurar en el texto de la tesis, como la indicación del autor, (apellidos y nombres), título de obra (en negrilla), el lugar, la editorial, el año y el número de páginas.

1.13 ANEXOS: El primer anexo es el Plan de Tesis. Los demás son los que el tesista considera que sirven de sustento a su trabajo. Cada anexo debe tener un título.

1.14 NOTA BIOGRÁFICA: Se explicó en el Anexo 01.

1.15 ACTA DE APROBACION: Se explicó en el Anexo 01

II. PARTES OPCIONALES:

ANTEPROPOSITO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

PRESENTACIÓN

ANEXO N° 03
PERFIL DEL INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

I. PARTES OBLIGATORIAS

1. CUBIERTA:

El logotipo de la UNHEVAL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

NFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL REALIZADA EN
(MENCIONAR EL(LOS) NOMBRE(S) DE LA(LAS) ENTIDAD(ES)
(NOMBRES Y APELLIDOS)

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUÁNUCO – PERÚ

(Año de la sustentación)

1. PORTADA Y HOJA DE RESPETO.
2. ÍNDICE.
3. INTRODUCCIÓN.
4. RESEÑA HISTÓRICA DE LA ENTIDAD (CAPÍTULO I).
5. MARCO LEGAL Y ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA ENTIDAD (CAPÍTULO II).
6. GESTIÓN DE LA ENTIDAD (CAPÍTULO III).
7. LABORES GERENCIALES REALIZADAS (CAPÍTULO II).
8. PROBLEMÁTICA INSTITUCIONAL Y APORTE PARA EL DESARROLLO DE LA ORGANIZACIÓN (CAPÍTULO V).
9. CONCLUSIONES.
10. SUGERENCIAS.
11. ANEXOS.
12. NOTA BIOGRÁFICA.
13. ACTA DE APROBACIÓN.

II. PARTES OPCIONALES

ANTEPROPÓSITO.
DEDICATORIA.
AGRADECIMIENTO.
PRESENTACIÓN.
BIBLIOGRAFÍA