

1. EL OBJETO DE CONOCIMIENTO

1.1. El problema

A lo largo del tiempo, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Con este propósito han sido utilizados diversos materiales naturales que, con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología, se han ido transformando en distintos productos, mediante procesos de manufactura de creciente sofisticación.

Hasta la fecha se han presentado diferentes adiciones, sustracciones a la mezcla de hormigón con la finalidad de mejorar su comportamiento, abaratar el costo y aminorar el peso del mismo.

El hormigón es un material compuesto por “Aglomerados y aglomerantes”, los primeros están compuestos por agregados pétreos que permiten formar una pasta moldeable consistente y los segundos están compuestos por agua y cemento, esta combinación reacciona químicamente logrando así el endurecimiento y las propiedades mecánicas del hormigón.

En nuestro medio el hormigón es el material principal utilizado en la construcción de obras civiles, esto se debe a sus propiedades mecánicas del mismo ya que es capaz de resistir grandes esfuerzos a compresión.

Pero llama la atención el peso propio del mismo siendo este considerable, esta es una de las desventajas del mismo, esto hace que en ocasiones las cargas por peso propio sean superiores a las de servicio.

Por este motivo es necesario analizar el peso del hormigón no estructural, que influye en el peso propio de las edificaciones.

1.1.1. Planteamiento

Las variables comprendidas con el peso del hormigón, son directamente proporcionales al peso de cada uno de sus componentes, con gran proporción los materiales que tienen mayor peso unitario, sea el caso de los agregados pétreos, además por que estos son aproximadamente el 70% de la mezcla.

El considerable peso del hormigón se debe a:

- ✓ El peso de los agregados pétreos naturales.
- ✓ El peso del cemento hidratado.

Los efectos más desfavorables que ocasionan el peso propio de los hormigones no estructurales en las edificaciones es el diseño de mayores secciones en las columnas, vigas y zapatas, etc.

En ocasiones el peso de los hormigones no estructurales llega a ser mayor que las cargas de servicio.

Para disminuir el peso del hormigón se podría estudiar las siguientes alternativas:

- ✓ Reemplazar los agregados pétreos naturales con cascotes de ladrillo.
- ✓ Generar un hormigón aligerado a base de corcho.
- ✓ Generar un hormigón aligerado a base de incrustación de aire.
- ✓ Generar un hormigón aligerado con poliestireno expandido (plastoformo).
- ✓ Generar un hormigón aligerado a base de escoria expandida.

1.1.2. Formulación

El planteamiento de este trabajo investigación surge de la siguiente pregunta:

¿Cómo reducir el peso del hormigón para fines no estructurales?

Al reemplazar los agregados pétreos por materiales más livianos sean pétreos o no, en consecuencia con las alternativas de solución planteadas al ocupar el mismo volumen y a menor masa y por lo tanto dará como resultado un hormigón más liviano.

Se considera hormigones no estructurales a aquellos que tienen una resistencia menor a 210 kg/cm^2 y mayor o igual a 150 kg/cm^2 y su uso es más para la parte ornamental.

1.1.3. Sistematización

Para hacer mas liviano al hormigón se estableció que es preciso reducir el peso de sus componentes como ser:

- ✓ El peso de los agregados pétreos naturales.

Peso de los agregados pétreos.- Al poseer importante densidad dentro de la mezcla, son las variables indicadas a ser modificadas o cambiadas, además por ser aproximadamente el 70% de la mezcla de hormigón.

De las alternativas planteadas para la disminución del peso del hormigón, se define como material más viable al reciclado de corcho debido a sus propiedades que tiene y es un material 100% ecológico y renovable, que será resuelto en el planteamiento de las hipótesis.

Generar un hormigón ligero a base de corcho.

Técnicamente, El corcho es un material micro poroso estimándose que contiene alrededor de 12 millones de células por cm^3 , lo que representa cerca del 95% de su volumen aparente. Por lo tanto, el corcho puede ser aplicado como agregado liviano cuando se desean obtener hormigones de peso específico muy reducido.

1.2. Objetivos

Los objetivos planteados en este presente estudio de investigación son los siguientes:

1.2.1. General

- ✓ Determinar las propiedades físicas y mecánicas más importantes del hormigón aligerado a base de corcho para distintos porcentajes de aligeración.

1.2.2. Especifico

- ✓ Determinar el peso específico del hormigón aligerado, para distintos porcentajes de reemplazo de grava por corcho.

- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del hormigón aligerado, para distintos porcentajes de reemplazo de grava por corcho.
- ✓ Determinar la absorción de agua que tiene el hormigón aligerado.
- ✓ Definir un mezclado adecuado para realizar un hormigón a base de corcho.
- ✓ Establecer el campo de aplicación de este hormigón aligerado.

1.3. Justificación

Las razones por las cuáles se elaboró el estudio de investigación son las siguientes:

1.3.1. Teórica

El trabajo de investigación propone en función de teorías existentes, aportar con innovaciones tecnológicas, para enriquecer conocimientos en los procesos de diseño de mezclas y su desarrollo mismo.

1.3.2. Metodológica

A través de la selección de un hormigón patrón no estructural (resistencia a la compresión menor a 210kg/cm^2), metodológicamente a partir de la dicha dosificación, se pretende reemplazar parcialmente el agregado grueso, por el material propuesto en proporción volumétrica, representada en porcentajes (0%-100%), de manera que las partículas de este que ocupan el mismo volumen del agregado extraído y generen menor masa procurando que la resistencia a la compresión no reduzca en gran magnitud.

1.3.3. Practica

Prácticamente al reemplazar parcialmente los agregados pétreos naturales por otro material no pétreo, como es el corcho, siendo este material más liviano, efectivamente solucionara el problema del peso.

1.3.4. Ambiental

En la actualidad se destruyen montañas enteras y ríos no sólo en Bolivia si no en todo el mundo. Esto debido a los daños irreversibles al medio ambiente que la explotación

de grava y arena provoca, incluida la erosión, contaminación y desecación de los mantos acuíferos.

El corcho es un material al 100% ecológico, ya que para la obtención de la materia prima nos es necesario talar árboles, sólo se saca la corteza a los mismos, la cual pasa por un proceso de industrialización y se logra el corcho.

Los árboles tienen la capacidad de regenerar su corteza las veces que sean necesarias, por este motivo es un recurso 100% renovable.

1.4. Alcance del estudio

El presente trabajo de investigación será desarrollado con el siguiente alcance.

1.4.1. Marco conceptual

El corcho

El corcho es un tejido vegetal formado por células muertas que protegen las partes vivas del tronco y ramas del alcornoque. La formación del corcho se produce en consecuencia del crecimiento en grosor del árbol, por eso podemos decir que es un material inagotable, un recurso renovable y 100% ecológico, ya que se recolecta sin dañar o talar un sólo árbol. Las láminas retiradas se utilizan de dos formas: Completa (aquel que es útil) para elaborar tapones y el sobrante (de menor calidad o defectuoso) para fabricar aglomerados.

1.4.2. Marco espacial

Este estudio o trabajo de investigación, en el proceso de recolección de datos experimentales, será desarrollado en las instalaciones del laboratorio de suelos y hormigones de la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”, para luego procesar los mismos en gabinete.

1.4.3. Marco temporal

El tiempo estimado en que se realizará el estudio para determinar las propiedades más importantes del hormigón aligerado a base de corcho será de 18 semanas que corresponden al 2013.

1.4.4. Hipótesis

Como parte del estudio de investigación, se plantearan las siguientes hipótesis para responder las preguntas de investigación.

1.4.4.1. De primer grado:

- ✓ El corcho en mayor cantidad, genera en el hormigón disminuir considerablemente el peso del mismo.
- ✓ El corcho en mayor cantidad, genera en el hormigón disminuir considerablemente el peso del mismo y reduce su resistencia mecánica a la compresión.

1.4.4.2. De segundo grado:

- ✓ El corcho en mayor cantidad, genera en el hormigón mayor absorción de agua.

1.4.5. Ensayos a realizar

Se determinaran las siguientes propiedades de hormigón aligerado a base de corcho:

- ✓ El peso específico del hormigón aligerado.
- ✓ La resistencia a la compresión de hormigón aligerado.
- ✓ La absorción de agua que tiene el hormigón aligerado.
- ✓ Conjeturas sobre la resistencia al fuego y las propiedades térmicas y acústicas.

1.4.6. Restricciones

Las siguientes restricciones están planteadas en función de la capacidad que tiene el laboratorio de suelos y hormigones de la carrera de ingeniería civil.

Las siguientes propiedades no se determinaran debido a que no se cuenta con el equipo necesario:

- ✓ Elasticidad.
- ✓ Resistencia ante ataques químicos.
- ✓ Resistencia a la tracción.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Hormigón

El hormigón o concreto es el material resultante de unir áridos con la pasta que se obtiene al añadir agua a un conglomerante. El conglomerante puede ser cualquiera, pero cuando nos referimos a hormigón, generalmente es un cemento artificial, y entre estos últimos, el más importante y habitual es el cemento portland. Los áridos proceden de la desintegración o trituración, natural o artificial de rocas y, según la naturaleza de las mismas, reciben el nombre de áridos silíceos, calizos, graníticos, etc. El árido cuyo tamaño sea superior a 4.75 mm se llama árido grueso o grava, mientras que el inferior a 4.75 mm se llama árido fino o arena. El tamaño de la grava influye en las propiedades mecánicas del hormigón.

La pasta formada por cemento y agua es la que confiere al hormigón su fraguado y endurecimiento, mientras que el árido es un material inerte sin participación directa en el fraguado y endurecimiento del hormigón. El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose diversas reacciones químicas de hidratación que lo convierten en una pasta maleable con buenas propiedades adherentes, que en el transcurso de unas horas, derivan en el fraguado y endurecimiento progresivo de la mezcla, adquiriéndose un material de consistencia pétrea.

2.1.1. Características mecánicas

La principal característica estructural del hormigón es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para precisar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de hormigón.

Para superar este inconveniente, se “Arma” el hormigón introduciendo barras de acero, conocido como hormigón armado, o concreto reforzado, permitiendo soportar los esfuerzos cortantes y de tracción con las barras de acero.

2.1.2. Características físicas del hormigón

Las principales características físicas del hormigón, en valores aproximados, son:

- ✓ Densidad: en torno a 2.350 kg/m^3
- ✓ Resistencia a compresión: de 150 a 500 kg/cm^2 (15 a 50 MPa) para el hormigón ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2.000 kg/cm^2 (200 MPa).
- ✓ Resistencia a tracción: Proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- ✓ Tiempo de fraguado: Dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- ✓ Tiempo de endurecimiento: Progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros.
 - De 24 a 48 horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana $\frac{3}{4}$ partes, y en 4 semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.
- ✓ Dado que el hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el hormigón protege al acero de la oxidación al recubrirlo.

2.1.3. Fraguado y endurecimiento

La pasta del hormigón se forma mezclando cemento artificial y agua debiendo embeber totalmente a los áridos. La principal cualidad de esta pasta es que fragua y endurece progresivamente, tanto al aire como bajo el agua.

El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. La fase inicial de hidratación se llama fraguado y se identifica por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido. Esto se aprecia de forma sencilla por simple presión con un dedo sobre la superficie del

hormigón. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provoquen el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas.

El fraguado y endurecimiento no son más que dos estados separados convencionalmente; en realidad sólo hay un único proceso de hidratación continuo.

2.1.4. Resistencia

Para comprobar que el hormigón colocado en obra tiene la resistencia requerida, se rellenan con el mismo hormigón unos moldes cilíndricos normalizados y se calcula su resistencia en un laboratorio haciendo ensayos de rotura por compresión.

En el proyecto previo de los elementos, la Resistencia característica (f'_{ck}) del hormigón es aquella que se adopta en todos los cálculos como resistencia a compresión del mismo, y dando por hecho que el hormigón que se ejecutará resistirá ese valor, se dimensionan las medidas de todos los elementos estructurales.

La Resistencia característica de proyecto (f'_{ck}) establece por tanto el límite inferior, debiendo cumplirse que cada amasada de hormigón colocada tenga esa resistencia como mínimo. En la práctica, en la obra se realizan ensayos estadísticos de resistencias de los hormigones que se colocan y el 95% de los mismos debe ser superior a f'_{ck} , considerándose que con el nivel actual de la tecnología del hormigón, una fracción defectuosa del 5% es perfectamente aceptable.

2.1.5. Consistencia del hormigón fresco



Figura 2.1. Consistencia del hormigón fresco

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de consistencia en hormigón fresco mediante el Cono de Abrams que mide el asiento que se produce en una forma troncocónica normalizada cuando se desmolda.

La consistencia es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado. Influyen en ella distintos factores, especialmente la cantidad de agua de amasado, pero también el tamaño máximo del árido, la forma de los áridos y su granulometría.

La consistencia se fija antes de la puesta en obra, analizando cual es la más adecuada para la colocación según los medios que se dispone de compactación. Se trata de un parámetro fundamental en el hormigón fresco.

Entre los ensayos que existen para determinar la consistencia, el más empleado es el cono de Abrams. Consiste en llenar con hormigón fresco un molde troncocónico de 30 cm de altura. La pérdida de altura que se crea cuando se retira el molde, es la medida que define la consistencia.

Los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos y fluidos tal como se indica en la tabla siguiente:

Consistencia de los hormigones frescos		
Consistencia	Asiento en cono de Abrams (cm)	Compactación
Seca	0 - 2	Vibrado
Plástica	3 - 5	Vibrado
Blanda	6 - 9	Picado con barra
Fluida	10 - 15	Picado con barra
Líquida	16-20	Picado con barra

Cuadro 2.1. Consistencia de los hormigones frescos

Fuente: Código EHE

Hormigón no estructural

Según el anejo N°18 “Hormigón no estructural” de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08, se definen como hormigones de uso no estructural, aquellos hormigones que no aportan responsabilidad estructural a la construcción pero que colaboran en mejorar las condiciones durables del hormigón estructural, se puede clasificar en:

HNE-15/C/TM Contenido mínimo de cemento 150 kg/m³, en donde la resistencia mínima ha de ser de 15 N/ mm²

Hormigón aligerado

Se denomina Hormigón Ligero al Hormigón de poca densidad, formado por áridos de pequeña densidad. Los hormigones ligeros presentan como principal característica su reducido peso específico y su mayor capacidad de aislación térmica.

Es utilizado para la obtención de elementos que no precisen grandes resistencias, Por su pequeña densidad se pueden obtener piezas de grandes dimensiones y aligerar las estructuras.

Clasificación del hormigón según densidad

Tipo de hormigón	Peso unitario del hormigón (Kg/m ³)	Ejemplo de aplicación
ligero	500-800	Para aislamientos
	950-1350	Rellenos y mampostería no estructural
	1450-1950	hormigón estructural y no estructural
Normal	2250-2450	hormigón estructural y no estructural
Pesado	3000-5600	Protección contra radiación gama o rayos X

Fuente: Elaboración propia

Hormigón gaseoso.-Las células o burbujas se obtienen por desprendimiento de gases en el seno de la mezcla como consecuencia de reacciones químicas producidas en la misma.

Hormigón de espuma.- La formación de los alvéolos resulta de incorporar a la mezcla un producto que, por agitación, es susceptible de generar una espuma abundante de burbujas de aire de la dimensión deseada. Se puede, asimismo, preparar la espuma con anterioridad e incorporarla como agregado ordinario a la mezcla.

Hormigones cavernosos.- Los hormigones cavernosos – también llamados “sin finos” o de textura abiertas son mezclas constituidas por agregados gruesos o medianos (con exclusión de finos) y cemento portland destinado a aglomerarlos.

2.2. Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada Clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una pasta uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea, denominada hormigón (en España, parte de Suramérica y el Caribe hispano) o concreto (en México y parte de Suramérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil.

Los cementos son productos que amasados con agua fraguan y endurecen formándose nuevos compuestos resultantes de reacciones de hidratación que son estables tanto al aire como sumergidos en agua

El cemento Portland es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétrea resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón. Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

En el presente trabajo de se utilizará el cemento portland IP-30 que es el más aplicado en nuestro medio, que tiene como nombre cemento EL PUENTE.



Figura 2.2. Cemento EL PUENTE IP-30

Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Características del cemento portland

Las propiedades mas importantes del cemento son: Peso específico, finura de molido.

2.2.1.1. Peso especifico

El peso específico de los cementos portland suelen variar muy poco de unos cementos a otros, oscilando entre 3 y 3.15gr/cm³, esta limitación esta establecida también por algunas normas (igual o mayor a 3gr/cm³) esta limitación por lo general se cumple.

2.2.1.2. Finura de molido

Es una característica íntimamente ligada al valor hidráulico del cemento, ya que incluye decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar durante el fraguado y endurecimiento. Al entrar en contacto con el agua, los granos de cemento se hidratan solo en una profundidad de 0.01mm por lo que, si estos granos fuesen muy grandes, su rendimiento seria muy pequeño al quedar en su interior un núcleo prácticamente inerte. Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de fraguado son muy grandes (lo que resulta perjudicial), el conglomerante resulta ser más susceptible al envejecimiento tras un almacenamiento prolongado, y disminuye su resistencia a las aguas agresivas. Pero siendo así que las

resistencias mecánicas aumentan con la finura, entonces se llega a lo siguiente: el cemento portland debe estar finamente molido, pero no en exceso.

2.3. Áridos

Se denomina árido al material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción, principalmente.



Figura 2.3. Planta de chancado de áridos

Fuente: Elaboración propia

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 70% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones.

El árido se diferencia de otros materiales por su estabilidad química y su resistencia mecánica, y se caracteriza por su tamaño.

El árido que tiene mayor responsabilidad en el conjunto es la arena. Según Jiménez Montoya no es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena. Las mejores arenas son las de río, que normalmente son cuarzo puro, por lo que aseguran su resistencia y durabilidad.

Con áridos naturales rodados, los hormigones son más trabajables y requieren menos agua de amasado que los áridos de machaqueo, teniéndose además la garantía de que son piedras duras y limpias. Los áridos machacados procedentes de trituración, al tener más caras de fractura cuesta más ponerlos en obra, pero se traban mejor y se refleja en una mayor resistencia.

En el presente trabajo se utilizara los áridos procedentes del rio Guadalupe - altura Tomatitas

2.3.1. Propiedades de los agregados

2.3.2.1. Peso Unitario (PU)

Si el peso de una muestra de agregado, compuesto de varias partículas , se divide por el volumen que ocupan esas partículas agrupadas dentro de un recipiente unitario se obtiene lo que se denomina como peso unitario del agregado o peso volumétrico.

El peso unitario es una propiedad física importante por que indica el grado de acomodamiento de las partículas y entre diminuto sea, este menor será el volumen de vacíos entre partículas que hace que la mezcla sea más económica, por que habrá pequeña cantidad de huecos a ser llenados con pasta de cemento. Así mismo, mientras mayor sea el peso unitario habrá gran cantidad de granos, la cual depende de la granulometría, forma, textura y tamaño de los mismos.

Existen dos tipos de pesos unitarios que dependen del grado de compactación del agregado y se definen de la siguiente forma.

2.3.1.1.1. Peso Unitario suelto (PUS)

Se denomina PUS cuando para determinar se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela al ras con un enrasador. El concepto de PUS es significativo cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto.

El procedimiento de palear el agregado para llenar el recipiente y aprovechar la compactación que alcance con la caída libre desde la pala, es aprovechado para especificar el peso unitario suelto de agregados que tengan un tamaño máximo de 100 mm (4 pulgadas) o menos. La operación consiste en llenar el recipiente hasta que rebose, manejando una pala o cucharón, descargándose el agregado desde una altura que no exceda de 50 mm (2 pulgadas) sobre el borde del recipiente. Téngase el cuidado de prevenir hasta donde sea posible la segregación de las partículas de distintos tamaños que componen la muestra.

2.3.1.1.2. Peso Unitario compactado (PUC)

Se denomina PUC cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El PUC es importante desde el punto de vista del diseño de mezclas ya que con el mismo se dispone el volumen absoluto de los agregados por cuanto estas van a estar sometidas a una compactación durante el proceso de colocación del concreto.

Compactación por varillado en el llenado del recipiente. El procedimiento de varillado es aplicable a agregados que tienen un tamaño máximo de 40 mm (1½ pulgadas) o menos.

Procedimiento. Llene el recipiente hasta una tercera parte del total y nivele la superficie con los dedos. Varille la capa de agregado con 25 golpes igualmente distribuidos sobre la superficie. Siga llenando el recipiente hasta dos terceras partes del total y otra vez nivele y varille como en la capa inicial. Finalmente llene el recipiente hasta el rebosamiento y varille como en las anteriores capas. Nivele la superficie del agregado con los dedos o con un enrasador, procurando compensar las pequeñas salientes de las piezas de agregado con las depresiones debajo de la línea de enrase.

En el varillado de la primera capa, no permita que la barra golpee fuertemente el fondo del recipiente. En el varillado de la segunda y tercera capas use solamente la fuerza suficiente para que la varilla llegue hasta la capa anterior.

2.3.2. Granulometría de los agregados

2.3.2.1. Agregado grueso

La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón.



Figura 2.4. Agregado grueso (grava)

Fuente: Elaboración propia

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4,8 mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como ser el lavado.

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños.

En general, el agregado grueso deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C 33 (El uso de la norma está sujeto de acuerdo al país en el cual se aplique la misma ya que las especificaciones de cada una de estas varían de acuerdo con la región o país).

Sustancia	Norma	Límite máximo (%)
Material que pasa por el tamiz No. 200	(ASTM C 117)	máx. 0.5
Materiales ligeros	(ASTM C 123)	máx. 1
Grumos de arcilla	(ASTM C 142)	máx. 0.5
Otras sustancias dañinas	-	máx. 1
Pérdida por intemperismo	(ASTM C 88, método Na ₂ SO ₄)	máx. 12
Pérdida por abrasión en la máquina de Los Ángeles	ASTM C 131 y C 535	máx. 40

Cuadro 2.2. Requisitos de la norma ASTM para el agregado grueso

Fuente: Norma ASTM

El agregado grueso debe estar bien graduado entre los límites fino y grueso y deben estar separados en tamaños normales cuyas granulometrías se indican a continuación:

Tamiz U.S.Standard	Dimensión de la malla (mm)		Porcentaje en peso que pasa por los tamices individuales	
-	-	19 mm	38 mm	51 mm
2"	50	-	100	100
1½"	38	-	95-100	95-100
1"	25	100	-	35-70
¾"	19	90-100	35-70	-
½"	13	-	-	10-30
3/8"	10	20-55	10-30	-
Nº 4	4.8	0-10	0-5	0-5
Nº 8	2.4	0-5	-	-

Cuadro 2.3. Granulometría de la norma ASTM C-33 para el agregado grueso

Fuente: Norma ASTM

Módulo de finura

El módulo de finura del agregado grueso, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura para el agregado grueso se calcula sumando los porcentajes acumulados de los tamices $1\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4 + 500 y dividiendo el total entre 100

Es un indicador de la finura de un agregado: Cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado.

El rango del módulo de finura del agregado grueso es de 5.5 a 8.5

Tamaño máximo (TM)

Se define como la abertura del menor tamiz por el cual pasa el 100% de la muestra.

Tamaño Máximo Nominal (TMN)

El tamaño máximo nominal es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos.

- ✓ El TMN no debe ser superior que $\frac{1}{5}$ de la dimensión menor de la estructura, comprendida entre los lados de una formaleta.
- ✓ El TMN no debe ser superior que $\frac{1}{3}$ del espesor de una losa.
- ✓ El TMN no debe ser superior que $\frac{3}{4}$ del espaciamiento libre máximo entre las barras de refuerzo.

2.3.2.2. Agregado fino

La arena, agregado fino o árido fino se refiere a la parte del árido o material cerámico inerte que interviene en la composición del hormigón.



Figura 2.5. Agregado fino (arena)

Fuente: Elaboración propia

El agregado fino consistirá en arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. La forma de las partículas deberá ser generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas. La arena natural estará constituida por fragmentos de roca limpios, duros, compactos, durables.

En general, el agregado fino o arena deberá cumplir con los requisitos instaurados en la norma ASTM C-33, es decir, no deberá contener cantidades dañinas de arcilla, limo, álcalis, mica, materiales orgánicos y otras sustancias perjudiciales.

Sustancia	Norma	Límite máximo (%)
Material que pasa por el tamiz nº 200	(ASTM C 117)	3%
Materiales ligeros	(ASTM C 123)	1%
Grumos de arcilla	(ASTM C 142)	1%
Total de otras sustancias dañinas (como álcalis, mica, limo)	-	2%
Pérdida por meteorización	(ASTM C 88, método Na ₂ SO ₄)	10%

Cuadro 2.4. Requisitos de la norma ASTM para el agregado fino

Fuente: Norma ASTM

El agregado fino deberá estar bien gradado entre los límites fino y grueso y deberá llegar tener la granulometría siguiente:

Tamiz U.S.Standard	Dimensión de la malla (mm)	Porcentaje en peso que pasa
Nº 3/8"	9,52	100
Nº 4	4,75	95 - 100
Nº 8	2,36	80 - 100
Nº 16	1,18	50 - 85
Nº 30	0,60	25 - 60
Nº 50	0,30	10 - 30
Nº 100	0,15	2 - 10

Cuadro 2.5. Granulometría de la norma ASTM C-33 para el agregado fino

Fuente: Norma ASTM

Módulo de Finura

El módulo de finura del agregado fino, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas siguientes: Número 4, 8, 16, 30, 50 y 100 inclusive y dividiendo el total entre 100.

Es un indicador de la finura de un agregado: Cuanto superior sea el módulo de finura, más grueso es el agregado.

Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

El rango del módulo de finura de la arena es de 2.3 a 3.1

Si el módulo de finura de una arena es de 2.3 se trata de una arena fina; y si el módulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana. Y si el módulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa.

2.3.3. Peso específico

Se define en la dosificación de hormigón, como la relación del peso de la muestra de un material en el aire, al peso del agua desplazado por el mismo incluyendo sus poros permeables. Según sea que el peso en el aire se considera seco (en horno a peso constante) o en condición de saturado y superficie seca, el peso específico se refiere a una de esas condiciones.

El peso específico de los agregados, que expresa también como densidad al sistema Internacional de Unidades, adquiere importancia en la construcción, cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite, sea máximo o mínimo. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico

bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en el que es aconsejable practicar pruebas adicionales.

2.3.4. Porcentaje de absorción

Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a de saturado superficialmente, se expresa generalmente en porcentaje:

$$\% \text{Absorción} = \frac{\text{Peso}_{\text{sss}} - \text{Peso}_{\text{seca}}}{\text{Peso}_{\text{seca}}} * 100$$

La absorción de los agregados se obtiene esencialmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas, cuando ésta termina se procede a secar superficialmente el material, y por diferencias de masa se logra adquirir el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material.

La cantidad de agua absorbida estima la porosidad de las partículas de agregado. Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad, en ocasiones se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación. Por ejemplo, cuando el agregado puede influir en el comportamiento del concreto para soportar heladas, se especifica un agregado con baja absorción (no mayor al 5 %), por el peligro de deterioro en el material debido al congelamiento del agua absorbida en el agregado. La fórmula de cálculo para la absorción de gravas es igualmente aplicable para las arenas.

2.3.5. Humedad superficial

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia esta en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

Las condiciones de humedad de los agregados se presentan en la Figura y se las puede definir como:

$$\%humedad = \frac{\text{Peso}_{\text{humedo}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} * 100$$

1. Secado al horno – Totalmente absorbente
2. Secado al aire – La superficie de las partículas está seca, pero su interior contiene humedad y, por lo tanto, aún es ligeramente absorbente
3. Saturado con superficie seca (SSS) – No absorben ni ceden agua al concreto
4. Húmedos – Contiene un exceso de humedad sobre la superficie (agua libre)

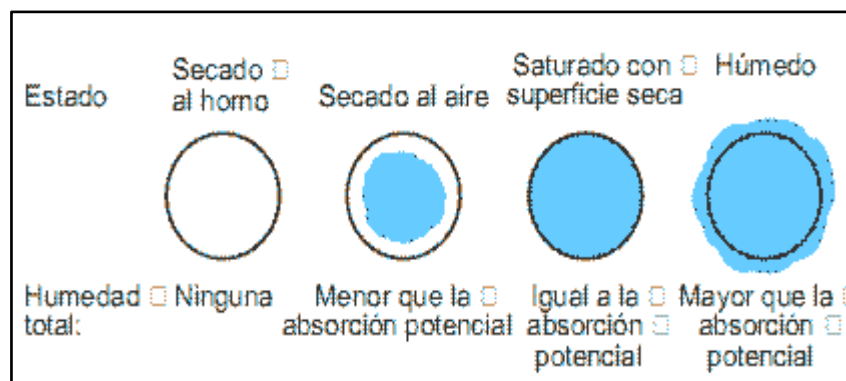


Figura 2.6. Condiciones de humedad de los agregados.

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de agua que se adiciona en la planta de concreto se debe ajustar para las condiciones de humedad de los agregados, a fin de que se atienda a la demanda de agua del diseño de la mezcla de manera precisa. Si el contenido de agua del concreto no se mantiene constante, la relación agua-cemento variará de una amasada a la otra, resultando en la variación de otras propiedades, tales como la resistencia a compresión y la Trabajabilidad.

Los agregados grueso y fino generalmente tienen niveles de absorción (contenido de humedad a SSS) que varían del 0.2% al 4% y del 0.2% al 2%, respectivamente. Los contenidos de agua libre principalmente varían del 0.5% al 2% para el agregado grueso y del 2% al 6% para el agregado fino. El contenido máximo de humedad del agregado grueso drenado es normalmente menor que aquél del agregado fino. La

mayoría de los agregados finos puede mantener un encerrado máximo de humedad drenada de cerca del 3% al 8%, mientras que el agregado grueso puede mantener del 1% al 6%.

Cabe mencionar que los áridos que se utilizarán para en presente trabajo de investigación serán extraídos del río Guadalquivir – zona Tomatitas.

2.4. Agua

El agua de amasado interviene en las reacciones de hidratación del cemento. La cantidad de la misma debe ser la estricta necesaria, pues la sobrante que no interviene en la hidratación del cemento se evaporará y creará huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo. Puede estimarse que cada litro de agua de amasado de exceso supone anular dos kilos de cemento en la mezcla. Sin embargo una reducción excesiva de agua originaría una pasta seca, poco manejable y muy difícil de colocar en obra. Por ello es un dato muy importante fijar adecuadamente la cantidad de agua.



Figura 2.7. Agua de amasado

Fuente: Elaboración propia

Durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón se añade el agua de curado para evitar la desecación y mejorar la hidratación del cemento.

Ambas, el agua destinada al amasado, como la destinada al curado deben ser aptas para cumplir su función. El agua de curado es muy importante que sea apta pues puede afectar más negativamente a las reacciones químicas cuando se está

endureciendo el hormigón. Normalmente el agua apta suele coincidir con la potable y están normalizados una serie de parámetros que debe cumplir. Así en la normativa está limitado el pH, el contenido en sulfatos, en ion cloro y los hidratos de carbono.

2.5. Dosificación ACI-211.1

El método del American Concrete Institute se basa en tablas empíricas mediante las cuáles se especifican las condiciones de partida y la dosificación.

Determinación de la razón Agua/Cemento

El cuadro 2.6. define la razón agua/cemento en función de la resistencia media y especificada para el hormigón, respectivamente, en probetas cilíndricas.

Relación entre la razón Agua /cemento y la resistencia promedio a compresión del hormigón (ACI 211,1)			
Resistencia promedio a compresión a 28 días		Razón agua/cemento (en masa)	
Mpa	Kg/cm2	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
45	450	0,38	-
42	420	0,41	-
40	400	0,43	-
35	350	0,48	0,4
30	300	0,55	0,46
28	280	0,57	0,48
25	250	0,62	0,53
21	210	0,68	0,59
20	200	0,7	0,61
15	150	0,8	0,71
14	140	0,82	0,74

Cuadro 2.6. Determinación de la razón agua/cemento

Fuente: Norma ACI

Determinación de la fluidez

La fluidez que se desea otorgar al hormigón queda definida en este método en base al asentamiento de cono, el que se puede establecer usando como referencia el cuadro 2.7. Este cuadro define un rango aceptable de asentamientos para diversos tipos de elementos estructurales. Debe señalarse que esta definición es relativamente imprecisa, pues, por una parte, el rango señalado es bastante amplio y, por otra, la gama de elementos estructurales considerados es restringida y delimitada en forma poco precisa.

Asentamientos de cono recomendado para diferentes tipos de construcción (ACI 211,1)	
Tipo de construcción	Rango de asentamiento de cono (cm)
Fundaciones armadas y bases	2 – 8
Fundaciones y muros de sub-estructura simple	2 – 8
Vigas y muros armados	2 – 10
Columnas de edificios	2 – 10
Pavimentos y losas	2 – 8
Hormigón masivo	2 – 8

Cuadro 2.7. Asentamientos de cono para diferentes tipos de construcción

Fuente: Norma ACI

Determinación de la dosis de agua

Se emplea el cuadro 2.8. que establece la cantidad de agua expresada en l/m³ de hormigón colocado y compactado, en función del asentamiento de cono definido y del tamaño máximo nominal especificado anteriormente.

Se debe distinguirse el caso del empleo de aire incorporado, ya que éste permite una reducción de la dosis de agua por su efecto plastificador. Esta misma parte de la tabla puede emplearse en el caso de haber previsto el uso de un aditivo plastificador.

Requerimientos aproximados para dosis de agua (l/m ³) y contenido de aire (%) para diferentes trabajabilidades y tamaños máximos nominales de áridos (ACI 211,1)								
Trabajabilidad (cm)	Tamaño máximo nominal del árido (mm)							
	10	12,5	20	25	40	50	70	150
Hormigón sin aire incorporado								
3 – 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 – 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 – 18	240	230	210	205	185	180	170	-
Cantidad de aire atrapado aproximado (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Hormigón con aire incorporado								
3 – 5	180	175	165	160	145	140	135	120
8 – 10	200	190	180	175	160	155	150	135
15 – 18	215	205	190	185	170	165	160	-
Cantidad de aire total promedio recomendada (%)								
Exposición suave	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Exposición moderada	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Exposición extrema	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

Cuadro 2.8. Determinación de la dosis de agua

Fuente: Norma ACI

Determinación de la dosis de cemento

La dosis de cemento se determina en base al coeficiente entre la dosis de agua determinada y la razón agua/cemento definida.

En el caso de haberse previsto el empleo de un incorporador de aire, la cantidad de aire incorporado debe sumarse a la dosis de agua para el efecto del cálculo de la dosis de cemento.

$$C \left[\text{kg/m}^3 \right] = \frac{(W + a)}{W/C}$$

Determinación de la dosis de grava

Se especifica a partir del cuadro 2.9. en función del módulo de finura de la arena y al tamaño máximo nominal.

Volumen aparente de árido grueso seco por metro cubico de hormigón (ACI 211,1)				
Tamaño máximo nominal del árido (mm)	Volumen aparente seco compactado de árido grueso para distintos Módulos de finura de la arena.			
	2,4	2,6	2,8	3
10	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
20	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
40	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Cuadro 2.9. Determinación de la dosis de grava

Fuente: Norma ACI

Determinación de la dosis de arena

Método Volumétrico:

Se dispone partiendo del hecho que la suma de los volúmenes absolutos de agua, cemento, aire incorporado (o atrapado), grava y arena debe ser igual a un metro cúbico. Ello permite definir el volumen absoluto de arena, el cual, multiplicado por la

densidad real (peso específico) de la arena, conduce al valor de la dosis de arena, expresada en kilos por metro cúbico.

La masa de árido fino o arena, A_f , está dada por:

$$A_f \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = \gamma_f \left[1000 - \left(W + \frac{C}{\gamma} + \frac{A_g}{\gamma_G} + 10a \right) \right]$$

γ_f = densidad real o peso específico del árido fino (gr/cm^3).

γ_g = densidad real o peso específico del árido grueso (gr/cm^3).

γ = peso específico del cemento (gr/cm^3).

A_g = dosis de árido grueso o grava (kg/m^3).

a = dosis de aire (%)

C = dosis de cemento (kg/m^3)

W = dosis de agua (kg/m^3)

En el presente trabajo se eligió el método de la dosificación ACI 211.1 por que este método American Concrete Institute es más aplicado en el diseño de mezclas para edificaciones debido a que toma más en cuenta las propiedades de los agregados, con referencia al método de dosificación AASHTO que es mas utilizado en el diseño de mezclas para la construcción de carreteras.

En el presente trabajo de investigación con el propósito de obtener una información confiable sobre la variable investigada es que se eligió realizar 12 probetas para el hormigón patrón y 12 probetas para cada porcentaje de reemplazo de grava por corcho, además como establece la norma ASTM en prueba de materiales de hormigón, la ejecución mínima de un pastron de 9 cilindros, sin embargo también establece que debe en la investigación un mínimo de 30 datos de comparación, en este sentido se determino un pastron (12 probetas) sin reemplazo de grava y similar cantidad con reemplazo de grava(para distintos porcentajes) haciendo un total de 72 probetas.

2.6. Corcho

El corcho es el nombre dado a la **corteza del alcornoque** (*Quercus Suber*), un árbol que se encuentra esencialmente en el mediterráneo occidental, donde forma poblaciones denominadas **dehesas**. Entre las muchas características únicas que lo distinguen de los restantes árboles de su especie, sobresale su facultad para regenerarse naturalmente después de cada extracción de su corteza, el corcho.

La industria corchera promueve una actividad económica no contaminante, que pone en el mercado mundial un producto natural, ecológico, renovable, reciclable y biodegradable: el CORCHO, una garantía de futuro y supervivencia para los bosques de alcornoques y un ejemplo de economía sostenible.

La producción del corcho no produce ninguna contaminación ni perjuicio al ecosistema del que se extrae, ya que se obtiene por descortezamiento, sin talar ningún árbol. Trás la extracción del corcho, en pocas horas, el ciclo natural del alcornoque vuelve a iniciarse regenerando nuevamente su corteza, el corcho.

Propiedades del corcho

El corcho se caracteriza por estar formado de células poliédricas, vacías en su interior, estrechamente ligadas unas a otras, que componen el tejido suberoso (aproximadamente el 80% de su volumen es gas, sobre todo nitrógeno). Estas células son, por si mismas, muy impermeables, ya que la transferencia de líquidos entre ellas es muy lenta.

Sin embargo, este tejido posee una estructura discontinúa debido a la presencia de lenticelas (poros) que atraviesan radialmente el cuerpo del corcho en todo su grosor. Las lenticelas son permeables a gases y líquidos y permiten regularizar los intercambios gaseosos entre los tejidos vivos del tronco y el medio exterior.

Propiedades físicas

El corcho es un producto en el que la naturaleza ha plasmado su gran sabiduría después de siglos de evolución, que tiene unas características inigualables por cualquier otro producto sintético.

- ✓ **Levedad:** La densidad del corcho está entre 0,12 y 0,25. Cuanto más baja es mayor es la calidad del corcho.
- ✓ **Impermeabilidad:** El corcho es casi impermeable gracias a la suberina y la cera que contiene, aunque se trata de una impermeabilidad no absoluta ya que deja fluir lentamente el gas debido al contenido gaseoso de las células.
- ✓ **Adherencia:** Posee un alto coeficiente de fricción atribuido al hecho de que el corcho en contacto con una superficie lisa presenta un gran número de ventosas constituidas por las cavidades de las células (lenticelas) que se hallan en la superficie cortada del corcho.
- ✓ **Compresibilidad y elasticidad:** El corcho es el único cuerpo sólido que tiene la propiedad de ser comprimido sin dilatación lateral. Además, recupera hasta el 85% de su volumen inicial 24 horas después de haber sido sometido a una presión; esto hace que la resistencia al desgaste sea también más alta. Ambas propiedades varían en función de la hidratación del corcho y de su temperatura, los cuales dependen a su vez, de la forma de las células, el espesor de las paredes celulares y a la composición de las mismas.
- ✓ **Aislamiento acústico:** El corcho se compone de millones de células, cada célula funciona como un aislante acústico en miniatura.
- ✓ **Aislamiento térmico:** Su función natural es proteger al árbol que lo genera. Presenta una resistencia de paso de calor 30 veces superior a la del hormigón gracias a su estructura alveolar, el bajo contenido en agua y la falta de conductividad de sus compuestos.
- ✓ **Ignifugo:** Material no inflamable, no contribuyen a la inflamación de la llama.
- ✓ **Resistente a golpes:** Esto implica que la zona afectada por la deformación no es tan sólo aquella en la que se contacta, sino que el efecto se extiende a las zonas colindantes, lo que permite una buena amortiguación de impactos.
- ✓ **Atóxico:** Su falta de toxicidad le ha permitido estar presente en la vida cotidiana del hombre desde muy antiguo.

- ✓ **Renovable – Ecológico – Inagotable:** Producto totalmente natural y 100% ecológico. Se recolecta sin dañar o talar un solo árbol.

Constitución química

Según los científicos más cualificados, la composición del corcho es aproximadamente la siguiente:

- ✓ **Suberina (45%):** Sus principales componentes son los ácidos grasos (ácido felúrico, esteárico y felónico), alcoholes y oxiácidos. La suberina le confiere el carácter hidrófobo a la célula del corcho, además de protegerla de patógenos externos, evitar la evaporación de agua, e intervenir en la cicatrización de heridas.
- ✓ **Lignina (27%):** Es un polímero compuesto por alcoholes aromáticos, sobre todo el alcohol coniferílico, alcohol sinapílico y alcohol p-hidroxicinámico, cuya misión es dar rigidez e impermeabilidad a la membrana celular.
- ✓ **Celulosa y polisacáridos (12%):** La celulosa forma microfibrillas rígidas que permiten al corcho obtener resistencia frente al estiramiento.
- ✓ **Taninos (6%):** Son sustancias polifenólicas, formadas por el catecol, orcinol y ácido gálico, se unen a las proteínas volviéndolas insolubles e imputrescibles, por ello el corcho no se corrompe y es imputrescible.
- ✓ **Ceroides (5%):** Son ácidos grasos, sobre todo la cerina, ácido betúlico y betulina, y suya es la responsabilidad de que el corcho sea impermeable.
- ✓ **Otros constituyentes (6%):**
 - **Materias minerales:** Están representados por sodio, potasio, magnesio, aluminio, hierro, manganeso, silicio, fósforo, bario, estroncio y trazas de litio, cobre, cromo y titanio.
 - **Agua:** Representa entre el 3 y el 10 %, dependiendo de las condiciones de almacenamiento.
 - **Glicerina:** Forma parte de la suberina y su porcentaje varía de acuerdo a la edad del árbol.

Proceso industrial para la obtención de corcho.

La “Saca” del corcho

El descorche o Saca consiste en extraer de los alcornoques la corteza que los reviste, el corcho. La mejor época para el descorche es entre mayo o junio y agosto, período que corresponde a la fase más activa del crecimiento anual del alcornoque.

La extracción cíclica del corcho de los alcornoques permite el crecimiento saludable del árbol a lo largo de toda su vida, que dura aproximadamente entre 150 y 200 años. De media, cada alcornoque es sometido a 16 sacas.

La primera saca del corcho es confeccionada cuando el perímetro del tronco alcanza los 65 cm, medidos a 130 cm de altura. Pese a ello, el corcho extraído no es utilizado en la producción de tapones. La primera saca produce una estructura muy irregular, denominada corcho virgen o Bornizo. Nueve años más tarde, en la segunda saca es extraído el corcho secundario, un material con una estructura más regular, pero suave, aunque igualmente impropio para la producción de tapones de corcho. El corcho secundario es generalmente granulado y aprovechado en productos como pavimentos. Es a partir de la tercera saca cuando se obtiene el corcho con características ideales para la elaboración de tapones, el denominado corcho amadia. Desde esa etapa, el alcornoque pasa a crear corcho de buena calidad cada nueve años, por un período aproximado de 150 años.

La saca, cuando es desarrollada por sacadores profesionales, no causa daño alguno al árbol, una vez que la primera capa de corcho de reproducción se funde con la capa virgen en constante desarrollo en la parte del árbol no descorchada, el área descorchada, conocida como mae pasa a tener un tono entre rosa y rojo ocre, a continuación de castaño rojizo y al año siguiente gris, formando una capa tipo corteza. Los tiradores emplean un machete especial para la extracción de corcho. El corte de la lámina es utilizado para proceder a la incisión y la punta tiene una forma que ayuda a apartar el corcho.

Desde hace décadas que la delicada operación de extraer el corcho es practicada siguiendo el mismo método que tiende a ser más rápido y más limpio. La saca del corcho se realiza a lo largo de cinco fases: Abertura, separación, división, extracción, remoción.

La primera operación es la abertura, que consiste en golpear el corcho verticalmente en la hendidura más profunda del alcornoque. Al mismo tiempo, el corte del hacha es rodado con el objetivo de separar el corcho exterior del interior. En esta fase, es posible contrastar el grado de dificultad de la extracción en función de la sensibilidad transmitida por el hacha. Al aplicar el corte del hacha en la saca del corcho, esta podría producir un sonido hueco al rasgar, señal de que la extracción será fácil. Si, por el contrario, la extracción se prevé más difícil, el hacha procreará un sonido breve, seco y firme.

La plancha es separada posteriormente del árbol, insertando la punta del hacha entre la tira y la corteza interior. El hacha es desplazada entre el tronco y el corcho, con el objeto de despegar el corcho en grandes paneles de las principales secciones del tronco. Después de un corte horizontal, se traza una línea horizontal entre la plancha de corcho que va a ser extraída y el corcho que permanecerá en el árbol. La plancha se retira del árbol con cuidado, para que no se parta. Cuanto más grandes sean las planchas de corcho, mayor será su valor comercial. La extracción de planchas completas depende de la habilidad de los trabajadores. Tras haber sido extraída la primera plancha, se repite la operación en todo el tronco.



Figura 2.8. La “Saca” del corcho

Fuente: Elaboración propia

Estabilización del corcho en bruto

Después de la extracción del corcho, las planchas cosechadas son transportadas a los patios de las industrias preparadoras, donde previamente a su tratamiento, será necesario proceder a su **estabilización**.

En función de su calidad y procedencia, las planchas son separadas y amontonadas, de forma que permanecen al sol, al viento y a la lluvia durante **seis meses** o más.

Durante este período, los factores atmosféricos eliminan la mayor parte de la savia del corcho, los polifenos se oxidan y la textura del corcho se estabiliza.



Figura 2.9. Estabilización del corcho en bruto

Fuente: Elaboración propia

Cocido

Tras el periodo de estabilización, las planchas de corcho son **cocidas en agua limpia durante una hora** como mínimo. Antes de ser trabajado, el corcho tiene que ser cocido obligatoriamente para que se vuelva más flexible y permitir la expansión de todas sus lenticelas.

Antes del proceso de cocido, las células del corcho se presentan débiles y arrugadas. Por eso, después del proceso de cocción, el gas existente en las células se expande, creando una estructura celular muy densa y más uniforme. Este proceso de agua

caliente aumenta el volumen del corcho en aproximadamente un 20%, tornándolo más liso y suave, luego más fácil de trabajar.

La operación de cocido es un proceso normalizado y definido por el **Código Internacional de Prácticas Taponeras** garante todavía de una reducción significativa de la microflora. No obstante, muchos industriales han recurrido a procesos complementarios, procurando obtener todavía mejores resultados. Algunos implementan incluso métodos de cocción asistida por ordenador y procesada en ambiente cerrado. La industria corchera no escatima sus esfuerzos para obtener métodos de cocción cada vez más eficaces.



Figura 2.10. Cocido del corcho

Fuente: Elaboración propia

Retaceo, calibrado y escogido

Una vez cocidas, las planchas son secadas y sujetas a un período de reposo durante tres semanas en almacenes con niveles de humedad y temperatura controlados.

Posteriormente, se procede al retaceo del corcho, que consiste en separar mediante cortes de cuchilla en la plancha partes de diferentes calidades o espesor, recortar las aristas y volver rectangulares y homogéneas las planchas, así como, dejar al

descubierto un corte liso y limpio de los bordes para poder examinarlo y diferenciarlo por calidades.

Las planchas de corcho recortadas son seleccionadas una a una, por personal altamente cualificado, de acuerdo con su espesor (calibre) y clasificadas por su calidad en función de la porosidad y de ciertos defectos estructurales que pueda presentar el corcho, apartando también todo el corcho no apto para producción de tapón (refugo, mancha amarilla, agarras, corcho quemado y bornizo). El calibre y escogido de las planchas decidirá el destino productivo ideal para cada una de ellas: Tapón de corcho natural, disco de corcho natural o aglomerados.

Por último, las planchas de la misma clase (calibre y calidad) son prensadas y agrupadas en bloques denominados fardos para facilitar su almacenaje y transporte a las industrias transformadoras.



Figura 2.11. Retaceo, calibre y escogido

Fuente: Elaboración propia

Perforación del tapón o disco natural

Tanto el tapón de corcho natural como el disco de corcho natural, se obtienen de una **única pieza por perforación directa de las planchas de corcho**. Es por ello que no todas las planchas de corcho son aptas para la producción de los tapones naturales,

para fabricar tapones de 24 mm. De diámetro las planchas deberán tener un espesor de 30 a 35 mm.

La perforación en la plancha se realiza teniendo en cuenta el principio básico de que el eje de simetría del tapón y del tronco del árbol sean paralelos, con esto se consigue que los poros de respiración del corcho natural sean perpendiculares al eje y no se produzcan fugas de vino en las botellas.

Previamente, las planchas son cortadas en tiras denominadas rebanadas, con el suficiente tamaño para la producción del tapón, según la altura del mismo. De la perforación de estas tiras con una broca cilíndrica y que gira a elevadas revoluciones por minutos, resultan finalmente los tapones de corcho natural. Las tiras de corcho con una textura más uniforme son ideales para la perforación automática; las menos uniformes son perforadas con brocas manuales. Después de la perforación, el tamaño de los extremos de los tapones es rectificado, procediendo entonces a su pulido.

En cuanto al **disco de corcho natural**, se forja igualmente mediante la perforación de láminas de corcho de 6 mm. De espesor y limpias de la espalda y de la barriga del corcho denominadas plantillas, adquiridas a partir de rebanadas de 80 mm. De ancho de las planchas de corcho delgado (planchas de corcho de alta calidad pero con un calibre no suficiente para la perforación de tapones). Las plantillas se introducen en la máquina perforadora que consta de varias cuchillas cilíndricas de corte, que giran a elevada velocidad y perforan las tiras obteniendo los discos de corcho natural de las dimensiones adecuadas.

Los restos de las rebanadas y láminas de corcho ya perforadas que no se convierten en tapón o disco, y que sigue siendo corcho de gran calidad, son triturados y utilizados en la elaboración de aglomerados de corcho.



Figura 2.12. Perforación del tapón o disco natural

Fuente: Elaboración propia

Fabricación de aglomerados

Las planchas de corcho que no tienen un calibre suficiente para la producción de tapones o discos naturales, pero con calidad suficiente (corcho taponable), así como los restos logrados tras la perforación de estos tapones o discos naturales, que sigue siendo corcho de gran calidad, son triturados y transformados en tapones de corcho aglomerado.

Estos tapones, producidos con granulado de corcho comprimido, son sometidos a los mismos cuidados y atención personalizada dada a los tapones de corcho naturales. Los tapones aglomerados pueden ser fabricados con un molde individual o por extrusión, y en ambos casos, aglutinados con sustancias aptas para su uso en contacto con alimentos.

El proceso de extrusión consiste en una mezcla de granulado, aglutinante y lubricante, dispuesta en una tolva, que alimenta a un cilindro sometido cíclicamente a la presión de un pistón. Por el extremo contrario del cilindro, se consigue una barra de aglomerado en forma continua, denominada comúnmente morcilla o butifarra, que posteriormente será seccionada longitudinalmente con las medidas del tapón.

El considerado corcho no taponable e incluso el polvo de corcho, son aprovechados para la elaboración de otros materiales de corcho, tales como materiales aislantes y de construcción (parquet y decorativos), calzado, etc. Del material extraído del corcho, nada es desperdiciado.



Figura 2.13. Fabricación de aglomerados

Fuente: Elaboración propia

Selección y Terminación

Se procede al examen minucioso de los tapones de corcho, eliminando cualquier defecto perjudicial para su utilización en el proceso de embotellado del vino. El procedimiento de clasificación atribuye a todos los tapones de corcho un determinado grado de calidad. Esta inspección es realizada a través de lectores ópticos automatizados, programados para seleccionar los tapones con relación al reconocimiento de sus configuraciones. Otro procedimiento consiste en emplear personal altamente cualificado para la inspección visual de los tapones, con el objeto de clasificarlos en distintas calidades.

Una vez seleccionados, los tapones de corcho son sometidos a un proceso de lavado y desinfección. El método más aplicado consiste en el lavado de los tapones en una solución acuosa de peróxido de hidrógeno. Nuevos métodos aprovechan microondas u ozono para desinfectar los tapones. En la siguiente fase, se efectúa el secado de los tapones en hornos especiales. Con la disminución y estabilización del nivel de humedad, se maximiza la eficacia del tapón como aislante y se minimiza la

contaminación microbiana. Estos métodos permiten excluir la humedad interna del corcho, sin alterar o dañar la estructura de sus células, construyendo de este modo una barrera más para eludir la contaminación.

Después de la selección final, los tapones de corcho pueden ser impresos según las especificaciones del cliente, a través de rollos marcadores, impresión a tinta o a fuego. Concluida la marcación, los tapones son revestidos con silicona o parafina, que va a facilitar su introducción y extracción de las garrafas, mejorando simultáneamente su capacidad para sellar. Por fin, los tapones son sometidos a un proceso de embalado automático, desinfectados con dióxido de azufre, e introducidos en sacos que contienen la misma calidad de productos.



Figura 2.14. Selección y Terminación

Fuente: Elaboración propia

En el presente trabajo de investigación se utilizara corcho reciclado para la elaboración del hormigón aligerado, esto se debe a que en Tarija no existe una fabrica de corchos establecida, todo el corcho que se encuentra en nuestra ciudad es importado de los países vecinos como son Argentina y Brasil.

2.7. Proceso de elaboración del hormigón aligerado a base de corcho

Se realizará la dosificación del hormigón patrón, adquiriendo los volúmenes de cemento, grava, arena, agua y aire, que conformaran el hormigón patrón, a partir de estos volúmenes se reemplazará la grava con corcho, en proporciones de volumen de

grava de 20% ,40% ,etc. Hasta reemplazar la grava por completo con corcho, cabe mencionar que el corcho en el momento del mezclado debe estar en estado seco y no así en estado de saturación, debido a que esto ocasionará variaciones en el asentamiento del cono de Abrams, además el corcho reciclado será cortado por la mitad para realizar la pasta de hormigón.

Una vez desarrollado el cálculo de la dosificación se procederá a practicar el mezclado de los componentes del hormigón patrón en una máquina mezcladora, para lograr una mezcla homogénea, cuando ya se obtiene la pasta se procederá a verificar el asentamiento en el cono de Abrams, luego la misma pasta se colocará en moldes cilíndricos de diámetro 15cm y una altura de 30cm que son los moldes estandarizados para realizar la resistencia a la compresión del hormigón.

Después de 24hr del colocado de la pasta de hormigón en los moldes se procederá al desmolde de los mismos para luego practicar el proceso de curado del hormigón que consiste en el sumergido de las probetas en agua durante unos 7 días para generar en el hormigón nuevos procesos de hidratación del cemento, una vez pasado los 7 días se sacaran las probetas del agua para dejarlas a humedad y temperatura ambiente.

A los 14 y 28 días se desarrollara la rotura en la prensa con la que cuenta el laboratorio de suelos y hormigones de la carrera de ingeniería civil.

Para conseguir la absorción del hormigón, se formará a partir que una vez el hormigón alcanza los 28 días de edad, se efectúa el pesaje de las probetas antes de sumergir en agua, luego se debe dejar durante 24 hr como mínimo saturando las probetas, y se procede al secado superficial de las probetas sumergidas por lo consiguiente se pesan las probetas, y la diferencia entre de las probetas saturadas y antes de saturarlas nos dará la absorción del hormigón.

Para el mezclado de los componentes del hormigón aligerado a base de corcho se debe de seguir el mismo procedimiento descrito anteriormente para el hormigón patrón.

3. MARCO PRÁCTICO

3.1. Propiedades de los agregados

3.1.1. Granulometría de la grava

La granulometría de la grava se lo realizó aplicando los tamices precisados por la norma ASTM.



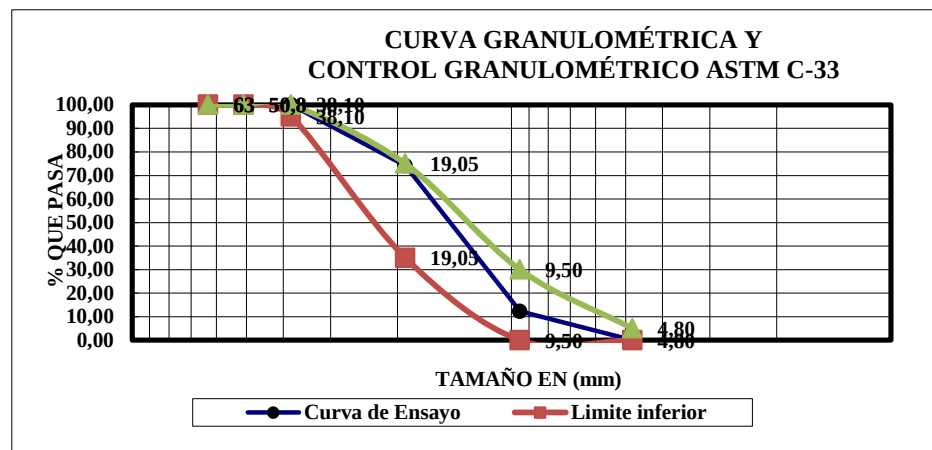
Figura 3.1 Juego de tamices

Fuente: Elaboración propia

Tamiz	Peso retenido (gr)	(%) Retenido	(%) Acumulado	(%) Que pasa
1 1/2"	0	0,00	0,00	100,00
1"	200	1,33	1,33	98,67
3/4"	3685	24,57	25,90	74,10
1/2"	6655	44,37	70,27	29,73
3/8"	2625	17,50	87,77	12,23
Nº 4	1835	12,23	100,00	0,00
Total	15000			

Cuadro 3.1. Granulometría de la grava

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 3.2. Curva granulométrica de la grava

Fuente: Elaboración propia

La granulometría de la grava cumple con los parámetros especificados por la norma ASTM C-33. (Ver anexos)

3.1.1.1. Tamaño máximo de la grava

$$TM(plg) = 1\frac{1}{2}$$

3.1.1.2. Tamaño máximo nominal de la grava

$$TMN(plg) = 1$$

3.1.2. Peso unitario de la grava

3.1.2.1. Método compactado

Se realizó en un molde 14 lt de volumen y se apisonó en 3 capas, cada una con 25 golpes con la varilla tal como determinan las normas ASTM.



Figura 3.2. Molde cilíndrico de 14 lt

Fuente: Elaboración propia

$$P.U.C = 1.558(\text{gr}/\text{cm}^3)$$

3.1.2.2. Método suelto

Se realizó dejando caer la grava desde una altura de 5cm por encima del molde.

$$P.U.S = 1.427(\text{gr}/\text{cm}^3)$$

3.1.3. Módulo de finura de la grava

El módulo de finura se encuentra dentro del rango precisado por la norma ASTM. (5.5 – 8.5)

$$MF = \frac{(\%) \text{Ret. Acum} (1\frac{1}{2} + 3/4 + 3/8 + N^{\circ}4 + 500)}{100}$$

$$MF = 7.14$$

3.1.4. Peso específico y absorción de la grava

Se lo desarrollo como se explica en la normas ASTM.



Figura 3.3. Equipo para realizar peso específico aparente de la grava

Fuente: Elaboración propia

El peso específico aparente esta dentro del rango precisado por la norma ASTM. (2.1- 2.9gr/cm³)

$$P.E.A = 2.54(\text{gr}/\text{cm}^3)$$

La absorción de la grava esta dentro del rango establecido por la norma ASTM. (0.2 - 4 %)

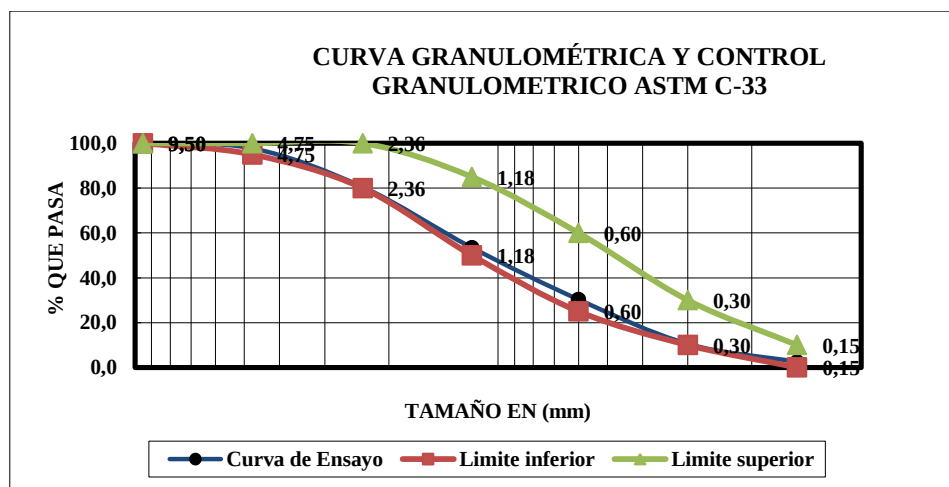
$$\% \text{Absorción} = 1.35$$

3.1.5. Granulometría de la arena

Tamiz	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
Nº 4	22,8	2,28	2,28	97,72
Nº 8	172,1	17,21	19,49	80,51
Nº 16	270,7	27,07	46,56	53,44
Nº 30	231,1	23,11	69,67	30,33
Nº 50	198,1	19,81	89,48	10,52
Nº 100	80,1	8,01	97,49	2,51
Lo que Pasa	25,1	2,51	100,00	0,00
Total	1000			

Cuadro 3.3. Granulometría de la arena

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 3.4. Curva granulométrica de la arena

Fuente: Elaboración propia

La granulometría de la arena cumple con los parámetros especificados por la norma ASTM C-33.

3.1.6. Peso unitario de la arena

3.1.6.1. Método compactado

Se realizó en un molde 3 lt de volumen y se apisonó en 3 capas, cada una con 25 golpes con la varilla tal como especifican las normas ASTM.



Figura 3.4 Molde cilíndrico de 3 lt

Fuente: Elaboración propia

$$P.U.C = 1.778(\text{gr}/\text{cm}^3)$$

3.1.6.2. Método suelto

Se realizó dejando caer la arena desde una altura de 5cm por encima del molde.

$$P.U.S = 1.609(\text{gr}/\text{cm}^3)$$

3.1.7. Módulo de finura de la arena

Según la norma ASTM se trata de una arena gruesa.

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

$$MF = 3.25$$

3.1.8. Peso específico y absorción de la arena

Se efectuó siguiendo el procedimiento especificados por las normas ASTM.



Figura 3.5. Matraz graduado para peso específico aparente de la arena

Fuente: Elaboración propia

El peso específico aparente esta dentro del rango precisado por la norma ASTM. (2.2-2.7gr/cm³)

$$P.E.A = 2.41(\text{gr/cm}^3)$$

La absorción de la arena esta dentro del rango especificado por la norma ASTM. (0.2 - 2 %)

$$\% \text{Absorción} = 1.03$$

3.1.9. Peso específico del cemento

Se lo realizó usando métodos estandarizados en laboratorio de suelos y hormigones de la carrera de ingeniería civil.



Figura 3.6. Cemento EL PUENTE IP-30

Fuente: Elaboración propia

El peso específico del cemento esta dentro del rango precisado por la norma ASTM.
(3-3.15 gr/cm³)

$$P.E = 3.143(\text{gr}/\text{cm}^3)$$

3.1.10. Peso específico del corcho

Peso específico del corcho	
Muestra #1	
Peso de la muestra (gr)=	13,4
volumen de la muestra (ml)=	50,00
PEC (gr/cm3) =	0,268

Peso específico del corcho	
Muestra #2	
Peso de la muestra (gr)=	12,2
volumen de la muestra (ml)=	49,00
PEC (gr/cm3) =	0,249

Peso específico del corcho	
Muestra #3	
Peso de la muestra (gr)=	12,5
volumen de la muestra (ml)=	47,00
PEC (gr/cm ³) =	0,266

Peso específico promedio del corcho	
Peso de la muestra (gr)=	12,7
volumen de la muestra (ml)=	48,67
PEC (gr/cm ³) =	0,261

$$P.E = 0.261(\text{gr}/\text{cm}^3)$$

3.2. Dosificación ACI-211.1

DOSIFICACIÓN MÉTODO ACI.

Resistencia a compresión f'_{ck} a los 28 días del hormigón (kg/cm ²)	150
---	-----

DATOS DE LABORATORIO

Peso específico del cemento

Cemento Portland El Puente (gr/cm ³)=	3,143
--	-------

Peso específico aparente

Arena (gr/cm³) = 2,41

Grava (gr/cm³) = 2,54

TM (mm) = 38,1

TMN (mm) = 25,4

Peso Unitario compactado

Porcentaje de Absorción

Arena (gr/cm³) = 1,778

Grava (gr/cm³) = 1,558

% Absorción de Arena = 1,03

% Absorción de Grava = 1,35

Peso Unitario suelto

Arena (gr/cm ³) =	1,609
Grava (gr/cm ³) =	1,427

Contenido de Humedad de los agregados

% Humedad de Arena =	2,83
% Humedad de Grava =	2,1

Módulo de Finura

Arena =	3,25
Grava =	7,14

CÁLCULO DE LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento (cm) =	8	Cuadro 2.7.
Tamaño máximo nominal (mm) =	25,4	
Contenido de aire (%) =	1,5	Cuadro 2.8.
Agua de mezclado (lt/m ³) =	195	Cuadro 2.8

Resistencia de diseño

Debido a que no se tiene registro de datos disponibles para establecer la desviación estándar de la muestra, la NORMA ACI aconseja usar lo siguiente:

$f'_{ck} < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_{ck} + 70 =$	220	
$210 \leq f'_{ck} \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_{ck} + 83 =$		
$f'_{ck} > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1,10f'_{ck} + 50 =$		
	razón agua/cemento	0,665	Cuadro 2.6.

Contenido de cemento

Cemento (kg/m ³) =	293,2
--------------------------------	-------

Volumen de agregado grueso por volumen Unitario de hormigón

Volumen de agregado grueso = 0,625

Cuadro 2.9.

Peso de agregado grueso (kg/m^3) = 973,75

Volumen de materiales si considerar agregado fino (m^3)			
Material	Peso seco	Específico	Volumen
Agua (lt/m^3) =	195	1000	0,195
Cemento (kg/m^3) =	293,2	3143	0,093
Grava (kg/m^3) =	973,75	2540	0,383
Aire (%) =	1,5	-	0,015
V. total			0,69

Determinación del Volumen de agregado fino	
Vol. Agregado fino (m^3) =	0,313
Peso agregado fino (kg/m^3)=	755,1

Cantidad de materiales para 1 m^3 de hormigón en estado seco.

DISEÑO EN ESTADO SECO	
Material	Peso seco
Agua (lt/m^3) =	195
Cemento (kg/m^3) =	293,2
Grava (kg/m^3) =	973,75
Arena (kg/m^3) =	755,1
Aire (%) =	1,5

CORRECCIÓN POR HUMEDAD	
Para agregado fino (kg/m^3) =	776,5
Para agregado grueso (kg/m^3) =	994,2
Agua en el agregado fino (lt/m^3) =	-13,6
Agua en el agregado grueso (lt/m^3) =	-7,3

Cantidad de materiales para 1 m^3 de hormigón en estado húmedo

DISEÑO EN ESTADO HUMEDO	
Material	Peso húmedo
Agua (lt/m^3) =	174,1
Cemento (kg/m^3) =	293,2
Grava (kg/m^3) =	994,2
Arena (kg/m^3) =	776,5
Aire (%) =	1,5

Se realizó el mezclado de la grava, arena, cemento y agua mediante una máquina mezcladora para lograr la distribución homogénea de los agregados.



Figura 3.7. Máquina mezcladora

Fuente: Elaboración propia

Una vez desarrollada la pasta de hormigón se procedió a practicar el ensayo de cono de Abrams para verificar el asentamiento que sufre la pasta, se obtuvo un asentamiento de 9 cm, el mismo que es mayor al que se eligió al efectuar el cálculo de la dosificación.



Figura 3.8. Ensayo de cono de Abrams del hormigón patrón

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el cono de Abrams se comenzó a colocar la pasta en 3 capas, cada capa con 25 golpes con una varilla metálica en los moldes cilíndricos de diámetro 15 cm y de altura 30 cm tal como se especifica en la norma para ensayos de rotura a compresión.



Figura 3.9. Pasta de hormigón colocada en moldes cilíndricos

Fuente: Elaboración propia

Pasada las 24 horas se procedió a quitar los moldes cilíndricos y hacer el curado de las probetas en agua como se prueba en la figura.



Figura 3.10. Curado de probetas en agua

Fuente: Elaboración propia

Las probetas permanecieron en el agua hasta los 7 días, luego sacarlas y dejarlas a humedad y temperatura ambiente para luego practicar el ensayo de rotura a compresión del hormigón.

La rotura de probetas se la realizó a los 14 días y 28 días de edad del hormigón mediante el equipo que se muestra en la figura.



Figura 3.11. Equipo de rotura de probetas

Fuente: Elaboración propia

La pasta con reemplazo de grava por corcho se sigue el mismo procedimiento que para el mezclado de los componentes del hormigón patrón.

DOSIFICACIÓN CON REEMPLAZO DE GRAVA POR CORCHO AL 20%

Volúmenes de la Dosificación Patrón

Volumen de materiales (m ³)	
Material	Volumen
Agua (m ³) =	0,195
Cemento (m ³) =	0,093
Grava (m ³) =	0,383
Aire (%) =	0,015
Arena (m ³) =	0,313

Volúmenes de la Dosificación con reemplazo de grava por corcho al 20%.

Volumen de materiales (m ³)	
Material	Volumen
Agua (m ³) =	0,195
Cemento (m ³) =	0,093
Grava (m ³) =	0,307
Corcho (m ³) =	0,077
Aire (%) =	0,015
Arena (m ³) =	0,313

Dosificación en peso de los materiales.

DISEÑO EN ESTADO SECO	
Material	Peso seco
Agua (kg/m^3) =	195
Cemento (kg/m^3) =	293,2
Grava (kg/m^3) =	779
Corcho (kg/m^3) =	20,0
Arena (kg/m^3) =	755,1
Aire (%) =	1,5

Se obtuvo una pasta homogénea de hormigón aligerado a base de corcho.



Figura 3.12. Pasta de hormigón aligerado a base de corcho

Fuente: Elaboración propia

El asentamiento de esta pasta fue de 9.5 cm. (el asentamiento no está dentro de lo previsto en la dosificación) por lo cual se debe reducir la cantidad de agua, para lograr un asentamiento menor a 8 cm en el cono de Abrams, de esta manera evitar que el corcho tienda a ascender hacia la superficie de la pasta de hormigón y ha dejar una textura irregular en la superficie.



Figura 3.13. Ensayo de cono de Abrams para el 20% de reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

DOSIFICACIÓN CON REEMPLAZO DE GRAVA POR CORCHO AL 40%

Volúmenes de la Dosificación con reemplazo de grava por corcho al 40%.

Volumen de materiales (m ³)	
Material	Volumen
Agua (m ³) =	0,195
Cemento (m ³) =	0,093
Grava (m ³) =	0,230
Corcho (m ³) =	0,153
Aire (%) =	0,015
Arena (m ³) =	0,313

Dosificación en peso de los materiales.

DISEÑO EN ESTADO SECO	
Material	Peso seco
Agua (kg/m ³) =	195
Cemento (kg/m ³) =	293,2
Grava (kg/m ³) =	584,25
Corcho (kg/m ³) =	40,0
Arena (kg/m ³) =	755,1
Aire (%) =	1,5

El asentamiento de esta pasta fue de 6.5 cm. (el asentamiento es menor de lo que previsto en la dosificación) esto se debe a se redujo la cantidad de agua en 250 ml.



Figura 3.14. Ensayo de cono de Abrams para el 40% de reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

DOSIFICACIÓN CON REEMPLAZO DE GRAVA POR CORCHO AL 60%

Volúmenes de la Dosificación con reemplazo de grava por corcho al 60%.

Volumen de materiales (m ³)	
Material	Volumen
Agua (m ³) =	0,195
Cemento (m ³) =	0,093
Grava (m ³) =	0,153
Corcho (m ³) =	0,230
Aire (%) =	0,015
Arena (m ³) =	0,313

Dosificación en peso de los materiales.

DISEÑO EN ESTADO SECO	
Material	Peso seco
Agua (kg/m ³) =	195
Cemento (kg/m ³) =	293,2
Grava (kg/m ³) =	389,5
Corcho (kg/m ³) =	60,0
Arena (kg/m ³) =	755,1
Aire (%) =	1,5

El asentamiento de esta pasta fue de 6 cm. (el asentamiento es menor de lo que previsto en la dosificación) esto se debe a se redujo la cantidad de agua en 500 ml.



Figura 3.15. Ensayo de cono de Abrams para el 60% de reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

DOSIFICACIÓN CON REEMPLAZO DE GRAVA POR CORCHO AL 80%

Volúmenes de la Dosificación con reemplazo de grava por corcho al 80%.

Volumen de materiales (m ³)	
Material	Volumen
Agua (m ³) =	0,195
Cemento (m ³) =	0,093
Grava (m ³) =	0,077
Corcho (m ³) =	0,307
Aire (%) =	0,015
Arena (m ³) =	0,313

Dosificación en peso de los materiales.

DISEÑO EN ESTADO SECO	
Material	Peso seco
Agua (kg/m ³) =	195
Cemento (kg/m ³) =	293,2
Grava (kg/m ³) =	194,75
Corcho (kg/m ³) =	80,0
Arena (kg/m ³) =	755,1
Aire (%) =	1,5

El asentamiento de esta pasta fue de 7 cm. (el asentamiento es menor de lo que previsto en la dosificación) esto se debe a se redujo la cantidad de agua en 750 ml.



Figura 3.16. Ensayo de cono de Abrams para el 80% de reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

DOSIFICACIÓN CON REEMPLAZO DE GRAVA POR CORCHO AL 100%

Volúmenes de la Dosificación con reemplazo de grava por corcho al 100%.

Volumen de materiales (m ³)	
Material	Volumen
Agua (m ³) =	0,195
Cemento (m ³) =	0,093
Grava (m ³) =	0,000
Corcho (m ³) =	0,383
Aire (%) =	0,015
Arena (m ³) =	0,313

Dosificación en peso de los materiales.

DISEÑO EN ESTADO SECO	
Material	Peso seco
Agua (kg/m ³) =	195
Cemento (kg/m ³) =	293,2
Grava (kg/m ³) =	0
Corcho (kg/m ³) =	100,0
Arena (kg/m ³) =	755,1
Aire (%) =	1,5

El asentamiento de esta pasta fue de 7 cm. (el asentamiento es menor de lo que previsto en la dosificación) esto se debe a se redujo la cantidad de agua en 1200 ml.



Figura 3.17. Ensayo de cono de Abrams para el 100% de reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

3.3. Conjeturas sobre la resistencia al fuego y las propiedades térmica y acústica

La resistencia al fuego del hormigón aligerado se la realizó sometiendo al contacto a una llama de fuego como se puede observar en la figura, no se siguió un método estándar para el ensayo de la resistencia al fuego, de esta manera se sometieron a fuego las probetas con distintos porcentajes de reemplazo de grava por corcho, se observó el comportamiento que tiene este hormigón aligerado durante 30 minutos, y se logró constatar que ha medida que se hace el reemplazo de grava por corcho, el hormigón aligerado se hace menos resistente ante el contacto con el fuego (existe gran fisuración debido a que el corcho se va quemando), esto se debe a que hay importante contacto entre el corcho y la superficie de hormigón que esta en contacto con el fuego.



Figura 3.18. Probetas en contacto con fuego

Fuente: Elaboración propia

En el reemplazo de 20% de grava por corcho se observa que hay poca fisuración, pero se observa que el corcho que se encuentra en el interior muy cerca a la superficie en contacto con el fuego se queman en gran parte, esto va aumentando ha medida que se va reemplazando la grava por el corcho.



Figura 3.19. Probetas al 20% de reemplazo de grava, después de 30 minutos de estar en contacto con el fuego

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.20. Probetas al 40% de reemplazo de grava, después de 30 minutos de estar en contacto con el fuego

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.21. Probetas al 60% de reemplazo de grava, después de 30 minutos de estar en contacto con el fuego

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.22. Probetas al 80% de reemplazo de grava, después de 30 minutos de estar en contacto con el fuego

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.23. Probetas al 100% de reemplazo de grava, después de 30 minutos de estar en contacto con el fuego

Fuente: Elaboración propia

La propiedad térmica se la practicó sin seguir el procedimiento de una normativa estándar, lo que se realizó es medir la temperatura con un termómetro de contacto de las probetas a un lado de la misma mientras el lado opuesto esta sometido a una llama de fuego, esto con la finalidad de constatar que la transferencia de calor es menor ha medida que se reemplaza corcho por grava.

Como resultado se pudo constatar que a mayor reemplazo de grava por corcho la transferencia de calor es menor, debido a que el corcho tiene bajo grado de transferencia de calor con respecto a la grava.



Figura 3.24. Termómetro de contacto

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.25. Transferencia de calor del hormigón

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.26. Medición de la temperatura

Fuente: Elaboración propia

La propiedad acústica se la realizó con un procedimiento que no corresponde a normativa estándar, que consiste en golpear las probetas (para diferentes reemplazos de grava por corcho) con una barra de acero y a partir de ahí escuchar el sonido que se ejerce al momento del golpeado.



Figura 3.27. Expansión de sonido del hormigón

Fuente: Elaboración propia

Se pudo evidenciar que ha medida que se reemplaza la grava por corcho la expansión de sonido del hormigón se, esto se debe a la propiedad que tiene el corcho como aislante acústico.

4. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ALIGERADO A BASE DE CORCHO.

4.1. Determinación del peso específico del hormigón.

4.1.1. Peso específico del hormigón patrón.

Peso (Kg)	Sección	Altura	Volumen	Peso específico
28 días	(cm ²)	(cm)	(cm ³)	(kg/m ³)
12,64	176,63	30	5298,75	2385,5
12,64	176,63	30	5298,75	2385,5
12,70	176,63	30	5298,75	2395,8
12,71	176,63	30	5298,75	2398,7
12,68	176,63	30	5298,75	2393,0
12,72	176,63	30	5298,75	2400,6
Peso específico medio a los 28 días				2393,2

4.1.2. Peso específico del hormigón aligerado a base de corcho al 20% de reemplazo de grava.

Peso (Kg)	Sección	Altura	Volumen	Peso específico
28 días	(cm ²)	(cm)	(cm ³)	(kg/m ³)
11,57	176,63	30	5298,75	2183,5
11,16	176,63	30	5298,75	2106,2
11,38	176,63	30	5298,75	2146,7
11,55	176,63	30	5298,75	2178,8
11,41	176,63	30	5298,75	2152,4
11,27	176,63	30	5298,75	2126,9
Peso específico medio a los 28 días				2149,1

4.1.3. Peso específico del hormigón aligerado a base de corcho al 40% de reemplazo de grava.

Peso (Kg)	Sección	Altura	Volumen	Peso específico
28 días	(cm²)	(cm)	(cm³)	(kg/m³)
10,26	176,63	30	5298,75	1936,3
10,66	176,63	30	5298,75	2011,8
10,24	176,63	30	5298,75	1931,6
10,71	176,63	30	5298,75	2020,3
10,35	176,63	30	5298,75	1953,3
10,46	176,63	30	5298,75	1974,1
Peso específico medio a los 28 días				1971,2

4.1.4. Peso específico del hormigón aligerado a base de corcho al 60% de reemplazo de grava.

Peso (Kg)	Sección	Altura	Volumen	Peso específico
28 días	(cm²)	(cm)	(cm³)	(kg/m³)
9,68	176,63	30	5298,75	1826,8
9,67	176,63	30	5298,75	1825,0
9,30	176,63	30	5298,75	1754,2
9,65	176,63	30	5298,75	1821,2
9,37	176,63	30	5298,75	1767,4
9,40	176,63	30	5298,75	1773,1
Peso específico medio a los 28 días				1794,6

4.1.5. Peso específico del hormigón aligerado a base de corcho al 80% de reemplazo de grava.

Peso (Kg)	Sección	Altura	Volumen	Peso específico
28 días	(cm²)	(cm)	(cm³)	(kg/m³)
8,22	176,63	30	5298,75	1550,4
8,36	176,63	30	5298,75	1577,7
8,60	176,63	30	5298,75	1622,1
8,39	176,63	30	5298,75	1583,4
8,39	176,63	30	5298,75	1582,4
8,41	176,63	30	5298,75	1587,2
Peso específico medio a los 28 días				1583,9

4.1.6. Peso específico del hormigón aligerado a base de corcho al 100% de reemplazo de grava.

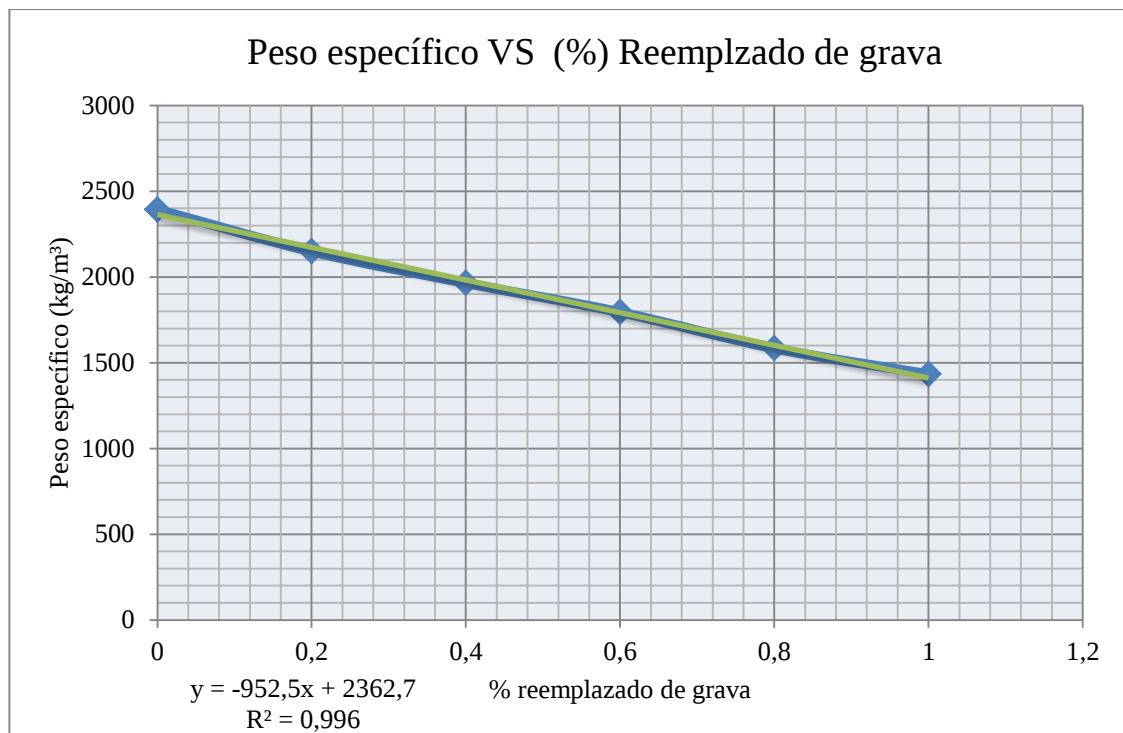
Peso (Kg)	Sección	Altura	Volumen	Peso específico
28 días	(cm²)	(cm)	(cm³)	(kg/m³)
7,40	176,63	30	5298,75	1395,6
7,69	176,63	30	5298,75	1450,3
7,63	176,63	30	5298,75	1440,0
7,91	176,63	30	5298,75	1491,9
7,43	176,63	30	5298,75	1402,2
7,51	176,63	30	5298,75	1417,3
Peso específico medio a los 28 días				1432,9

4.1.7. Resumen del peso específico de hormigón aligerado.

Descripción	% Reemplazado de grava en volumen					
	0	20%	40%	60%	80%	100%
Peso específico (kg/m ³)	2393,2	2149,1	1964,9	1794,6	1583,9	1432,9
Reducción parcial (%)	0	10,2	17,9	25,0	33,8	40,1

Cuadro 4.1. Peso especifico del hormigón aligerado

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 4.2. Variación del peso especifico en función del reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

4.2. Determinación de la resistencia a compresión del hormigón.

4.2.1. Resistencia a la compresión del hormigón patrón.

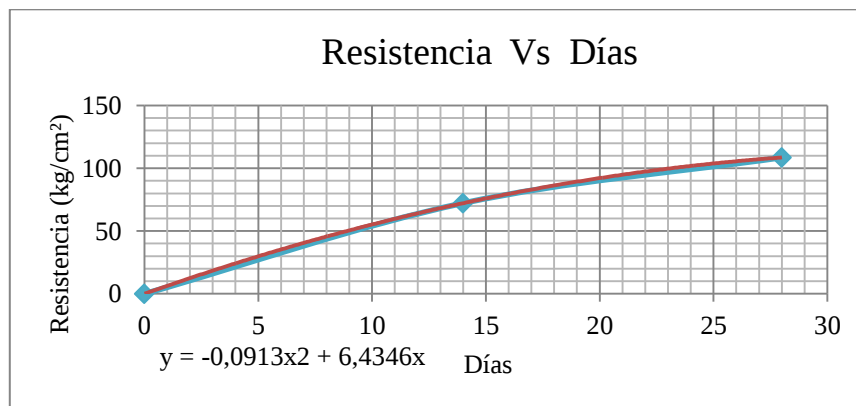
Elemento	Identificación	Resistencia 28
		días (kg/cm ²)
Probeta patrón	1	151,0
Probeta patrón	2	148,8
Probeta patrón	3	151,6
Probeta patrón	4	152,9
Probeta patrón	5	152,9
Probeta patrón	6	151,5
Probeta patrón	7	147,3
Probeta patrón	8	150,1
Probeta patrón	9	152,0
Probeta patrón	10	149,0
Probeta patrón	11	153,0
Probeta patrón	12	154,8
Resistencia media a compresión		151,2

4.2.2. Resistencia a la compresión del hormigón aligerado a base de corcho al 20% de reemplazo de grava.

Elemento	Identificación	Resistencia 14
		días (kg/cm ²)
Probeta 20%	1	74,5
Probeta 20%	2	69,3
Probeta 20%	3	73,3
Probeta 20%	4	72,8
Probeta 20%	5	72,2
Probeta 20%	6	71,0
Resistencia media a compresión		72,2

Elemento	Identificación	Resistencia 28
		días (kg/cm ²)
Probeta 20%	7	105,7
Probeta 20%	8	108,6
Probeta 20%	9	106,8
Probeta 20%	10	112,6
Probeta 20%	11	108,0
Probeta 20%	12	109,8
Resistencia media a compresión		108,6

Curva para determinar la resistencia a compresión Antes de los 28 días.

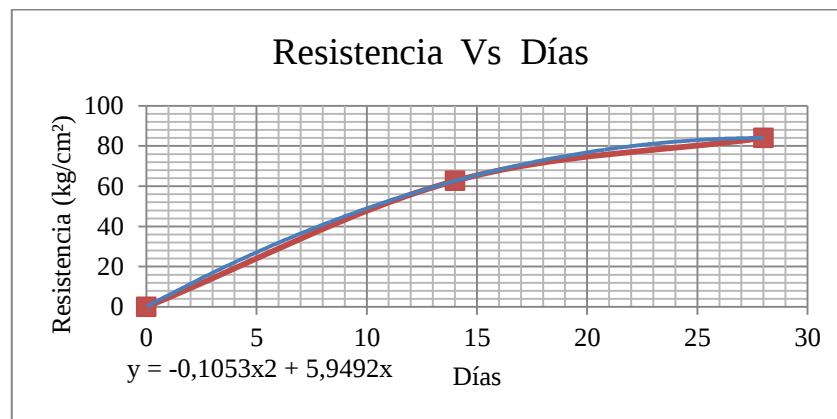


4.2.3. Resistencia a la compresión del hormigón aligerado a base de corcho al 40% de reemplazo de grava.

Elemento	Identificación	Resistencia 14
		días (kg/cm ²)
Probeta 40%	1	60,6
Probeta 40%	2	64,7
Probeta 40%	3	62,4
Probeta 40%	4	63,5
Probeta 40%	5	60,6
Probeta 40%	6	64,1
Resistencia media a compresión		62,7

Elemento	Identificación	Resistencia 28
		días (kg/cm ²)
Probeta 40%	7	85,5
Probeta 40%	8	83,9
Probeta 40%	9	82,1
Probeta 40%	10	81,4
Probeta 40%	11	86,8
Probeta 40%	12	84,7
Resistencia media a compresión		84,1

Curva para determinar la resistencia a compresión antes de los 28 días.

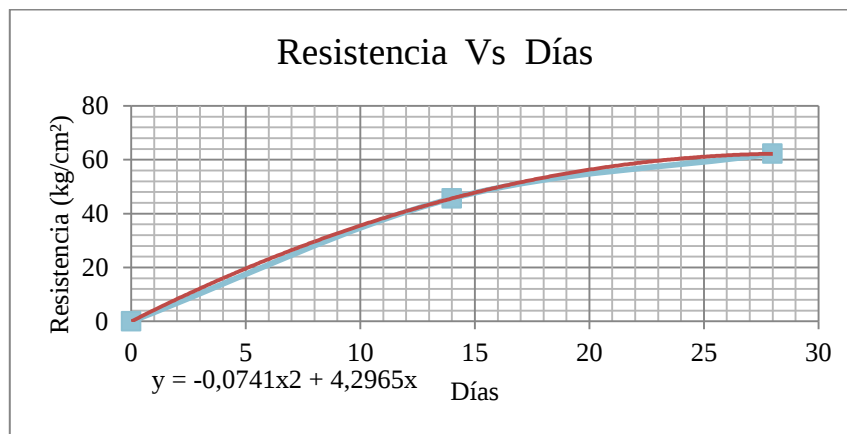


4.2.4. Resistencia a la compresión del hormigón aligerado a base de corcho al 60% de reemplazo de grava.

Elemento	Identificación	Resistencia 14
		días (kg/cm ²)
Probeta 60%	1	44,1
Probeta 60%	2	45,7
Probeta 60%	3	48,0
Probeta 60%	4	46,9
Probeta 60%	5	45,0
Probeta 60%	6	44,0
Resistencia media a compresión		45,6

Elemento	Identificación	Resistencia 28
		días (kg/cm ²)
Probeta 60%	7	61,9
Probeta 60%	8	60,3
Probeta 60%	9	62,5
Probeta 60%	10	64,1
Probeta 60%	11	63,1
Probeta 60%	12	61,4
Resistencia media a compresión		62,2

Curva para determinar la resistencia a compresión antes de los 28 días.

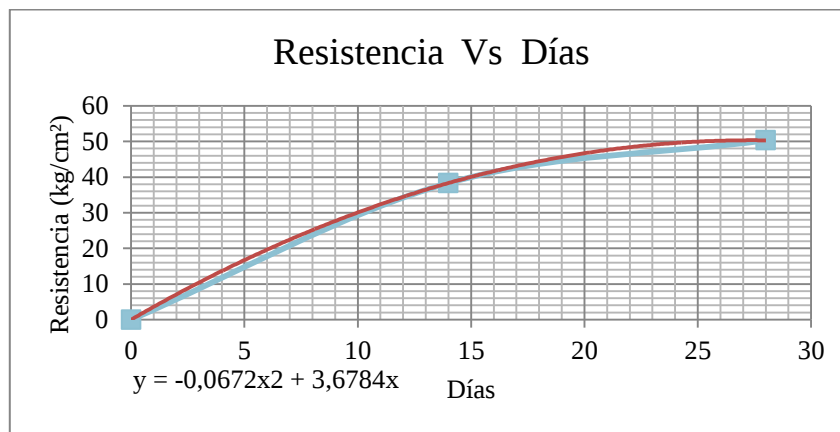


4.2.5. Resistencia a la compresión del hormigón aligerado a base de corcho al 80% de reemplazo de grava.

Elemento	Identificación	Resistencia 14
		días (kg/cm ²)
Probeta 80%	1	38,2
Probeta 80%	2	37,1
Probeta 80%	3	37,7
Probeta 80%	4	38,7
Probeta 80%	5	39,5
Probeta 80%	6	38,8
Resistencia media a compresión		38,3

Elemento	Identificación	Resistencia 28
		días (kg/cm ²)
Probeta 80%	7	50,9
Probeta 80%	8	49,1
Probeta 80%	9	49,7
Probeta 80%	10	51,4
Probeta 80%	11	49,8
Probeta 80%	12	51,0
Resistencia media a compresión		50,3

Curva para determinar la resistencia a compresión antes de los 28 días.

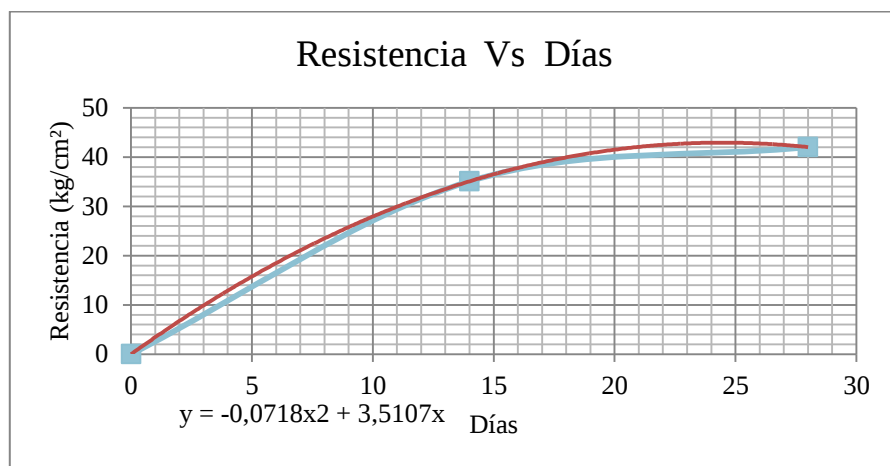


4.2.6. Resistencia a la compresión del hormigón aligerado a base de corcho al 100% de reemplazo de grava.

Elemento	Identificación	Resistencia 14
		días (kg/cm ²)
Probeta 100%	1	33,5
Probeta 100%	2	34,8
Probeta 100%	3	34,3
Probeta 100%	4	35,5
Probeta 100%	5	36,0
Probeta 100%	6	36,5
Resistencia media a compresión		35,1

Elemento	Identificación	Resistencia 28 días (kg/cm ²)
Probeta 100%	7	40,7
Probeta 100%	8	41,8
Probeta 100%	9	39,5
Probeta 100%	10	44,4
Probeta 100%	11	42,4
Probeta 100%	12	43,5
Resistencia media a compresión		42,0

Curva para determinar la resistencia a compresión antes de los 28 días.



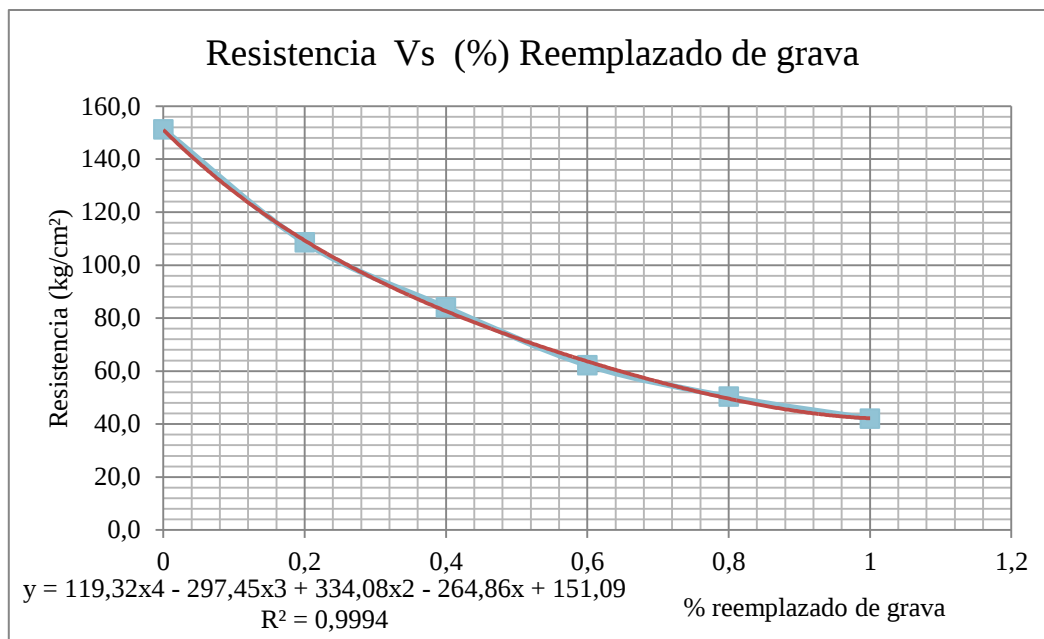
Resumen de la resistencia a compresión Vs (%) Reemplazado de grava

Descripción	% Reemplazado de grava en volumen					
	0	20%	40%	60%	80%	100%
Resistencia a compresión(Kg/cm ²)	151,2	108,6	84,1	62,2	50,3	42,0
Reducción parcial (%)	0	28,2	44,4	58,9	66,7	72,2

Cuadro 4.3. Resistencia del hormigón aligerado

Fuente: Elaboración propia

Gráfica calibrada de la relación de resistencia Vs Reemplazado de grava.



Cuadro 4.4. Variación de la resistencia en función del reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

4.3. Determinación de la absorción del hormigón.

4.3.1. Absorción del hormigón patrón.

Absorción del hormigón Patrón			
Peso antes de sumergir al agua	Peso después de sumergir 24 horas al agua	cantidad de agua absorbida	Porcentaje (%) de absorción
12,43	12,94	0,51	4,06
12,53	13,04	0,51	4,03
12,49	13,01	0,52	4,16
12,45	12,95	0,50	4,02
12,47	12,99	0,51	4,13
12,40	12,85	0,45	3,63
Absorción media (%)			4,01

4.3.2. Absorción del hormigón Aligerado a base de corcho al 20% de reemplazo de grava.

Absorción del hormigón Aligerado al 20%			
Peso antes de sumergir al agua	Peso después de sumergir 24 horas al agua	cantidad de agua absorbida	Porcentaje (%) de absorción
11,23	11,75	0,52	4,63
11,35	11,82	0,47	4,14
11,18	11,68	0,50	4,47
11,25	11,70	0,45	4,00
11,27	11,80	0,53	4,70
11,32	11,81	0,49	4,33
Absorción media (%)			4,38

4.3.3. Absorción del hormigón Aligerado a base de corcho al 40% de reemplazo de grava.

Absorción del hormigón Aligerado al 40%			
Peso antes de sumergir al agua	Peso después de sumergir 24 horas al agua	cantidad de agua absorbida	Porcentaje (%) de absorción
10,52	11,01	0,49	4,66
10,50	11,00	0,50	4,76
10,43	10,88	0,46	4,36
10,47	10,95	0,48	4,58
10,48	11,00	0,51	4,91
10,51	11,02	0,51	4,85
Absorción media (%)			4,69

4.3.4. Absorción del hormigón Aligerado a base de corcho al 60% de reemplazo de grava.

Absorción del hormigón Aligerado al 60%			
Peso antes de sumergir al agua	Peso después de sumergir 24 horas al agua	cantidad de agua absorbida	Porcentaje (%) de absorción
9,23	9,66	0,44	4,72
9,70	10,14	0,45	4,59
9,78	10,25	0,48	4,86
9,40	9,90	0,49	5,24
9,55	10,05	0,50	5,24
9,63	10,10	0,47	4,88
Absorción media (%)			4,92

4.3.5. Absorción del hormigón Aligerado a base de corcho al 80% de reemplazo de grava.

Absorción del hormigón Aligerado al 80%			
Peso antes de sumergir al agua	Peso después de sumergir 24 horas al agua	cantidad de agua absorbida	Porcentaje (%) de absorción
8,74	9,20	0,46	5,27
8,27	8,66	0,40	4,78
8,46	8,86	0,40	4,79
8,51	9,00	0,49	5,76
8,44	8,90	0,46	5,45
8,62	9,05	0,43	4,99
Absorción media (%)			5,17

4.3.6. Absorción del hormigón Aligerado a base de corcho al 100% de reemplazo de grava.

Absorción del hormigón Aligerado al 100%			
Peso antes de sumergir al agua	Peso después de sumergir 24 horas al agua	cantidad de agua absorbida	Porcentaje (%) de absorción
7,66	8,05	0,39	5,09
7,83	8,24	0,42	5,30
7,76	8,18	0,43	5,48
7,54	7,98	0,44	5,84
7,78	8,20	0,42	5,40
7,70	8,16	0,46	5,97
Absorción media (%)			5,51

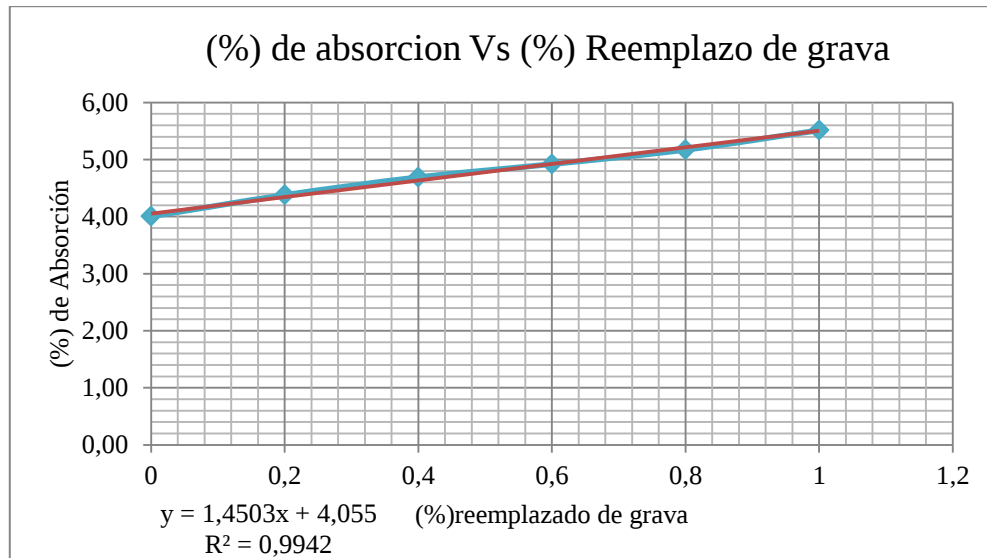
Resumen de la variación del porcentaje de absorción para diferentes porcentajes de reemplazo de grava por corcho.

Absorción para diferentes porcentajes de reemplazo de grava por corcho	
Descripción	Absorción
hormigón patrón	4,01
hormigón al 20%	4,38
hormigón al 40%	4,69
hormigón al 60%	4,92
hormigón al 80%	5,17
hormigón al 100%	5,51

Cuadro 4.5. Variación de la absorción del hormigón aligerado

Fuente: Elaboración propia

Gráfica calibrada de la relación de % de Absorción Vs % Reemplazado de grava.



Cuadro 4.6. Variación de la absorción en función del reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

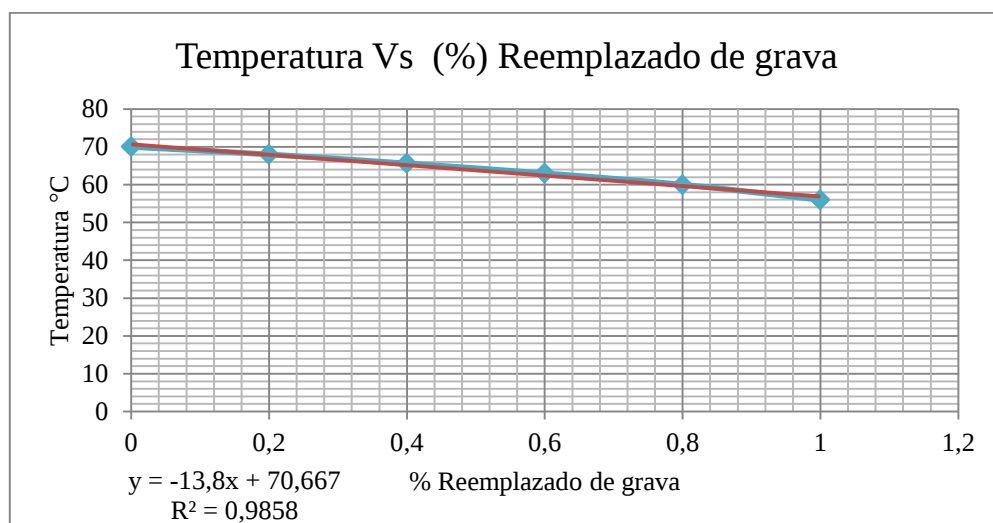
4.4. Conjeturas de la resistencia al fuego y las propiedades térmica y acústica

- ✓ La resistencia al fuego del hormigón aligerado a base de corcho disminuye a medida que se realiza el reemplazo de grava por corcho, esto se constato al someter al fuego al hormigón aligerado con distintos porcentajes de reemplazo de grava y al hormigón patrón, se observo que el hormigón aligerado presenta gran fisuración superficial según la cantidad de grava que se reemplazo, esto se debe a que el corcho que esta más cercano con la superficie en contacto con el fuego se quema y ejerce presión lo cual ocasiona fisuración superficial al hormigón aligerado mientras que el hormigón patrón no presenta fisuración durante los 30 minutos que duro la prueba.
- ✓ La propiedad térmica del hormigón aligerado mejora con respecto al hormigón patrón, esto se debe a que el corcho tiene bajo grado de transferencia de calor con relación a la grava.

Propiedad térmica del hormigón aligerado para un espesor de 7,5cm						
Descripción	% Reemplazado de grava en volumen					
	0	20%	40%	60%	80%	100%
Temperatura °C	70	68	65,6	63	60	56,0
Reducción parcial (%)	0	2,9	6,3	10,0	14,3	20,0

Cuadro 4.7. Propiedad térmica del hormigón aligerado para 7.5cm de espesor

Fuente: Elaboración propia



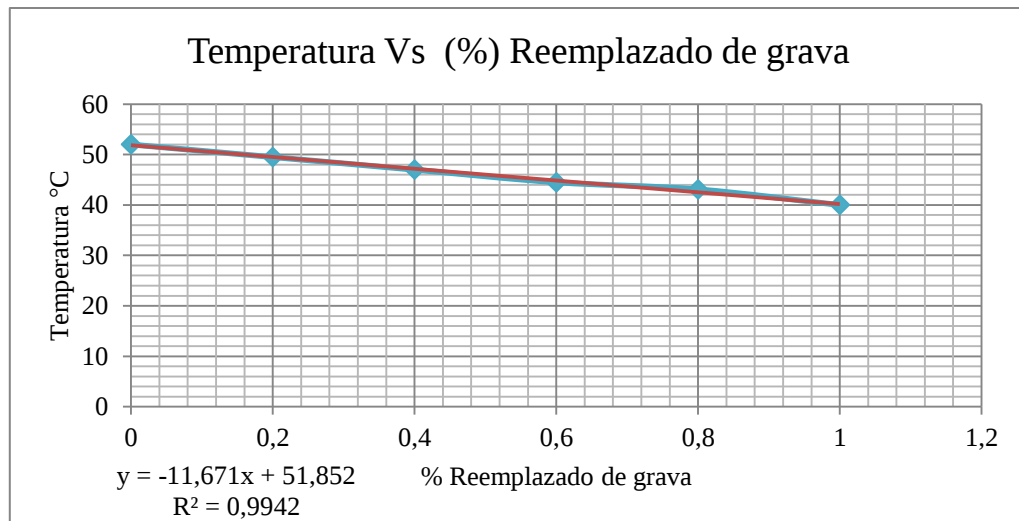
Cuadro 4.8. Variación de la propiedad térmica en función del reemplazo de grava para 7.5cm de espesor

Fuente: Elaboración propia

Propiedad térmica del hormigón aligerado para un espesor de 15cm						
Descripción	% Reemplazado de grava en volumen					
	0	20%	40%	60%	80%	100%
Temperatura °C	52	49,5	47	44,5	43,1	40,0
Reducción parcial (%)	0	4,8	9,6	14,4	17,1	23,1

Cuadro 4.9. Propiedad térmica del hormigón aligerado para 15cm de espesor

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 4.10. Variación de la propiedad térmica en función del reemplazo de grava para 15cm de espesor

Fuente: Elaboración propia

- ✓ La propiedad acústica del hormigón aligerado aumenta a medida que se reemplaza la grava por corcho, esto se puede constatar golpeando las probetas patrón y las aligeradas y como resultado dio que el hormigón aligerado expande menos el sonido que el hormigón patrón.

5. CAMPO DE APLICACIÓN DE HORMIGÓN ALIGERADO

Este hormigón aligerado tiene utilización en la parte ornamental a continuación se mencionarán algunas de las utilidades más frecuentes:

5.1. Contrapisos en las edificaciones

Los contrapisos son una capa de relleno homogénea que transmite las cargas del piso al terreno para evitar fisuras o hundimientos en estos revestimientos. También es aprovechado sobre entrepisos para nivelar, o sobre cubiertas para generar pendientes que permitan que el agua se escurra. A su vez se aprovechan para alojar distintas cañerías de importancia del edificio y que deben quedar ocultas y/o protegidas.

Es utilizado en contrapisos sobre losas y azoteas.



Figura 5.1. Construcción de una obra civil

Fuente: Elaboración propia

La colocación de contrapisos de hormigón alivianado es una decisión que la Dirección de Obra debe considerar en situaciones en que se requiere no sobrecargar una estructura, o bien cuando se necesita aumentar la aislación térmica o acústica entre ambientes.

Se trata de contrapisos que se emplean tanto sobre losas y azoteas. Se alivia reemplazando el agregado grueso por corcho o granulado, en las proporciones que se vean convenientes aligerar el hormigón, para reducir el peso del mismo sobre losas y azoteas.

El espesor total de la mezcla de contrapiso es de 6 cm, el cual será realizado de una sola vez o en dos etapas dependiendo de la elección del tipo de piso que se va a colocar.

5.1.1. Contrapiso sobre losas

El contrapiso de hormigón aligerado se lo coloca en baños ubicados sobre losa para cubrir las instalaciones sanitarias que se realizan, y para dar pendientes en los ambientes que se requieran.



Figura 5.2. Rellenado de hormigón aligerado, sobre losa para dar pendiente

Fuente: Elaboración propia

Para pisos fijados con mortero

Se vaciarán dos capas de contrapiso:

La primera capa de contrapiso será vaciada con mezcla de hormigón aligerado a base de corcho en la proporción que se desee, con un espesor de por lo menos 4 cm.

La segunda capa será vaciada al momento de colocar el piso con una mezcla de mortero y tendrá un espesor de 2 cm.



Figura 5.3. Mosaicos fijados con mortero

Fuente: Elaboración propia

Para pisos fijados con pegamento

Se vaciará una sola capa de contrapiso:

La capa de contrapiso será vaciada con mezcla de hormigón aligerado a base de corcho en la proporción de corcho que se desee, con un espesor de 5 cm.



Figura 5.4. Piso cerámico fijado con pegamento especial

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Contrapiso en azoteas

En caso de contrapisos con pendiente en azoteas, se deberá tomar como espesor mínimo 5 cm (mínimo constructivo) en la boca de desagüe, y trabajar con pendientes mínimas de 1cm por metro, así eludir el desprendimiento entre el hormigón que corresponde a la parte estructural (capa de compresión de la losa), y el contrapiso de hormigón aligerado que no es estructural, sólo forma parte del sistema de capas que se coloca en la azotea para impermeabilizar y darle un aislamiento térmico al último piso de una edificación.



Figura 5.5. Fajas que dan la pendiente a la azotea

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.6. Azotea rellenada con hormigón aligerado

Fuente: Elaboración propia

5.2. Muros de hormigón aligerado

El muro de hormigón aligerado con corcho se lo utiliza como separador de ambientes, estos muros tienen distintas dimensiones que van de acuerdo a la necesidad del usuario, estos muros son muy similares a los hormigones celulares si se aligera con granulado de corcho, estos muros no trabajan de forma estructural sino que están dedicados a la parte ornamental. Por este motivo los muros tendrán espesores 7-10cm, las piezas de hormigón que conforman el muro deberán tener una altura mayor de 28cm



Figura 5.7. Muro de hormigón aligerado como separador de ambientes

Fuente: Elaboración propia

5.3. Botaguas de hormigón aligerado

Primero se debe colocar una parrilla de acero de $\varnothing 6$ c/25 cm, para luego vaciar el hormigón de resistencia elegida. Con la ayuda de un frotacho se deberá dar la pendiente necesaria al botaguas.

Al momento de vaciar el hormigón aligerado se debe prever la ubicación un corta-aguas a 10 cm del muro, colocando una tubería de $\frac{1}{2}$ " apoyada al encofrado, para que una vez que sea desencofrado sirva de barrera a las aguas de lluvia y evite que éstas ensucien las paredes.

Una vez construido el botaguas, se procederá al revocado del mismo. La parte interior del bota aguas debe ser revocada con yeso y la parte exterior será revocada con cemento.

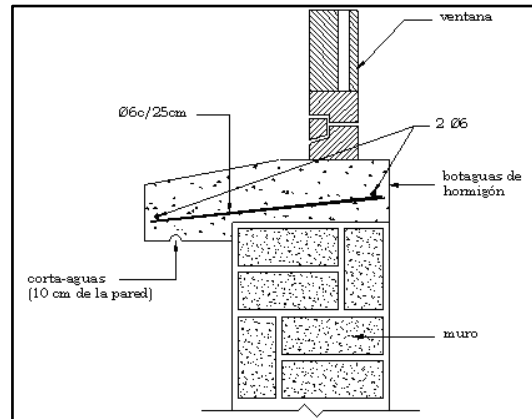


Figura 5.8. Botaguas de hormigón aligerado

Fuente: Elaboración propia

5.4. Mesones de cocina

Los mesones hechos de hormigón aligerado a base de corcho se pueden realizar en obra o pueden ser prefabricados y revestidos con la textura que se desee.



Figura 5.9. Mesón de cocina prefabricado

Fuente: Elaboración propia

Los mesones tienen que ir de apoyo a los lados de cada uno de los artefactos, especialmente a ambos lados de la cocina y el lavaplatos, siendo necesario también a un solo lado de la heladera. Asimismo nos pueden servir de desayunadores y

divisiones entre áreas. La altura ideal de los mesones es de 90 centímetros, aunque antiguamente eran de 85. Pero en los últimos años las personas tienden a ser más altas.

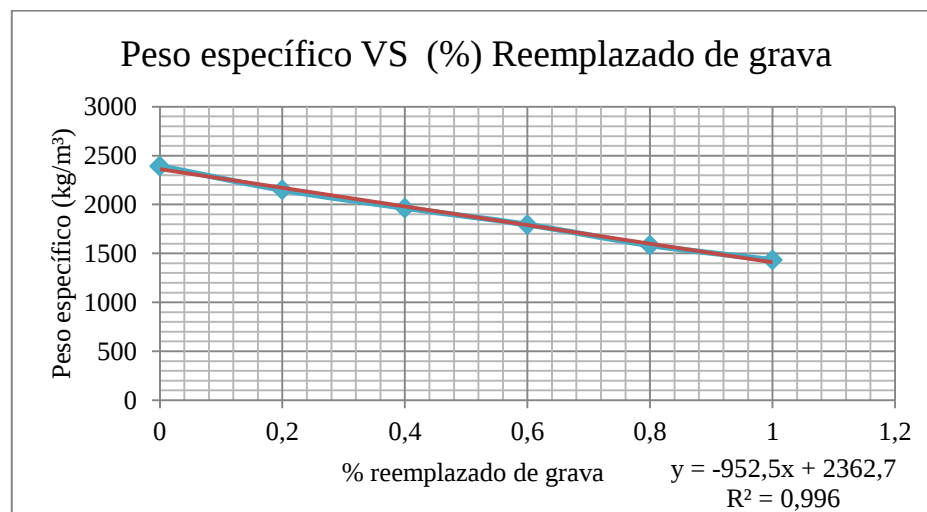
Además estos mesones tendrán como armadura mínima longitudinal de $\varnothing 10$ c/15 cm y armadura mínima transversal $\varnothing 6$ c/25cm en el caso que el mesón tenga dos apoyos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las siguientes conclusiones del presente estudio.

- ✓ Se obtuvo el peso específico del hormigón aligerado a base de corcho para distintos porcentajes de reemplazo de grava por corcho, el peso específico es muy importante ya que nos permitirá adoptar las cargas permanentes de diseño menores sobre losas y azoteas en las edificaciones, sin duda este hormigón aligerado ayudará para reducir las secciones de diseño y cuantías de acero tanto en losas y vigas, etc. debido a que las cargas permanentes sobre losas y azoteas será menor.

Ecuación calibrada para determinar el peso específico en función de grava reemplazada.

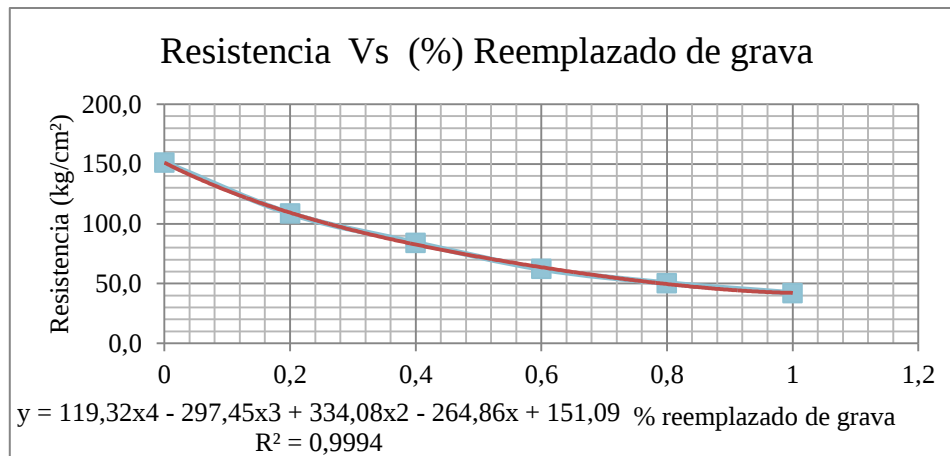


Cuadro 6.1. Peso específico VS (%) Reemplazado de grava

Fuente: Elaboración propia

- ✓ La resistencia a compresión del hormigón aligerado varía en función del reemplazo de grava, por lo tanto podemos decir que la resistencia a la compresión es proporcional al reemplazo de grava por corcho por que ha medida que se reemplaza la grava, la resistencia a compresión disminuye.

Gráfica calibrada de la relación de resistencia Vs reemplazo de grava



Cuadro 6.2. Resistencia Vs (%) Reemplazado de grava

A partir de esta ecuación calibrada se podrá determinar la resistencia en función del reemplazo de grava que se realice al hormigón patrón, cabe mencionar que el hormigón patrón tiene una resistencia de diseño de 150 kg/cm².

- ✓ Se determinó el porcentaje de agua que puede absorber el hormigón aligerado a base de corcho, esta propiedad es importante para saber en cuanto aumenta el peso de este hormigón aligerado en contacto con el agua por que si este porcentaje de absorción es muy grande esto ocasionará sobre cargas en las edificaciones.

Absorción para diferentes porcentajes de reemplazo de grava	
Descripción	Absorción
hormigón patrón	4,01
hormigón al 20%	4,38
hormigón al 40%	4,69
hormigón al 60%	4,92
hormigón al 80%	5,17
hormigón al 100%	5,51

Cuadro 6.3. Absorción para diferentes % de reemplazo de grava

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro 6.3, el porcentaje máximo de absorción para el hormigón aligerado a base de corcho con respecto al hormigón patrón es de 1.5%, esto es favorable para el uso de este hormigón aligerado en contacto con el agua.

- ✓ se estableció que a mayor reemplazo de grava por corcho la propiedad térmica del hormigón aligerado aumenta con relación al hormigón patrón como se puede apreciar en los cuadros 6.4.-6.5. que se muestran a continuación.

Propiedad térmica del hormigón aligerado para un espesor de 7,5cm						
Descripción	% Reemplazado de grava en volumen					
	0	20%	40%	60%	80%	100%
Temperatura °C	70	68	65,6	63	60	56,0
Reducción parcial (%)	0	2,9	6,3	10,0	14,3	20,0

Cuadro 6.4. Comportamiento de la propiedad térmica para un espesor de 7.5cm

Fuente: Elaboración propia

Propiedad térmica del hormigón aligerado para un espesor de 15cm						
Descripción	% Reemplazado de grava en volumen					
	0	20%	40%	60%	80%	100%
Temperatura °C	52	49,5	47	44,5	43,1	40,0
Reducción parcial (%)	0	4,8	9,6	14,4	17,1	23,1

Cuadro 6.5. Comportamiento de la Propiedad térmica para un espesor de 15cm

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Con referencia a las hipótesis de primer grado planteadas podemos decir lo siguiente:

La primera hipótesis que se planteo es que el corcho en mayor cantidad, genera en el hormigón disminuir considerablemente el peso del mismo, esta hipótesis se cumple como se puede observar en el capítulo IV en lo que es el peso específico del hormigón aligerado, por lo tanto se llega a la conclusión

que a mayor reemplazo de grava por corcho se logra disminuir el peso de manera considerable.

La segunda hipótesis que se planteo es que el corcho en mayor cantidad, genera en el hormigón disminuir considerablemente el peso del mismo y reduce su resistencia mecánica a la compresión, esta hipótesis se cumple como se observa en el capítulo IV en lo que es la resistencia mecánica a compresión del hormigón aligerado, se llego a la conclusión que a mayor reemplazo de grava por corcho la resistencia mecánica a compresión disminuye considerablemente.

- ✓ Con referencia a la hipótesis de segundo grado planteada podemos decir lo siguiente:

La hipótesis que se planteo es que el corcho en mayor cantidad genera en el hormigón más absorción de agua, esta hipótesis se cumple como se puede observar en el capítulo IV, a medida que se realiza el reemplazo de grava por corcho la absorción es mayor.

A continuación se presentan las siguientes recomendaciones del presente estudio.

- ✓ Al momento de realizar el preparado de la pasta de hormigón con reemplazo de grava por corcho se debe utilizar una máquina mezcladora para que la pasta sea homogénea, por que si no se efectúa con una máquina mezcladora se obtendrá una pasta no homogénea lo cual originara que el hormigón tenga partes menos resistentes que otras.
- ✓ Cuando se efectuó la pasta de hormigón aligerado a base de corcho se debe de realizar el ensayo de cono de Abrams, para verificar que la pasta tenga un asentamiento menor 8 cm, por que ha medida que la pasta es más fluida, el corcho al ser un material liviano tiende a flotar y esto ocasionará que todo el corcho que se encuentre en la pasta tienda a subir hacia la superficie y esto no permitirá lograr una textura adecuada y no se consigan los mejores resultados.

- ✓ En el caso en caso de que se realice pastas de hormigón aligerado con asentamientos mayores de 8 cm en el cono de Abrams, se deberá aplicar en la superficie del hormigón aligerado una capa de mortero de 1cm de espesor a las 2 horas de vertido del mismo, para lograr una textura uniforme en la superficie, este mortero deberá tener una dosificación de 1:5 o 1:4.