



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de
cobre en el distrito Independencia, Ancash, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Antaurco Vega, David Jhony (ORCID: 0000-0003-0513-5468)

ASESOR:

Mg. Marín Cubas, Percy (ORCID: 0000-0001-5232-2499)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Huaraz – Perú

2019

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a todas las personas que me ayudaron y me dieron el ánimo para no darme por vencido y seguir desarrollando la tesis, muy especialmente a mi mamá Nicéfora Vega Pedroso quien nunca dejó de creer en mí, a mi tío Mateo Vega Pedroso quien me apoyo económicamente y emocionalmente, a mi otro tío Saúl Vega Pedroso, quien me dio sabios consejos para el desarrollo de la investigación, y por sobre todo a mi querido hermano Maelo Antaurco Vega quien es mi motivo para seguir adelante y alcanzar todas mis metas.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a mi madre quien me dio el privilegio de la vida y el estudio, gracias a ella puedo decir que logre lo primordial que es una carrera académica, me enseñó valorar cada aspecto de mi vida, y sobre todo nunca me dio la espalda, también agradezco a mis tíos y abuelos, quienes tuvieron la paciencia de criarme y educarme, por último, a mi hermano menor quien me ayudo a moldear mi carácter y mi paciencia.

Agradezco también a mis asesores de tesis el Mg. Pedro Monja Ruiz, y a mi mentor y amigo el Ing. Percy Marin Cubas quien me apoyó desde ciclos básicos y me aconsejó para realizar este proyecto de investigación

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Antaurco Vega David Jhony identificado con DNI: 74066041 de la escuela profesional de ingeniería civil, declaro que el tema de este trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, no se utilizado ideas, formulaciones, citas integrales o ilustraciones diversas sacadas de cualquier otra tesis, obra, artículo, memoria, etc. Sin mencionar de forma clara o exacta su origen o autor tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas y otros que tengan derecho de autor

En este sentido, soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, son objeto de sanciones universitarias y/o legales.

Huaraz, de 08 diciembre de 2019



Antaurco Vega David Jhony

DNI: 74066041

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Índice.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	11
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	11
2.2. Operacionalización de variable.....	12
2.3. Población, muestra y muestreo.....	14
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	16
2.5. Procedimiento:.....	17
2.6. Método y análisis de datos.....	30
2.7. Aspectos éticos.....	30
III. RESULTADOS:.....	31
IV. DISCUSIÓN.....	43
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS.....	52

RESUMEN

El propósito de la siguiente investigación es poder conocer el efecto de la escoria de cobre en la mezcla de concreto permeable, para ello se optó por hacer la mezcla de concreto permeable con un 10% de agregado fino y la sustitución del agregado fino por la escoria de cobre, esta sustitución se realizó en 3 aspectos, en un 25%, 50% y 100% del total del agregado fino.

Esta investigación tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión de cada una de las mezclas proporcionalmente diseñadas, se realizaron un total de 36 probetas, las cuales son 9 probetas de una mezcla patrón, 9 probetas de una mezcla con el 25% de sustitución por la escoria de cobre, 9 probetas de una mezcla de sustitución de 50% de escoria de cobre, 9 probetas de una mezcla de sustitución de 100% de escoria de cobre.

La investigación es aplicada y explicativa, es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental, la muestra fue las 26 probetas ya mencionadas, la técnica utilizada fue la observación y como instrumento de registro de datos se contó con una guía de observaciones y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales, y todos los datos fueron procesados por el programa Excel.

El diseño de mezcla para el concreto permeable cuyo $f'c$ propuesto es de 175 kg/cm², con 20% de vacíos, mejoro parcialmente las propiedades del mismo, la resistencia se compro a los 28 días del curado de las probetas, esto nos da un resultado apropiado cuando las mezclas con un 50% y 100% aumentan su resistencia en un 0.70% y 2.93% respectivamente, y la mezcla de 25% disminuye un 4.10% de su resistencia, concluyendo que el óptimo porcentaje de sustitución para el agregado fino es de 100% en la mezcla de concepto permeable y de igual manera en la capacidad de drenaje, todas las muestras se encuentran en el margen de 0.14 a 1.22 cm/s establecido por ACI 522R-10

Palabras claves: concreto permeable, escoria de acero, diseño de mezcla.

ABSTRACT

The purpose of the following investigation is to be able to know the effect of the copper slag in the permeable concrete mixture, for this reason it is decided to make the mixture of permeable concrete with 10% fine aggregate and the substitution of the fine aggregate with the slag of copper, this substitution was made in 3 aspects, in 25%, 50% and 100% of the total fine aggregate.

This research aims to determine the compressive strength of each of the proportionally analyzed mixtures, a total of 36 probes can be analyzed, which are 9 probes of a standard mixture, 9 probes of a mixture with 25% of copper slag replacement, 9 probes of a 50% copper slag replacement mixture, 9 probes of a 100% copper slag replacement mixture.

The research is applied and explanatory, it is of quantitative approach and experimental design, the sample of the 26 probes already identified, the technique used will be the observation and as a data recording instrument there was an observation guide and laboratory data sheets of soil mechanics and materials testing, and all data were processed by the Excel program.

The design of the mixture for the permeable concrete whose proposed $f'c$ is 175 kg / cm², with 20% of voids, specifically improved the properties of the same, the resistance s bought after 28 days of the curing of the specimens, this gives us gives an appropriate result when mixtures with 50% and 100% increase their resistance by 0.70% and 2.93% respectively, and the mixture of 25% process 4.10% of their resistance, concluding that the percentage of substitution for fine aggregate It is 100% in the permeable concept mixture and in the same way in the drainage capacity, all samples are in the range of 0.14 to 1.22 cm / s established by ACI 522R-

Keywords: permeable concrete, steel slag, mixing design

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ser humano está acostumbrado a formar parte de lugares extremadamente poblados, es por eso que realizan sus viviendas en los sectores donde todavía no realizan un saneamiento correspondiente, esto no permite un debido orden para realizar la urbanización de estos sectores.

De esta forma se crean nuevas localidades, pueblos, caseríos o barrios, pero estas están en un desorden urbanístico, la cual queremos mejorar realizando planos catastrales y según esos planos pavimentar las calles según lo requiera.

Los habitantes de estas nuevas localidades o sectores poblacionales tienen la necesidad de realizar el pavimentado correspondiente a las pistas y veredas de su sector, cuando pensamos en realizar una obra de pavimento lo primero que se piensa realizar es un pavimento rígido o pavimento asfáltico, es por esto que ha inducido que cada vez tengamos una disminución de sitios permeables en nuestro hábitat limitando el curso del agua lo cual abastece los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

El planeta tierra está sufriendo unos escasos de agua terrible, por cada ciudad realizada se pierde un porcentaje de agua, y si esta pérdida de agua no es controlada no podremos realizar un plan de contingencia a esta situación, más del 97% del líquido en la tierra tiene mucha concentración de sal. Dos terceras partes del líquido dulce están retenida en glaciaciones y mantos de hielo en los polos. De lo que queda, la mayor parte está aprehendida en el piso o en acuíferos subterráneos.

En el Perú el agua poco a poco se está transformando en un recurso escaso debido a los diferentes factores ambientales y causados por el hombre como la deforestación, el mal goce del agua y fenómeno del calentamiento global. Se puede predecir que en el 2030 el Perú comenzará a lamentar verdaderamente los estragos respecto a la escasez de agua.

En la localidad de Huaraz e independencia, departamento de Ancash, la carencia de agua aún no toma tanta importancia, debido a que la ciudad de Huaraz e independencia es abundante en agua dulce, esto gracias a sus nevados, lagunas y ríos, a medida que va creciendo la ciudad también se está perdiendo las áreas verdes, esto implica que el calentamiento que emite el sol es cada vez mayor. Y se pierdan los acuíferos de la zona.

Por otro lado, se observa que, en el distrito de independencia, provincia de Huaraz departamento de Áncash las aguas pluviales no han tenido un correcto desfogue, esto se debe a que el sistema de redes de alcantarillado está mal diseñado o no tienen una correcta captación de estas aguas.

Mediante este proyecto de investigación se busca poder contribuir con alguna solución ya sea usando el concreto permeable con aditivo plastificante y escoria de cobre, con esta nueva tecnología de construcción podremos tener una mejora en el drenaje de las aguas pluviales, teniendo en cuenta que estas aguas pluviales pueden ser reutilizables a favor de nuestra conveniencia, este sistema de concreto tiene muchos fines ya sea para las áreas verdes, en campos de fútbol y pistas de tránsito liviano.

Es por ello que este trabajo de investigación llevara a cabo el diseño de concreto permeable, la cual brindara un gran aporte a la carrera de Ingeniería Civil y al distrito de independencia la cual sufre con problemas de inundaciones en pistas transitadas por vehículos livianos.

Considerando antecedentes se recurre a investigaciones desarrolladas en relación a la variable del presente estudio referido al diseño de mezcla de concreto permeable.

Chaiña y Villanueva (2017), realizaron la siguiente investigación “Diseño de concreto permeable, para pavimentos rígidos, utilizando piedra huso 67 y arena gruesa de la cantera la poderosa, para la ciudad de Arequipa” cuyo objetivo del estudio es corroborar de acuerdo a diversos patrones de mezcla con el fin de contrastar productos finales y usar el óptimo en pavimento rígido, esta investigación presenta resultados de ensayos que se realizaron en un laboratorio de la carrera de ingeniería civil de su Universidad Católica de Santa María, en la facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente, cuya escuela profesional es de Ingeniería civil, para este propósito se elaboró 18 diseños de mezcla con la aplicación de los ingredientes como es el cemento portland tipo I, una porción de agua potable, también los agregados de la cantera la poderosa de la ciudad de Arequipa, también se usó aditivos de la empresa cuya marca es Sika Viscocrete 1110 y Euco Neoplast 8500 Hp, se concluyó que los patrones de mezcla efectuados y preparados en el laboratorio, muestran caracteres esenciales y necesarias para un concreto de tipo permeable, asimismo se encontró que los atributos hidráulicos y mecánicos pertenecen al patrón PP18-E. Con una Resistencia a la Compresión de $f'c = 334 \text{ kg/cm}^2$. Resistencia

a la Tracción Indirecta $f'_c = 49 \text{ kg/cm}^2$. Resistencia a la Flexión $f'_c = 48.8 \text{ kg/cm}^2$. Resistencia al Desgaste de 22.61 % y una permeabilidad de 3.82 mm/s.

Del mismo modo, Díaz (2017), realizó el siguiente trabajo de investigación “Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca”, este trabajo de investigación sostiene como objetivo diseñar una combinación de hormigón con permeabilidad para adecuarla al tránsito en la ciudad de Cajamarca, para ello utilizó aditivo y adición de fibra de polipropileno para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 . el sistema de la investigación se dividió en tres sucesiones, siendo el primero el diseño del hormigón con permeabilidad haciendo uso el aditivo tipo plástico; en segundo término se incorporó al diseño escogido en la primera etapa la fibra de polipropileno y por terminar en la tercera etapa se elaboró probetas con el diseño de mezcla optimo seleccionado, de manera que en total se elaboraron 132 testigos de concreto permeable, cuyo diseño de mezcla tiene que ser según las normas del ACI 211.3R-02 y ACI 522.R-10. el resultado final de la mezcla a los 28 días presento 22.35 Mpa (227.78 kg/cm^2) con desviación estándar 6.29 kg/cm^2 y coeficiente de variación 2.76% y a flexión 4.34 MPa (44.21 kg/cm^2) con desviación estándar 1.39 kg/cm^2 y coeficiente de variación 3.14 %. El peso unitario fue 192.24 MPa (1959.62 kg/m^3) y el módulo de elasticidad 17345.17 MPa ($176811.07 \text{ kg/cm}^2$). La medida del factor permeable fue 0.27 cm/seg, presentando una porosidad de 17.36%. Al final, se infirió que el diseño del patrón, satisface los parámetros estructurales (resistencia a la flexo-compresión) y atributos permeables útiles para posicionar en el tránsito de la ciudad de Cajamarca.

Asimismo, Quispe y Ticona (2017), en su investigación de “El alcance que tiene la añadidura de fibras de polipropileno en las propiedades del concreto permeable $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con agregado grueso artificial y natural” para comenzar la variable que se consideraron son las fibras de polipropileno, el contenido de vacío, resistencia a la compresión, permeabilidad y el deterioro de erosión e impacto e impacto. Para comenzar se realizaron 7 opciones de diseño de mezcla, para ello se tuvo que realizar 42 probetas por cada uno de los diseños, teniendo un total de 294 especímenes de probetas, por lo tanto, los resultados evidencian que los tamaños óptimos para la agregación de fibra de polipropileno son en 10, 25, 40 y 55 % respecto al peso del cemento es el huso 7, de manera que la resistencia máxima obtenida con el agregado

grueso artificial es de 216.77 kg/cm² con adherencia del 40% de fibras de polipropileno, de otra forma, con el material grueso de procedencia natural obtuvo un alcance resistente de 229.11 kg/cm² concluyendo que este último presenta mayores propiedades según el árido grueso que se usó, y concluyendo que al proporcionar las fibras de polipropileno optimiza los caracteres físico-mecánicos del hormigón.

Loyola (2017), realizó la presente investigación “Propuesta de un Pavimento de Concreto Permeable $F'c = 210$ kg/cm² para la Prolongación Malecón Grau en el Pueblo Joven Florida Baja y Pueblo Joven Florida Alta, Chimbote – 2017” esta investigación se efectuó con la meta de efectuar un nuevo modelo de pavimento de hormigón que manifiesta la permeabilidad y el paso de líquidos por su interior, y de esta forma evitar la saturación de agua en la parte superficial de la vía, esta investigación se desarrolló en la prolongación Malecón Grau del Pueblo Joven Florida Baja y Florida Alta, del distrito de Chimbote, por lo tanto esta investigación es no experimental – descriptiva debido a que no se modificó la variable y tampoco hubo manipulación de resultados, para lo cual se tuvo que efectuar la recolección de información mediante parámetros establecidos en la NTP, de esta manera nos permite recaudar los resultados, para terminar se estudiaron los efectos y se estableció si es adecuado que el diseño de concreto permeable para pavimentos rígidos.

Ramírez, (2017), realizó la investigación “Resistencia de concreto permeable $f'c = 175$ kg/cm² con adición de 10%, 15% y 20% de agregado fino – Huaraz”, el estudio está enfocado en conocer la resistencia a la compresión del hormigón permeable con el complemento del agregado fino al 10%, 15% y 20% para su elaboración, teniendo en cuenta que el estudio se realizó en la ciudad de Huaraz, distrito y provincia de Huaraz 2017, a si mismo se utilizó los agregados que pertenecen a la cantera de Tacllan y con el cemento portland tipo I, con la finalidad de saber si el concreto permeable es capaz de llegar a una resistencia de $F'c = 175$ kg/cm² y comparar la resistencia haciendo uso de testigos para ser ensayados en el campo de ingeniería civil, dentro de la investigación se determinó las propiedades físicas de los agregados gruesos y se hizo el ensayo granulométrico al agregado fino, siguiendo los lineamientos de la norma del ACI 522-R10, anotando que la razón del agua y el cemento es de 0.40, para un 15% de adición de agregado fino, de igual manera para el de 20%, y el contenido de vacíos es de un 20 %, en su totalidad se elaborara 36 probetas: 9 con un 0% de patrón, otros 9 con un 10%, 9

más con un 15% y por último 9 con 20 %, concluyendo que Con el concreto experimental utilizando adición de 20% de agregado fino se llega a obtener la resistencia requerida 141.91kg/cm^2 , posee una permeabilidad aceptable 5.701mm/s y un contenido de vacíos de 15.15% que sobrepasa el límite mínimo requerido de 15% de vacíos; siendo la más crítica

Luck y Medina, (2018), realizó la investigación “Diseño de concreto permeable para la conservación vial del pavimento en la avenida Agustín Gamarra, Huaraz, Ancash – 2018” para comenzar el estudio se realizó con el propósito de encontrar una combinación de concreto con permeabilidad, lo cual tiene como meta esencial posibilitar el paso del agua por el interior de sí misma, de esta manera previniendo la inundación superficial de la vía, el lugar de investigación es la avenida Agustín Gamarra ubicado en la ciudad de Huaraz, la forma de investigación es de tipo correlacional, debido a la evaluación de dos variables, teniendo en cuenta los protocolos de la norma peruana, permitiendo registrar y detallar los resultados, concluyendo que el diseño de concreto permeable para la conservación del pavimento de la Avenida Agustín Gamarra influye positivamente gracias a sus propiedades de permeabilidad, por la forma eficiente de evacuación del agua; y disminuye costos de mantenimiento periódico para un tiempo de vida útil de 20 años, ya que con su utilización se ahorra un costo de mantenimiento del 10.75% con respecto al costo total de un pavimento rígido convencional.

Teniendo en cuenta lo mencionado, cabe mencionar conceptos básicos referidos al tema de investigación, de esta manera es importante conocer definiciones que permitan comprender la presente investigación.

El concreto es una aplicación en conjunto de cemento, de agregados finos y/o gruesos, de porcentajes prácticos de agua y en ciertos casos, se emplean aditivos para darle propiedades especiales a la mezcla. También se le considera al concreto, como el material esencial de la industria de la construcción, esta apreciación viene regulada por las necesidades de una localidad que busca satisfacerse mediante proyectos en las que más del 80% siempre se utiliza este preciado elemento. (Hewlett y Liska, 2019, p.251).

El concreto permeable consiste en un diseño especial de mezcla que permite que, al fraguar, su estructura permita el paso del agua y la desemboque en alguna obra de arte destinada a este fin. Esto puede producirse al incentivar la cantidad de espacios vacíos

en la mezcla, tratando en lo posible de no usar agregado fino. Es importante resaltar que este tipo de concreto no puede aplicarse en entornos de movimiento pesado, ya que los poros reducen considerablemente su resistencia a cargas y normalmente se utilizan para pasos peatonales, zonas de inundación o lluvia que regularmente se ven comprometidas a un mantenimiento por estas causas. (Kia, Wong y Cheeseman, 2017, p.221).

El diseño de mezcla se puede definir como la aglomeración en cantidades controladas de los elementos que conforman el concreto. Al mencionar que son cantidades controladas, se hace referencia a que los porcentajes de participación de cada elemento se ve calculada por diferentes métodos de análisis. Asimismo, se debe tener muy en cuenta los ensayos normativos de laboratorio que permiten adecuar los elementos dentro de un manejo óptimo y contrastando los resultados con los parámetros de la normatividad vigente. (Ghasemi, 2017, p.60).

El cemento se considera un recurso de origen mineral altamente útil por características adhesivas a otros minerales como los agregados y características cohesivas que permite generar elementos de alta dureza. Sus propiedades se ven mucho más reforzadas con hidrataciones constantes, incluso permanecen óptimas al sumergirlas completamente. (Gomá, 1979, p.14).

Al mezclar el cemento con agregados comunes, se puede obtener la mezcla del concreto y aunque las variedades de marcas ahora inundan la industria, todas se basan en el cemento portland, la cual posee dureza y resistencia capaz de realizar proyectos nunca antes soñados por el hombre. (Hewlett y Liska, 2019, p.146).

El Cemento Portland de acuerdo a la norma técnica peruana (NTP 334.009), se trata de la pulverización de una mezcla mineralógica de silicatos de calcio hidráulicos denominada Clinker, asimismo, se le añade algunos elementos basados en sulfatos de calcio dentro de su preparación. (INACAL, 2016, p.02).

También se considera que es el resultado final de una combinación química en polvo de elementos minerales. Su uso principalmente parte de adicionarle agua y algunas cantidades controladas de áridos para formar una pasta verdosa llamada concreto, que al ser hidratado y vaya endureciendo con el tiempo, éste alcanza propiedades físicas muy

altas a diferencia de otros tipos de cemento como el de origen puzolánico. (Sarabia, 1977, p.8).

Debido a su concurrente relación con elementos constructivos convencionales, este tipo de cemento es el más utilizado y buscado, se impone como un recurso de gran calidad que se aplica a estructuras de desencofrado acelerado, en trabajos que requieren refuerzo metálico, en la producción de ladrillos, adoquines y comúnmente también, bloques de concreto. (Hewlett y Liska, 2019, p.31).

El agregado grueso es un árido producido naturalmente o artificialmente que, al analizar granulométricamente, no traspasa el tamiz N°4 (4.75mm). Entre ejemplos más comunes tenemos la grava, minerales triturados y también, escoria o residuos de hierro provenientes de actividades metalúrgicas. (Ministerio de Vivienda, 2009, p.30) Tiene una participación esencialmente en el diseño de mezcla ya que, en el producto final, puede ocupar tres cuartas partes del volumen total, adicionalmente se le debe hacer estudios de asimilación de agua para no interferir con el adecuado desempeño del cemento, de esta forma sólo cumple con la función de ocupar espacio y adicionar estabilidad a la estructura que se plantee. (Ferreira et al, 2016, p.175).

El agregado fino según el reglamento nacional de edificación (Norma E-060) especifica que son todos los minerales que traspasan el tamiz 4.75mm (N°4). Las cuales provienen del deterioro de las rocas de manera natural o artificial, siendo la primera la causa más común. (Ministerio de Vivienda, 2009, p.30).

Su manejo tiene un aspecto más delicado debido a que puede modificar el comportamiento de la mezcla completa. Por un lado, ayuda a eliminar la aspereza del hormigón, por otro lado, el concreto genera una gran consistencia a mayor presencia de agregado fino, pero también demanda más recurso hídrico, y esto provoca que se aplique más dosis de cemento para mantener la relación de agua cemento. (Ferreira et al, 2016, p.177).

El agua es un recurso que se comporta satisfactoriamente en condiciones adecuadas, siendo el agua potable el que mejor trabaja y acentúa las propiedades de la mezcla, aunque de acuerdo al alcance de un proyecto y su entorno, es posible trabajar con agua

no potable, siempre y cuando se tomen las medidas mínimas de calidad que usualmente es el conocimiento práctico de algún técnico profesional. (Beamonte et al, 2004, p.358).

Para poder utilizar agua no potable en un vertido de mezcla, se considera que ésta debe estar libre de sustancias, elementos químicos nocivos o perjudiciales tanto para el acero de refuerzo, así como de las propiedades del concreto. De igual manera, se debe inspeccionar adecuadamente la fuente que se utilizará para extraer el recurso hídrico. Es necesario tener un determinado control del agua no potable analizándolo en comparativa con el concreto en el que se use agua potable. (M. Rahman, A. Rahman, Haque y A. Rahman, 2019, p.211).

La escoria de cobre, son elementos residuales poco tratables de la industria metalúrgica que se relaciona con la producción del cobre dentro del proceso de refinación de este mismo metal. Antes de pasar a la fusión y posteriormente a la etapa de flotación, estos minerales son la concentración básica de minerales sulfurados de cobre a las que se van extrayendo la mata a través de medios piro metalúrgicos. (Mithun y Narasimhan, 2016, p.837).

La composición química de la escoria de cobre parte del proceso de producción del cobre, las sustancias se parten en dos aspectos: la mata rica en cobre y la sustancia residual o escoria, esta última tiene diferentes propiedades físicas o químicas que se limita a la de los elementos empleados. Es una mezcla de óxidos aglomerados en el abastecimiento del horno y de óxidos de hierro que actúan indirectamente dentro de las actividades piro metalúrgicas. (Sarfo, Das, Wyss y Young, 2017, p.273).

La escoria de cobre en la construcción propuso que el tratado de este elemento resulta muy útil desde hace unas décadas en el ámbito internacional, ya que normalmente se la usaba para estabilización de asfaltos, para la fabricación y producción de ladrillos refractarios. Al menos en América se la utiliza como base granular para vías, y como agregado adicional para la preparación de concreto. (Edwin, Schepper, Gruyaert y Belie, 2016, p.31).

Para el análisis económico del uso de la escoria de cobre, puede ser usada como reemplazo en ciertos porcentajes, de los agregados necesarios para el concreto. En este caso, hay impacto significativo entre la adquisición de recursos convencionales como el

cemento y los agregados, así como del reúso de desechos que fácilmente se adaptan al nuevo entorno de trabajo; el ahorro económico es sustancial y bajo los lineamientos del reglamento vigente, no se altera la calidad de los trabajos. (Dos Anjos, Costa y Andrade, 2017, p.608).

El Peso Unitario de Agregados (Ensayo), es el procedimiento mediante el cual se analiza la masa de una muestra de agregado que ocupa un volumen patrón (molde) y se la divide entre la magnitud de este espacio. Pero cabe resaltar que, para conocer su participación dentro del hormigón, se analizará un peso unitario suelto; mientras que para conocer su volumen de apilado frente a cargas de tránsito se analizará el peso unitario compactado. (Moon y Ku, 2016, p.01).

El Contenido de Humedad (Ensayo), es el manejo de una muestra tal que se permita inspeccionar el porcentaje proveniente de la relación entre el peso del agua dentro del espécimen, sobre el peso de las partículas que pertenecen a la misma muestra. (Cao, Chen, Cai, Gu y Wang, 2017, p.02).

En el Peso Específico (Ensayo), este apartado hace referencia al tratado de una muestra de suelo para obtener la relación entre la masa expuesta de un volumen de muestra a temperatura normalizada, sobre la masa de aquel mismo espacio ocupada por agua a una temperatura establecida. (Václavík [et al], 2016, p.77).

El Análisis Granulométrico, es una aproximación a las características de una muestra de suelo que nos permite conocer el tamaño de las partículas que la conforman, lo cual facilita identificar la permeabilidad del suelo y entre otras propiedades útiles para la aplicación de la mecánica de suelos completa. El dato conocido como módulo de fineza es un indicador que establece la clasificación de los elementos pétreos que presenta la muestra. (Pye y Blott, 2004, p.19).

El ensayo de Compresión, es un procedimiento en el que unas probetas se someten a cargas de compresión para conocer su capacidad de resistencia. Estas probetas son especímenes provenientes de un diseño de mezcla en específico o proporcionado por el investigador. (Vergara, Rubio y Lorenzo, 2017, p.04).

Por lo anterior ya mencionado se plantea el siguiente problema de indagación: ¿Cuál es la resistencia a la compresión de un diseño de concreto permeable usando escoria de cobre en el distrito de Independencia, Ancash, 2019?

El mejoramiento de la infraestructura vial es un grave problema en la ciudad de Independencia ya que están en constante deterioro por motivo de las permanentes lluvias, ya que se evidencia estos destrozos en las pistas principales de la ciudad, esto genera un atraso en la ingeniería y en el desarrollo de la ciudad de independencia.

He aquí el motivo de esta investigación, el beneficio que brindara en la ciudad de independencia es un óptimo sistema de drenaje de las aguas pluviales, para que así estas aguas tengan un debido desfogue o tratamiento, y de la misma manera poder optimizar la circulación de vehículos y peatones en el distrito de Independencia.

Así mismo poder brindar una mejora a nuestro ecosistema, no dejando que las aguas pluviales se empocen y se cree agua estancada, ya que esta agua es dañina tanto para el medio ambiente como para el ser humano, también lograr un área que sea agradable a la vista.

Esta investigación aportará un amplio conocimiento a la carrera de ingeniería civil, asimismo será una guía para los estudiantes de la facultad de ing. Civil, en consecuencia, el presente estudio considera como propósito un mejor acondicionamiento para la sociedad, con la cual poder mejorar las actividades comunes de los pobladores de nuestra ciudad.

Teniendo en claro cuál es la justificación de esta investigación se plantea la siguiente hipótesis, La escoria de cobre contribuye con la mejora del diseño de concreto permeable en el distrito de Independencia - Ancash, 2019.

Por todo lo mencionado se considera como objetivo general, determinar el diseño de concreto permeable usando escoria de cobre en el distrito de Independencia – Ancash, 2019. Por consiguiente, se formularon los objetivos específicos los cuales son: determinar el análisis granulométrico respecto a los agregados que serán utilizados en el diseño de mezcla del concreto permeable, analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable y por último determinar un óptimo diseño de mezcla para un concreto permeable con adición de escoria de cobre.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Kerlinger y Howard (2002), señala que generalmente se conoce como diseño de investigación a la planeación y estructuración de una pesquisa. Es el enfoque y esquema de un estudio concebidos para alcanzar soluciones a los problemas de un estudio. El diseño de investigación muestra la adecuada manera de tratar un problema y adecuarla en un esquema que se alinea a una experimentación y de compilación y tratado de información.

El diseño del presente estudio es experimental, ya que se tendrá que realizar ensayos de probetas para poder definir cuanto de resistencia tendrá el concreto permeable y si este cumple con los estándares de la norma técnica peruana, para lo cual se hará uso del siguiente esquema:

$G_e: \quad \quad \quad O_{y_1} \quad X \quad O_{y_2}$

Dónde:

G_e : Grupo experimental

O_{y_1} : Pre test respecto a la variable concreto permeable.

O_{y_2} : Post test respecto a la variable concreto permeable

X : Variable: Escoria de Concreto

2.2. Operacionalización de variable

Tabla N° 1. Operacionalización de variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
ESCORIA DE COBRE	<p>Mithun y Narasimhan (2016), la escoria de cobre, son elementos residuales poco tratables de la industria metalúrgica que se relaciona con la producción del cobre dentro del proceso de refinación de este mismo metal.</p> <p>Antes de pasar a la fusión y posteriormente a la etapa de flotación, estos minerales son la concentración básica de minerales sulfurados de cobre a las que se van extrayendo la mata a través de medios piro metalúrgicos.</p>	Diámetro de escoria de cobre	Todo lo que pasa de la malla N° 4	razón
		Porcentaje de sustitución del agregado fino	25%, 50%, 100%	razón
		Reducción de costos	Mínimo – 15% Máximo-20%	razón

Tabla N° 2. Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
CONCRETO PERMEABLE	Kia, Wong y Cheeseman (2017), el concreto permeable consiste en un diseño especial de mezcla que permite que, al fraguar, su estructura permita el paso del agua y la desemboque en alguna obra de arte destinada a este fin.	Porosidad	Dependerá del porcentaje de agua que contenga el diseño de mezcla.	razón
		Propiedades físicas	Una de las propiedades físicas más importantes es la trabajabilidad que tiene el concreto en estado fresco.	razón
		Resistencia en estado endurecido	$F'c = 175 - 210$ kg/cm ²	razón
		Relación Agua/cemento	0.40 – 0.50	razón

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

López (2004), es la agrupación o parte de una población o universo, la cual llevara a cabo la investigación, la población o universo puede ser designado por personas, registros médicos, animales, los nacimientos, las muestras de laboratorio, testigos, los accidentes viales, entre otros.

Otzen y Manterola (2017), mencionan que es la agrupación completa de elementos, medidas u objetos que tienen propiedades similares entre sí, en el transcurso de una investigación se debe de tener en cuenta, la cual debe presentar la selección de población bajo el estudio, la cual debe presentar homogeneidad, tiempo, cantidad y espacio, estos tres indicadores son los fundamentales para poder identificar de manera adecuada la población a investigar.

Por tal motivo se tomará como la población de esta investigación a las probetas de diseño de concreto permeable con escoria de cobre, las cuales estarán agrupadas en 3 distintas clases o composiciones, utilizando escoria al 25%, 50% y 100 % de todo el agregado fino utilizado para la mezcla de concreto permeable.

- En la mezcla de 25% de escoria de cobre se realizarán 3 testigos o probetas para poder realizar los ensayos correspondientes
- En la mezcla de 50% de escoria de cobre se realizarán 3 testigos o probetas para poder realizar los ensayos correspondientes
- En la mezcla de 100% de escoria de cobre se realizarán 3 testigos o probetas para poder realizar los ensayos correspondientes
- Se realizará también 3 probetas para la mezcla matriz.

Por lo tanto, en su totalidad se realizarán 12 probetas para poder realizar los ensayos correspondientes y poder determinar el objetivo de esta investigación, así mismo podremos obtener los resultados por cada uno de los ensayos realizados.

2.3.2. La muestra

Ventura (2017), argumenta que es una parte escogida de la población a la cual se le aplica el estudio, la muestra tiene procedimientos para poder escoger una cantidad correspondiente de la población, se puede usar formulas, lógica y otros, en síntesis, la muestra se considera una porción simbólica del universo de estudio.

Arias, Villasís y Novales (2016), comenta que es un conjunto representativo de la población, como se debe hay diferentes tipos de muestra, y para poder seleccionar un tipo de muestra correspondiente dependa de la calidad y cuan representativo sea el estudio de la población, estas pueden presentarse de manera aleatoria, es decir, dependerá cuando cada miembro tenga las mismas oportunidades por lo que seleccionará al azar; por otro lado se tiene de manera estratificada, la cual se dividirá en grupos dependiendo de la variable que se tiene para la cual se tendrá que designar una población distinta y por ultimo; de manera sistemática la cual surge cuando se establece un patrón en la muestra la cual se designan en porcentajes para la población.

Debido a que la población no es muy extensa, en este trabajo de investigación se tomará como muestra la totalidad de la población, la cual sería 5 probetas de 25%, 5 probetas de 50% y 5 probetas de 100%, del total de la mezcla de concreto permeable con escoria de cobre, la que en su totalidad serán 15 probetas de prueba para los respectivos ensayos

2.3.3. Muestreo

Neal (2003), argumenta que el método utilizado para destacar la muestra de la población total, es el conjunto de reglas, procedimiento y criterios que son necesarios para poder seleccionar una muestra de elementos de una población representativa.

El diseño de la muestra es muy importante porque permite que el estudio se pueda realizar en un menor tiempo, la investigación pueda obtener menos gastos, también puede profundizarse en el análisis de las variables, y permite tener el control de las variables a estudiar

Marshall (1996), menciona que el muestreo es indispensable para la investigación ya que en algunos aspectos es casi imposible entrevistar a cada uno de los miembros de

la población, debido a que los recursos de tiempo y esfuerzo son escasos, lo que se realiza es una serie de actividades o formatos para poder conseguir una muestra exacta y necesaria para que esta sea representativa a la población.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnica

La técnica de recolección de datos se refiere al uso de una gran amplitud y diversidad de técnicas y herramientas, estas pueden ser utilizadas con el fin de desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser las entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujos y el diccionario de datos.

Todos estos instrumentos pueden ser aplicados en un momento en particular, con el fin de buscar información que sea útil para una investigación, estas herramientas de investigación son las causales para que nuestros estudios tengan una información previa durante y después de cada análisis.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación hará uso de la técnica de la observación la cual será comprobada mediante los procesos de experimentación al elaborar las probetas, así como fichas comparativas para el análisis de los datos.

2.4.2. Instrumento

El instrumento empleado para dicho trabajo de investigación será la ficha de registro de base de datos y las fichas comparativas.

- **Fichas de registro de datos** – es el instrumento que permite el registro e identificación de las fuentes de información, así mismo permite la recolección de datos y evidencias, esta presenta diferentes funciones como son, facilitar el registro de información, organizar y clasificar los diferentes datos y evidencias de manera eficiente. (Soldevilla, Bermejo y Martínez, 1996, p.57).
- **Ficha comparativa** – esta herramienta nos sirve para poder comparar las diferentes mezclas que realizaremos en nuestro proyecto de investigación, debido a que tendremos 15 muestras para comparar aremos el uso de esta técnica de observación para poder relacionar y obtener información para el resultado. (Angulo, 2019).

2.4.3. Validez y confiabilidad

Prieto y Delgado (2010), la validez de un instrumento consiste en que pueda medir o autenticar una observación, para eso emplea algunos procedimientos que son preguntas a grupos conocidos, también está comprobar el comportamiento, y por último esta contrastar datos previos, para comprobar la validez es necesario poder saber los rasgos o características de lo que se desea estudiar a esto se le denomina variable criterio.

Para que nuestra herramienta pueda ser confiable y validada tendremos la aprobación de 3 ingenieros civiles colegiados expertos en el tema, ya sea en el aspecto de los ensayos o en la recolección de los datos, tendremos que mediante su firma cerciorarse y validar las herramientas que en este caso serían a las fichas de registro de datos y la ficha de comparación.

2.5. Procedimiento:

Contenido de humedad:

Equipos utilizados:

Balanza con presión a 0.1% del peso de la muestra ensayada, taras, horno a 105 +/- 5 °c, espátula.

Descripción del proceso:

Primero se cuartea el material para tomar una muestra representativa, se toma un peso aproximado, para cada agregado se tomó una muestra de agregado grueso, fino y escoria de cobre se tomó una cantidad diferente, 300 g, 700 g y 900 g, respectivamente.

Luego se coloca en embaces previamente pesados, estos son llamados taras, se registra el peso del material más la tara en estado “húmedo” y se lleva al horno por 24 horas, pasado este tiempo se espera que el material enfrié, por último, se pesa el material seco, Se emplea la siguiente formula: $W = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso seco del suelo}} \times 100$.

Las siguientes tablas muestra los datos obtenidos del contenido de humedad, (**anexo N^o5, tabla N^o1**)

Peso específico y absorción de los agregados finos:

Es considerado como el método de ensayo de gravedad o densidad relativa, esta nos ayuda a determinar la densidad promedio en una cantidad de partículas del agregado (De la Cruz, 2011).

Equipos a utilizar:

Balanza, bandejas, cocina electrónica, molde cónico, horno de 105+5C^a, picnómetro o matraz aforado.

Descripción del proceso

Se selecciona una muestra asegurándose que el material pase por la malla N^o 4, se pesa todo el material seleccionado, a continuación, se sumerge en agua por un periodo de 24 horas, esto es para asegurarse su saturación.

Una vez saturado totalmente el material, se decanta cuidadosamente el agua, y comienza el proceso de secado, este proceso es diferente para tipo de agregado, para el agregado fino se pone el material en un recipiente metálico y es llevado a la cocina eléctrica, de esta manera se empieza a secar, se tiene que mover el agregado para que el secado sea homogéneo y constante.

Por siguiente se toma el material y se rellena en el cono cuidadosamente y se apisona dejando soltar sin mayor fuerza, con 25 golpes sobre la superficie, se retira el cono y se verifica el primer desmonte, lo cual este indicara el estado saturado superficialmente seco (S.S.S) de nuestra muestra.

Se toma el material obtenido en el proceso anterior y se introduce lentamente en el picnómetro, el picnómetro deberá pesarse antes de que la muestra sea introducida, luego se le llena de agua hasta un 90% dependiendo su capacidad, y luego se le quita todo el aire atrapado, para esto se tuvo que llevar a la cocina eléctrica, girando y sacudiendo el picnómetro las burbujas de aire se van retirando.

Finalmente, el picnómetro se llena de agua en su totalidad, este se pesa y luego se retira cuidadosamente toda el agua y el agregado se traspasa a una tara, se coloca en el horno por 24 horas, por último, se pesa el material seco y se hacen los cálculos correspondientes:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{F}{B+A-D}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{S}{B+S-C}$$

$$\text{peso específico nominal} = \frac{A}{B+A-C}$$

$$\text{absorción} = \frac{S-A}{A} \times 100$$

F = peso seco de la muestra

B = peso del frasco

D = peso del frasco + agua + muestra

A = peso de la muestra saturada superficialmente seca

Los siguientes datos obtenidos se encuentran en (**anexo N°5, tabla N°4 y tabla N° 5**)

Peso específico y absorción de los agregados gruesos:

Equipos utilizados:

Franela absorbente, recipiente, balanza, dispositivo de Arquímedes

Procedimiento:

Primero se selecciona el material que se utilizara, un aproximado de 600 gramos, este material se debe de sumergir el agregado en agua durante 24 horas, retirar el agua y eliminar el agua existente en la superficie del agregado, para que de esta manera el

agregado este superficialmente seco, luego tamizar el material por la malla N^o4 para que de esta manera separe el agregado fino, pesar el material y la bandeja.

Luego introducir el material en el dispositivo de Arquímedes para poder determinar el peso del material suspendido en el agua, luego colocar el material en la bandeja y llevar al horno para que de esta manera pueda secar por completo el agregado, estará dentro del horno por 24 horas.

Después de retirar el material del horno esperar que enfrié y por último pesarlo, de esta forma se elabora el ensayo de peso específico y absorción, después de obtener los datos necesarios aplicamos la siguiente formulas,

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{D}{A-B}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S)} = \frac{A}{A-B}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{D}{D-B}$$

$$\text{Absorción} = \frac{A-D}{D} \times 100$$

A: peso de muestra (S.S.S). (gr)

B: peso en el agua de la muestra (gr)

D: peso al aire de la muestra seca después del horno. (gr).

Los siguientes datos obtenidos se encuentran en (**anexo N^o5, tabla N^o6**)

Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados

En este ensayo conoceremos el peso unitario de los agregados, ya sea en su forma compactada o suelta, y el cálculo de los huecos entre las partículas en una masa de agregado grueso. (Rodríguez, 2018).

Equipos a utilizar:

Una balanza, varilla compactadora, recipiente en forma de cubo, cuchara, agregados.

Descripción del proceso:

Para determinar el peso unitario tenemos dos procedimientos, los cuales son en un estado compactado y un estado suelto, para este procedimiento se tiene que seleccionar una cantidad del agregado y por consiguiente seleccionar la briqueta, en este caso se utilizó una briqueta de 15 x 30 cm, se determina su peso y sus dimensiones para que de este modo tengamos el volumen de la briqueta.

Para determinar el peso unitario compactado por apisonamiento se colocó el agregado en tres capas de igual volumen, por cada capa se realizó 25 golpes de la varilla, sin que la varilla altere capas inferiores, esta no debe de llegar a la base en ningún momento, las 3 capas mencionadas deben de llenar el embace y con la varilla se enrasa el material y se pesa el molde más el agregado.

Para determinar el peso unitario suelto el procedimiento es similar, solo varia en que no se utilizara la varilla al momento de apisonar, en este caso solo se deja caer la muestra de una forma uniforme, de una altura no mayor a 2'', se deja caer con cuidado con una herramienta llamada cuchara, por último, se enrasa y se pesa como el caso anterior.

Para el cálculo de vacíos en el agregado se utilizó el dato de peso específico aparente, el cual fue hallado en el ensayo de peso específico y absorción.

Los siguientes datos obtenidos se encuentran en (**anexo N°5, tabla N°7 hasta la tabla N° 14**)

Granulometría del agregado fino

Equipos a utilizar:

Balanza con aproximación al 0.1% del peso del material ensayado, tamices normalizados (N^a4, N^a8, N^a16, N^a30, N^a50, N^a100, N^a200, base y tapa), horno de 105+/-5C^a

Objetivo del ensayo:

Tiene como objetivo poder determinar la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados, este ensayo se emplea tanto al agregado fino como al grueso, separando por tamices los tamaños de cada partícula. (Gabriels y Lobo, 2011, p. 37).

Descripción del proceso:

Primero se tiene que separar la muestra para este ensayo, esta es obtenida mediante el método del cuarteo, según la norma INV E-202, estos agregados que se utilizaran deberán de estar bien mezclados para que de esta manera no se pueda perder los finos.

La muestra obtenida se pone a secar en el horno por 24 horas, si se desea obtener resultados rápidos no es necesario llevar al horno el agregado grueso, por lo que el contenido de humedad es proporcional a sus partículas de mayor tamaño.

La muestra para el agregado fino deberá ser una masa mínima a 300g y para la muestra del agregado grueso se deberá tomar toda la masa que resulto en el cuarteo.

Para realizar el ensayo se ordenan los tamices de forma decrecientemente, ubicados uno encima de otro, luego se le agregara una porción de la muestra para que de esta manera se pueda ir tamizando, se le ira agregando porciones significativas mediante se agiten los tamices, luego de terminal los procesos de tamizado se separaran cada uno de los tamices cuidadosamente, el material retenido en cada uno de ellos es cuidadosamente retirado y luego separado en un recipiente propiamente pesado, se pesa el material y se apunta la cantidad de gramos que conserva.

A si de esta manera se realiza por cada uno de los tamices que utilizamos para el ensayo, todos los datos obtenidos se digitan en un cuadro ordenado por el número de

tamices utilizados, para que de esta manera se pueda graficar la curva de granulométrica.

El siguiente cuadro representa los datos obtenidos en el ensayo granulométrico. Y la representación de la curva granulométrica.

Los siguientes datos obtenidos se encuentran en (**Anexo N^o15 hasta la tabla N^o 17, y la figura N^o 1, 2 y 3**)

Elaboración de las probetas.

Diseño de mezcla matriz: Una vez que ya se conocen las propiedades de cada uno de los componentes del concreto permeable se debe hacer una combinación debidamente en proporciones adecuadas, para que la mezcla de concreto pueda llegar a su resistencia propuesta, también se debe de tener en cuenta la permeabilidad para que pueda tener un comportamiento adecuado a las condiciones que están expuestas.

Para realizar el diseño de mezcla del concreto permeable utilizaremos el método del ACI, porque utilizaremos los cuadros obtenidos en ensayos realizados empíricamente en el laboratorio.

Debido a que nuestra mezcla es una mezcla no convencional, se tomara en cuenta la guía para la elaboración de proporciones para concretos con un slump cero, (Guide for selecting proportions for no-slump concrete, ACI211.3R) y el procedimiento de diseño que brinda el reporte en el concreto permeable. (Reporto on pervious concrete, ACI 522R-10), el cual brinda las consideraciones y tablas necesarias para la elaboración del diseño y el proporciona miento de materiales.

Normalidad:

ACI 211.3R-02, (Guía para la selección de proporciones para el concreto cero slump).

ACI 522R-10 (Reporte en concreto permeable)

Datos iniciales:

Materiales

Agregado grueso	:	pedra chancada de ½"
Agregado fino	:	arena fina
Cemento	:	sol portland tipo I
Agua	:	agua potable (universidad cesar vallejo – Huaraz)
Agregado adicional	:	escoria de cobre

Datos iniciales para el diseño de mezcla, estos datos son conseguidos debido a los ensayos antes mencionados. (**Tabla N° 18**)

También se deberá de tener los datos apropiados del cemento y agua que se utilizara, estos se encuentran en la tabla (**Tabla N°19**)

Criterios de diseño:

El porcentaje de agregado fino incluido a la mezcla será de un 10% del agregado grueso, se considera este porcentaje para poder obtener una resistencia optima, el nivel de compactación que tendrá será (ligeramente compactado), ya que se utilizará una varilla para la chuseada, se considera también porque nos permitirá tener mayor contenido de pasta para la mezcla.

Datos referenciales:

Paso 1: obtención del F^c referencial y porcentaje de vacíos. En nuestra muestra se tomará un porcentaje de vacíos de 20% debido a que se utilizará el agregado fino,

Luego de a ver tomado el porcentaje de vacíos, se puede suponer la resistencia a la compresión de acuerdo a la gráfica de la (**figura N° 4**), en este grafico podremos observar los valores de la resistencia a la compresión obtenida en los 28 días.

En la figura mencionada demuestran valores referenciales de resistencia a la compresión, por lo cual se tomará el valor que crea necesario para su mezcla de concreto permeable, en este caso se tomará un valor de 210 kg/cm²

Paso 2: elección de la relación agua cemento a/c.

En un concreto permeable los valores recomendados para una relación a/c se encuentran entre los intervalos de 0.35 – 0.45 (ACI 522R-10 y ACI 211.3R-02) esto asegura que la pasta formada recubra todo los áridos, uniéndolos de tal manera que no selle los poros y por consiguiente limite su permeabilidad. (Vélez, 2010, p.169)

Los valores altos de a/c pueden traer consecuencias, puede generar el colapso del sistema de poros que estos son los más importantes ya que ellos nos permiten que el concreto fabricado sea permeable. Para la variable de relación a/c se tomará un valor de 0.35, este valor es escogido para que de esta manera la pasta no tenga problemas con un alto contenido de agua, además tomando en cuenta por los resultados de investigaciones presentadas a referencia de la relación a/c.

Respuesta a la relación a/c: 0.35

Paso 3: cálculo de agua

(Volumen de pasta = volumen de cemento + volumen de agua)

Luego de a ver verificado la resistencia a la compresión referencial, se procede a calcular el volumen de pasta de acuerdo al (ACI 522R-10 y ACI 211.3R-02) en la cual a partir del contenido de vacíos podemos obtener el porcentaje de volumen de mezcla. En la (**Figura N^o 5**) se verá la relación que tienen estos componentes.

En el grafico se observa dos curvas, la cual representa el tipo de compactación que se tendrá que realizar durante la elaboración de probetas, para este caso se considera la curva de ligeramente compactada donde se incrementa el volumen de pasta,

De acuerdo al nivel de compactación aplicada y el porcentaje de vacíos se puede obtener el volumen de pasta, la cual nos resultara un 22.5

Nota: cuando el agregado fino es utilizado en la mezcla el volumen de pasta deberá de reducirse en 2% por cada 10% de agregado fino incorporado para un concreto bien compactado, y el 1% para un concreto ligeramente compactado, estas reducciones son necesarias para poder mantener el porcentaje de vacíos por volumen.

Debido a que nuestra muestra es ligeramente compactada se reducirá un 1% obteniendo así un porcentaje de pasta de 21.5%.

Teniendo en cuenta estos parámetros y los datos obtenidos se realizará la siguiente operación, para poder determinar la cantidad de agua y cemento que se utilizará para la mezcla

% de pasta: 21.5 %.

Teniendo la siguiente ecuación: $V_p = V_c + V_a$

Dónde:

V_p : volumen de pasta

V_c : volumen de cemento

V_a : volumen de agua

La ecuación puede expresarse como lo siguiente:

$$V_p = \frac{c}{P.E.c} + \frac{a}{P.E.a}$$

Dónde:

C : peso del concreto por m³ de mezcla

a : peso del agua por m³ de mezcla

$P.E.c$: peso específico del cemento

$P.E.a$: peso específico del agua

Teniendo en cuenta los valores considerados para el peso específico del cemento y el agua tenemos que son 3.11 y 1.00 respectivamente.

$$Vp = \frac{c}{3.11 \times 1000} + \frac{a}{1.00 \times 1000}$$

Remplazando con el volumen de pasta y relación de agua y cemento tenemos:

$$0.215 = \frac{c}{3.11 \times 1000} + \frac{0.35 \times a}{1.00 \times 1000}$$

Donde tenemos que:

Cemento:	320.16 kg
Agua:	112.10 kg

Ya teniendo los datos correspondientes a la relación a/c podremos determinar los volúmenes absolutos de la mezcla, para ello se realizó la (**Tabla N^a 20**)

Obteniendo los datos de los volúmenes absolutos de nuestra muestra, se realiza la corrección teniendo en cuenta el agregado fino en la mezcla, como ya antes mencionamos el agregado fino será un 10% del agregado grueso, reduciendo así el volumen del agregado grueso, en la siguiente tabla se realizará el cambio de agregados en un 10%. (**Tabla N^a 21**).

Luego de a ver calculado el 10% del agregado fino se hace el cálculo de volúmenes absolutos teniendo en cuenta el porcentaje de agregado fino y el nuevo valor el agregado grueso (**Tabla N^a 22**)

Para finalizar hacemos una corrección por humedad, esto dependerá de cada porcentaje de humedad de cada agregado de la mezcla de concreto permeable, en este caso solo se utilizará el agregado grueso y el fino, obteniendo los siguientes datos (**Tabla N^a 23**)

Diseño de mezcla agregando la escoria de cobre:

Para este diseño tomaremos la muestra matriz y sustituiremos al agregado fino por la escoria de cobre, la sustitución será en un 25%, 50% y 100% de todo el agregado fino, se realizará de esta manera debido a que el diseño de concreto

permeable no presenta mucho agregado fino en su composición, debido a que sus poros deben de mantener su capacidad de filtrar el agua.

Comenzamos con la sustitución de 25% del agregado fino, para esto se realizó el siguiente cuadro que presenta los datos propuestos. **(Tabla N^a 24).**

Después de realizar la sustitución del 25% del agregado fino por escoria de cobre procedemos a realizar el cuadro de valores absolutos, teniendo en cuenta el agregado de escoria de cobre sea incorporado este cuadro. **(Tabla N^a 25)**

De esta manera se corregirá los volúmenes para una sustitución de 50% y 100%, estos datos se encuentran en los cuadros de volúmenes absolutos corregidos. **(Tabla N^a 26, 27, 28 y 29)**

Ensayos en estado endurecido del concreto permeable:

La resistencia a la compresión:

Este ensayo se realiza básicamente para poder demostrar a cuanta fuerza de compresión puede estar sometida la probeta o briquetas, esta no debe de tener relación exclusivamente con la calidad del concreto, más bien debe de considerarse como una de las propiedades que el concreto permeable necesita para poder ser durable. (Ayuso, 2006, p. 91).

la resistencia a la compresión del concreto poroso no es una propiedad definida, ya que ay muchos factores que intervienen en su forma de composición, para este proceso se tomó en cuenta los parámetros ofrecidos por (ACI 522), la cual seguiremos basándonos en antecedentes previos a nuestra investigación, para la cual detallaremos el ensayo a compresión a continuación:

Equipos utilizados:

Moldes estándares de 6" (15.24 cm) de diámetro y 12 "de altura (30.48 cm) aproximadamente, collar para los moldes, varilla metálica para nivelar la superficie, martillo de proctor estándar, carretilla para la mezcla, pala para remover el concreto y una espátula.

Elaboración de los especímenes.

Para la elaboración de la mezcla se pesan los agregados y se colocan en la carretilla, luego a estos se le agrega agua y cemento, se procede a hacer la combinación de todos estos materiales hasta lograr una pasta uniforme, antes de tomar la muestra y realizar el moldeado se verifica que el molde no tenga abertura, no presente desniveles, este bien asegurado y limpio. Luego se toma la muestra de concreto y es vaciado al recipiente destinado, el vaciado se realiza en 3 capas, de 10 cm cada una, por cada capa que es introducida se realiza 25 “chuzeadas” estas son inserciones que se hacen para que la mezcla sea bien distribuida, y a la vez se realiza 10 golpes con el martillo de proctor, para que pueda dejar salir las burbujas de aire atrapados al interior de la mezcla.

Tener en cuenta que para la segunda y tercera capa la chuzada deberá ser introducida aproximadamente 1 pulgada para que de esta manera no realice modificación a la capa interna, y los golpes del martillo serán solo en la distancia de las demás capas.

Al terminar todo este procedimiento se señala o deja una marca con algo visible al molde para poder identificar qué tipo de composición de concreto es la probeta, después de ser señalizadas las probetas deberán de ser trasladadas a un lugar de almacenamiento.

Pasado las 24 horas se podrá retirar el molde para que así podamos tener la probeta ya lista, posteriormente el dato escrito en el molde de la probeta se tendrá que transcribir usando un corrector o un plumón indeleble sobre la probeta obtenida, de esta manera podremos diferenciar que tipo de mezcla y composición tiene nuestra probeta,

Inmediatamente después de haber sido desmontadas las probetas se tendrá que hacer el proceso de curado, para lo cual necesitamos recipientes donde podamos sumergir las probetas, estos recipientes tendrán que estar llenos de agua potable, una vez que tengamos las probetas sumergidas se tendrá que esperar los 7 días para su curación.

Terminando el proceso de curado las probetas están aptas para ser sometidas al ensayo de compresión, esta resistencia se evaluará a los 7, 14, y 28 días de su curado, para que de esta manera se pueda obtener los resultados requeridos para la investigación propuesta,

2.6. Método y análisis de datos

Mediante el presente trabajo de investigación se hará uso de la estadística inferencial de manera que se pueda comprobar la hipótesis presentada en la investigación, de esta manera se utilizarán cuadros de resultados de datos el cual evalúa el grado de mejoría de los objetivos planteados previamente, además se tendrán en los anexos tablas de resultados elaborados en hojas de cálculo para comprobar la hipótesis planteada.

2.7. Aspectos éticos

Las implicaciones éticas referidas a los trabajos de investigación deben ser ampliamente documentadas, es por ello que en el presente trabajo cuenta con el adecuado citado respecto a las normas ISO 690 y con la validez obtenida del software de originalidad denominado TURNITIN, el cual nos brinda el reporte de originalidad de la investigación presentada.

Para el análisis de datos las tablas realizadas serán verificadas por el encargado del laboratorio donde se hicieron las rupturas de probetas, de esta manera asegurando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

III. RESULTADOS:

Para poder hacer una correcta mezcla de concreto permeable se realizó la conversión de volúmenes a kilogramos, de esta manera podremos tener una cantidad exacta para realizar nuestra mezcla.

Para realizar estos cálculos se tiene que tener en cuenta todos los datos obtenidos en los ensayos previos realizados a los materiales que se usaran en la mezcla de concreto permeable, también el volumen del molde de la probeta, posteriormente se multiplicara por las cantidades que nos resultó en los pesos de cada material, habiendo hecho esa operación nos mostrara los resultados de cantidad para 1 probeta en kilogramos. (**Tabla N° 18, 30, 31, 32, 33**). Por lo tanto, la información obtenida de los ensayos es la siguiente:

Tabla N° 18: datos iniciales para el diseño de mezcla

Propiedad		Agregado Grueso	Agregado escoria	Agregado Fino	Und.
Tamaño Máximo Nominal	TMN	1/2"	mallas N10"	N° 4	
Peso Específico	Pe	1538.38	2541.05	2581.80	Kg/m ³
Peso específico SSS	Pe (sss)	1.55	2.64	2.62	Gr/cm ³
Peso unitario Suelto	Pus	1449.98	1743.96	1388.69	Kg/m ³
Peso unitario Compactado	Puc	1561.59	1827.41	1424.71	Kg/m ³
Absorción	a%	0.47	3.83	1.66	%
Contenido de Humedad	C.H. %	0.42	0.03	3.86	%

Con respecto al primer objetivo específico planteado el cual nos dice que pretende determinar el análisis granulométrico respecto a los agregados que serán utilizados en el diseño de mezcla del concreto permeable, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla N° 30: resultados para la mezcla matriz

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
CEMENTO	1.78	5.34
AG. FINO HÚMEDO	0.89	2.66
AG. GRUESO HÚMEDO	7.69	23.07
AGUA EFECTIVA	0.87	2.60

Tabla N° 31: Resultados para la mezcla adicionando escoria de cobre al 25%

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
Cemento	1.78	5.34
Ag. Fino húmedo	0.66	1.97
Ag. Grueso húmedo	7.69	23.07
Escoria de cobre	0.21	0.64
Agua efectiva	0.87	2.60

Tabla N° 32: resultados para la mezcla adicionando escoria de cobre al 50%

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
Cemento	1.78	5.34
ag. fino húmedo	0.44	1.32
ag. grueso húmedo	7.69	23.07
Escoria de cobre	0.43	1.28
agua efectiva	0.87	2.60

Tabla N° 33: Resultados para la mezcla adicionando escoria de cobre al 100%

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
Cemento	1.78	5.34
Ag. Fino Húmedo	0.00	0.00
Ag. Grueso Húmedo	7.69	23.07
Escoria de cobre	0.85	2.56
Agua efectiva	0.87	2.60

Para poder obtener datos para realizar una correcta mezcla de concreto permeable se tuvo que realizar el ensayo granulométrico de cada tipo de material que se utilizara para la mezcla, obteniendo así los siguientes resultados. (Tabla N° 15, 16, 17) y (Figura N° 1, 2, 3).

Tabla N° 15: ensayo granulométrico del agregado fino

Granulometría – agregado fino					
Tamices	Abertura	Peso	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
Astm	Mm	Retenido			
N° 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.38	294.00	20.78	20.78	79.22
N° 10	2.00	60.00	4.24	25.02	74.98
N° 16	1.19	210.00	14.84	39.86	60.14
N° 20	0.84	126.50	8.94	48.80	51.20
N° 30	0.59	167.00	11.80	60.60	39.40
N° 50	0.30	315.50	22.30	82.90	17.10
N° 100	0.15	141.00	9.96	92.86	7.14
N° 200	0.07	21.00	1.48	94.35	5.65
Base		80.00	5.65	100.00	0.00
Total		1415.00	100.00		
w. seco inicial			1445.00		
% pérdida			2.08		

Figura N° 1: curva granulométrica del agregado Fino

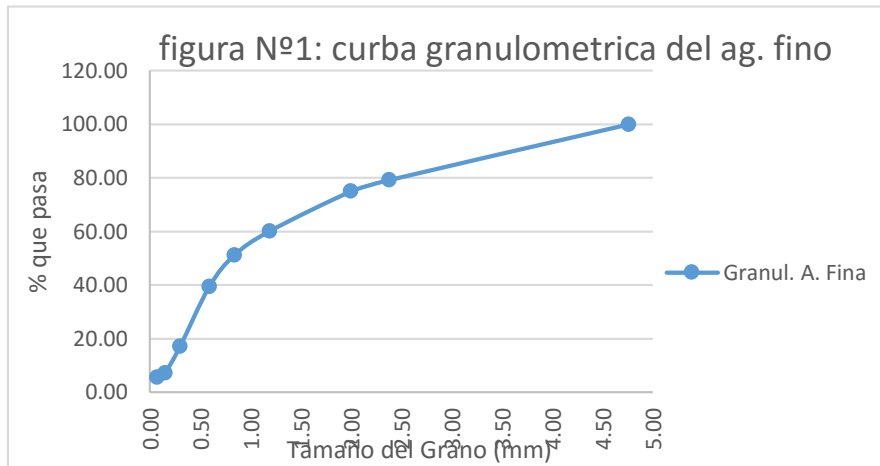


Tabla N° 16: ensayo granulométrico del agregado grueso

Granulometría – agregado grueso					
Tamices astm	Abertura Mm	Peso Retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3/4	19	392.1	7.83	7.83	92.17
1/2	12.5	2124.6	42.44	50.27	49.73
3/8	9.5	1571.5	31.39	81.66	18.34
1/4	6.25	916.6	18.31	99.96	0.04
base	0	1.8	0.04	100.00	0.00
Total		5006.60	100.00		
w. seco inicial		5050.00			
% pérdida		0.86			

Figura N° 2: curva granulométrica del agregado grueso

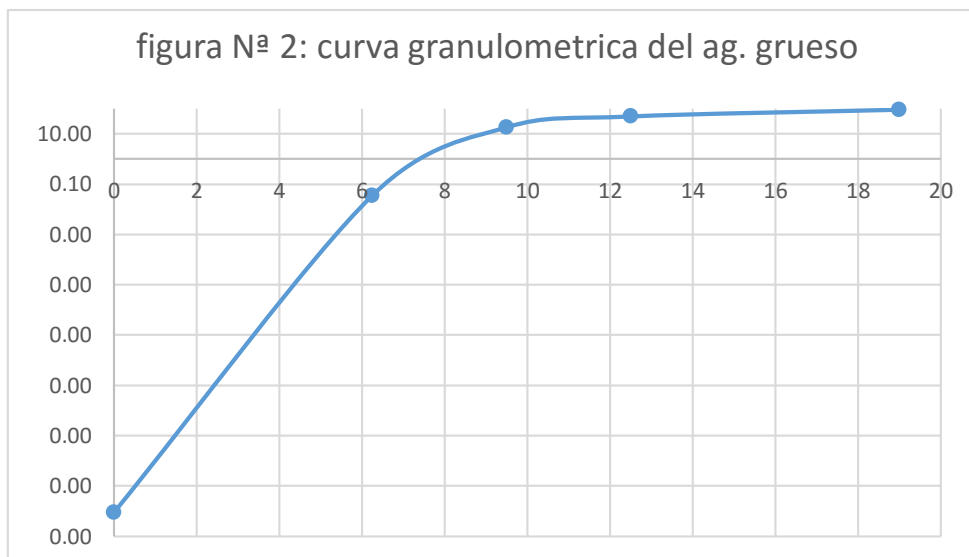
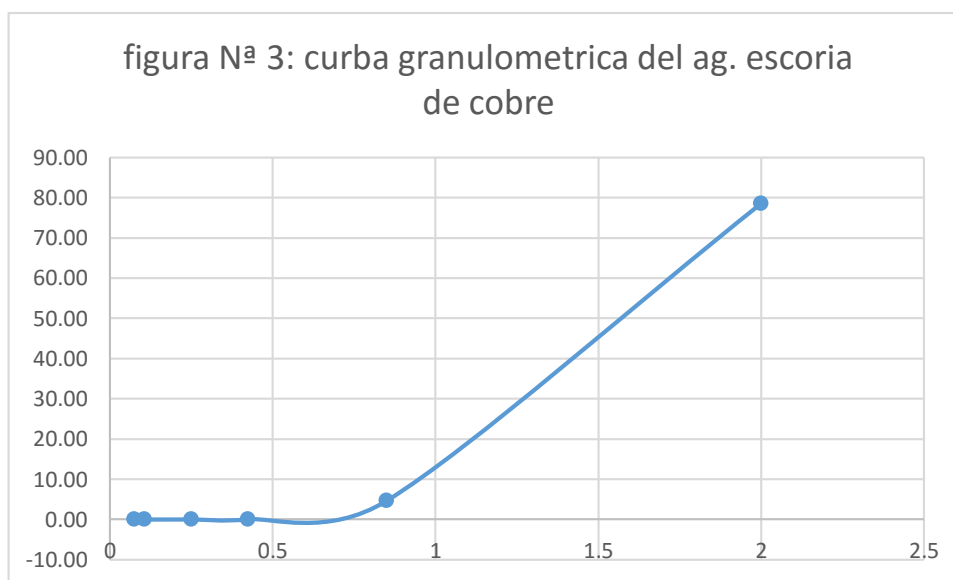


Tabla N°17: ensayo granulométrico del agregado escoria de cobre

Granulometría – agregado escoria cobre					
Tamices astm	Abertura mm	Peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
10	2	1067.8	21.37	0.00	78.63
20	0.85	3694.9	73.95	73.95	4.68
40	0.425	230.3	4.61	78.56	0.07
60	0.25	2.6	0.05	78.61	0.02
140	0.106	0.7	0.01	99.99	0.00
200	0.075	0.2	0.00	100.00	0.00
base	0	0.1	0.00		
Total		4996.60	100.00		
w. seco inical		5000.00			
% pérdida		0.07			

Figura N° 3: curva granulométrica del agregado escoria de cobre



Con respecto al segundo objetivo específico planteado el cual nos dice que pretende analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable, se realizarán las respectivas probetas para cada porcentaje de escoria de cobre, cada probeta en estado endurecido se someterá al ensayo de compresión, esto nos arroja unos resultados, la cual indica cual es la fuerza a la compresión que resiste nuestra mezcla, y podremos observar las propiedades mecánicas y físicas de nuestra mezcla, este resultado obtenido se transcribirá en un cuadro comparativo para saber cuál es un porcentaje óptimo para el uso de la escoria de cobre en la mezcla. **(Tabla N^a 34, 35, 36, 37)**

Por último, se elaboró un ensayo de permeabilidad, este ensayo fue elaborado empíricamente, la cual nos arroja unos datos y resultados, para que de esta manera poder saber más a detalle las propiedades físicas y mecánicas que tendrá nuestra mezcla, así mismo podremos deducir y calcular el porcentaje de permeabilidad que tendrá nuestro concreto permeable en estado endurecido, también la porosidad por la cual el agua filtrara y se liberara, de la misma manera que el ensayo de compresión, los datos recogidos en el ensayo de permeabilidad se traspasaran a un cuadro comparativo para poder saber qué tipo de mezcla es la más adecuada. **(Tabla N^o 38 y 39)**

Tabla N° 34: resultados del ensayo de compresión de la muestra patrón

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm2)	Resistencia de Diseño (Kg/cm2)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm2)	Promedio (Kg/cm2)
M1	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.65	44869.00	20352.24	115.18	113.57
M2	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.12	42158.00	19122.55	108.22	
M3	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.87	45698.00	20728.26	117.31	
M4	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.75	69575.00	31558.69	178.60	177.71
M5	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.90	68154.00	30914.13	174.95	
M6	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.60	69952.00	31729.69	179.57	
M7	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.45	86213.00	39105.56	221.31	223.62
M8	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.76	89597.00	40640.52	230.00	
M9	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.54	85524.00	38793.03	219.54	

Tabla N° 35: resultados del ensayo de compresión de la muestra con 25% de escoria

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra con 25% de escoria de cobre										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm ²)	Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
M10	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.65	42876.00	19448.23	110.06	115.07
M11	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.35	42176.00	19130.71	108.27	
M12	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.45	49432.00	22421.98	126.89	
M13	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.75	64765.00	29376.91	166.25	163.15
M14	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.05	63554.00	28827.61	163.14	
M15	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.51	62344.00	28278.76	160.04	
M16	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.45	94278.00	42763.78	242.01	237.45
M17	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.18	92384.00	41904.68	237.15	
M18	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.09	90834.00	41201.61	233.17	

Tabla N° 36: resultados del ensayo de compresión de la muestra con 50% de escoria

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra con 50% de escoria de cobre										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm ²)	Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
M19	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.34	46578.00	21127.43	119.57	121.72
M20	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.60	45897.00	20818.53	117.82	
M21	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.02	49774.00	22577.11	127.77	
M22	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.12	63464.00	28786.79	162.91	163.85
M23	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.34	64562.00	29284.83	165.73	
M24	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.67	63456.00	28783.16	162.89	
M25	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.08	94567.00	42894.87	242.76	245.47
M26	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.56	97854.00	44385.83	251.19	
M27	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.45	94452.00	42842.71	242.46	

Tabla N° 37: resultados del ensayo de compresión de la muestra con 100% de escoria

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra con 100% de escoria de cobre										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm2)	Resistencia de Diseño (Kg/cm2)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm2)	Promedio (Kg/cm2)
M28	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.56	41923.00	19015.95	107.62	108.60
M29	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.32	40435.00	18341.01	103.80	
M30	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.12	44554.00	20209.35	114.37	
M31	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.23	62643.00	28414.39	160.81	163.15
M32	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.45	63457.00	28783.61	162.90	
M33	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.67	64565.00	29286.19	165.74	
M34	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.67	96674.00	43850.59	248.16	249.20
M35	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.89	96785.00	43900.94	248.45	
M36	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.17	97773.00	44349.09	250.99	

Tabla N° 38 resultado del ensayo de permeabilidad tiempo de infiltración

RESULTADOS							
	muestras	PROBETA				agua (litros)	tiempo (seg)
		Diametro (cm)	Diam (m)	AREA (m2)	Altura (cm)		
muestra patron	M1	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	17.00
muestra patron	M2	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	19.00
100% escoria de cobre	M3	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	14.00
100% escoria de cobre	M4	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	15.00
50% escoria de cobre	M5	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	18.00
50% escoria de cobre	M6	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	16.00
25% escoria de cobre	M7	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	22.00
25% escoria de cobre	M8	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	21.00

Tabla N° 39 resultado del ensayo de permeabilidad coeficiente de permeabilidad

RESULTADOS											
	muestras	PROBETA			Long. De muestr. (cm)	agua (litros)	tiempo (seg)	Area de tuberia de carga (cm2)	h1	h2	K (cm/s)
		Diametro (cm)	Diam (m)	AREA (cm2)							
muestra patron	M1	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	17.00	70.88	60.00	30.00	0.61
muestra patron	M2	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	19.00	70.88	60.00	30.00	0.54
100% escoria de cobre	M3	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	14.00	70.88	60.00	30.00	0.74
100% escoria de cobre	M4	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	15.00	70.88	60.00	30.00	0.69
50% escoria de cobre	M5	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	18.00	70.88	60.00	30.00	0.57
50% escoria de cobre	M6	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	16.00	70.88	60.00	30.00	0.65
25% escoria de cobre	M7	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	22.00	70.88	60.00	30.00	0.47
25% escoria de cobre	M8	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	21.00	70.88	60.00	30.00	0.49

Y finalmente, se determinó un óptimo diseño de mezcla para un concreto permeable con adición de escoria de cobre, será la mezcla propuesta por el 100% de escoria de cobre sustituyendo al agregado fino, esta mezcla está compuesta por los siguientes componentes, la cual tendrá por unidad de medida el kilogramo (kg). (**Tabla N° 33**)

Tabla N° 33: Resultados para la mezcla adicionando escoria de cobre al 100%

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
Cemento	1.78	5.34
Ag. Fino Húmedo	0.00	0.00
Ag. Grueso Húmedo	7.69	23.07
Escoria de cobre	0.85	2.56
Agua efectiva	0.87	2.60

IV. DISCUSIÓN

Para este apartado del estudio, es adecuado hacer una discusión de resultados basándonos esencialmente en la triangulación de la información. Es decir, tomar los antecedentes, las teorías propuestas y nuestros resultados para poder comparar efectivamente lo que se logró obtener.

- Enfocándonos en el primer objetivo específico de este estudio: Determinar el análisis granulométrico respecto a los agregados que serán utilizados en el diseño de mezcla del concreto permeable. Identificamos la información contenida en las tablas N° 15, N° 16 y N° 17, en la que observamos los porcentajes pertenecientes al contenido de la muestra analizada, detallada según los tamices empleados. Estos resultados se complementan con lo que señalaron Chaiña y Villanueva (2017) en su estudio, donde indican que un patrón de mezcla correctamente dosificado muestra características aptas y adecuadas para un concreto permeable. Y según la definición de análisis granulométrico, por Pye y Blott (2004), esta tiene una aplicación muy útil ya que facilita identificar características permeables del agregado y establecer otros ensayos sugerentes tanto para una mecánica de suelos, como para el diseño de una mezcla. De esta manera podemos afirmar que el análisis granulométrico de nuestro estudio nos encamina favorablemente a conocer más las propiedades de los componentes de la mezcla antes de continuar con otros ensayos.
- Enfocándonos en el segundo objetivo específico de este estudio: Analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable, los resultados comprendidas en las tablas N°34, N°35, N°36, N°37, N°38 y N°39. Los cuales muestran la fuerza de compresión que resiste cada mezcla, asimismo sus propiedades mecánicas y físicas. De igual manera con los datos pertenecientes a ensayos de permeabilidad. Por su parte, Diaz (2017), señala que el diseño del patrón óptimo tiene que satisfacer parámetros estructurales (resistencia a la flexo-compresión) y atributos permeables útiles, tal como lo consideró en su estudio. De igual forma, la definición de concreto permeable, por Kia, Wong y Cheeseman (2017), encontramos que este tipo de concreto es muy útil para pasos peatonales, zonas de inundación o de lluvia, pero su resistencia a cargas se ve muy reducida por la presencia de poros. Es por ello que los datos obtenidos en los ensayos de este apartado, están orientados en conocer su

comportamiento frente a cargas, tratando en lo posible por mantener su esencia como material permeable.

- Enfocándonos en el tercer objetivo específico de este estudio: Determinar un óptimo diseño de mezcla para un concreto permeable con adición de escoria de cobre. Este desarrollo quedó definido en el diseño de mezcla que contiene datos en la tabla N°33, ya que sus ensayos posteriores de resistencia a cargas y permeabilidad presentan mejores condiciones que las otras propuestas. Sin embargo, Quispe y otros (2017), en su investigación trataron de alcanzar una fuerza de compresión de 210 kg/cm² sus resultados no fueron favorables, obteniendo con la mezcla patrón un total de 229.11 kg/cm² y con adherencia de fibra de polipropileno obtuvo 216.77 kg/cm², es decir su resultado disminuyó en un 5.70% de esfuerzo a la compresión. Ramírez (2017), nos dice que la permeabilidad aceptable es de 5%, y el porcentaje de vacíos es de 15.5% según su muestra, la cual nos dio favorable ya que nuestra permeabilidad resultó ser del 38.09 %, según la ley de Darcy. Teniendo en cuenta el porcentaje de vacíos un 20% de la mezcla. Concluyendo nosotros que la adherencia de escoria de cobre a la mezcla de concreto es mucho más significativa que la adherencia de fibra de polipropileno y que la escoria de cobre no solo pudo aumentar la resistencia a la compresión, sino que gracias a sus propiedades físicas pudo contribuir en la permeabilidad, ya que aumentó los vacíos generados en la mezcla.

V. CONCLUSIONES.

- Se determinó el análisis granulométrico respecto a los agregados que serán utilizados en el diseño de mezcla del concreto permeable. Tanto de los agregados finos y gruesos, como de la escoria de cobre propuesta en este estudio como material de aplicación. La información fue sintetizada en las tablas N°15, N°16 y N°17.
- Se analizó las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable, de donde obtuvimos las siguientes resistencias: Muestra Patrón (113.57 kg/cm² a los 7 días, 177.71 kg/cm² a los 14 días y 223.62 kg/cm² a los 28 días), Muestra con 25% de escoria (115.07 kg/cm² a los 7 días, 163.15 kg/cm² a los 14 días y 237.45 kg/cm² a los 28 días), Muestra con 50% de escoria (121.72 kg/cm² a los 7 días, 163.85 kg/cm² a los 14 días y 245.47 kg/cm² a los 28 días) y Muestra con 100% de escoria (108.60 kg/cm² a los 7 días, 163.15 kg/cm² a los 14 días y 249.20 kg/cm² a los 28 días). También se obtuvieron los coeficientes de permeabilidad, cuya información se encuentra sintetizada en la tabla N°39.
- Se determinó un óptimo diseño de mezcla para un concreto permeable con adición de escoria de cobre, la cual está comprendida por la muestra con el 100% de escoria de cobre que sustituye el agregado fino. Ya que su resistencia a la compresión promedio a los 28 días alcanzó los 249.20 kg/cm², a diferencia de las demás mezclas propuestas y coeficientes de permeabilidad de 0.74 y 0.69, indicando una mejor predisposición al paso de líquidos como el agua, en comparación a otras muestras. La dosificación aceptada tiene resumida su información en la tabla N°33.

La relación agua/cemento que optó nuestra mezcla de concreto permeable fue de 0.35 nos permitió que la mezcla logre ser manejable, y podamos tener una mejor trabajabilidad al momento de hacer el moldeado de las probetas.

VI. RECOMENDACIONES

Tener en consideración el adecuado manejo de los tamices para un óptimo análisis granulométrico de las muestras. Tratando en lo posible de dosificar cada cierto tiempo de tamizado, ya que el material fino acumulado al final, puede rebasar el contenedor sin percatarse a tiempo. Se debe ser cuidadoso con el empleo los tamices con abertura de malla más pequeña, ya que son susceptibles a rasgarse en caso utilizar las uñas para el tamizado con agua.

Para un buen diseño de mezcla se recomienda utilizar el criterio del método ACI211.3R-02 que es la guía para la elaboración de concreto con cero slump y 522R-10 que es la guía para el reporte del concreto permeable.

También se recomienda que para que el concreto sea permeable hacer uso solo de un 10% de agregado fino, ya que este reduce el porcentaje de vacíos y la porosidad de la mezcla, también se recomienda utilizar una superficie plana para la elaboración de la mezcla, o en todo caso, un trompo mezclador para que de esta manera la mezcla sea más uniforme y se pueda obtener mejores resultados.

Se recomienda, propagar estudios del tema y similares a la comunidad universitaria dentro de los cursos relacionados a análisis estructural, para que los ensayos de laboratorio ya no sean tan ajenos al conocimiento de los estudiantes y se hagan estudios más técnicos dentro del área.

Por último, se recomienda revisar más antecedentes que traten el presente tema para poder guiarse al momento de aplicar los ensayos y obtener resultados confiables para luego poder hacer una comparación y discusión de éstos.

REFERENCIAS

ANGULO, Ricardo. *Evaluación ex post mediante ficha comparativa de tres construcciones civiles de factores de riesgos físicos y mecánicos*. Tesis de Licenciatura. Guayaquil: ULVR, 2019.

ARIAS, Jesús, VILLASÍS, Miguel y NOVALES, María. *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. Revista Alergia México, vol. 63, no 2, p. 201-206. 2016. ISSN: 0002-5151

AYUSO, Antonio. *Resistencia característica a compresión de una fábrica de ladrillo en función de la resistencia de sus componentes: Comprobación experimental de expresiones analíticas de la normativa europea*. Materiales de construcción, no 283, p. 91-98. 2006. ISSN: 0465-2746

BEAMONTE, E., et al. *Un indicador global para la calidad del agua. Aplicación a las aguas superficiales de la Comunidad Valenciana*. Estadística española, vol. 46, no 156, p. 357-384. 2004. ISSN: 0014-1151

CAO, Zhigang, CHEN, Jingyu, CAI, Yuanqiang, GU, Chuan and WANG, Jun. *Effects of moisture content on the cyclic behavior of crushed tuff aggregates by large-scale tri-axial test*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Vol. 95. 01-08. 2017. DOI: 10.1016/j.soildyn.2017.01.027

CHAIÑA, Jorge y VILLANUEVA, Yonny. *Diseño De Concreto Permeable, Para Pavimentos Rígidos Utilizando Piedra Huso 67 Y Arena Gruesa De La Cantera La Poderosa, Para La Ciudad De Arequipa*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. 2017.

DE LA CRUZ, Antony. *Evaluación De Los Procedimientos Constructivos y El Uso Inadecuado De Materiales En Viviendas Autoconstruida*. Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. 2011

DÍAZ, Nelida. *Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de*

Cajamarca. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. 2017.

DOS ANJOS, M.A.G., COSTA, Angela y ANDRADE, N. *Blasted copper slag as fine aggregate in Portland cement concrete*. Journal of Environmental Management. Vol. 196. 607-613. 2017. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.03.032

EDWIN, Romy, SCHEPPER, Mieke, GRUYAERT, Elke and BELIE, Nele. *Effect of secondary copper slag as cementitious material in ultra-high performance mortar*. Construction and Building Materials. Vol. 119. 31-34. 2016. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.05.007

Ferreira, Victor et al. *Evaluation of the steel slag incorporation as coarse aggregate for road construction: technical requirements and environmental impact assessment*, Journal of Cleaner Production. Vol. 130. p.175-186. 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.08.094

GABRIELS, Donald y LOBO, Deyanira. *Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo*. Venesuelos, vol. 14, no 1, p. 37-48. 2011. ISSN: 1315-0359

GHASEMI, Yahya. *Aggregates in Concrete Mix Design*. Digitala Vetenskapliga Arkivet. 60. 2017. ISSN 1402-1757

GOMÁ, F. *El Cemento Portland y otros Aglomerantes*. 1ra Edición. Editores Técnicos Asociados S. A. Barcelona, España. 1979. ISBN: 84-7146-192-7

HEWLETT, Peter and LISKA, Martin. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. 5th Edition. Oxford, United Kingdom. Elsevier Ltda. 2019. Pp.30-332. ISBN: 978-0-08-100773-0

KERLINGER, Fred y HOWARD, Lee. *Investigación Del Comportamiento. Métodos De Investigación En Ciencias Sociales*. (4^a Ed.). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO. 2002. ISBN: 9789701030707

KIA, Alalea, WONG, Hong and CHEESEMAN, Christopher. *Clogging in permeable concrete: A review*. Journal of Environmental Management. Vol. 193. 221-233. 2017. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.02.018

LÓPEZ, Pedro. *Población muestra y muestreo*. Punto cero, vol. 9, no 08, p.69-74. 2004. ISSN: 1815-0276

LOYOLA, Jhordan. *Propuesta de un Pavimento de Concreto Permeable $F'c= 210$ kg/cm² para la Prolongación Malecón Grau en el Pueblo Joven Florida Baja y Pueblo Joven Florida Alta, Chimbote – 2017*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, Chimbote. 2017

LUCK, Jhoan y MEDINA, Sthefanny. *Diseño de concreto permeable para la conservación vial del pavimento en la avenida Agustín Gamarra, Huaraz, Ancash – 2018*. Universidad César Vallejo, Chimbote. 2018.

MARSHALL, Martin. *Sampling for qualitative research*. Family practice, vol. 13, no 6, p. 522-526. 1996. DOI: 10.1093/fampra/13.6.522

MITHUM, B. and NARASIMHAN, Matttur. *Performance of alkali activated slag concrete mixes incorporating copper slag as fine aggregate*. Journal of Cleaner Production. Vol. 112. 837-844. 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.06.026

MOON, Sung-Woo and KU, T. *Empirical estimation of soil unit weight and undrained shear strength from shear wave velocity measurements*. En 5th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterisation, ISC 2016. Australian Geomechanics Society, p.1247-1252. 2016.

NEAL, Radford M. *Slice sampling*. The annals of statistics, , vol. 31, no 3, p. 705-767. 2003. DOI: 10.1214/aos/1056562461

Norma E.060 RNE. Ministerio de Vivienda, Lima, Perú, 08 de mayo de 2009.

Norma Técnica Peruana 334.009. INACAL, Lima, Perú, 29 de diciembre de 2016.

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. International Journal of Morphology, vol. 35, no 1, p.227-232. 2017. ISSN: 0717-9502

PRIETO, Gerardo y DELGADO, Ana. *Fiabilidad y validez*. Papeles del psicólogo, vol. 31, no 1, p. 67-74. 2010. ISSN: 0214-7823

PYE, Kenneth and BLOTT, Simon. *Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry*. Forensic Science International. Vol. 144. 19-27. 2004. DOI: 10.1016/j.forsciint.2004.02.028

QUISPE, Ivan y TICONA, Elmer. *Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana Unión, Juliaca. 2017

RAHMAN, Muhitur, RAHMAN, Ashiqur, HAQUE, Mahmudul and RAHMAN, Aatur. *Sustainable Water Use in Construction*. Sustainable Construction Technologies. p.211-235. 2019. DOI: 10.1016/B978-0-12-811749-1.00006-7

RAMIREZ, Junior. *Resistencia de concreto permeable $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 10%, 15% y 20% de agregado fino – Huaraz*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad San Pedro, Huaraz. 2018.

RODRÍGUEZ, Lesly. *Determinación de la permeabilidad y resistencia de un concreto permeable con 10%, 15% y 20% de relación de vacíos*. Tesis para obtener el Título de Ingeniera Civil. San Pedro, Huaraz. 2018

SARABIA, Antonio. *Manual Tecnológico del Cemento*. Editores Técnicos Asociados S. A. Barcelona, España. 1977. ISBN: 84-7146-095-5

SARFO, Prince, DAS, Avimanyu, WYSS, Gary and YOUNG, Courtney. *Recovery of metal values from copper slag and reuse of residual secondary slag*. Waste Management. Vol. 70. 272-281. 2017. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.09.024

SOLDEVILLA, Galán, BERMEJO, Jacinto y MARTÍNEZ, Casana. *Registro de datos: preparación y estrategia del trabajo de campo*. Monografías del Real Jardín Botánico de Córdoba, no 3, p. 57-62. 1996.

VÁCLAVÍK, Vojtěch, et al. *Steel slag as a substitute for natural aggregate in the production of concrete*. Solid State Phenomena. Vol. 244. 77-87. 2016. SSP:244.77
VÉLEZ, Ligia. *Permeabilidad y porosidad en concreto*. TecnoLógicas, p.169-187. 2010, DOI: 10.22430/22565337.131

VENTURA, José. *¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria*. Revista Cubana de Salud Pública, vol. 43, no 4, p. 0-0, 2017. ISSN: 1561-3127

VERGARA, Diego, RUBIO, Manuel and LORENZO, Miguel. *New approach for the teaching of concrete compression tests in large groups of engineering students*. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. Vol. 143. 2017. ISSN: 1052-3928

ANEXOS

ANEXOS

Anexo N°1: Tipos de escorias (aspectos de cada tipo de escoria)



Anexo N°2: Ensayos realizados con sustitución de algunas proporciones de cemento (referencias de análisis económicos para la investigación)

Aspectos	U/M	Por ciento de escoria a sustituir por cemento				
		0	5	10	20	30
Cantidad de escoria a utilizar	ton	0	44.18	88.36	176.72	265.08
Cantidad de cemento a utilizar	ton	883.6	839.42	795.24	706.88	618.52
Gastos en cemento	pesos	75106.00	71350.7	67595.40	60084.8	52574.20
Dinero que puede ahorrarse	pesos	0	3755.30	7510.60	15021.2	22531.80
Escoria que quedaría en la planta	ton	2172.72	2128.54	2084.36	1996	1907.64
Empresas que pudieran utilizarla	u		49	24	12	8
Ahorro en valores por uso de escoria	peso	184 681				
Ahorro en cantidad por uso de escoria	ton	1 847				

Anexo N°3: Ensayos realizados con sustitución de algunas proporciones de arena (referencias de análisis económicos para la investigación)

Aspectos	U/ M	Por ciento de escoria a sustituir por arena				
		0	5	10	20	30
Cantidad de escoria a	m ³	0	99.6	199.2	398.4	597.6
Cantidad de arena a utilizar	m ³	1992	1892.4	1792.8	1593.6	1394.4
Nuevos gastos en cemento	peso	23704.8	22519.	21334.32	18963.	16593.36
Dinero que puede ahorrarse	peso	0	1185.2	2370.48	4740.9	7111.44
Escoria que quedaría en la planta	m ³	4526.5	4426.9	4327.3	4128.1	3928.9
Empresas que pudieran	u	0	45	23	11	7
Ahorro en valores por uso de escoria	peso	53865.35				
Ahorro en cantidad por uso de escoria	m ³	4526.50				

Anexo N°4: Ensayos realizados con sustitución de algunas proporciones de grava (referencias de análisis económicos para la investigación).

Aspectos	U/M	Por ciento de escoria a sustituir por gravilla				
		0	5	10	20	30
Cantidad de escoria a utilizar	m ³	0	31.3	62.6	125.2	187.8
Cantidad de arena a utilizar	m ³	626	594.7	563.4	500.8	438.2
Nuevos gastos en cemento	peso	5903.18	5608.0	5312.862	4722.5	4132.226
Dinero que puede ahorrarse	peso	0	295.16	590.32	1180.6	1770.95
Escoria que quedaría en la planta	m ³	4526.5	4495.2	4463.9	4401.3	4338.7
Empresas que pudieran utilizarla	u	0	145	72	36	24
Ahorro en valores por uso de escoria	peso	42 685				
Ahorro en cantidad por uso de escoria	m ³	4 432				

Anexo N°5: Datos obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio

Tabla N°1: Contenido de Humedad del Agregado Fino

AGREGADO FINO		
Peso Recip. + suelo Hùmedo (gr)	934.5	1
Peso de recip. + suelo seco (gr)	906.00	2
Peso de agua (gr)	28.50	(3)=(1)-(2)
Peso de recip. (gr)	167.30	-4
Peso suelo seco (gr)	738.70	(5)=(2)-(4)
Humedad (%)	3.86	(6)=(3/5)*100(%)
Humedad promedio (%)	3.858	

Tabla N°2: Contenido de Humedad del Agregado Grueso (piedra chancada 1/2)

AGREGADO grueso (canto rodado)		
Peso Recip. + suelo Hùmedo (gr)	800.00	-1
Peso de recip. + suelo seco (gr)	797.90	-2
Peso de agua (gr)	2.10	(3)=(1)-(2)
Peso de recip. (gr)	300.00	-4
Peso suelo seco (gr)	497.90	(5)=(2)-(4)
Humedad (%)	0.42	(6)=(3/5)*100(%)
Humedad promedio (%)	0.422	

Tabla N°3: Contenido de Humedad de la escoria de cobre

AGREGADO escoria de cobre		
Peso Recip. + suelo Hùmedo (gr)	700.00	1
Peso de recip. + suelo seco (gr)	699.90	2
Peso de agua (gr)	0.10	(3)=(1)-(2)
Peso de recip. (gr)	300.00	-4
Peso suelo seco (gr)	399.90	(5)=(2)-(4)
Humedad (%)	0.03	(6)=(3/5)*100(%)
Humedad promedio (%)	0.03	

Tabla N° 4: peso específico y porcentaje de absorción agregado. Fino

	Identificación	
A	Peso mat. Sat. Sup. seca	300.00
B	Peso frasco + H2O	670.70
C=A+B	Peso frasco + H2O+Mat. Sat.Sup. seca	970.70
D	Peso del mat. + H2O en el frasco	856.40
E = C - D	Vol de masa + vol. De vacios	114.30
F	Peso de mat. Seco en horno (105 °C)	295.10
G = E- (A - F)	Vol. De masa	109.40
F / E	Pe bulk (base seca)	2.58
A / E	Pe bulk (base saturada) SSS	2.62
F / G	Pe Aparente (base seca)	2.70
$= ((A - F)/F)*100$	% de absorción	1.66

Tabla N° 5: peso específico y porcentaje de absorción del agregado. Escoria de cobre

	Identificación	
A	Peso mat. Sat. Sup. seca	300.00
B	Peso frasco + H2O	692.50
C=A+B	Peso frasco + H2O+Mat. Sat.Sup. seca	899.50
D	Peso del mat. + H2O en el frasco	705.40
E = C - D	Vol de masa + vol. De vacios	194.10
F	Peso de mat. Seco en horno (105 °C)	298.60
G = E- (A - F)	Vol. De masa	192.70
F / E	Pe bulk (base seca)	1.54
A / E	Pe bulk (base saturada) SSS	1.55
F / G	Pe Aparente (base seca)	1.55
$= ((A - F)/F)*100$	% de absorción	0.47

Tabla N° 6: peso específico y porcentaje de absorción del agregado. Piedra chancada

	Identificación	N° 22	N° 8	N° 6	promedio
A	Peso mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	600.70	602.50	598.50	
B	Peso mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	371.80	373.50	373.50	
$C = A - B$	Vol. De masas/vol. De vacíos	228.90	229.00	225.00	
D	Peso mat. Seco en horno (105°C)	578.50	580.20	576.50	
$E = C - (A - D)$	Vol de masa	206.70	206.70	203.00	
D / C	Pe Bulk (base seca)	2.53	2.53	2.56	2.54
A / C	Pe Bulk (Base saturada)	2.62	2.63	2.66	2.64
D / E	Pe aparente (base seca) (SSS)	2.80	2.81	2.84	2.82
$((A-D)/D)*100$	% de Absorción	3.84	3.84	3.82	3.83

Tabla N° 7: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

	Molde Nro.	I	II	III
A	Peso mat. + molded	7.33	7.24	7.26
B	Peso del molde	3.42	3.42	3.42
$C = A - B$	Peso del material	3.91	3.82	3.84
D	Volumen del molde cm³	2.78	2.78	2.78
$E = C/D$	Peso unitario	1.41	1.37	1.38
	Peso unitario promedio gr/cm³	1.39		
	Peso unitario promedio kg/m³	1388.69		

Tabla N° 8: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

	Molde Nro.	I	II	III
A	Peso mat. + moldde	7.40	7.35	7.38
B	Peso del molde	3.42	3.42	3.42
C= A-B	Peso del material	3.98	3.93	3.96
D	Volumen del molde cm3	2.78	2.78	2.78
E=C/D	Peso unitario	1.43	1.42	1.42
	Peso unitario promedio gr/cm3	1.42		
	Peso unitario promedio kg/m3	1424.71		

Tabla N° 9: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso (piedra chancada)

	Molde Nro.	I	II	III
A	Peso mat. + molded	6319.1	6309.4	6323
B	Peso del molde	1921	1921	1921
C= A-B	Peso del material	4398.1	4388.4	4402
D	Volumen del molde cm3	3031.88	3031.88	3031.88
E=C/D	Peso unitario	1.45	1.45	1.45
	Peso unitario promedio gr/cm3	1.44998		
	Peso unitario promedio kg/m3	1449.98		

Tabla N° 10: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso (piedra chancada)

	Molde Nro.	I	II	III
A	Peso mat. + moldde	6658.3	6665.9	6642.5
B	Peso del molde	1921	1921	1921
C= A-B	Peso del material	4737.3	4744.9	4721.5
D	Volumen del molde cm3	3031.88	3031.88	3031.88
E=C/D	Peso unitario	1.56	1.57	1.56
	Peso unitario promedio gr/cm3	1.56		
	Peso unitario promedio kg/m3	1561.59		

Tabla N° 11: Peso Unitario Compactado del Agregado escoria de cobre

	Molde Nro.	I	II	III
A	Peso mat. + molded	7462.9	7455.5	7469.1
B	Peso del molde	1922	1922	1922
C= A-B	Peso del material	5540.9	5533.5	5547.1
D	Volumen del molde cm3	3031.88	3031.88	3031.88
E=C/D	Peso unitario	1.83	1.83	1.83
	Peso unitario promedio gr/cm3	1.83		
	Peso unitario promedio kg/m3	1827.41		

Tabla N° 12: Peso Unitario Suelto del Agregado escoria de cobre

Molde Nro.	I	II	III
A	7210.2	7199.6	7218.6
B	1922	1922	1922
C= A-B	5288.2	5277.6	5296.6
D	3031.88	3031.88	3031.88
E=C/D	1.74	1.74	1.75
Peso unitario promedio gr/cm ³	1.74		
Peso unitario promedio kg/m ³	1743.96		

Tabla N°13: Porcentaje de vacíos del agregado compactado (piedra chancada)

(A)	Peso específico aparente gr/cm ³	2.54
(B)	Peso unitario compactado gr/cm ³	1.56
(W)	Peso unitario del agua	1.00
$((A*W)-B)*100/(A*W)$	% vacíos del agregado suelto	38.55

Tabla N°14: Porcentaje de vacíos del agregado suelto (piedra chancada)

(A)	Peso específico aparente gr/cm ³	2.54
(B)	Peso unitario suelto gr/cm ³	1.45
(W)	Peso unitario del agua	1.00
$((A*W)-B)*100/(A*W)$	% vacíos del agregado suelto	42.94

Tabla N° 15: ensayo granulométrico del agregado fino

Granulometría – agregado fino					
Tamices Astm	Abertura Mm	Peso Retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.38	294.00	20.78	20.78	79.22
N° 10	2.00	60.00	4.24	25.02	74.98
N° 16	1.19	210.00	14.84	39.86	60.14
N° 20	0.84	126.50	8.94	48.80	51.20
N° 30	0.59	167.00	11.80	60.60	39.40
N° 50	0.30	315.50	22.30	82.90	17.10
N° 100	0.15	141.00	9.96	92.86	7.14
N° 200	0.07	21.00	1.48	94.35	5.65
Base		80.00	5.65	100.00	0.00
Total		1415.00	100.00		
w. seco inical			1445.00		
% pérdida			2.08		

Figura N° 2: curva granulométrica del agregado Fino

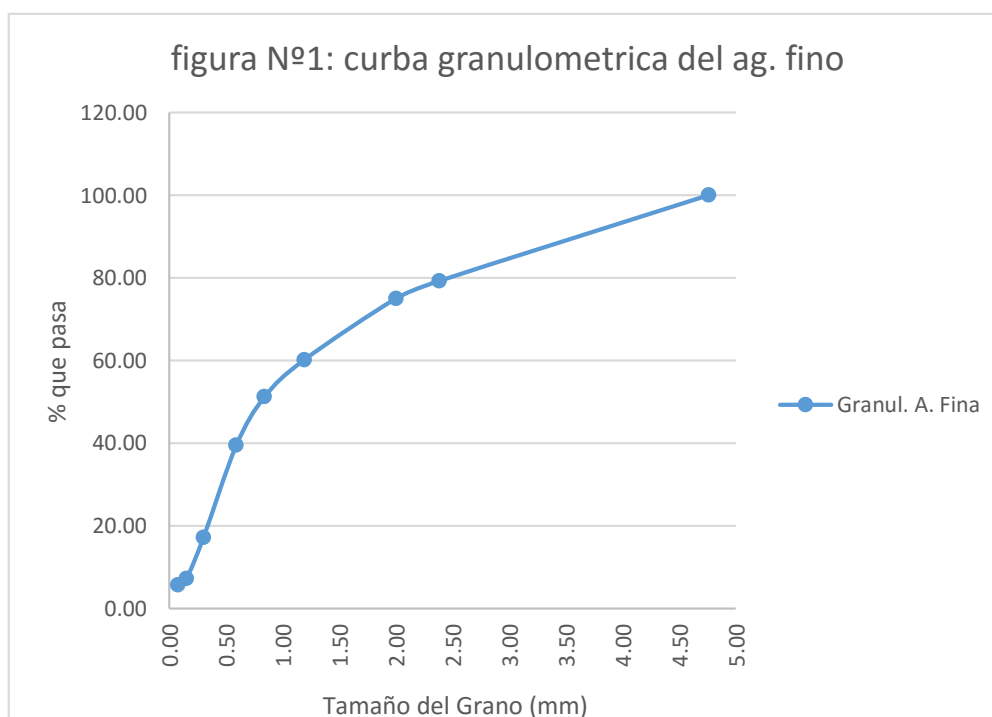


Tabla N°16: ensayo granulométrico del agregado grueso

Granulometría – agregado grueso					
Tamices astm	Abertura Mm	Peso Retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3/4	19	392.1	7.83	7.83	92.17
1/2	12.5	2124.6	42.44	50.27	49.73
3/8	9.5	1571.5	31.39	81.66	18.34
1/4	6.25	916.6	18.31	99.96	0.04
base	0	1.8	0.04	100.00	0.00
Total		5006.60	100.00		
w. seco inical		5050.00			
% pérdida		0.86			

Figura N°2: curva granulométrica del agregado grueso

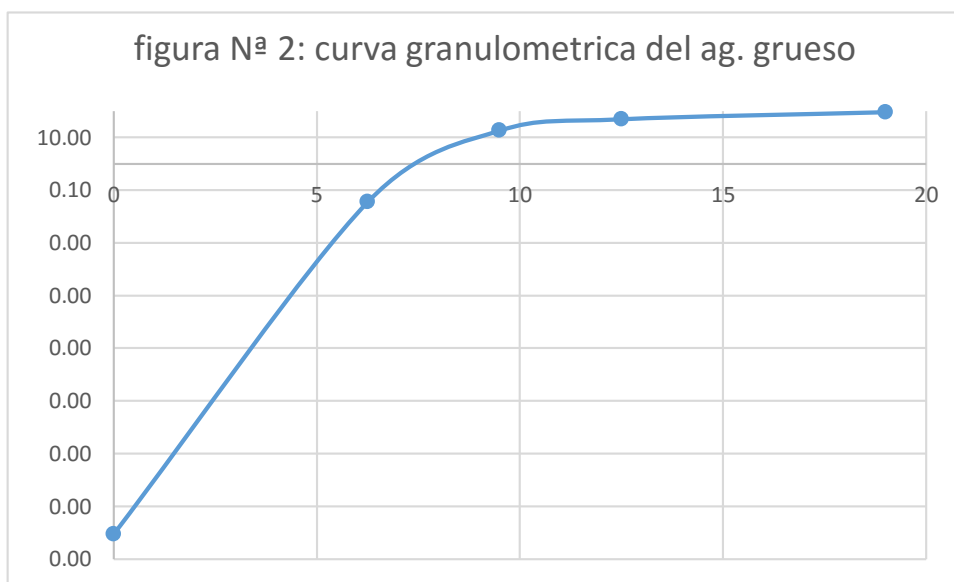


Tabla N° 17: ensayo granulométrico del agregado escoria de cobre

Granulometría – agregado fescoria cobre					
Tamices astm	Abertura mm	Peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
10	2	1067.8	21.37	0.00	78.63
20	0.85	3694.9	73.95	73.95	4.68
40	0.425	230.3	4.61	78.56	0.07
60	0.25	2.6	0.05	78.61	0.02
140	0.106	0.7	0.01	99.99	0.00
200	0.075	0.2	0.00	100.00	0.00
base	0	0.1	0.00		
Total		4996.60	100.00		
w. seco inical		5000.00			
% pérdida		0.07			

Figura N° 3: curva granulométrica del agregado escoria de cobre

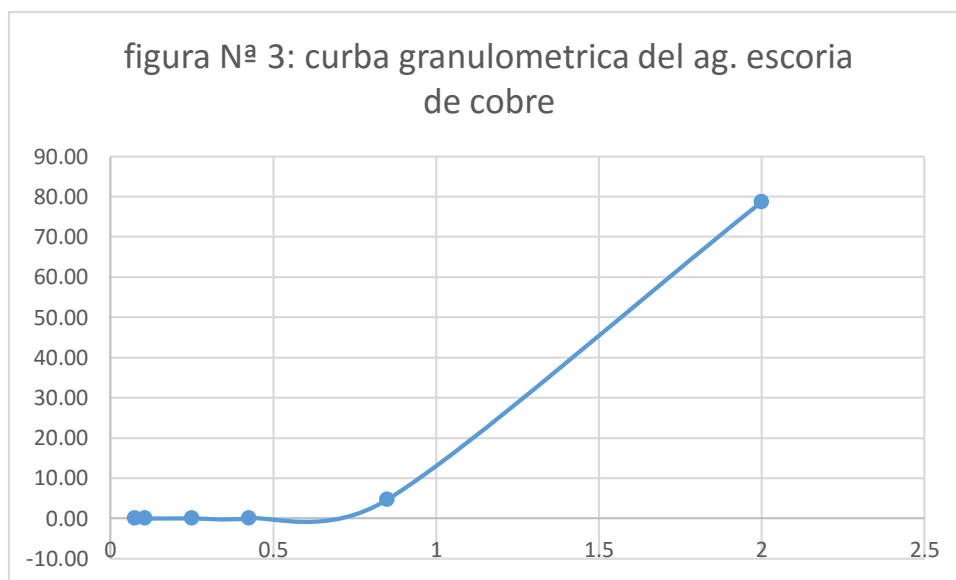


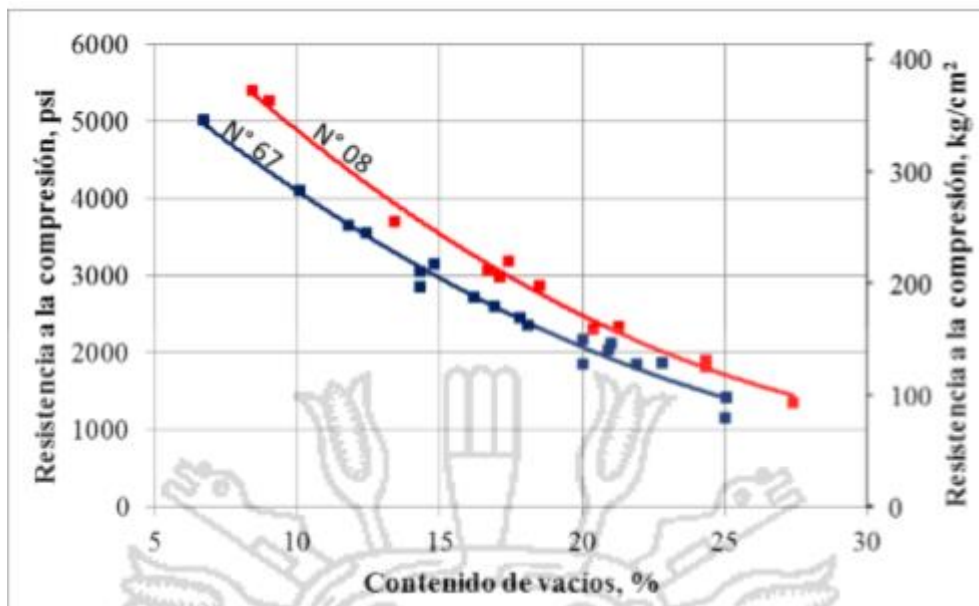
Tabla N° 18: datos iniciales para el diseño de mezcla

Propiedad		Agregado Grueso	Agregado escoria	Agregado Fino	Und.
Tamaño Máximo Nominal	TMN	1/2"	mallá N10"	N° 4	
Peso Específico	Pe	1538.38	2541.05	2581.80	Kg/m3
Peso específico SSS	Pe (sss)	1.55	2.64	2.62	Gr/cm3
Peso unitario Suelto	Pus	1449.98	1743.96	1388.69	Kg/m3
Peso unitario Compactado	Puc	1561.59	1827.41	1424.71	Kg/m3
Absorción	a%	0.47	3.83	1.66	%
Contenido de Humedad	C.H. %	0.42	0.03	3.86	%

Tabla N° 19 propiedades del cemento y el agua

Propiedad		valor	unidad
peso específico del cemento	PEC	3.11	gr/cm3
peso específico del agua	PEW	1.00	gr/cm3

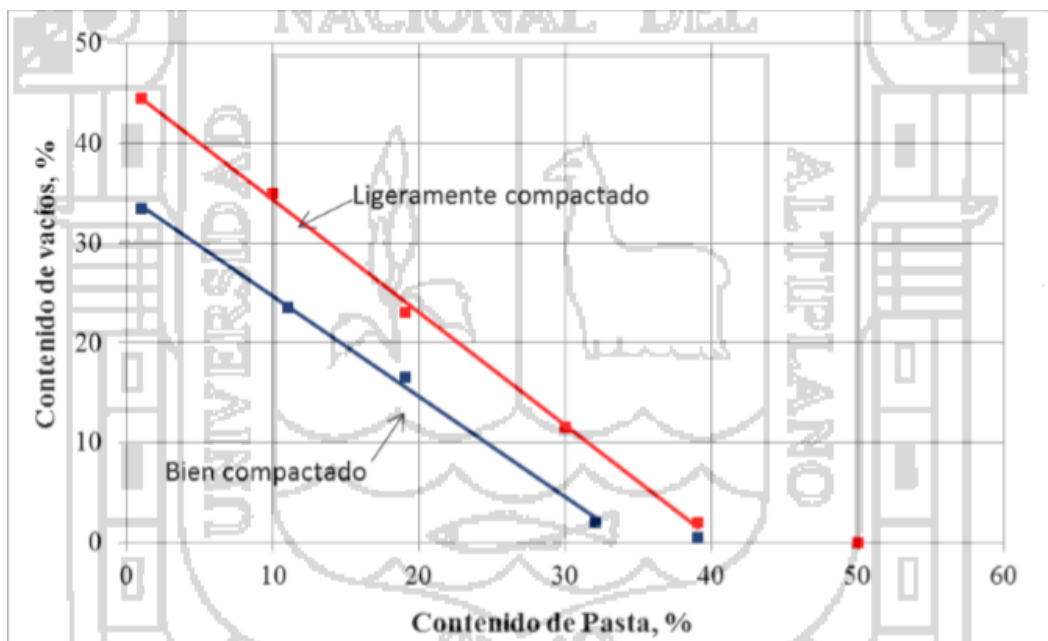
Figura N° 4 relación entre contenido de vacíos y resistencia a la compresión



Fuente: tesis “diseño de mezcla de concreto permeable” por, Flores y Pacompia (universidad nacional del altiplano – puno)

Figura N° 5 relación de volumen de pasta con contenido de vacíos

Fuente:
tesis



“diseño de mezcla de concreto permeable” por, Flores y Pacompia (universidad nacional del altiplano – puno)

Tabla N° 20: volúmenes absolutos

	Pesos SSS (Kg)	P.E. (Kg/m ³)	Volúmenes (m ³)
Agua	112.10	1000.00	0.11
Cemento	320.16	3110.00	0.10
Vacíos			0.20
		Parcial	0.42
		A° Grueso	0.58
		total	1.00

Tabla N° 21: Como se ha optado por la incorporación de Agregado Fino (10% del total del Agregado) en el Diseño de Mezcla, se hace la corrección:

	Pesos SSS (Kg.)	P.E. (Kg/m ³)	Volumen (M ³)
A ^a Fino (10%)	153.53	2624.67	0.06
A°Grueso piedra chancada	1187.29	2638.43	0.52

Tabla N° 22: volúmenes absolutos corregidos

	pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m3)	Volúmenes (m3)
Cemento	320.16	3110.00	0.10
A° Fino	320.96	2624.67	0.12
A°Grueso p chancada	1187.29	2638.43	0.45
Agua	112.10	1000.00	0.11
Vacíos			0.20
		total	1.00

Tabla N° 23: Valores de diseño corregidos por humedad

	cantidades
cemento	320.16
Ag. Fino Húmedo	333.52
Ag. Grueso Húmedo	1192.30
Agua efectiva	145.37

Tabla N° 24: sustitución del A^a fino por la escoria de cobre en un 25%

	Pesos SSS (Kg.)	P.E. (Kg/m3)	Volume (M3)
Escoria de cobre 25%	38.38	1545.60	0.024834
A ^a fino	118.11	2624.67	0.04500

Tabla N° 25: volúmenes absolutos corregidos con la escoria de cobre

	pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m3)	Volúmenes (m3)
Cemento	320.16	3110.00	0.10
A° Fino	118.11	2624.67	0.05
A° Grueso p chancada	1383.07	2638.43	0.52
escoria de cobre	38.38	1545.60	0.02
Agua	155.62	1000.00	0.16
Vacíos			0.20
		total	1.00

Tabla N° 26: sustitución del A^a fino por la escoria de cobre en un 50%

	Pesos SSS (Kg.)	P.E. (Kg/m3)	Volumen (M3)
escoria de cobre 25%	76.77	1545.60	0.049667
A ^a fino	79.15	2624.67	0.03016

Tabla N° 27: volúmenes absolutos corregidos con la escoria de cobre

	pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m3)	Volúmenes (m3)
Cemento	320.16	3110.00	0.10
A° Fino	79.15	2624.67	0.03
A° Grueso p chancada	1383.07	2638.43	0.52
escoria de cobre	76.77	1545.60	0.05
Agua	155.62	1000.00	0.16
Vacíos			0.20
		total	1.00

Tabla N° 28: sustitución del A^a fino por la escoria de cobre en un 100%

	Pesos SSS (Kg.)	P.E. (Kg/m3)	Volumen (M3)
escoria de cobre 25%	153.53	1545.60	0.099335
A^a fino	0.00	2624.67	0.00000

Tabla N° 29: volúmenes absolutos corregidos con la escoria de cobre

	pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m3)	Volúmenes (m3)
Cemento	320.16	3110.00	0.10
A° Fino	0.00	2624.67	0.00
A°Grueso p chancada	1383.07	2638.43	0.52
escoria de cobre	153.53	1545.60	0.10
Agua	155.62	1000.00	0.16
Vacíos			0.20
		total	1.08

Anexo N° 6: resultados finales.

Tabla N° 30: resultados para la mezcla matriz

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
CEMENTO	1.78	5.34
AG. FINO HÚMEDO	0.89	2.66
AG. GRUESO HÚMEDO	7.69	23.07
AGUA EFECTIVA	0.87	2.60

Tabla N° 31: Resultados para la mezcla adicionando escoria de cobre al 25%

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
Cemento	1.78	5.34
Ag. Fino húmedo	0.66	1.97
Ag. Grueso húmedo	7.69	23.07
Escoria de cobre	0.21	0.64
Agua efectiva	0.87	2.60

Tabla N° 32: resultados para la mezcla adicionando escoria de cobre al 50%

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
Cemento	1.78	5.34
ag. fino húmedo	0.44	1.32
ag. grueso húmedo	7.69	23.07
Escoria de cobre	0.43	1.28
agua efectiva	0.87	2.60

Tabla N° 33: Resultados para la mezcla adicionando escoria de cobre al 100%

AGREGADOS	PARA UNA PROBETA	PARA 3 PROBETA
	CANTIDADES	CANTIDADES
Cemento	1.78	5.34
Ag. Fino Húmedo	0.00	0.00
Ag. Grueso Húmedo	7.69	23.07
Escoria de cobre	0.85	2.56
Agua efectiva	0.87	2.60

Tabla N° 34: resultados del ensayo de compresión de la muestra patrón

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm2)	Resistencia de Diseño (Kg/cm2)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm2)	Promedio (Kg/cm2)
M1	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.65	44869.00	20352.24	115.18	113.57
M2	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.12	42158.00	19122.55	108.22	
M3	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.87	45698.00	20728.26	117.31	
M4	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.75	69575.00	31558.69	178.60	177.71
M5	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.90	68154.00	30914.13	174.95	
M6	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.60	69952.00	31729.69	179.57	
M7	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.45	86213.00	39105.56	221.31	223.62
M8	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.76	89597.00	40640.52	230.00	
M9	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.54	85524.00	38793.03	219.54	

Tabla N° 35: resultados del ensayo de compresión de la muestra con 25% de escoria

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra con 25% de escoria de cobre										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm ²)	Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
M10	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.65	42876.00	19448.23	110.06	115.07
M11	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.35	42176.00	19130.71	108.27	
M12	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.45	49432.00	22421.98	126.89	
M13	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.75	64765.00	29376.91	166.25	163.15
M14	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.05	63554.00	28827.61	163.14	
M15	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.51	62344.00	28278.76	160.04	
M16	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.45	94278.00	42763.78	242.01	237.45
M17	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.18	92384.00	41904.68	237.15	
M18	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.09	90834.00	41201.61	233.17	

Tabla N° 36: resultados del ensayo de compresión de la muestra con 50% de escoria

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra con 50% de escoria de cobre										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm ²)	Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
M19	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.34	46578.00	21127.43	119.57	121.72
M20	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.60	45897.00	20818.53	117.82	
M21	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.02	49774.00	22577.11	127.77	
M22	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.12	63464.00	28786.79	162.91	163.85
M23	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.34	64562.00	29284.83	165.73	
M24	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.67	63456.00	28783.16	162.89	
M25	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.08	94567.00	42894.87	242.76	245.47
M26	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.56	97854.00	44385.83	251.19	
M27	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.45	94452.00	42842.71	242.46	

Tabla N° 37: resultados del ensayo de compresión de la muestra con 100% de escoria

Resultados de Ensayo a Compresión de la Muestra con 100% de escoria de cobre										
cilindro	edad (días)	fecha de moldeo	Fecha de Rotura	Área de brigueta (cm2)	Resistencia de Diseño (Kg/cm2)	peso (Kg)	carga (lb)	carga (Kg)	resistencia del concreto (Kg/Cm2)	Promedio (Kg/cm2)
M28	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.56	41923.00	19015.95	107.62	108.60
M29	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	12.32	40435.00	18341.01	103.80	
M30	7.00	08/11/2019	15/11/2019	176.70	210.00	13.12	44554.00	20209.35	114.37	
M31	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	13.23	62643.00	28414.39	160.81	163.15
M32	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.45	63457.00	28783.61	162.90	
M33	14.00	08/11/2019	22/11/2019	176.70	210.00	12.67	64565.00	29286.19	165.74	
M34	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.67	96674.00	43850.59	248.16	249.20
M35	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	12.89	96785.00	43900.94	248.45	
M36	28.00	08/11/2019	06/12/2019	176.70	210.00	13.17	97773.00	44349.09	250.99	

Tabla N° 38 resultado del ensayo de permeabilidad tiempo de infiltración

RESULTADOS							
		PROBETA				agua (litros)	tiempo (seg)
	muestras	Diametro (cm)	Diam (m)	AREA (m2)	Altura (cm)		
muestra patron	M1	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	17.00
muestra patron	M2	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	19.00
100% escoria de cobre	M3	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	14.00
100% escoria de cobre	M4	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	15.00
50% escoria de cobre	M5	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	18.00
50% escoria de cobre	M6	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	16.00
25% escoria de cobre	M7	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	22.00
25% escoria de cobre	M8	11.00	0.11	0.01	20.00	2.00	21.00

Tabla N° 39 resultado del ensayo de permeabilidad coeficiente de permeabilidad

RESULTADOS											
		PROBETA			Long. De muest. (cm)	agua (litros)	tiempo (seg)	Area de tuberia de carga (cm2)	h1	h2	K (cm/s)
	muestras	Diametro (cm)	Diam (m)	AREA (cm2)							
muestra patron	M1	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	17.00	70.88	60.00	30.00	0.61
muestra patron	M2	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	19.00	70.88	60.00	30.00	0.54
100% escoria de cobre	M3	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	14.00	70.88	60.00	30.00	0.74
100% escoria de cobre	M4	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	15.00	70.88	60.00	30.00	0.69
50% escoria de cobre	M5	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	18.00	70.88	60.00	30.00	0.57
50% escoria de cobre	M6	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	16.00	70.88	60.00	30.00	0.65
25% escoria de cobre	M7	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	22.00	70.88	60.00	30.00	0.47
25% escoria de cobre	M8	11.00	0.11	95.03	20.00	2.00	21.00	70.88	60.00	30.00	0.49

Anexo N° 7: panel fotográfico

Figura N°6: cuarteo de piedra chancada



Figura N°7: cuarteo de escoria de cobre



Figura N°8: Peso para el ensayo de porcentaje de humedad



Figura N°9: traslado al horno para el porcentaje de humedad



Figura N°10: granulometría, orden de los tamices



Figura N°11: granulometría, tamizado de los agregados



Figura N°12: granulometría, peso después de tamizar



Figura N°13: granulometría: término del ensayo



Figura N°14: peso unitario: relleno del molde



Figura N°15: peso unitario: peso del material



Figura N°16: peso unitario: relleno del molde (escoria de cobre)



Figura N°17: densidad de la escoria de cobre



Figura N°18: apartando las moléculas de oxígeno con una cocina eléctrica

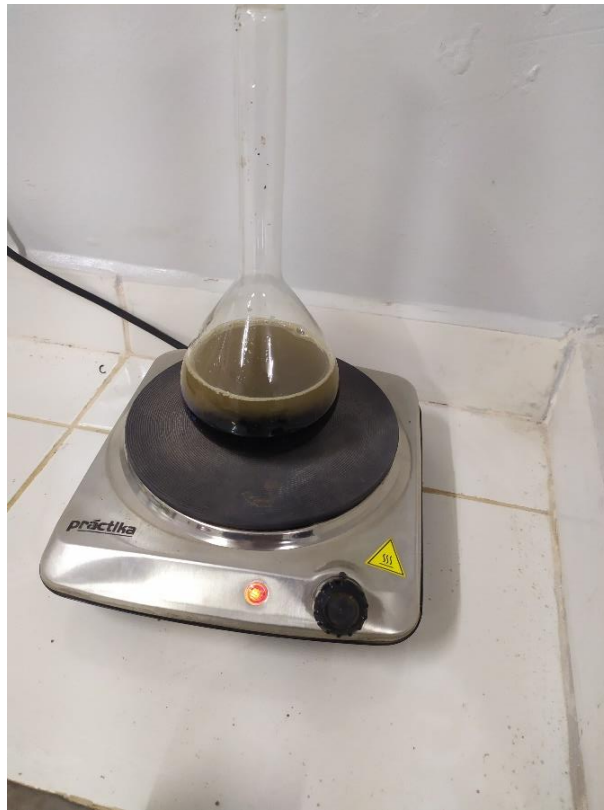


Figura N°19: porcentaje de absorción



Figura N°20: realización de la mezcla: peso del ag. Grueso



Figura N°21: realización de la mezcla: peso de la escoria de cobre



Figura N°22: realización de la mezcla: peso del cemento



Figura N°23: realización de la mezcla: agua en litros



Figura N°24: realización de la mezcla: mezclar todo junto



Figura N°25: realización de la mezcla: resultado de la pasta



Figura N°26: ensayo de compresión: peso de la probeta



Figura N°27: ensayo de compresión: ruptura de a probeta

