REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA UN CONCRETO f´c =210 kg/cm² Y f´c=280 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERÚ, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Tesis presentada por los Bachilleres:

Cuba Astrulla, Ronald Anderson

Humpire Viza, Ricardo

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor

Ing. Ugarte Calderón, Enrique Alfonso

Arequipa – Perú

2019

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ucsm@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apartado:1350

AREQUIPA - PERÚ

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

"ANALISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS PARA UN CONCRETO $F'c = 210\ kg/cm^2$ Y $F'c = 280\ kg/cm^2$ USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICION DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERU, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

ROUALD ANDERSON CUBA ASTRULLA
RICARDO HUMPIRE VIZA

Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO

OBSERVACIONES:

Arequipa, 01 de Julio del 2019

COD 1949

COD 2778

COD. 1938.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A DIOS

Por brindarme la fortaleza necesaria para poder seguir adelante, guiarme paso a paso en este largo camino que es nuestra vida.

A MIS PADRES

René y Marcelina por brindarme consejos, enseñanzas y apoyo incondicional en cada momento que necesite de ellos, por estar siempre a mi lado y guiarme en cada etapa de mi vida.

A MIS HERMANOS

Luz Delia, Raúl, Reynaldo y Williams por estar siempre a mi lado en cada momento de mi vida y por enseñarme día a día a ser una mejor persona y motivarme a poder cerrar ciclos como lo es esta etapa universitaria

Ricardo Humpire Viza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en todo momento de mi vida, rodeándome de excelentes personas y permitirme lograr mis metas.

- Mis padres: Rene y Marcelina por siempre darme consejos y enseñanzas las cuales me ayudan a poder salir adelante y cumplir mis metas.
- Mis hermanos: Luz Delia, Raúl, Reynaldo y Williams quienes fueron mi principal motivación y por darme la oportunidad de aprender y disfrutar de momentos junto a ellos.
- Mi compañero de tesis: Ronald Anderson Cuba Astrulla por la motivación y el esfuerzo brindado.
- A mi universidad: Universidad Católica de Santa María, por todas las vivencias y experiencias que me dio en esta etapa.
- Mi asesor: Ing. Enrique Ugarte Calderón por el apoyo incondicional y el conocimiento dado hacia nuestra parte en toda esta larga etapa de investigación
- Mis amigos de la universidad quienes siempre estuvieron conmigo brindándome las mejores vivencias y recuerdos en esta etapa de mi vida.
- A los docentes de mi Universidad Católica de Santa María quienes nos dieron los mejores conocimientos y los mejores consejos en relación a esta carrera.
- Al Ing. Juan Manuel Choque (Ingeniero encargado del laboratorio de suelos y concreto) por los consejos, tiempo y dedicación brindada hacia nuestra parte.

Ricardo Humpire Viza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A DIOS

Mi niño Jesús por darme salud, sabiduría, fuerza de voluntad y siempre su apoyo en los momentos más difíciles.

A MIS PADRES

Ronal y Eva por estar siempre a mi lado en esta etapa profesional sin importar la distancia que existiera, por dar el esfuerzo de estar conmigo y por brindarme sus experiencias, sus anécdotas y sus consejos.

A MIS HERMANOS

Ronaldo y Leonardo mis hermanos menores que siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, dándome motivación para culminar esta parte de mi etapa universitaria.

Ronald Anderson Cuba Astrulla

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Primero quiero dar agradecimiento a Dios y mi niño Jesús por permitirme cumplir una de mis tantas metas y rodearme de personas maravillosas.

- Mis padres: Ing. Ronal Orlando Cuba Pérez y Eva Carmen Astrulla Ccuno porque ellos son mi motivación y por su apoyo moral en cada decisión y proyecto que tome.
- Mis hermanos: Ronaldo Alonso Cuba Astrulla y Edson Leonardo Cuba Astrulla que son la razón de sentirme tan orgulloso de culminar esta etapa de mi vida.
- Mi compañero de tesis: Ricardo Humpire Viza por la paciencia y el esfuerzo que puso para que se realizara este proyecto de tesis.
- Mi universidad: Universidad Católica de Santa María
- Mi asesor: Ing. Enrique Ugarte Calderón por su tiempo, apoyo y sus conocimientos que nos brindó en todo este proceso.
- Mis amigos de universidad que siempre estuvieron ahí y siempre apoyándonos mutuamente en la etapa de nuestra formación profesional.
- A Josselyn Michelle Hancco Lara y Florcita Bustinza Luque que durante este camino largo estuvieron siempre acompañándome, estando conmigo de manera incondicional brindándome su apoyo en los momentos más difíciles.
- Al Ing. Juan Manuel Choque (encargado del laboratorio de suelos y concreto) por su apoyo y sus consejos brindados.

Ronald Anderson Cuba Astrulla

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación lleva como nombre "Análisis comparativo de las propiedades mecánicas para un concreto f´c =210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura tipo IP y cemento Wari tipo IP con la adición de escoria de cobre de la minera Southern Perú, para la ciudad de Arequipa", el objetivo principal de la presente investigación es la de analizar las propiedades mecánicas del concreto utilizando dos tipos de cemento (Yura Tipo IP y Wari Tipo IP) para los concretos f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con la adición de escoria de cobre y establecer el diseño optimo respectivo.

Se elaboraron dos tipos de concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm², se utilizó la metodología de diseño ACI 211 y se elaboraron un total de 480 probetas (240 probetas ensayadas a compresión y 240 probetas ensayadas a tracción), estas probetas fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curado, adicional a ello se ensayaron 36 vigas de concreto y 180 cubos de concreto, estos elementos fueron ensayados cumpliendo los 28 días de curado, con un total de 10 diseños de mezclas, 5 diseños de mezclas por cada tipo de cemento, se elaboraron diseños para 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de agregado fino por escoria de cobre.

Se utilizó el cemento Yura tipo IP comparándolo con el cemento Wari tipo IP, los agregados fino y grueso son de la cantera La Poderosa, estos agregados fueron abastecidos por Supermix S.A., la escoria de cobre fue abastecida por la minera Southern Perú Copper Corporation.

Los vaciados se realizaron en las instalaciones del laboratorio suelos y concretos de la Universidad Católica de Santa María.

Para cada tipo de vaciado se realizaron ensayos al concreto fresco, realizando ensayos de asentamiento, peso unitario, temperatura y exudación.

Se realizó el análisis costo-beneficio para los diseños antes mencionados tomando en cuenta el tipo de cemento utilizado, el porcentaje de escoria usada y el tipo de resistencia para la cual fue diseñado dicho concreto y así poder determinar la factibilidad del uso de este tipo de concreto en diferentes escenarios, con diferentes variables.

Palabras clave: Concreto, cemento, resistencia a compresión, resistencia a flexión, escoria de cobre, agregados, diseño de mezcla.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The present research work has as its name "Comparative analysis of the mechanical properties for a concrete f'c = 210 kg / cm² and f'c = 280 kg / cm² using Yura type IP cement and Wari type IP cement with the addition of slag Copper from the mining company Southern Peru, for the city of Arequipa ", the main objective of the present investigation is to analyze the mechanical properties of concrete using two types of cement (Yura Type IP and Wari Type IP) for concrete f'c = 210 kg / cm² and f'c = 280 kg / cm² with the addition of copper slag and establish the respective optimum design.

Two types of concrete were produced f'c = 210 kg / cm² and f'c = 280 kg / cm², the ACI 211 design methodology was used and a total of 480 specimens were prepared (240 specimens tested by compression and 240 specimens tested at traction), these specimens were tested at 7, 14 and 28 days of curing, in addition 36 concrete beams and 180 concrete cubes were tested, these elements were tested in compliance with 28 days of curing, with a total of 10 designs of mixtures, 5 designs of mixtures for each type of cement, designs were made for 0%, 10%, 20%, 30% and 40% of fine aggregate replacement for copper slag.

The Yura type IP cement was used, comparing it with the Wari type IP cement, the fine and coarse aggregates are from the La Poderosa quarry, these aggregates were supplied by Supermix S.A., the copper slag was supplied by the mining company Southern Peru Copper Corporation.

The castings were carried out in the laboratory and concrete floors of the Catholic University of Santa Maria.

For each type of emptying tests were made to fresh concrete, performing tests of settlement, unit weight, temperature and exudation.

The cost-benefit analysis was carried out for the aforementioned designs, taking into account the type of cement used, the percentage of slag used and the type of resistance for which the concrete was designed and thus determine the feasibility of using this type of concrete in different scenarios, with different variables.

Keywords: Concrete, cement, compressive strength, flexural strength, copper slag, aggregates, mixing design

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Perú ocupa el segundo puesto a nivel mundial en la producción del cobre en los últimos años hasta la actualidad, las demandas tanto nacionales como internacionales generaron que las exportaciones mineras del año 2018 que ascendieron a US$ 14,691 millones, cifra que representó un crecimiento de 18.3% con relación del año 2017 cuando se reportaron US$ 12,418 millones, lamentablemente este crecimiento genero grandes cantidades de residuos de la producción del cobre que son el subproducto más conocidos como escoria de cobre; por lo cual existen diferentes formas de reutilizarlo pero no todas estas escorias tienen un plan de gestión de residuos con lo cual cada vez aumenta las cantidades de almacenes y muchas veces vertidas en áreas que reducen el territorio y aumentan los índices de contaminación ambiental.

Actualmente se busca mejorar cada material y el concreto no es una excepción, el concreto tradicional usando agregados convencionales es cosa del pasado, en la actualidad a esta mezcla se le agregan elementos con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad.

En este sentido el presente trabajo de investigación esta avocada al uso de escoria de cobre como material de reemplazo parcial del agregado fino para la elaboración de concretos con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas, disminuir el impacto ambiental (contaminación por aglomeración excesiva de escoria de cobre) usando dos tipos de cemento, Yura IP y Wari IP para los concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm².

En la actualidad existen diferentes métodos de diseño de mezclas, en la siguiente investigación se realizará el método ACI por su confiabilidad, ya que utiliza resultados empíricos y en la ciudad de Arequipa es usualmente el más utilizado en las diferentes obras; a diferencia de este, dichos métodos utilizan combinaciones granulométricas, como el método de Walker, Fuller – Thompson, etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE

RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCIÓN
CAPITULO I 1
1. PLANTEAMIENTO TEORICO – OPERACIONAL 1
1.1. Título de la investigación 1
1.2. Disciplina 1
1.3. Problema de investigación 1
1.3.1. .... Enunciado del problema 1
1.3.2. .... Descripción del problema 2
1.4. Objetivos 2
1.4.1. .... Objetivo General 2
1.4.2. .... Objetivos Secundarios 2
1.5. Alcance 3
1.6. Hipótesis Principal 3
1.7. Variables 4
1.7.1. .... Variable Dependiente 4
1.7.2. .... Variables Independientes 4
1.8. Tipo de investigación 4
1.8.1. .... Técnicas e instrumentos de recolección de datos 5
1.8.2. .... Ensayo y diseño de mezclas 5
1.8.3. .... Matriz experimental de diseño 6
1.8.4. .... Limitaciones 8
CAPITULO II 10
2. MARCO TEORICO 10
2.1. Cobre 10
2.1.1. .... Escoria de cobre 10
2.2. Cemento 21
2.2.1. .... Cemento Yura IP 22
2.2.2. .... Cemento Wari IP 23
CAPITULO III 24
3. CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES 24
3.1. Propiedades del agregado fino 24
3.1.1. .... Características del agregado 24

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.2. .... Análisis granulométrico 25
3.1.3. .... Contenido de humedad 30
3.1.4. .... Peso unitario suelto y compactado 31
3.1.5. .... Peso específico y absorción 34
3.2. Propiedades del agregado grueso 37
3.2.1. .... Características del agregado 37
3.2.2. .... Análisis granulométrico 38
3.2.3. .... Contenido de humedad 43
3.2.4. .... Peso unitario suelto y compactado 45
3.2.5. .... Peso específico y absorción 48
3.2.6. .... Resistencia a la abrasión y al desgaste 50
3.3. Propiedades de la escoria de cobre 53
3.3.1. .... Características del agregado 53
3.3.2. .... Caracterización de la escoria de cobre 53
3.4. Recolección de la muestra 55
3.4.1. .... Análisis físico-químico de la escoria de cobre 57
3.4.2. .... Uso como agregado 65
3.4.3. .... Análisis granulométrico. 67
3.4.4. .... Contenido de humedad 72
3.4.5. .... Peso unitario suelto y compactado 73
3.4.6. .... Peso específico y absorción 76
3.5. Tabla resumen de las propiedades de los agregados 80
CAPITULO IV 81
4. FASE EXPERIMENTAL DISEÑO DE MEZCLAS 81
4.1. Diseño de mezclas 81
4.1.1. .... Método ACI 81
4.2. Diseño de mezclas para un concreto f´c=210 kg/cm2 Usando cemento Yura IP. 90
4.2.1. Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 90
4.2.2. .... Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 92
4.2.3. .... Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 94
4.2.4. .... Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.5. .... Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 98

4.3. Diseño de mezclas para un concreto f´c=280 kg/cm2 Usando cemento Yura IP. 100

4.3.1. .... Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 100

4.3.2. .... Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 102

4.3.3. ..... Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 104

4.3.4. .... Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 106

4.3.5. .... Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 108

4.4. Diseño de mezclas para un concreto f´c=210 kg/cm2 Usando cemento Wari IP. 110

4.4.1. .... Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 110

4.4.2. .... Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 112

4.4.3. .... Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 114

4.4.4. .... Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 116

4.4.5. .... Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 118

4.5. Diseño de mezclas para un concreto f´c=280 kg/cm2 Usando cemento Wari IP. 120

4.5.1. .... Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 120

4.5.2. .... Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 122

4.5.3. .... Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 124

4.5.4. .... Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 126

4.5.5. .... Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre. 128

4.6. Resumen de los diseños de mezcla. 130

4.6.1. .... Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² Yura IP. 130

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6.2. .... Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Yura IP 131
4.6.3. .... Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² Wari IP 133
4.6.4. .... Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Wari IP 134
CAPÍTULO V 136
5. PROPIEDADES DEL CONCRETO 136
5.1. Ensayos del concreto 136
5.1.1. .... Ensayos del concreto en estado fresco 136
5.1.2. .... Ensayos del concreto en estado endurecido 146
CAPITULO VI 180
6. ANALISIS Y RESULTADOS 180
6.1. Propiedades de los agregados 180
6.1.1. .... Granulometría 180
6.1.2. .... Módulo de fineza 182
6.1.3. .... Peso específico 184
6.1.4. .... Porcentaje absorción 189
6.1.5. .... Contenido de Humedad 190
6.1.6. .... Peso unitario suelto y compactado 192
6.1.7. .... Resistencia a la abrasión del agregado grueso 194
6.2. Diseño de mezclas 195
6.2.1. .... Comparación según la cantidad de Agregado grueso 195
6.2.2. .... Comparación según la cantidad de escoria de cobre 197
6.2.3. .... Comparación según la cantidad Agregado fino 199
6.2.4. .... Comparación según la cantidad Agua 201
6.3. Concreto en estado fresco 203
6.3.1. .... Asentamiento 203
6.3.2. .... Peso unitario 205
6.3.3. .... Temperatura 207
6.3.4. .... Exudación 209
6.3.5. .... Resistencia a la compresión 211
6.3.6. .... Resistencia a la tracción 224
6.3.7. .... Resistencia a la flexión 234
6.3.8. .... Resistencia a la abrasión(desgaste) 242
CAPITULO VII 248
7. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO 248
7.1. Análisis de costos unitarios 248

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

7.1.1. .... Costo de habilitación de la escoria de cobre como agregado fino.....248
7.1.2. .... Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de f´c=210 kg/cm² 250
7.1.3. .... Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de f´c=280 kg/cm².254
7.2. Análisis Costo-Beneficio.....258
7.2.1. .... Análisis costo-beneficio para los diseños de mezclas de f´c=210 kg/cm2..258
7.2.2. .... Análisis costo-beneficio para los diseños de mezclas de f´c=280 kg/cm². .260
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 262
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 271
ANEXOS 273

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables con el uso de la escoria de cobre....4
Tabla 2 Números de ensayos a realizar, según el tipo de cemento y el tipo de ensayo....9
Tabla 3 Producción de cobre a nivel mundial 2017-2018....15
Tabla 4 Explotación del cobre por las empresas mineras....16
Tabla 5 Especificaciones técnicas del cemento Yura IP....22
Tabla 6 Especificaciones técnicas del cemento Wari IP....23
Tabla 7 Análisis granulométrico del agregado fino N°1....27
Tabla 8 Análisis granulométrico del agregado fino N°2....28
Tabla 9 Análisis granulométrico del agregado fino N°3....29
Tabla 10 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino....31
Tabla 11 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino....33
Tabla 12 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino - 1....36
Tabla 13 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino - 2....36
Tabla 14 Análisis granulométrico del agregado grueso N°1....40
Tabla 15 Análisis granulométrico del agregado grueso N°2....41
Tabla 16 Análisis granulométrico del agregado grueso N°3....42
Tabla 17 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso....44
Tabla 18 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso....47
Tabla 19 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso – 1....50
Tabla 20 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso - 2....50
Tabla 21 Resistencia a la abrasión y al desgaste....51
Tabla 22 Ensayo resistencia a la abrasión y al desgate- norma....52
Tabla 23 Resultados de la resistencia a la abrasión y al desgaste....52
Tabla 24 Método de ensayo Multi-elemental por ICP-OES digestión Multi-acida....58
Tabla 25 Efectos que produce el AL, Ca, Fe y K si presentan contenido altos en la escoria de cobre)....61
Tabla 26 Método de ensayo para Cloruros Digestión Específica – Volumetría....62
Tabla 27 Método de ensayo para sales solubles en agua por digestión específica – Gravimetría....64
Tabla 28 Método de ensayo para sales solubles en agua por digestión específica - Gravimetría....64
Tabla 29 Método de ensayo para Sulfatos por Digestión Específica – Gravimetría....64
Tabla 30 Método de ensayo para Sulfatos por Digestión Específica - Gravimetría....64
Tabla 31 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°1....69
Tabla 32 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°2....70
Tabla 33 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°3....71
Tabla 34 Ensayo de contenido de humedad de escoria de cobre....73
Tabla 35 Ensayo de peso unitario suelto y compactado de la escoria de cobre....76
Tabla 36 Ensayo de peso específico y absorción de la escoria de cobre – 1....79
Tabla 37 Ensayo de peso específico y absorción de la escoria de cobre - 2....79
Tabla 38 Resumen de las Propiedades de los Agregados....80
Tabla 39 Determinación de la resistencia a compresión promedio....81
Tabla 40 Selección del TMN del agregado grueso....82
Tabla 41 Selección de asentamiento....82
Tabla 42 Selección de volumen unitario del agua....83
Tabla 43 Selección de contenido de aire....83
Tabla 44 Selección de la relación agua-cemento....84
Tabla 45 Determinación en peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto....85
Tabla 46 Determinación de la suma de volúmenes absolutos....85
Tabla 47 Contenido de agregado fino....86
Tabla 48 Determinación de los valores de diseño....86
Tabla 49 Corrección de los valores de diseño por humedad de los agregados....87
Tabla 50 Determinación de la humedad superficial....87
Tabla 51 Determinación de la proporción en peso....88
Tabla 52 Humedad superficial - pesos por tanda....89
Tabla 53 Pesos por tanda....89
Tabla 54 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c=210 kg/cm² Yura IP....130

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 55 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Yura IP....131
Tabla 56 Diseño seco y húmedo par diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² y f'c= 280 kg/cm² con cemento Yura IP....132
Tabla 57 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² Wari IP....133
Tabla 58 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Wari IP....134
Tabla 59 Diseño seco y húmedo par diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² y f'c= 280 kg/cm² con cemento Wari IP....135
Tabla 60 Slump del concreto fresco (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm²....137
Tabla 61Peso Unitario del concreto fresco (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm²....139
Tabla 62 Exudación del concreto en ml/cm² (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² 142
Tabla 63 Exudación del concreto en porcentaje % (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² 143
Tabla 64 Temperatura del concreto (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm²....145
Tabla 65 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado....148
Tabla 66 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado....149
Tabla 67 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado....150
Tabla 68 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado....151
Tabla 69 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado....152
Tabla 70 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 28 días de curado....153
Tabla 71 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado....154
Tabla 72 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado....155
Tabla 73 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado....156
Tabla 74 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado....157
Tabla 75 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado....158
Tabla 76 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 28 días de curado....159
Tabla 77 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado....162
Tabla 78 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado....163
Tabla 79 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado....164
Tabla 80 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado....165
Tabla 81 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado....166
Tabla 82 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con días de curado....167
Tabla 83 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado....168
Tabla 84 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado....169
Tabla 85 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado....170
Tabla 86 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado....171

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 87 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado 172
Tabla 88 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 28 días de curado 173
Tabla 89 Resistencia a la flexión en vigas de concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 y 280 kg/cm² con 28 días de curado 176
Tabla 90 Resistencia a la flexión en vigas de concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 y 280 kg/cm² con 28 días de curado 177
Tabla 91 Resistencia al desgate por abrasión del concreto usando cemento Wari IP y Yura IP para una resistencia de f´c=210 y 280 kg/cm² con 28 días de curado 179
Tabla 92 Análisis de costos unitarios de la habilitación de la escoria de cobre 249
Tabla 93 Proporción en peso del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm² 250
Tabla 94 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm²con cemento Yura IP 251
Tabla 95 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm²con cemento Wari IP 252
Tabla 96 Proporción en peso del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm² 254
Tabla 97 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm²con cemento Yura IP 255
Tabla 98 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm²con cemento Wari IP 256
Tabla 99 Comparativa del costo-beneficio para los diseños f´c=210 kg/cm² 258
Tabla 100 Comparativa del costo-beneficio para los diseños f´c=280 kg/cm² 260

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estudio de la escoria de cobre 10
Figura 2 Escoria de cobre 11
Figura 3 Proceso piro metalúrgico de cobre 12
Figura 4 Clasificación de la escoria de cobre 12
Figura 5 Esquema de producción de cobre refinado 13
Figura 6 Efectos de derramar y almacenar la escoria de cobre 17
Figura 7 Usos de la escoria de cobre 18
Figura 8 Reutilización de escoria de cobre en el sector construcción 19
Figura 9 Gestión de residuos de la escoria de cobre 21
Figura 10 Cemento Yura IP 22
Figura 11 Cemento Wari IP 23
Figura 12 Características del agregado fino 24
Figura 13 Análisis granulométrico del agregado fino 26
Figura 14 Análisis granulométrico del agregado fino N°1 27
Figura 15 Análisis granulométrico del agregado fino N°2 28
Figura 16 Análisis granulométrico del agregado fino N°3 29
Figura 17 Contenido de humedad del agregado fino 31
Figura 18 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino 36
Figura 19 Características del agregado grueso 37
Figura 20 Análisis granulométrico del agregado grueso 39
Figura 21 Análisis granulométrico del agregado grueso N°1 40
Figura 22 Análisis granulométrico del agregado grueso N°2 41
Figura 23 Análisis granulométrico del agregado grueso N°3 42
Figura 24 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso 44
Figura 25 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 47
Figura 26 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso 49
Figura 27 Resistencia a la abrasión y al desgaste del agregado grueso 51
Figura 28 Característica de la escoria de cobre 53
Figura 29 Caracterización de la escoria de cobre 53
Figura 30 Ubicación de la muestra de escoria de cobre 55
Figura 31 Recolección de muestra 55
Figura 32 Reconocimiento de zona 55
Figura 33 Ubicación, reconocimiento de zona y recolección de escoria de cobre 55
Figura 34 Almacenamiento 56
Figura 35 Molienda 56
Figura 36 Transporte 56
Figura 37 Molienda, transporte y almacenamiento de la escoria de cobre 56
Figura 38 Composición de la escoria de cobre 60
Figura 39 Efectos de niveles altos de ion cloruro que pueden generar en el concreto armado 62
Figura 40 Método de ensayo para Cloruros Digestión Específica 63
Figura 41 Efectos de niveles altos de sales solubles que pueden generar en el concreto 63
Figura 42 Efectos de niveles altos de iones sulfatos que pueden generar en el concreto 64
Figura 43 Escoria de cobre como sustituto parcial del cemento hidráulico 65
Figura 44 Escoria de cobre como gravilla para líneas de ferrocarriles 65
Figura 45 Escoria de cobre como árido en mezclas asfálticas de obras viales 66
Figura 46 Escoria de cobre como agregado fino en el Comportamiento resistente del hormigón 66
Figura 47 Análisis granulométrico de la escoria de cobre 68
Figura 48 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°1 69
Figura 49 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°2 70
Figura 50 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°3 71
Figura 51 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso 72
Figura 52 Ensayo de peso unitario suelto y compactado de la escoria de cobre 75
Figura 53 Consistencia de la escoria de cobre luego de la prueba del cono 79
Figura 54 Ensayo de peso específico y absorción de la escoria de cobre – fiola 79

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 55 Granulometría de las muestras del agregado fino 180
Figura 56 Granulometría de las muestras de la escoria de cobre 181
Figura 57 Granulometría de las muestras del agregado grueso 182
Figura 58 Comparación de los módulos de finesa del agregado fino 183
Figura 59 Comparación de los módulos de finesa de la escoria de cobre 183
Figura 60 Comparación de los módulos de finesa del agregado grueso 184
Figura 61 Grafica comparativa del peso específico de la masa superficialmente seca del agregado fino vs la escoria de cobre 185
Figura 62 Grafica comparativa del peso específico de la masa del agregado fino vs la escoria de cobre 186
Figura 63 Grafica comparativa del peso específico aparente del agregado fino vs la escoria de cobre 187
Figura 64 Grafica comparativa del peso específico de la masa superficialmente seca del agregado grueso 187
Figura 65 Grafica comparativa del peso específico de la masa del agregado grueso 188
Figura 66 Grafica comparativa del peso específico aparente del agregado grueso 188
Figura 67 Grafica comparativa de la absorción del agregado fino vs la escoria de cobre 189
Figura 68 Grafica comparativa de la absorción del agregado grueso 190
Figura 69 Grafica comparativa del contenido de humedad del agregado fino vs la escoria de cobre 191
Figura 70 Grafica comparativa del contenido de humedad del agregado grueso 191
Figura 71 Grafica comparativa del peso unitario suelto del agregado fino vs la escoria de cobre 192
Figura 72 Grafica comparativa del peso unitario compactado del agregado fino vs la escoria de cobre 193
Figura 73Grafica comparativa del peso unitario suelto vs el peso unitario compactado del agregado grueso 194
Figura 74 Grafica comparativa del porcentaje de desgaste del agregado grueso 194
Figura 75 Grafica comparativa según la cantidad del agregado grueso 195
Figura 76 Grafica comparativa según el peso del agregado grueso 196
Figura 77 Grafica comparativa según el peso de la escoria de cobre para un concreto f´c=210 kg/cm² 197
Figura 78 Grafica comparativa según el peso de la escoria de cobre para un concreto f´c=280 kg/cm² 198
Figura 79 Grafica comparativa según el peso del agregado fino para un concreto f´c=210 kg/cm² 199
Figura 80 Grafica comparativa según el peso del agregado fino para un concreto f´c=280 kg/cm² 200
Figura 81 Grafica comparativa según la cantidad de agua para un concreto f´c=210 kg/cm² 201
Figura 82 Grafica comparativa según la cantidad de agua para un concreto f´c=280 kg/cm² 202
Figura 83 Comparativa de la variación del Slump (pulg) del concreto fresco para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre 203
Figura 84 Comparativa de la variación del Slump (pulg) del concreto fresco para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre. 204
Figura 85 Comparativa de la variación del Peso Unitario del concreto fresco(kg/m³) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre 205
Figura 86 Comparativa de la variación del Peso Unitario del concreto fresco(kg/m³) para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre 206
Figura 87 Comparativa de la variación de la temperatura (°C) del concreto fresco para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre 207
Figura 88 Comparativa de la variacion de la temperatura (°C) del concreto fresco para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento yura IP y cemento wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre 208
Figura 89 Comparativa de la variación de exudación (%) del concreto fresco para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre 209
Figura 90 Comparativa de la variación de exudación (%) del concreto fresco para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento yura IP y cemento wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre 210
Figura 91 Evolución de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - Cemento Yura IP 211
Figura 92 Evolución de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - Cemento Yura IP. 212

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 93 Evolución de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - Cemento Wari IP.....214
Figura 94 Evolución de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - Cemento Wari IP.....215
Figura 95 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - 7 días 217
Figura 96 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - 7 días 217
Figura 97 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - 14 días.....218
Figura 98 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - 14 días.....219
Figura 99 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - 28 días.....220
Figura 100 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - 28 dias.....220
Figura 101 Análisis comparativo de resistencia a compresión para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre.222
Figura 102 Análisis comparativo de resistencia a compresión para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=280 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre.223
Figura 103 Comparativa de la resistencia a tracción para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre 224
Figura 104 Comparativa de la resistencia a tracción para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=280 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre 226
Figura 105 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=210 kg/cm² 7 días.....228
Figura 106 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=280 kg/cm² 7 días.....228
Figura 107 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=210 kg/cm² 14 días.....230
Figura 108 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=280 kg/cm² 14 días.....230
Figura 109 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=210 kg/cm² 28 días.....232
Figura 110 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=280 kg/cm² 28 días.....232
Figura 111 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (kg/cm²)) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre. 236
Figura 112 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (Mpa)) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre. 237
Figura 113 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (kg/cm²)) para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre. 240
Figura 114 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (Mpa))para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre. 241
Figura 115 Comparativa de las Resistencias al desgaste (% de abrasión) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre. 244
Figura 116 Comparativa de las Resistencias al desgaste (% de abrasión) para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre. 247
Figura 117 Proceso de molienda de la escoria de cobre por parte de la empresa Grinding Perú 248
Figura 118 Comparativa del Costo unitario por m³ para los diseños de mezclas f´c=210 kg/cm² 253
Figura 119 Comparativa del Costo unitario por m³ para los diseños de mezclas f´c=280 kg/cm² 257
Figura 120 Comparativa del costo-beneficio para los diseños de mezclas f´c=210 kg/cm².....259
Figura 121 Comparativa del costo-beneficio para los diseños de mezclas f´c=280 kg/cm².....260

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Contenido de humedad del agregado Fino 30
Ecuación 2 Peso Unitario Suelto Agregado Fino 32
Ecuación 3 Peso Unitario Compactado Agregado Fino 33
Ecuación 4 Contenido de humedad del agregado grueso 44
Ecuación 5 Peso Unitario suelto del agregado grueso 46
Ecuación 6 Peso unitario compactado del agregado grueso 46
Ecuación 7 Peso específico de la masa 49
Ecuación 8 Peso específico de la masa superficialmente seca 49
Ecuación 9 Peso específico Aparente 49
Ecuación 10 Porcentaje de absorción 49
Ecuación 11 Porcentaje de desgaste a la abrasión 52
Ecuación 12 Contenido de humedad de la escoria de cobre 73
Ecuación 13 Peso unitario suelto de la escoria de cobre 74
Ecuación 14 Peso Unitario compactado de la escoria de cobre 75
Ecuación 15 Factor de determinación del cemento 84
Ecuación 16 Peso unitario del concreto 138
Ecuación 17 Exudación del concreto 1 141
Ecuación 18 Exudación del concreto 2 141
Ecuación 19 Exudación del concreto 3 141
Ecuación 20 Resistencia a compresión 146
Ecuación 21 Resistencia a tracción indirecta 161
Ecuación 22 Resistencia a la flexión en vigas 175
Ecuación 23 Resistencia al desgaste por abrasión 178

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO TEORICO – OPERACIONAL

1.1. Título de la investigación

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA UN CONCRETO f´c =210 kg/cm² Y f´c=280 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERÚ, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA"

1.2. Disciplina

"TECNOLOGIA DEL CONCRETO"

1.3. Problema de investigación

1.3.1. Enunciado del problema

Los elevados índices de contaminación en el sur del país generados por los residuos de la actividad minera generan perjuicios al medio ambiente y a la población en general, la minera Southern Perú dedicada a la explotación de cobre en sus unidades mineras de Cuajone y Toquepala generan este mineral luego de haber pasado por el proceso piro metalúrgico (escoria de cobre).

Se estima que por cada tonelada de cobre producido se generan dos toneladas de escoria de cobre, estudios confirman que en la ciudad de Ilo se emitió más de cuatro veces y medio el límite de dióxido de azufre, contaminando la irrigación "Pampa Sitana", la bahía de Ite en Tacna entre otros; estos hechos han conllevado a una serie de sanciones para Southern Perú, hasta la actualidad se permitió que la fundición y refinería de cobre de Ilo efectúe la emisión de partículas contaminantes que superan los límites máximos permisibles en 100% aproximadamente, si bien estos procesos piro metalúrgicos son necesarios para poder procesar el material extraído, se debe de buscar una manera en la que estos residuos puedan ser reutilizados y así poder disminuir el impacto ambiental que este proceso conlleva.

Esta investigación tiene como finalidad proponer medidas de conservación del medio ambiente mediante propuestas de manejo de este residuo como material para el concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3.2. Descripción del problema

En la actualidad el uso del concreto es un material que es altamente utilizado en el Perú y el mundo, proceso por el cual se genera mucha contaminación desde su proceso de fabricación, uso y desecho. Siendo las cementeras una de las industrias más contaminantes para el medio ambiente como también lo es la industria minera, en el caso de la región sur del Perú, la minera Southern Perú (Cuajone y Toquepala) es una industria la cual explota en mayor cantidad el cobre de nuestro territorio, lo que se propone es reutilizar el producto de desecho final de la minera (escoria de cobre) y utilizar ese producto para la elaboración de nuestro concreto mejorando las propiedades del concreto y la vez disminuir el impacto ambiental de la Cuidad de Ilo, Tacna y Moquegua (Southern Perú tiene almacenada 70 toneladas de escoria, restos de cobre fundido, en ENAPU, esto en Ilo – Moquegua).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar las propiedades mecánicas del concreto utilizando cemento (Yura Tipo IP, Wari Tipo IP) para los concretos f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con la adición de escoria de cobre y establecer el diseño optimo respectivo.

1.4.2. Objetivos Secundarios

- Elaborar un adecuado diseño de mezclas con la adición de escoria de cobre utilizando 2 tipos de cemento (Yura Tipo IP, Wari Tipo IP) para los concretos de resistencia f´c=210 kg/cm² Y f´c=280 kg/cm².
- Analizar las propiedades de la escoria de cobre y definir lineamientos de comportamiento como parte de material utilizado en la elaboración del concreto.
- Reutilizar desechos mineros como la escoria de cobre en el ámbito de la construcción específicamente en la elaboración del concreto.
- Obtener y comparar los resultados de concretos de resistencias iniciales, intermedias y finales (7, 14 y 28 días).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Comparar las propiedades mecánicas, costo, tiempo, mejorías con los 2 tipos de cemento (Yura Tipo IP, Wari Tipo IP) utilizados para los concretos f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm².
- Hacer un análisis comparativo sobre la diferencia de costos, costo-beneficio y ver la factibilidad del uso de este material como elemento del concreto.

1.5. Alcance

La presente investigación pretende determinar la influencia del nivel de reemplazo de la escoria de cobre al utilizarlo como agregado fino para la elaboración del concreto en la ciudad de Arequipa, aplicada a concretos de diferentes resistencias f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm², reemplazando la escoria de cobre como agregado fino en los diferentes porcentajes 0%, 10%, 20%, 30% y 40%, además de comparar sus propiedades en estado fresco y endurecido respecto a concretos sin adición de escoria de cobre. Por último, evaluar las ventajas y desventajas que ofrece el uso de escoria de cobre en el concreto, proporcionar criterios para la utilización de estos residuos en el concreto y realizar un análisis costo-beneficio para ver la viabilidad de su aplicación.

Para efectos de esta investigación, para evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido se realizarán 240 probetas para ensayos a compresión a los 7, 14 y 28 días con los diferentes porcentajes de reemplazo de 0%, 10%, 20%, 30% y 40%; 240 probetas para ensayos a tracción a los 7, 14 y 28 días con los diferentes porcentajes de reemplazo de 0%, 10%, 20%, 30% y 40% ; 180 cubos para ensayos a abrasión a los 28 días con los diferentes porcentajes de reemplazo de 0%, 10%, 20%, 30% y 40% y 36 vigas para ensayos a flexión a los 28 días con los diferentes porcentajes de reemplazo de 0%, 20% y 40% (solo se trabajó con dichos porcentajes debido al alto costo que demanda realizar este ensayo) y para las propiedades en estado fresco se medirá la trabajabilidad, temperatura, peso unitario y exudación para cada diseño de mezcla elaborado.

1.6. Hipótesis Principal

Es probable que con la adición de la escoria de cobre (material proveniente de los residuos de la actividad minera de la Unidad Minera Southern Perú) al diseño del concreto utilizando cemento Yura tipo IP y cemento Wari tipo IP como reemplazo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

parcial del agregado fino en diferentes porcentajes, esta nos ayude a mejorar las propiedades mecánicas del concreto a comparación del concreto convencional.

1.7. Variables

1.7.1. Variable Dependiente

- Propiedades mecánicas del concreto
- Costo y tiempo
- Tipos de cemento

1.7.2. Variables Independientes

- Utilización de escoria de cobre
- Diseño de Tipo de investigación

Variables		
	Cemento Yura IP	Cemento Wari IP
Sin adición Escoria de Cobre	0%	0%
Con adición Escoria de Cobre	10%	10%
	20%	20%
	30%	30%
	40%	40%

Tabla 1 Variables con el uso de la escoria de cobre (Fuente propia)

1.8. Tipo de investigación

Es una investigación descriptiva y correlacional según el tipo de conocimiento, descriptiva por que busca describir el comportamiento que tendrá nuestro concreto ante la adición de escoria de cobre y correlacional porque busca establecer relaciones estadísticas entre características o variables.

Según el enfoque podemos determinar que es cuantitativo porque se puede determinar con cantidades o porcentajes los parámetros que tendrán nuestra elaboración de concreto además de ser una investigación experimental dado que es aquella que establece relaciones entre causa y efecto; finalmente por el periodo de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

tiempo es una investigación longitudinal porque buscar determinar la variación de las propiedades que sufrirá nuestro concreto en determinados tiempos de rotura.

1.8.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó como técnica de investigación el análisis documental.

Se realizarán testigos de tamaño 4”x8”, posteriormente se ensayarán luego de alcanzar resistencia para los 7 días, se procederá a romper las primeras 4 probetas para cada diseño y dosificación; luego a los 14 días se procederá con la rotura de las siguientes 4 probetas, y finalmente a los 28 días las roturas de las 4 últimas probetas serán ensayadas.

En este estado se medirá el esfuerzo último de cada probeta y se realizará un promedio entre las 4 lecturas, además de obtener la dispersión y varianza entre las muestras.

Se tomarán testigos de tamaño 4”x8” para realizar ensayos de Resistencia a Compresión y ensayos de Tracción Diametral (Resistencia a Tensión), se ira ensayando de 4 en 4 para cada edad (7,14 y 28), tomando como datos finales el promedio de dichas lecturas.

Se tomarán vigas prismáticas de 70 cm x 15 cm x 15 cm para realizar ensayos de resistencia a la flexión en vigas de concreto, se ira ensayando de 3 en 3 para la edad de 28 días, tomando como datos finales el promedio de dichas lecturas.

Se tomarán cubos de concreto de dimensiones 5 cm x 5 cm x 5 cm para realizar Ensayos de desgaste (Abrasión) para lo cual se ira ensayando de 9 en 9 para la edad de 28 días, tomando como datos finales el promedio de dichas lecturas.

El instrumento técnico de diseño de mezcla será por el método ACI debido a que es el más conocido y ampliamente usado en el mercado peruano debido a que se basa en su relación directa agua/cemento.

1.8.2. Ensayo y diseño de mezclas

El diseño base de mezclas estará basado y siguiendo la metodología de diseño ACI, debido a que esta es la que actualmente es la más usada y la relación agua/cemento es la que prima en la actualidad debido a su relación directa con la resistencia a compresión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se realizarán estos tipos de ensayos:

- Ensayos de resistencia a compresión
- Ensayos de tracción diametral (Resistencia a Tensión)
- Ensayo de resistencia a la flexión en vigas
- Ensayos de desgaste (Abrasión en máquina de los ángeles)

1.8.3. Matriz experimental de diseño

Tipos de diseño, con diferentes porcentajes de escoria y diferente tipo de cemento:

Yura Tipo IP

- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 0 % de escoria de cobre con cemento Yura Tipo IP (48 probetas, 6 vigas prismáticas y 18 cubos todos de concreto)
- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 10 % de escoria de cobre con cemento Yura Tipo IP (48 probetas y 18 cubos todos de concreto)
- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 20 % de escoria de cobre con cemento Yura Tipo IP (48 probetas, 6 vigas prismáticas y 18 cubos todos de concreto)
- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 30 % de escoria de cobre con cemento Yura Tipo IP (48 probetas y 18 cubos todos de concreto)
- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 40 % de escoria de cobre con cemento Yura Tipo IP (48 probetas, 6 vigas prismáticas y 18 cubos todos de concreto)

Wari Tipo IP

- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 0 % de escoria de cobre con cemento Wari Tipo IP (48 probetas, 6 vigas prismáticas y 18 cubos todos de concreto)
- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 10 % de escoria de cobre con cemento Wari Tipo IP (48 probetas y 18 cubos todos de concreto)
- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 20 % de escoria de cobre con cemento Wari Tipo IP (48 probetas, 6 vigas prismáticas y 18 cubos todos de concreto)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 30 % de escoria de cobre con cemento Wari Tipo IP (48 probetas y 18 cubos todos de concreto)
- Concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² con 40 % de escoria de cobre con cemento Wari Tipo IP (48 probetas, 6 vigas prismáticas y 18 cubos todos de concreto)

Propiedades del agregado:

- Análisis granulométrico.
- Contenido de Humedad.
- Peso Unitario Suelto y Compactado.
- Peso específico.
- Porcentaje de Absorción.
- Abrasión

Propiedades del concreto en estado fresco

- Trabajabilidad: Se realizará mediante la prueba de asentamiento llevándose a cabo ensayos para cada porcentaje de adición de escoria de cobre y según el tipo de cemento.
- Temperatura: Se refiere al balance térmico de la estructura al momento del vaciado. Se realizarán ensayos para cada porcentaje de adición de escoria de cobre y según el tipo de cemento.
- Peso Unitario: Teniendo en cuenta el peso y volumen de las probetas se procederá a calcular el peso unitario de cada una para obtener promedios para cada diseño de mezcla.
- Exudación: Se realizarán ensayos para cada porcentaje de adición de escoria de cobre y según el tipo de cemento.

Propiedades del concreto en estado endurecido

- Resistencia a la compresión
- Ensayos de tracción diametral (Resistencia a Tensión)
- Ensayo de flexión en vigas
- Ensayos de desgaste (Abrasión)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.8.4. Limitaciones

Para proyectos de gran envergadura podría existir limitaciones de recursos si no existe una buena gestión para la obtención de permisos y para la habilitación de escoria de cobre puesta en obra.

Podría haber limitaciones sobre el transporte del mineral de la escoria de cobre, debido a que si se transporta volúmenes grandes pueda existir perdidas menores del mineral, se puede realizar un buen seguimiento y control del mineral para evitar dichas perdidas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cemento	Mezcla f`c=210 kg/cm2	Ensayo de Resistencia a Compresion			Ensayo de Traccion por Compresion Diametral (Resistencia a Tension)			Ensayo de Flexion en Vigas de Concreto	Ensayo de Desgaste (Abrasion)
		Probetas de 4"x8"			Probetas de 4"x8"			Vigas prismaticas de 70 cm x 15 cm x 15 cm	Cubos de 5cmx5cmx5cm
		7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias	28 dias	28 dias
Cemento yura IP	C210 - 0%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C210 - 10%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C210 - 20%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C210 - 30%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C210 - 40%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
Cemento wari IP	C210 - 0%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C210 - 10%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C210 - 20%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C210 - 30%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C210 - 40%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
Parcial de probetas y cubos a ensayar		40	40	40	40	40	40	18	90
Total de probetas		240							
Total de vigas prismaticas		18							
Total de cubos		90							

Cemento	Mezcla f`c=280 kg/cm2	Ensayo de Resistencia a Compresion			Ensayo de Traccion por Compresion Diametral (Resistencia a Tension)			Ensayo de Flexion en Vigas de Concreto	Ensayo de Desgaste (Abrasion)
		Probetas de 4"x8"			Probetas de 4"x8"			Vigas prismaticas de 70 cm x 15 cm x 15 cm	Cubos de 5cmx5cmx5cm
		7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias	28 dias	28 dias
Cemento yura IP	C280 - 0%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C280 - 10%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C280 - 20%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C280 - 30%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C280 - 40%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
Cemento wari IP	C280 - 0%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C280 - 10%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C280 - 20%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
	C280 - 30%E.C.	4	4	4	4	4	4		9
	C280 - 40%E.C.	4	4	4	4	4	4	3	9
Parcial de probetas y cubos a ensayar		40	40	40	40	40	40	18	90
Total de probetas		240							
Total de vigas prismaticas		18							
Total de cubos		90							

Total de probetas f`c=210 kg/cm2 y f`c=280 kg/cm2	480
Total de vigas Prismaticas f`c=210 kg/cm2 y f`c=280 kg/cm2	36
Total de cubos f`c=210 kg/cm2 y f`c=280 kg/cm2	180

Tabla 2 Números de ensayos a realizar, según el tipo de cemento y el tipo de ensayo

(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Cobre

2.1.1. Escoria de cobre

Siendo la escoria de cobre el material a utilizarse en esta investigación es necesario tener conocimientos y conceptos solidos a cerca de su definición, como se realiza la producción de dicho material, el impacto que genera a nivel de contaminación, la utilización como material alternativo para minimizar la contaminación y una gestión para el uso de la escoria de cobre.

Además de realizar un análisis físico-químico para determinar su composición, se debe de ver las características que presenta la escoria de cobre y las diferentes aplicaciones en su uso para determinar la viabilidad de la utilización como material alternativo como agregado para el sector de construcción (Correa, 2017).

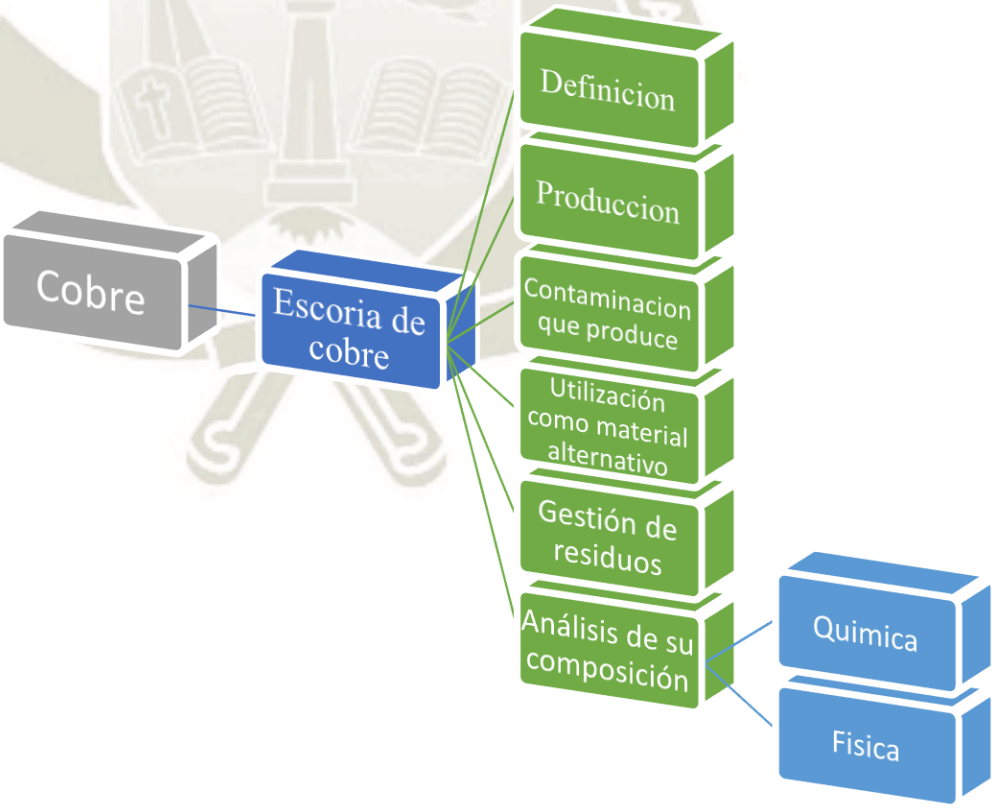


Figura 1 Estudio de la escoria de cobre
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.1.1.1. Definición

La escoria de cobre es un compuesto químico que viene del resultado de los distintos procesos piro metalúrgicos, dicho material de residuo se origina en las distintas etapas tanto como en la etapa de conversión donde se obtienen mediante la oxidación de compuestos químicos y en la etapa de fusión en la cual se constituyen a partir de los óxidos de la carga del horno.

La escoria de cobre es un material contaminante, en investigaciones anteriores se ha determinado que principalmente presenta grandes cantidades de óxido de hierro (FeO, Fe3O4), oxido de calcio (CaO), oxido de sílice (SiO2) y oxido de aluminio (Al2O3), estas escorias son vertidas o almacenadas en los diferentes lugares, produciendo efectos negativos como la contaminación de las playas, una mala calidad de suelo y agua, reubicación de la flora y fauna, perdidas económicas y alteración de centros históricos.



Figura 2 Escoria de cobre
(Fuente propia)

Podemos observar en la figura 3 que notamos como se concibe de forma tradicional el cátodo de cobre como la obtención final de una serie etapas (secado o tostación de concentrados, fusión, conversión, piro-refinación, moldeo ánodos y electro-refinación) desde una entrada hasta una salida, el tratamiento de escoria puede pasar tanto a vertederos como pasar de nuevo por el proceso de conversión provenientes del proceso de fusión como metal blanco y obtener el cobre blíster. (Nazer, 2010)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

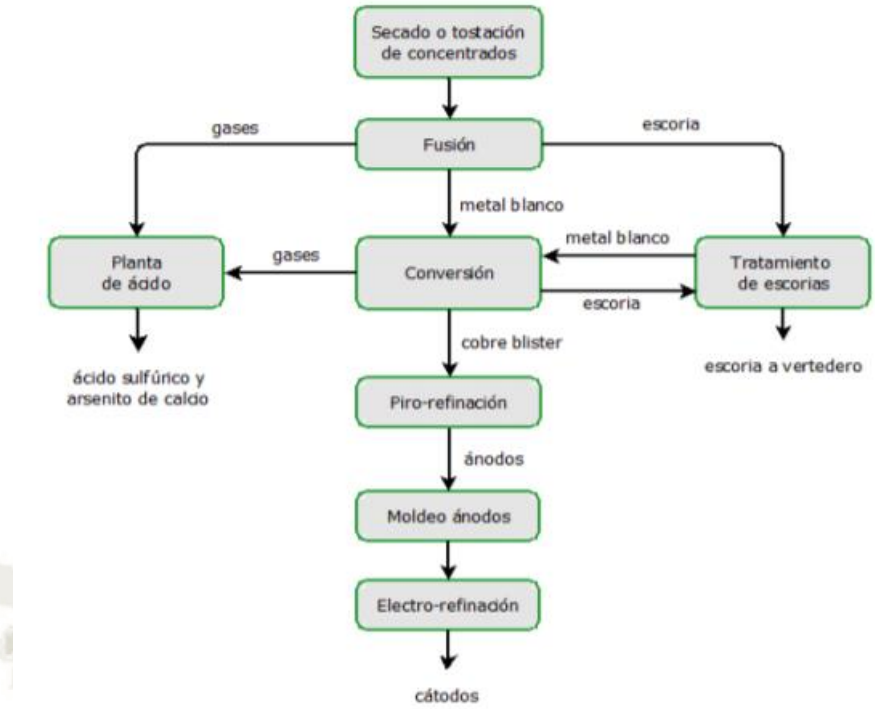


Figura 3 Proceso piro metalúrgico de cobre
(fuente una revisión de los usos de escoria A Nazer, 2010)

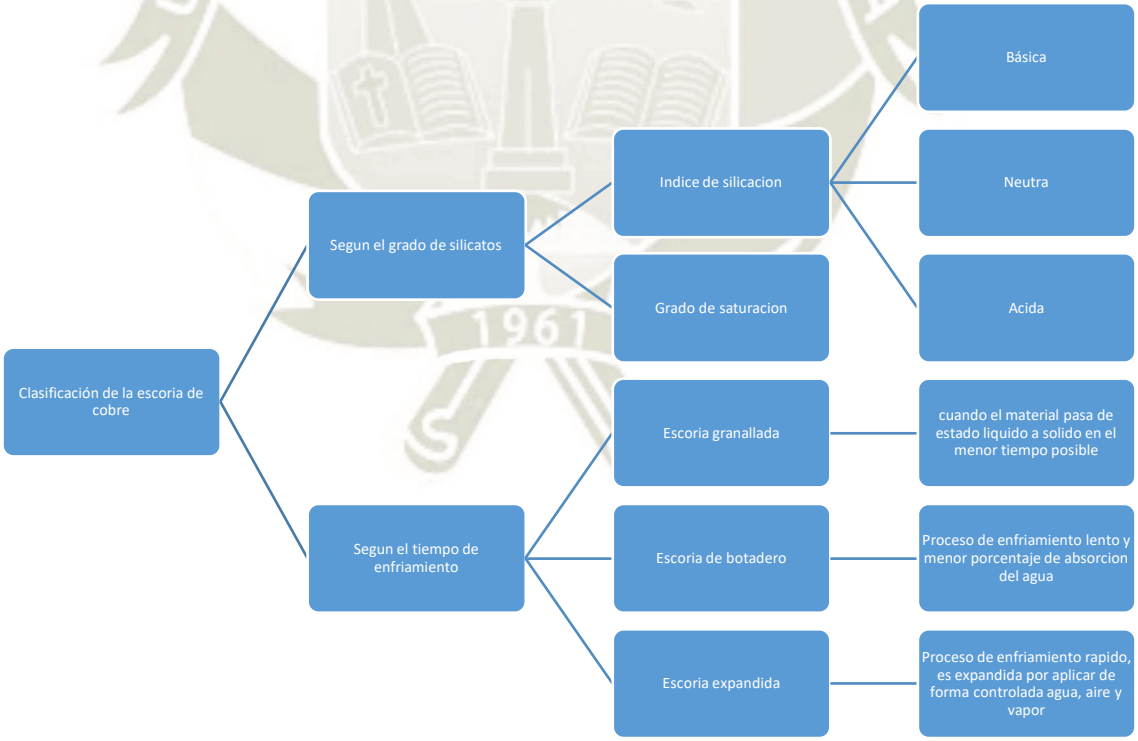


Figura 4 Clasificación de la escoria de cobre
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la figura 5 observamos el proceso productivo de SPCC, su generación de relaves y de emisiones de dióxido de azufre en la fundición. La escoria de cobre producida en la fundición de Ilo fue de 718272 TM/año

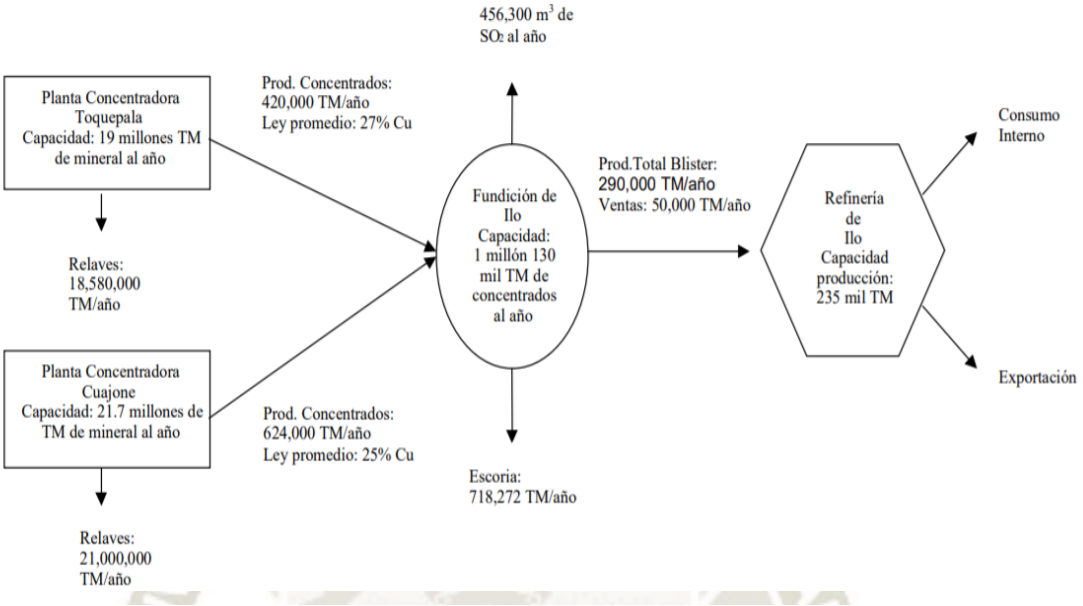


Figura 5 Esquema de producción de cobre refinado
(fuente impacto del programa de estabilización y las reformas estructurales sobre el desempeño ambiental de la minería de cobre en el Perú: Alberto Pasco

La escoria de cobre es un material el cual no ha sido muy estudiado a grandes rasgos en nuestro país, se tienen referencias, diversos estudios y sigue siendo un tema poco conocido aun en el Perú (OYARZUN KNEER, 2013).

2.1.1.2. Antecedentes investigativos

EN PERU

Perú es uno de los países más castigados por la actividad de las Empresas Transnacionales dedicadas a la Minería, el sujeto protagónico en Ilo es la fundición de cobre de SPCC, para producir 300 mil toneladas al año de cobre de blíster se generan 1912 TM/día de gases sulfurosos entre otros, dañinos para la salud. (Lora, 2016)

Las escorias de fundición constituyen uno de los principales desechos sólidos en las plantas de la industria del cobre, lo cual aumenta día a día en el sur de nuestro país. Esto genera la necesidad de poder encontrar usos alternativos a la escoria, a modo de reutilizar y dar un valor agregado a lo que se genera como subproducto de las fundiciones de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mediante la revisión bibliográfica, se verificó que son muy pocos los trabajos publicados con respecto al uso de escoria de cobre en el Perú (Carrasco Correa, 2017).

EN COLOMBIA

En Colombia la producción de cobre ha sido muy baja, en comparación de Chile y Perú, los cuales durante el año 2011 fueron los principales productores de cobre en todo el mundo. En Colombia se alcanzó una producción de 4.041 toneladas de cobre en las diferentes minas (Carrasco Correa, 2017).

EN CHILE

En Chile que es el segundo productor de cobre del mundo la escoria se ha depositado a cielo abierto y un volumen pequeño está siendo comercializado como abrasivo (Tejada Bedoya, 2019), por cada tonelada de cobre producido se generan alrededor 2,2 ton de escoria, y a nivel nacional se producen aproximadamente 4,5 millones de toneladas por año de escoria, existiendo a la fecha una acumulación de decenas de millones de toneladas. Esta escoria se acumula en canchas colindantes a cada planta industrial, constituyéndose escoriales catalogados como pasivos ambientales, los cuales son potencialmente contaminantes si no son bien manejados (Consuelo Alejandra , 2006).

EN FRANCIA

En Francia, la escoria del alto-horno se usa como agregado para enriquecimiento de las capas de base de pavimentos de carreteras y autopistas. El agregado natural es usado, de 5% a 20% de escoria granulada y % 1 de cal (Tejada Bedoya, 2019).

EN SINGAPUR Y TAILANDIA

La información que uno tiene es que prácticamente de cada volumen de escoria generada que se deposita en los patios de los generadores de metal, una cantidad pequeña se ha usado como abrasivo en algunos países como Singapur y Tailandia (Tejada Bedoya, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.1.3. Contaminación de escoria de cobre en el sur del país

El sector minero durante los últimos años en el país ha aumentado de una forma desmesuradamente la explotación de materias primas, esto se origina debido a la gran demanda tanto nacional como internacional, Perú es considerado como el segundo puesto después de Chile de tener la mayor concentración de cobre a nivel mundial,

País	Producción de Cobre (TMF)		Variación (%)
	2017	2016	
Chile	5330	5550	-3.96
Perú	2390	2350	1.7
China	1860	1900	-2.11
Estados Unidos	1270	1430	-11.19
Australia	920	948	-2.95
Congo	850	846	0.47
Zambia	755	763	-1.05
México	755	752	0.4
Indonesia	650	727	-10.59
Canadá	620	708	-12.43
Otros	4300	4160	3.37
Total mundial	19700	20134	-2.16

Tabla 3 Producción de cobre a nivel mundial 2017-2018 (fuente Mineral Commodity Summaries 2018)

En la tabla 3, que fue publicada por "Mineral Commodity Summaries 2018" podemos observar que en el año 2017 y 2016 la producción total de cobre (TMF) fue de 19,700 y 20,134 respectivamente, por lo que hubo una caída de producción de -2.16% entre el 2016 y 2017; Chile es el mayor productor de cobre en el mundo y Perú produjo 2,350 TMF en el año 2016 y 2,390 TNF en el año 2017 por lo que hubo un aumento de producción de +1.7%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las exportaciones mineras del Perú en el primer semestre del 2018 ascendieron a US$ 14,691 millones, cifra que representó un crecimiento de 18.3% con relación a similar periodo del año 2017 cuando se reportaron US$ 12,418 millones, informó la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE); tal incremento a lo largo de los años también ha generado de la misma forma el incremento de la contaminación en el sur de nuestro país.

Se puede analizar el liderazgo del Perú tanto en producción como en reservas en el 2017. En dicho año el Perú se posicionó como el segundo productor mundial de cobre y plata y tercer productor en zinc, según el último reporte del Servicio Geológico de los Estados Unidos (Suarez, 2018).

En la región de Moquegua tenemos a la minera Southern Perú Copper Corporation – SPCC que tiene a cargo la mina de Cuajone y Toquepala, Podemos observar que hace muchos años desde tiempos inmemorables la explotación del cobre viene predominando por la empresa minera Southern Perú, entre los años 1990 y 1997 tiene índices altos que a comparación de las demás empresas mineras viene a una escala reducida, es por tal motivo que estas enormes cantidades de explotación generan de la misma forma altos índices de contaminación (Ministerio de energia y Minas, 1997).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Southern Perú	194.0	248.4	246.0	240.8	243.0	252.5	306.4	310.6
Centromín Perú	33.7	37.1	31.0	34.9	32.9	36.2	39.4	35.2
Cerro Verde	26.1	28.4	27.5	31.0	20.1	28.9	45.9	54.5
Tintaya	40.6	42.0	50.0	50.1	47.1	65.2	59.1	66.8
Cía. Mra. Pativilca	5.8	6.6	6.0	6.1	6.1	6.7	8.4	8.0
Cía. Mra. Condestable	3.3	4.0	3.9	4.4	4.8	5.0	5.1	4.5
Corp. Mra. Norperú	1.0	1.0	0.5	0.9	1.3	1.6	1.7	2.0
Cía. Mra. Raura	2.4	2.1	2.1	1.6	1.7	2.1	3.4	3.4
Corp. Mra. Castrovirreyna	1.0	0.5	0.0	0.4	0.5	0.6	0.4	0.1
Cía. Mra. Sayapullo	1.5	1.9	1.0	1.0	1.1	1.3	2.2	2.3
Cía. Mra. Atacocha	1.0	1.6	1.7	1.6	1.4	1.4	1.8	3.1
Cía. Mra. Huarón	1.4	0.4	0.0	0.3	0.8	1.3	1.3	1.7
Cía. Mra. Yauli	0.4	0.4	0.5	0.6	0.9	1.0	1.0	1.2
Cía. Mra. Buenaventura	0.7	0.7	0.4	1.3	0.6	0.6	0.4	0.3
Soc. Mra. Austria Duvaz	0.5	0.7	0.7	1.0	0.9	1.1	1.3	0.9
Hierro Perú	1.2	1.2	1.3	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0
Otros	5.2	6.2	7.7	3.7	2.6	4.3	6.4	6.9
Total	**319.6**	**383.2**	**380.3**	**379.7**	**366.7**	**409.7**	**484.2**	**501.5**

Tabla 4 Explotación del cobre por las empresas mineras
(fuente Anuario de Minería 1994 Ministerio de Energía y Minas, Perú en número 1997 S.A. Datos 1997: SNMP. Memorias 1997)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la figura 6 podemos observar los efectos que producen el derramar y almacenar escoria de cobre en el sur del Perú, tantos efectos físicos, en las personas y en el medio natural (Suarez, 2018).

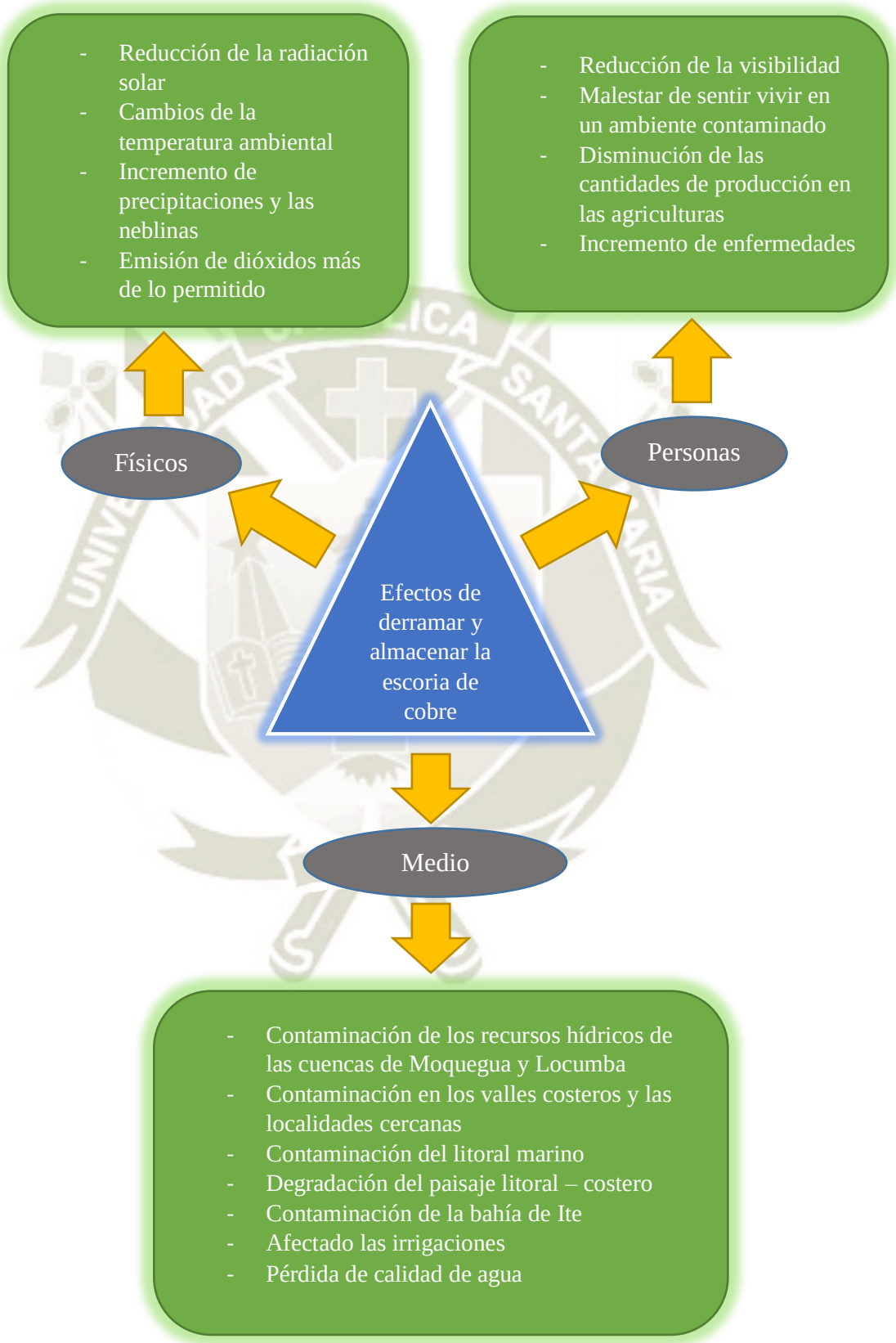


Figura 6 Efectos de derramar y almacenar la escoria de cobre (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.1.4. Utilización de la escoria de cobre como material alternativo para reducir la contaminación ambiental

La utilización de las escorias de cobre ha sido un tema a tratar durante las últimas décadas, debido al aumento de producción de cobre en el Perú que nos posiciona como segundo productor a nivel mundial en el año 2018, hoy en día debido a las grandes cantidades de residuos que genera la producción del cobre por la compañía minera Southern Perú Copper Corporation aumenta los índices de contaminación ambiental en la región de Moquegua.

Se piensa que por los costos, los volúmenes a utilizar y el impacto inmediato en el medio ambiente, la mejor opción es la utilización de las escorias de cobre de la Fundición y Refinería, su uso como árido grueso, en la construcción y reparación de caminos en el entorno inmediato de la planta, como en las vías que conducen hacia ella, tanto a nivel comunal como provincial (Produccion minera de la region Moquegua decae 2015, 2016, 2017 y 2018, 2019).

Actualmente se ha dado diferentes formas de su uso a nivel mundial para reducir la cantidad de botaderos existentes, entre las cuales tenemos:

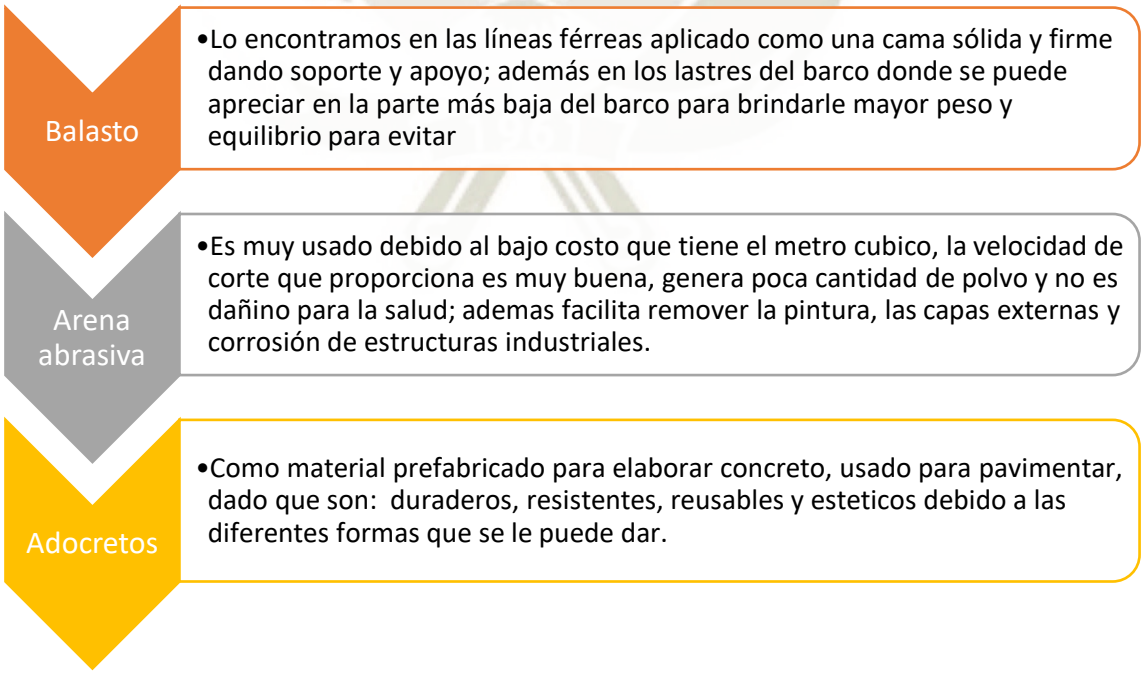


Figura 7 Usos de la escoria de cobre
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Su reutilización en el sector de construcción:

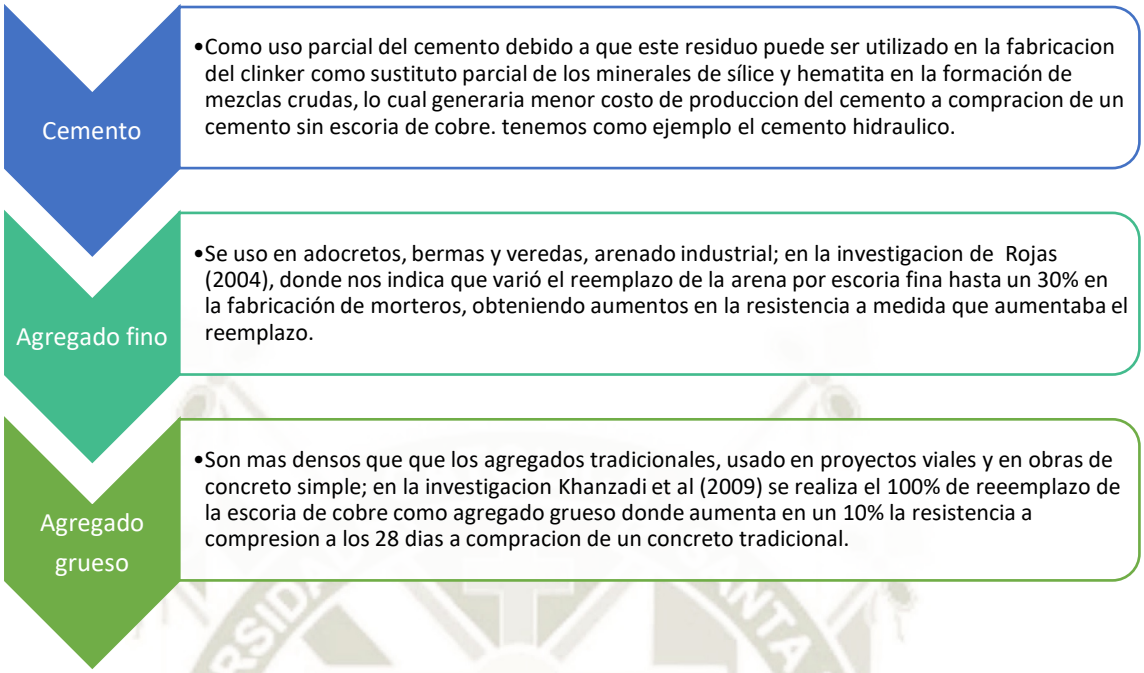


Figura 8 Reutilización de escoria de cobre en el sector construcción (Fuente propia)

2.1.1.5. Gestión de residuos de la escoria de cobre

Una correcta gestión de residuos ocasionaría una reducción drástica de la contaminación ambiental en la ciudad de Ilo – Moquegua.

En la investigación "Modelo de gestión del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la región de Moquegua 2018" nos indica que después de haber realizado una encuesta a profesionales con más de 15 años de experiencia en gerencia de proyectos, de la región Moquegua nos indican que de ellos un 80% consideran que es de suma urgencia tratarlo para disminuir el impacto que genera este. (Moron Lavado, 2018)

Donde establece un modelo de gestión que fue valido por un grupo de expertos para controlar y disminuir el impacto ambiental, mediante cinco procesos:

- Identificación de depósitos y vertederos de escoria de cobre:
  Es el paso número uno para conocer la ubicación exacta del lugar donde se vierten o donde depósito los minerales de las diferentes minas, para así poder obtener información sobre su extracción, producción y almacenaje que nos facilitara en el marco legal para la obtención de permisos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Clasificación de escorias de cobre según su uso:

  Es el proceso donde se analizará y se revisará la información sobre la caracterización de la escoria de cobre, para poder clasificarla y generar una ficha de caracterización y clasificación. La caracterización deberá ser técnica, informativa y precisa por la importancia que tiene el lugar donde están depositadas y/o vertidas.

- Requerimiento de la escoria de cobre:

  Este es el proceso donde se caracterizará y clasificará como material para la elaboración del concreto, dicho proceso deberá ser informativo, cuantitativa, cualitativo, técnica, descriptiva y comparativo y conocer si es viable su uso como material alternativo para la construcción conociendo sus característica y propiedades,

- Utilización de escoria de cobre en las empresas constructoras para su empleo en los proyectos:

  Es el proceso donde se determinará el uso de la escoria de cobre como material de agregado o como cemento, donde se hará un análisis de costos unitarios y revisar las especificaciones técnicas requeridas por el proyecto en las diferentes partidas, con el fin de reemplazar totalmente o parcialmente el cemento o como material de agregado según sus características físicas, químicas y mecánicas.

- Abastecimiento y retroalimentación a los proyectos

  Este es el último proceso que contribuirá y mejorará los anteriores procesos mencionados y genere la aceptación del uso de la escoria de cobre como material alternativo para el uso en el sector de construcción para disminuir la contaminación ambiental (Moron Lavado, 2018).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Figura 9 Gestión de residuos de la escoria de cobre (Fuente propia)

2.2. Cemento

Cemento Portland adicionado con puzolana, de conformidad con la NTP 334.090 y la Norma ASTM C 595, recomendado para el uso general en todo tipo de obra civil.

Posee resistencia al ataque de sulfatos, bajo calor de hidratación que contribuye al vaciado de concretos masivos, mayor impermeabilidad, ganancia de mayor resistencia a la compresión con el tiempo, mejor trabajabilidad, siendo ideal para el uso de morteros, revestimientos y obras hidráulicas.

Cumple con las exigencias que se indican en la norma de los cementos Tipo I, II y V. Además de tener una buena performance en ataques severos.

También se recomienda utilizar en edificaciones y estructuras industriales, puentes, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerables y en climas cálidos (Yura, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.1. Cemento Yura IP

Este tipo de cemento se obtiene de la combinación de Clinker de alta calidad con puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso, este tipo de material es controlado bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y también con el ISO 14001 (gestión ambiental).

Este tipo de cemento puede ser utilizado con cualquier tipo de obra de infraestructura ya sea de gran o pequeña envergadura, además este tipo de cemento es comercializado en diferentes presentaciones ya sea la bolsa de 25 kg, la bolsa de 42 kg, la big bag de 1.0 tm, la big bag de 1.5 tm y también puede ser vendida a granel, abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores (Yura, 2019).

CARACTERISTICAS FÍSICAS		CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595	
Peso específico (gr/cm3)		2.77 a 2.85		-	
Expansión en autoclave (%)		-0.05 a 0.03		-0.20 a 0.80	
Fraguado Vicat inicial (minutos)		170 a 270		45 a 420	
Contenido de aire		2.5 a 8.0		12 Máx	
Resistencia a la compresión		Kgf/cm2	MPa	Kgf/cm2	MPa
1 día		80 a 104	7.8 a 10.2	-	-
3 días		175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín.	1300.00%
7 días		225 a 260	22.0 a 25.4	204 Mín.	2000.00%
28 días		306 a 350	30.0 a 34.3	255 Mín.	2500.00%
Resistencia a los sulfatos		%		%	
% Expansión a los 6 meses		< 0.021%		0.05 Máx	
% Expansión a 1 año		< 0.023%		0.10 Máx	

COMPOSICIÓN QUIMICA		CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA	REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-
MgO (%)		1.5 a 2.4	6.00 Máx.
So3 (%)		1.5 a 2.3	4.00 Máx.
Perdida de ignición (%)		1.5 a 3.8	5.00 Máx.

Tabla 5 Especificaciones técnicas del cemento Yura IP (fuente cemento Yura)



Figura 10 Cemento Yura IP (fuente cemento Yura)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2. Cemento Wari IP

Este tipo de cemento se obtiene con la combinación de un Clinker de alta calidad con puzolana, gracias a esto se logra que este cemento Wari tipo IP desarrolle mayores resistencias a través del tiempo, este tipo de cemento otorga una mayor trabajabilidad otorgando mejores características en relación a la plasticidad, reduciendo la segregación y evitando la exudación.

Este tipo de cemento se encuentra en la presentación de bolsas de 42 kg (Wari, 2019).

CARACTERISTICAS FÍSICAS	CEMENTO WARI TIPO IP	TIPO IP NTP:334.090 ASTM C595
Contenido de aire en el mortero %	3.60%	Máximo 12.0
Expansión de autoclave, máx.%	0.02%	Máximo 0.8
Resistencia a la compresión		
3 días Mpa	18.2	Mínimo 13.0
7 días Mpa	24.7	Mínimo 20.0
28 días Mpa	35.2	Mínimo 25.0
Peso Especifico(gr/cm³)	2.95	--
Tiempo de fraguado vicat, minutos		
Inicial	140	Mínimo 45
Final	280	Máximo 420

COMPOSICIÓN QUIMICA	CEMENTO WARI TIPO IP	TIPO IP NTP:334.090 ASTM C595
MgO (%)	0.78%	Máximo 6.0
So3 (%)	1.68%	Máximo 5.0
Perdida de ignición (%)	3.18%	

Tabla 6 Especificaciones técnicas del cemento Wari IP
(fuente cemento Wari)

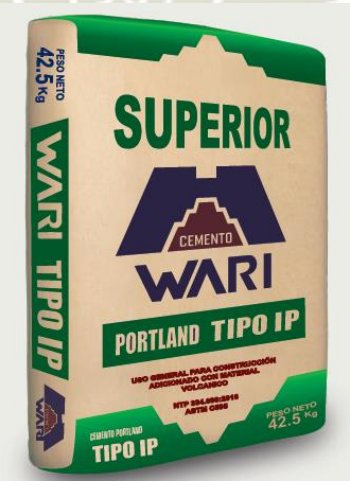


Figura 11 Cemento Wari IP
(fuente cemento Wari)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO III

3. CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

3.1. Propiedades del agregado fino

3.1.1. Características del agregado

El agregado fino es uno de los componentes de mayor porcentaje de participación en su composición del concreto, en este caso se utilizó el agregado fino de la cantera La Poderosa, este agregado fue embolsado por la concretera Supermix S.A. y adquirido en la tienda de Maestro Home Center- Lambramani (Arequipa) en bolsas de 40 kg c/u, este tipo de agregado fino cumple las normas NTP 400.037 (AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto) y el estándar ASTM C-33.

Se entiende como agregado fino al material pasante por el tamiz número 3/8" (9.5mm)".

Todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos y concretos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María



Figura 12 Características del agregado fino
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.2. Análisis granulométrico

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados, para determinar la granulometría, módulo de finesa, etc. Nos regimos según la norma lo establece NTP 400.012 (AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino con aproximación de 0,1 g.
- Tamices: Se utilizó la serie tamices Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100 y Nº 200 y bandeja de fondo.
- Agitador Mecánico de Tamices
- Bandejas
- Cucharon
- Espátula
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C

PROCEDIMIENTO

- Se realizará un cuarteo por el cual se obtendrá un material parejo para su ensayo.
- Se realizará el secado de la muestra a ensayar en el horno con condiciones de temperatura de 110 º C ± 5º C
- Se dejó enfriar la muestra por un lapso de 30 minutos
- Luego se colocó la serie de tamices en orden, para así proceder a verter la muestra de 1000 g. en el juego de tamices.
- Luego se hizo el tamizado en la maquina tamizadora por un lapso de 3 min.
- Luego de ello se retira los tamices de la maquina tamizadora y así pesar los pesos retenidos en cada malla.
- El peso total final del material deberá de ser verificado con el peso inicial de la muestra

Se presenta la siguiente tabla como el resultado de granulometría luego de haber ensayado el agregado fino de la cantera La Poderosa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

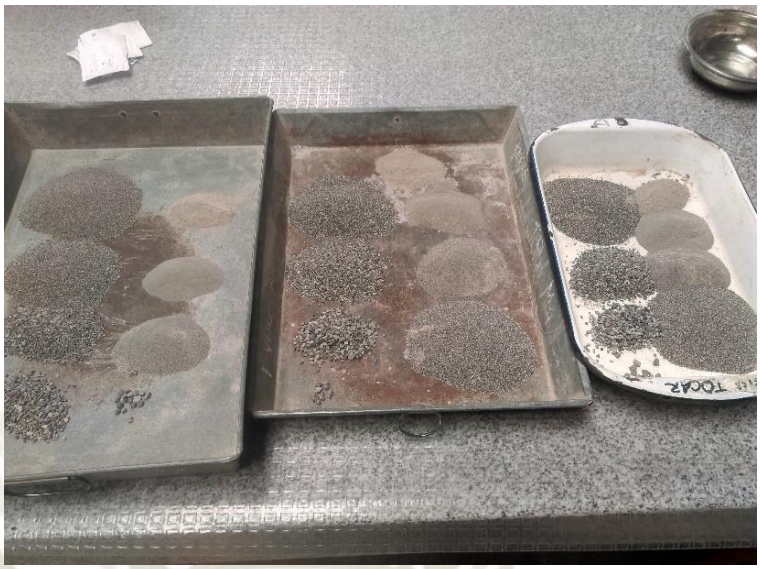


Figura 13 Análisis granulométrico del agregado fino
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA AGREGADO FINO					
CANTERA: LA PODEROSA					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA				1000	g
N TAMIZ"	ABERTURA (mm)	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	3.80	0.38	0.38	99.62
N° 8	2.38	97.00	9.71	10.09	89.91
N° 16	1.18	180.00	18.03	28.12	71.88
N° 30	0.59	252.30	25.27	53.38	46.62
N° 60	0.25	272.50	27.29	80.67	19.33
N° 100	0.15	95.00	9.51	90.19	9.81
N° 200	0.07	60.70	6.08	96.26	3.74
Fondo	0	37.30	3.74	100.00	0.00
TOTAL		998.60	100.00		
Modulo de Fineza		2.63			

Tabla 7 Análisis granulométrico del agregado fino N°1 (fuente propia)

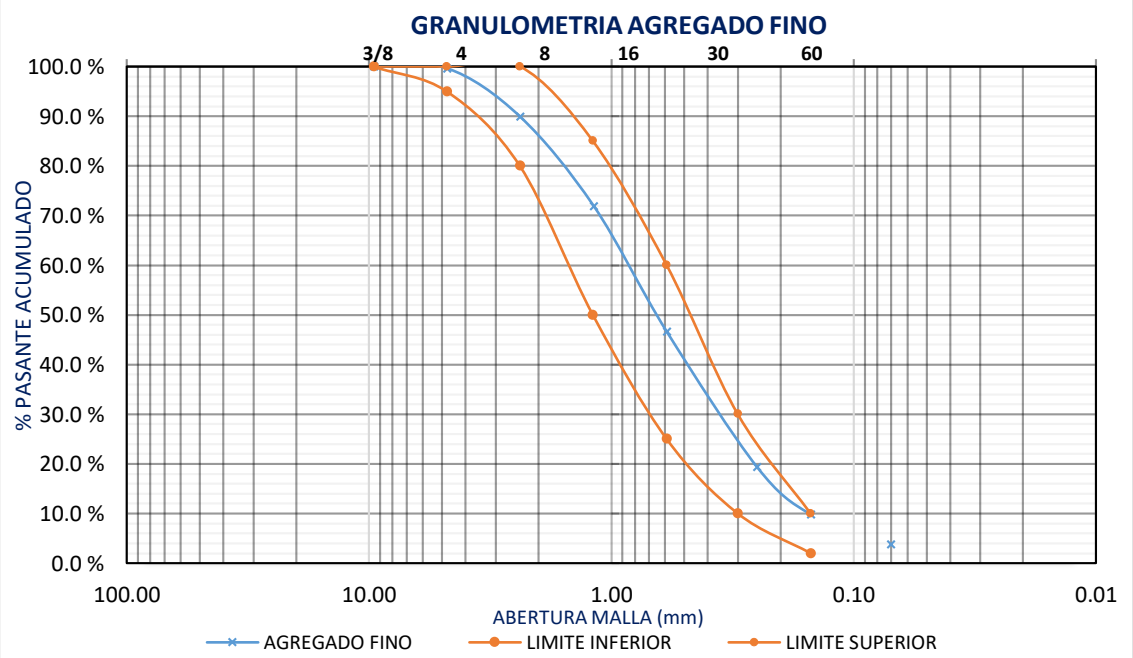


Figura 14 Análisis granulométrico del agregado fino N°1 (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA AGREGADO FINO					
CANTERA: LA PODEROSA					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA				1000	g
N TAMIZ"	ABERTURA (mm)	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	5.70	0.57	0.57	99.43
N° 8	2.38	100.60	10.07	10.64	89.36
N° 16	1.18	191.00	19.12	29.76	70.24
N° 30	0.59	250.60	25.09	54.85	45.15
N° 60	0.25	273.20	27.35	82.20	17.80
N° 100	0.15	83.90	8.40	90.60	9.40
N° 200	0.07	62.50	6.26	96.86	3.14
Fondo	0	31.40	3.14	100.00	0.00
TOTAL		**998.90**	100.00		
Modulo de Fineza		2.69			

Tabla 8 Análisis granulométrico del agregado fino N°2
(fuente propia)

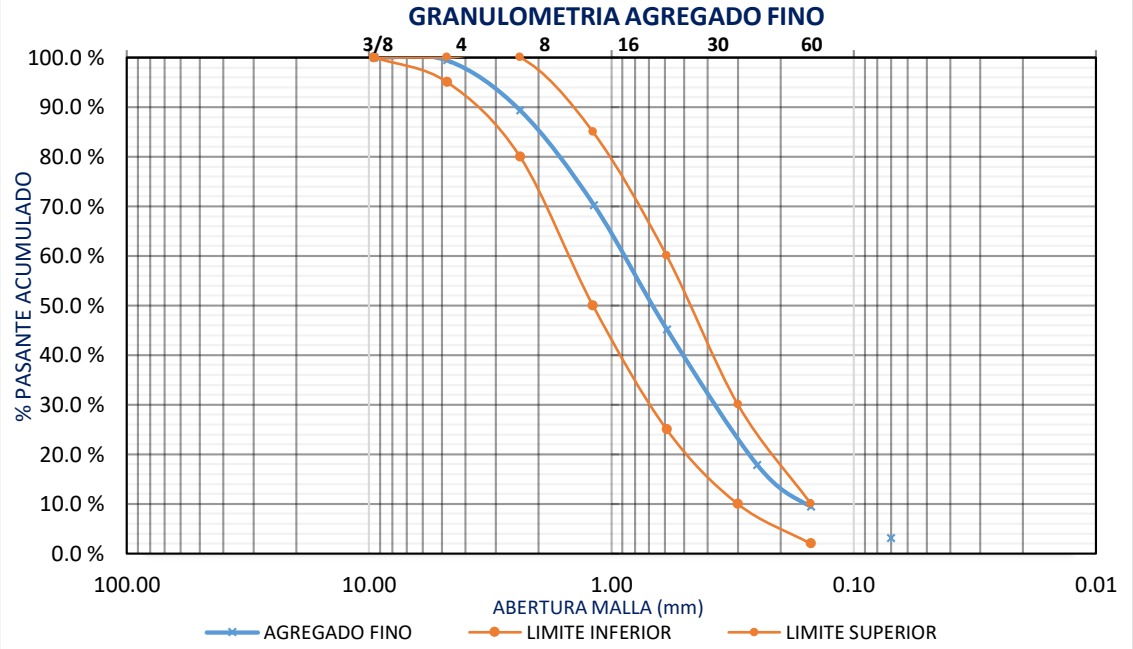


Figura 15 Análisis granulométrico del agregado fino N°2
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA AGREGADO FINO					
CANTERA: LA PODEROSA					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA				1000	g
N TAMIZ"	ABERTURA (mm)	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	4.40	0.44	0.44	99.56
N° 8	2.38	96.90	9.70	10.14	89.86
N° 16	1.18	187.30	18.75	28.89	71.11
N° 30	0.59	255.10	25.54	54.42	45.58
N° 60	0.25	271.80	27.21	81.63	18.37
N° 100	0.15	87.50	8.76	90.39	9.61
N° 200	0.07	63.00	6.31	96.70	3.30
Fondo	0	33.00	3.30	100.00	0.00
TOTAL		**999.00**	100.00		
Modulo de Fineza		2.66			

Tabla 9 Análisis granulométrico del agregado fino N°3
(fuente propia)

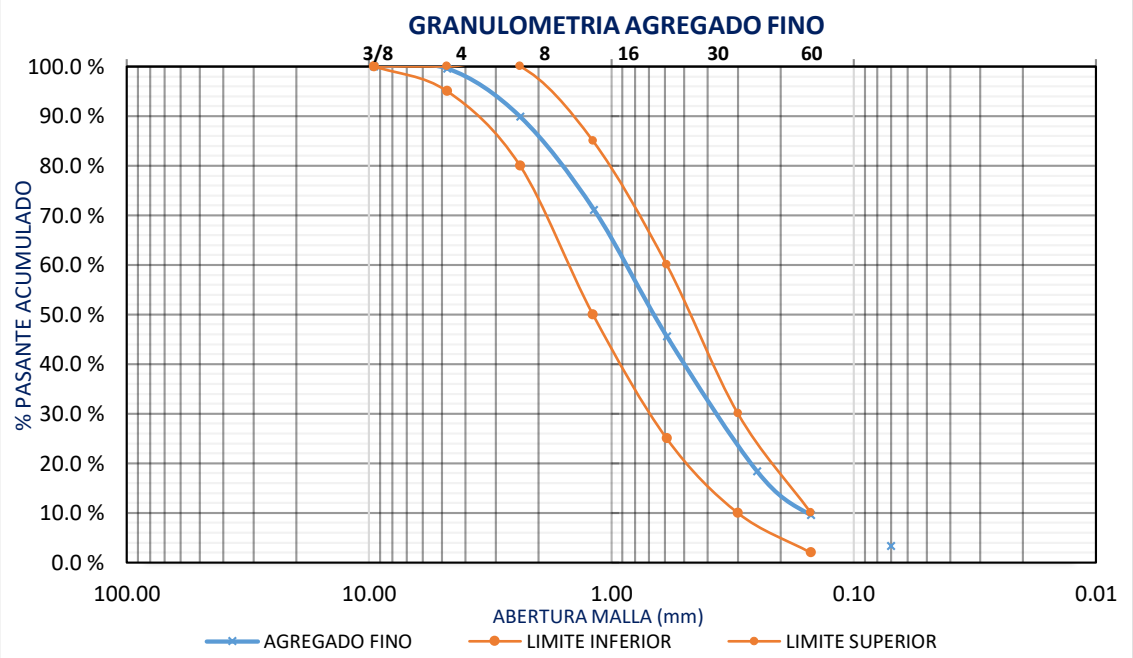


Figura 16 Análisis granulométrico del agregado fino N°3
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad es un factor el cual modifica la relación agua - cemento directamente, por ende, se debe de tener un cuidado especial en este tipo de ensayo.

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados. Nos regimos según la norma lo establece NTP 339.185 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino con aproximación de 0,1 g.
- Bandejas
- Cucharon
- Espátula
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C

PROCEDIMIENTO

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.
- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula (24 horas).
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

Para calcular el contenido de humedad total evaporable se usa la siguiente formula:

$$w\% = \frac{(Wm - Ws)}{\mathrm{Ws}}$$

Ecuación 1 Contenido de humedad del agregado Fino

W%: Contenido de humedad.

Wm: Peso del agregado en estado natural.

Ws: Peso del agregado en estado seco.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Figura 17 Contenido de humedad del agregado fino (Fuente propia)

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO			
Muestra	Peso Natural (g)	Peso Seco (g)	% Humedad
1	1000	998.72	0.128%
2	1000	998.65	0.135%
3	1000	998.61	0.139%
Promedio			0.134%

Tabla 10 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino (fuente propia)

3.1.4. Peso unitario suelto y compactado

El peso unitario suelto y/o compactado es la relación de la masa del agregado que ocupa un volumen patrón unitario entre la magnitud de este incluyendo el volumen de vacíos que posee el agregado.

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados. Nos regimos según la norma NTP 339.185 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados), (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado grueso con precisión de 0.05 kg que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Bandejas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Cucharon.
- Varilla de 5/8".
- Recipiente cilíndrico metálico (1/3 p^3)

PESO UNITARIO SUELTO

- Se obtendrá la muestra por el método del cuarteo.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, la descarga del agregado fino debe de ser pausado, la altura de descarga entre el cucharon y la olla no debe de superar las 2 pulg. de altura.
- Una vez llenado el recipiente, eliminar el agregado excedente del recipiente con una regla metálica.
- Determinar lo pesos del recipiente metálico con el agregado fino, así como también el peso del recipiente metálico sin el agregado fino, se debe registrar los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Para calcular el peso unitario suelto se usa la siguiente formula:

$$PUs = \frac{Psuelto}{\text{V}}$$

Ecuación 2 Peso Unitario Suelto Agregado Fino

Dónde:

P. Suelto = Peso de la muestra suelta.

V = Volumen del recipiente.

PESO UNITARIO COMPACTADO

- Se obtendrá la muestra por el método del cuarteo.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, se debe de llenar 1/3 del volumen del recipiente metálico (se debe llenar en 3 capas).
- Una vez llenado la tercera parte del recipiente metálico se debe de apisonar con la varilla de 5/8 de pulg, se debe de dar 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Una vez dado los golpes se procede a llenar la siguiente tercera parte del recipiente y distribuir los 25 golpes uniformemente (se debe de tener cuidado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de que la varilla atraviese la capa respectiva, evitar que sobrepase a las otras capas).

- Al finalizar el llenado y varillado de las 3 capas, se retira el volumen excedente del agregado en el recipiente metálico con la ayuda de una regla metálica.
- Se procede a determinar lo pesos del recipiente metálico con el agregado grueso, así como también el peso del recipiente metálico sin el agregado fino, registrar los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Para calcular el peso unitario suelto se usa la siguiente formula:

$$PUc = \frac{Pcompactado}{V}$$

Ecuación 3 Peso Unitario Compactado Agregado Fino

Dónde:

P. Compactada = Peso de la muestra compactada

V = Volumen del recipiente.

DATOS DEL RECIPIENTE					
D 1	15.25	cm	h1	15.40	cm
D 2	15.23	cm	h2	15.41	cm
D 3	15.27	cm			
D PROM	15.25	cm			
Volumen=	0.0028	m^3	h prom	15.41	cm

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO					
Muestra	Peso olla * muestra (g)	Peso Olla (g)	Peso muestra (g)	Volumen de la olla (m^3)	P.U. Suelto (Kg/m^3)
1	6020.00	1646.00	4374.00	0.0028	1554.53
2	5876.00	1646.00	4230.00	0.0028	1503.35
3	5922.00	1646.00	4276.00	0.0028	1519.70
				P.U.S.PROMEDIO	1525.86

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO					
Muestra	Peso olla * muestra (g)	Peso Olla (g)	Peso muestra (g)	Volumen de la olla (m^3)	P.U. Compactado (Kg/m^3)
1	6281.00	1646.00	4635.00	0.0028	1647.29
2	6312.00	1646.00	4666.00	0.0028	1658.30
3	6220.00	1646.00	4574.00	0.0028	1625.61
				P.U.C.PROMEDIO	1643.73

Tabla 11 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.5. Peso específico y absorción

En este ensayo se realizaron cuatro (4) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados. Nos regimos según la norma NTP 400.022 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico y absorción del agregado fino) y también en relación a la norma MTC E-205, el cual establece el procedimiento para hallar en peso específico de la masa, el peso específico de la masa saturada superficialmente seca, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado fino (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino con aproximación de 0,1 g.
- Bandejas.
- Fiola.
- Molde cónico.
- Apisonador de metal.
- Estufa.
- Cucharon.
- Espátula.
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C.
- Frasco.

PROCEDIMIENTO

- Para la obtención de la muestra se debe de realizar por el método de cuarteo.
- Posterior a eso se debe de cubrir con agua ya sea por inmersión o por adición hasta alcanzar al menos 6% de humedad del agregado fino y se deja reposar durante 24 horas.
- Luego de ello colocar en una bandeja la muestra sobre una estufa para que pierda humedad, removiéndolo de manera uniforme.
- Se debe de tener el agregado en un estado superficialmente seco (sss), para comprobar ello nos regimos en el siguiente procedimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DEL CONO

- Se coloca la muestra en el cono metálico, compactándola en 3 capas con 25 golpes cada una.
- Se debe de corroborar que, al momento de desmoldar el cono, el agregado debe de terminar en punta sin desmoronarse, si eso llegase a suceder se puede decir que el agregado está en un estado superficialmente seco (sss) y solo así se procede continuar con el ensayo (solo si el agregado está en un estado superficialmente seco).
- Luego de realizar el procedimiento del cono, se debe de pesar la fiola con una precisión del 0.1%.
- Se debe determinar la masa de la muestra (500 g.) con una precisión del 0,1 %.
- Introducir esta muestra en la fiola, luego se llenar de agua hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad.
- Luego se debe de agitar el picnómetro para la eliminación de aire y dejar reposar unos minutos para así dejar que el material se asiente en el fondo.
- Se debe de determinar la masa total del picnómetro con el agregado fino y el agua.
- Para eliminar todo el aire del agregado se puede hacer uso de una pequeña compresora.
- Se debe de dejar reposar por 24 horas la muestra con el agregado fino y el agua.
- Luego de ello se procede a pesar con una precisión del 0,1 %.
- Posterior a eso se debe retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno a una masa constante a temperatura de 110 ºC ± 5 °C, enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 h ± 1/2 h y determinar la masa.
- También se debe determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua a 23,0 ºC ± 2,0 °C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 18 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (fuente propia)

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO								
Muestra	Peso muestra (g)	Peso fiola (g)	Peso total (g)	Peso Agua (g)	Vol. Fiola (cm^3)	Vol. Agua (cm^3)	Vol. Muestra (cm^3)	Peso m. seca (g)
1	500.00	146.30	945.50	299.20	500.00	299.20	200.80	487.00
2	500.00	159.40	963.20	303.80	500.00	303.80	196.20	487.20
3	500.00	159.40	960.50	301.10	500.00	301.10	198.90	492.40
4	500.00	146.30	948.70	302.40	500.00	302.40	197.60	490.00

Tabla 12 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino - 1 (fuente propia)

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO				
Muestra	Peso especifico de la masa superficialmente seca (g/cm^3)	Peso especifico de la masa (g/cm^3)	Peso especifico aparente (g/cm^3)	Absorcion %
1	2.49	2.43	2.59	2.67%
2	2.55	2.48	2.66	2.63%
3	2.51	2.48	2.57	1.54%
4	2.53	2.48	2.61	2.04%
PROMEDIO	2.52066	2.47	2.61	2.22%

Tabla 13 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino - 2 (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2. Propiedades del agregado grueso

3.2.1. Características del agregado

El agregado grueso es el componente de mayor porcentaje de participación en su composición del concreto, por ende se debe de tener especial cuidado en su uso y/o manejo, en este caso se utilizó el agregado grueso de la cantera La Poderosa, este agregado fue embolsado por la concretera Supermix S.A. y adquirido en la tienda de Maestro Home Center- Lambramani (Arequipa) en bolsas de 40 kg c/u, este tipo de agregado grueso cumple las normas NTP 400.037 (AGREGADOS- Especificaciones normalizadas para agregados en concreto) y el estándar ASTM C-33.

Se entiende como agregado grueso a las partículas retenidas en el tamiz Nº4

Todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos y concretos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María



Figura 19 Características del agregado grueso (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.2. Análisis granulométrico

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados, para determinar la granulometría, módulo de finesa, etc. Nos regimos según la norma lo establece NTP 400.012 (AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, Grueso y global).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino con aproximación de 0,1 g.
- Tamices: Se utilizó la serie tamices de: 1", ¾" ,1/2" 3/8",1/4", N°4 N°8 y la bandeja de fondo.
- Agitador Mecánico de Tamices.
- Bandejas.
- Cucharon.
- Espátula.
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C.

PROCEDIMIENTO

- Se realizará un cuarteo por el cual se obtendrá un material parejo para su ensayo.
- Se realizará el secado de la muestra a ensayar en el horno con condiciones de temperatura de 110 º C ± 5º, se trabajó con un peso de 5000 g, ya que la norma nos indica que según el TMN del agregado grueso se tiene un peso mínimo para realizar el ensayo.
- Se dejó enfriar la muestra por un lapso de 30 minutos
- Luego se colocó la serie de tamices en orden, para así proceder a verter la muestra de 5000 g. en el juego de tamices.
- Luego se hizo el tamizado en la maquina tamizadora por un lapso de 3 min.
- Luego de ello se retira los tamices de la maquina tamizadora y así pesar los pesos retenidos en cada malla.
- El peso total final del material deberá de ser verificado con el peso inicial de la muestra

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Se presenta la siguiente tabla como el resultado de granulometría luego de haber ensayado el agregado fino de la cantera La Poderosa.



Figura 20 Análisis granulométrico del agregado grueso (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO					
CANTERA: LA PODEROSA					
Peso inicial de la muestra = 5000 g					
N TAMIZ"	ABERTURA (mm)	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
21/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	317.50	6.35	6.35	93.65
1/2"	12.70	2052.50	41.07	47.42	52.58
3/8"	9.53	1022.00	20.45	67.87	32.13
1/4"	6.35	1039.50	20.80	88.67	11.33
Nro 4	4.76	396.00	7.92	96.59	3.41
Nro 8	2.38	159.50	3.19	99.78	0.22
Fondo	0.00	11.00	0.22	100.00	0.00
Total		4998.00	100.00		
TNM	3/4"				
Mod. Fineza	6.71				

Tabla 14 Análisis granulométrico del agregado grueso N°1
(fuente propia)

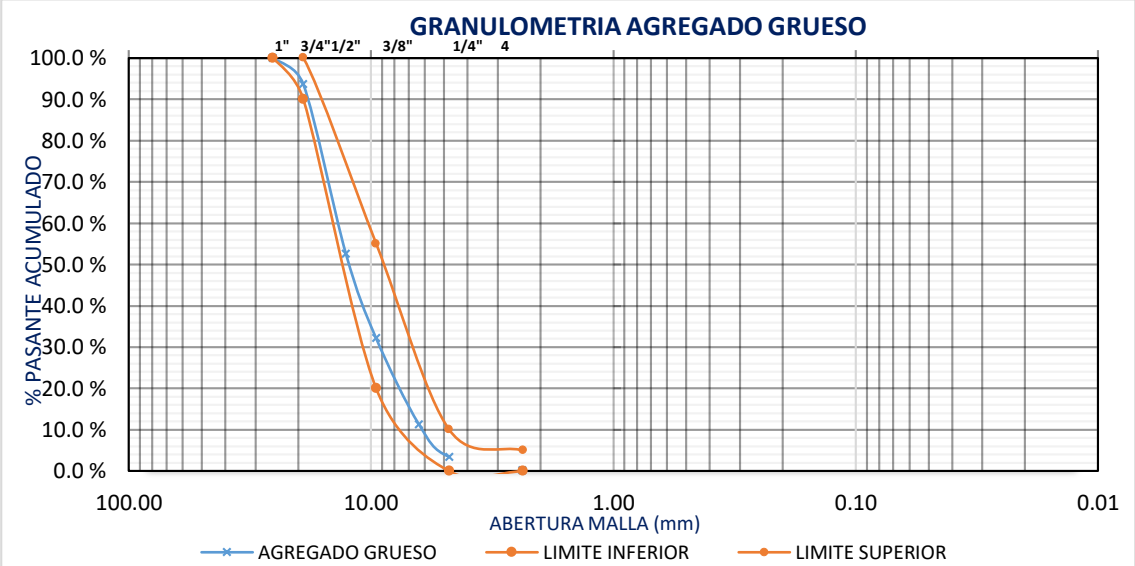


Figura 21 Análisis granulométrico del agregado grueso N°1
(Fuente propia)

.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO					
CANTERA: LA PODEROSA					
Peso inicial de la muestra = 5000 g					
N TAMIZ"	ABERTURA (mm)	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
21/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	394.00	7.88	7.88	92.12
1/2"	12.70	2244.50	44.89	52.77	47.23
3/8"	9.53	983.00	19.66	72.43	27.57
1/4"	6.35	911.00	18.22	90.65	9.35
Nro 4	4.76	323.50	6.47	97.12	2.88
Nro 8	2.38	135.00	2.70	99.82	0.18
Fondo	0.00	9.00	0.18	100.00	0.00
Total		5000.00	100.00		
TNM	3/4"				
Mod. Fineza	6.77				

Tabla 15 Análisis granulométrico del agregado grueso N°2
(fuente propia)

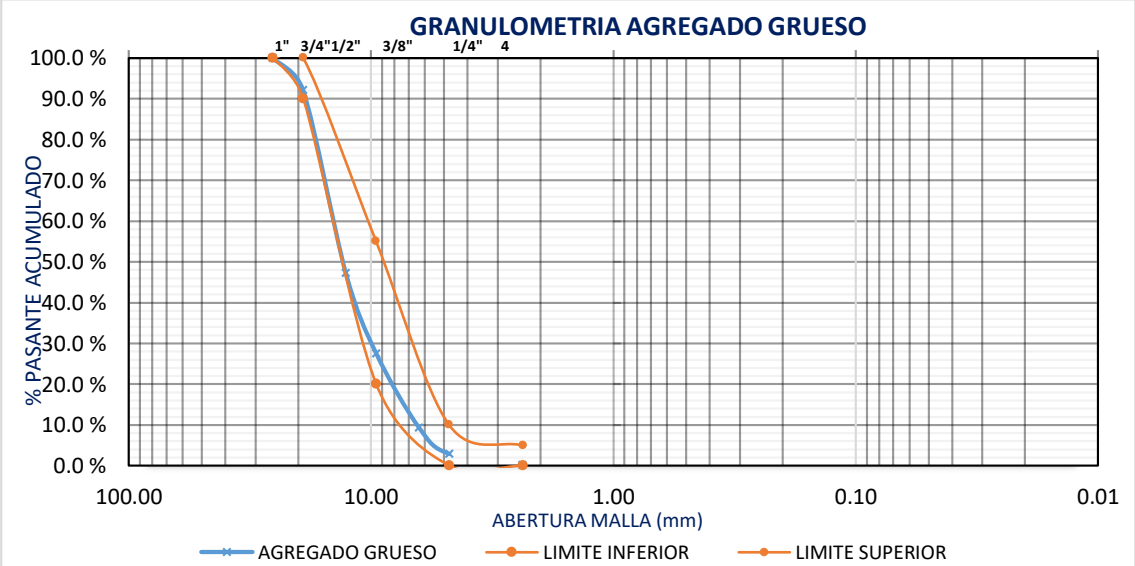


Figura 22 Análisis granulométrico del agregado grueso N°2
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO					
CANTERA: LA PODEROSA					
Peso inicial de la muestra = 5000 g					
N TAMIZ"	ABERTURA (mm)	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
21/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	456.50	9.14	9.14	90.86
1/2"	12.70	2106.50	42.17	51.31	48.69
3/8"	9.53	968.00	19.38	70.68	29.32
1/4"	6.35	946.50	18.95	89.63	10.37
Nro 4	4.76	336.00	6.73	96.36	3.64
Nro 8	2.38	164.50	3.29	99.65	0.35
Fondo	0.00	17.50	0.35	100.00	0.00
Total		4995.50	100.00		
TNM	3/4"				
Mod. Fineza	6.76				

Tabla 16 Análisis granulométrico del agregado grueso N°3
(fuente propia)

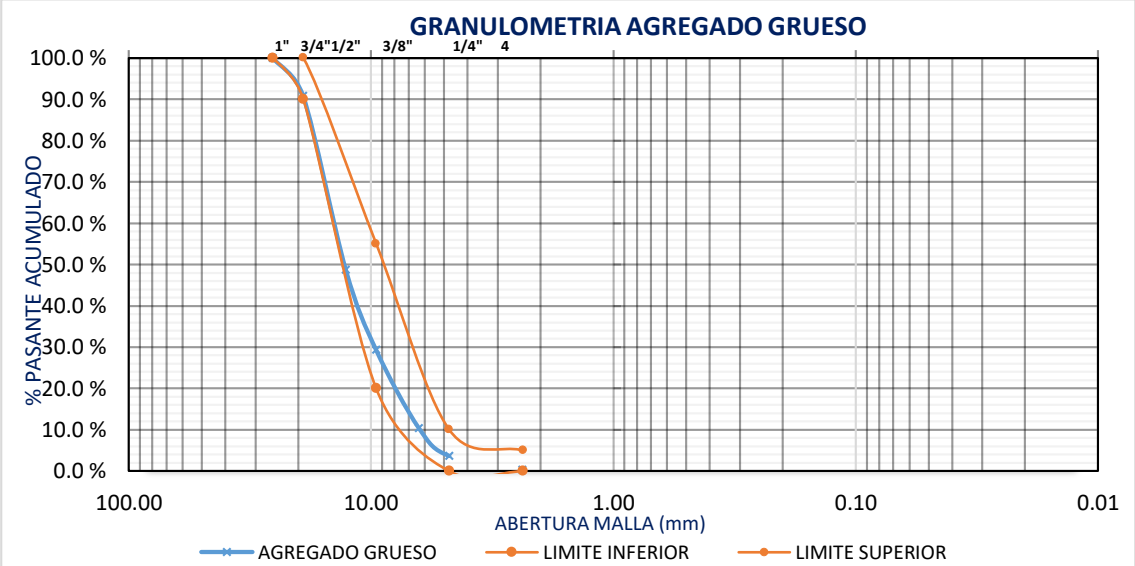


Figura 23 Análisis granulométrico del agregado grueso N°3
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad es un factor el cual modifica la relación agua - cemento directamente, por ende, se debe de tener un cuidado especial en este tipo de ensayo.

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados. Nos regimos según la norma lo establece NTP 339.185 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado grueso con aproximación de 0.1 g.
- Bandejas.
- Cucharon.
- Espátula.
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C.

PROCEDIMIENTO

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.
- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula (24 horas).
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 24 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (Fuente propia)

Para calcular el contenido de humedad total evaporable se usa la siguiente formula:

$$w\% = \frac{(Wm - Ws)}{\text{Ws}}$$

Ecuación 4 Contenido de humedad del agregado grueso

W%: Contenido de humedad.

Wm: Peso del agregado en estado natural.

Ws: Peso del agregado en estado seco.

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO			
Muestra	Peso Natural (g)	Peso Seco (g)	% Humedad
1	3000.00	2993.50	0.217%
2	3000.00	2995.00	0.167%
3	3000.00	2995.00	0.167%
Promedio			0.184%

Tabla 17 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.4. Peso unitario suelto y compactado

El peso unitario suelto y/o compactado es la relación de la masa del agregado que ocupa un volumen patrón unitario entre la magnitud de este incluyendo el volumen de vacíos que posee el agregado.

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación de los resultados. Nos regimos según la norma NTP 400.017 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado grueso con precisión de 0.05 kg que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Bandejas.
- Cucharon.
- Varilla de 5/8".
- Recipiente cilíndrico metálico (1/3 p^3).

PROCEDIMIENTO

PESO UNITARIO SUELTO

- Se obtendrá la muestra por el método del cuarteo.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, la descarga del agregado grueso debe de ser pausado, la altura de descarga entre el cucharon y la olla no debe de superar las 2" de altura.
- Una vez llenado el recipiente, eliminar el agregado excedente del recipiente con una regla metálica.
- Determinar lo pesos del recipiente metálico con el agregado grueso, así como también el peso del recipiente metálico sin el agregado grueso, registrar los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Para calcular el peso unitario suelto se usa la siguiente formula:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$PUs = \frac{Psuelto}{V}$$

Ecuación 5 Peso Unitario suelto del agregado grueso

Dónde:

P. Suelto = Peso de la muestra suelta.

V = Volumen del recipiente.

PESO UNITARIO COMPACTADO

- Se obtendrá la muestra por el método del cuarteo.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, se debe de llenar 1/3 del volumen del recipiente metálico (se debe llenar en 3 capas).
- Una vez llenado la tercera parte del recipiente metálico se debe de apisonar con la varilla de 5/8 de pulg, se debe de dar 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Una vez dado los golpes se procede a llenar la siguiente tercera parte del recipiente y distribuir los 25 golpes uniformemente (se debe de tener cuidado de que la varilla atraviese la capa respectiva, evitar que sobrepase a las otras capas).
- Al finalizar el llenado y varillado de las 3 capas, se retira el volumen excedente del agregado en el recipiente metálico con la ayuda de una regla metálica.
- Se procede a determinar lo pesos del recipiente metálico con el agregado grueso, así como también el peso del recipiente metálico sin el agregado grueso, registrar los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Para calcular el peso unitario suelto se usa la siguiente formula:

$$PUc = \frac{Pcompactado}{V}$$

Ecuación 6 Peso unitario compactado del agregado grueso

Dónde:

P. Compactada = Peso de la muestra compactada

V = Volumen del recipiente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 25 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (Fuente propia)

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO					
Muestra	Peso olla (kg)	Peso de olla + muestra (kg)	Peso de muestra (kg)	Volumen de olla (m³)	P.U. Compactado (kg/m³)
1	4.818	20.18	15.362	0.009356	1641.95
2	4.818	20.127	15.309	0.009356	1636.29
3	4.818	20.413	15.595	0.009356	1666.86
Promedio					1648.37

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO					
Muestra	Peso olla (kg)	Peso de olla + muestra (kg)	Peso de muestra (kg)	Volumen de olla (m³)	P.U. Suelto (kg/m³)
1	4.818	19.135	14.317	0.009356	1530.26
2	4.818	19.084	14.266	0.009356	1524.81
3	4.818	19.186	14.368	0.009356	1535.71
Promedio					1530.26

Tabla 18 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.5. Peso específico y absorción

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación de los resultados. Nos regimos según la norma NTP 400.021 (AGREGADOS. Método de ensayo para la Determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso), también en relación a la norma MTC E-206-2016 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016), el cual establece el procedimiento para hallar en peso específico y absorción del agregado grueso (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Balanza: Las balanzas utilizadas debe de tener una precisión de 0.05 kg y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Bandejas.
- Estufa.
- Cucharon.
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 ° C ± 5º C.
- Paños absorbentes (franela).
- Balanza Hidrostática.
- Canastilla Metálica.

PROCEDIMIENTO

- Para la obtención de la muestra se debe de realizar el método de cuarteo.
- Se debe de secar la muestra a peso constante a una temperatura de 110 ° C ± 5º C, ventilar la muestra en un lugar fresco a temperatura ambiente por un lapso de 1 a 3 horas.
- Luego de ello se debe de dejar la muestra sumergida en el agua por un lapso de 24 h ± 4 h.
- Luego se procede a retirar la muestra del agua y se debe de secarla superficialmente con ayuda del paño absorbente hasta que el agregado grueso este en un estado superficialmente seco.
- Se procede a pesar la muestra en la condición de saturado con superficie seca.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Después de pesar la muestra saturada superficialmente seca, esta se coloca en la canastilla metálica y se determina su peso en agua (se removerá todo aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge).
- Posterior a ello se seca la muestra a temperatura constante (110 º C ± 5º C) con ayuda del horno, luego se deja reposar el agregado hasta que enfrié y se pesa la muestra totalmente seca, todos los pesos deben de estar con una aproximación de 0.05 kg.

El peso específico y la absorción se calcularán mediante las siguientes formulas:

$$Peso\ específico\ de\ masa = \frac{Ps}{Ps - Pm}$$

Ecuación 7 Peso específico de la masa

$$Peso\ específico\ de\ masa\ superficialmente\ seca = \frac{Pss}{Pss - Pm}$$

Ecuación 8 Peso específico de la masa superficialmente seca

$$Peso\ específico\ aparente = \frac{Ps}{Pss - Pm}$$

Ecuación 9 Peso específico Aparente

$$Absorcion = \frac{Pss - Ps}{Psum} * 100$$

Ecuación 10 Porcentaje de absorción

Dónde:

Ps = Peso en el aire de la muestra seca, en gramos.

Pss = Peso en el aire de la muestra saturada, en gramos.

Psum = Peso sumergido de la muestra, en gramos.



Figura 26 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO					
MUESTRA	W.INICIAL (g)	W.CANASTILLA (g)	W.SUMERGIDO+CANASTILLA (g)	W.SUMERGIDO (g)	W.SECO (g)
1	3000.00	883.00	2783.00	1900.00	2968.00
2	3000.00	883.00	2784.00	1901.00	2965.00
3	3000.00	883.00	2785.00	1902.00	2969.50
Promedio					

Tabla 19 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso – 1 (fuente propia)

PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO				
MUESTRA	Peso especifico de la masa superficialmente seca (g/cm^3)	Peso especifico de la masa (g/cm^3)	Peso especifico aparente (g/cm^3)	%Absorcion
1	2.727	2.698	2.779	1.078%
2	2.730	2.698	2.787	1.180%
3	2.732	2.704	2.782	1.027%
Promedio	2.730	2.700	2.782	1.095%

Tabla 20 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso - 2 (fuente propia)

3.2.6. Resistencia a la abrasión y al desgaste

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación de los resultados. Nos regimos según la norma NTP 400.019 Resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la Máquina de Los Ángeles, Método de ensayo para, (ASTM C-131), también en relación a la norma MTC E-207-2000 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000), el cual establece el procedimiento para hallar el porcentaje de desgaste.

Equipos y materiales usados:

- Balanza: La balanza utilizada debe de tener una precisión de 0.05 kg y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Bandejas.
- Cucharon.
- Máquina de los ángeles.
- Tamices ¾”, ½”, 3/8” y #12.
- Horno (Fuente de calor capaz de mantener una temperatura de 110°C±5°C).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROCEDIMIENTO

- Para la obtención de la muestra se debe de realizar el método de cuarteo.
- Se debe de clasificar nuestro agregado según las tablas que nos da la NTP 400.019.
- Una vez clasificado se debe de colocar la muestra en la máquina de los ángeles, esta debe de estar con una velocidad de entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.



Figura 27 Resistencia a la abrasión y al desgaste del agregado grueso
(Fuente propia)

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO							
PASA TAMIZ		**RETENIDO EN TAMIZ**		**PESOS Y GRANULOMETRIAS DE LA MUESTRA PARA ENSAYO (g)**			
mm	pulg	mm	pulg	A	B	C	D
37.50	1 ½	25.00	1	1250±10			
25.00	1	19.00	¾	1250±10			
19.00	¾	12.50	½	1250±10	2500±10		
12.50	½	9.50	3/8	1250±10	2500±10		
9.50	3/8	6.30	¼			2500±10	
6.30	1 ¼	4.75	Nro. 4			2500±10	
4.75	Nro. 4	2.36	Nro. 8				5000±10
TOTALES				5000±10	2500±10	5000±10	5000±10

Tabla 21 Resistencia a la abrasión y al desgaste
(Fuente Norma técnica peruana NTP 400.019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	NUMERO DE ESFERAS	PESO TOTAL
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Tabla 22 Ensayo resistencia a la abrasión y al desgate- norma (Fuente Norma técnica peruana NTP 400.019)

- Luego de finalizar con las vueltas, se debe de descargar el material de la máquina y separar la muestra con el tamiz (N°12)
- Luego de ello se debe lavar el material grueso que quedo en el tamiz, para extraer el polvillo fino.
- Para luego hacerla secar en el horno a una temperatura de 110°C±5°C por 24 h.
- Luego de ello la muestra se extrae del horno, se deja enfriar para después pesar la muestra seca.

La resistencia a la abrasión y al desgaste se calcularán mediante las siguientes formula:

$$\%Desgaste = \frac{Pa-Pb}{Pa} * 100$$

Ecuación 11 Porcentaje de desgaste a la abrasión

Dónde:

Pa = Peso inicial de la muestra

Pb = Peso final de la muestra seca

ENSAYO ABRASION DE LOS ANGELES			
MUESTRA	W.MUESTRA (g)	W.SECO (g)	% de Desgaste
1	5000.00	4097.50	18.05%
2	5000.00	4071.50	18.57%
3	5000.00	4061.50	18.77%
Promedio			18.46%

Tabla 23 Resultados de la resistencia a la abrasión y al desgaste (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3. Propiedades de la escoria de cobre

3.3.1. Características del agregado

La escoria de cobre se utilizó como componente parcialmente de reemplazo del agregado fino para la elaboración del concreto.



Figura 28 Característica de la escoria de cobre (Fuente propia)

3.3.2. Caracterización de la escoria de cobre

Se caracterizó químicamente y físicamente la muestra de escoria de cobre de la minera Southern Perú Copper Corporation que fue donada por una obra de Mejoramiento de infraestructura de veredas y bermas, ubicada en la Av. Bolognesi, Miramar – Ilo.



Figura 29 Caracterización de la escoria de cobre (Fuente propia)

Coordenadas de ubicación **Longitud**: O71°13'0.98" **Latitud**: S17°42'50.98" de la ciudad de Ilo – Moquegua

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

No se recolecto las escorias de cobre superficiales, debido a que estas podían estar potencialmente meteorizadas o contaminadas con polvo u otras sustancias externas presentes en el ambiente. Se extrajo aproximadamente un total de 800 kg que se colocaron en bosas de 40 kg, las cuales fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Católica de Santa María – Parque industrial.

Se realizó el cuarteada de la muestra representativa de escoria de cobre para homogenizarla y después llevarlas a Laboratorios Analíticos del Sur ubicada en el Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú. Dicho laboratorio está acreditado bajo la Norma NTP ISO/IEC 17025.2006, que brindan como empresa rapidez, confiabilidad y seguridad.

La abundante presencia de escoria de cobre en la ciudad de Ilo producto de la fundición del cobre (blíster), permite que este sea apto como material alternativo para el uso del concreto, debido a que sería viable económicamente y seria la recuperación de ese metal por cuestiones de sostenibilidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

3.4. Recolección de la muestra

Ubicacion de la muestra

- La escoria de cobre a utilizarse se encuentra ubicada en la provincia de Ilo, departamento de Moquegua. dichas escorias son el resultado de los restos de cobre fundido por la minera Southern Perú Copper Corporation.

Reconocimiento de zona

- Ilo es una ciudad con gran dinamismo y movimiento comercial, se pudo observar en diferentes lugares la presencia de escoria de cobre como playas, puertos, calles y avenidas cercanas a las rieles del tren

Recoleccion

- La escoria de cobre fue recolectada en la obra "Mejoramiento de infraestructura a nivel de veredas y bermas en la Av. Bolognesi, miramar, distrito y provincia de Ilo - Moquegua" para luego transportarla en sacos de 40 kilos hasta la Urb. Artempa A10, Cerro colorado- Arequipa donde se realizo la molienda.



Figura 31 Recolección de muestra
(Fuente propia)



Figura 30 Ubicación de la muestra de escoria de cobre
(Fuente propia)



Figura 32 Reconocimiento de zona
(Fuente propia)

Figura 33 Ubicación, reconocimiento de zona y recolección de escoria de cobre
(Fuente propia)

Molienda

- Se realizo la molienda de 800 kg en la empresa GRINDING PERU S.A.C., la materia prima sera hasta 1" de tamaño y tendra una fineza inferior a 5mm, sera tritutado en una chancadora de martillo de 10 hp,capacidad de 2ton/hr, posteriormente sera cernido en una zaranda de 7.5hp con capacidad de 4ton/hr.



Figura 35 Molienda
(fuente propia)

Transporte

- Una vez molido la escoria de cobre, se embolso en sacos de 25 kilos y fueron transportados en una camioneta desde el lugar de molienda hasta el laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Catolica de Santa Maria - Parque industrial.



Figura 36 Transporte
(fuente propia)

Almacenamiento

- Las bolsas de escoria de cobre se colocaran en el lugar designado por el ingeniero encargado del laboratorio de suelos y de concreto, estas bolsas se colocaran encima de parihuelas de madera con el fin de evitar contaminaciones por agentes externos o filtraciones de agua.



Figura 34 Almacenamiento
(fuente propia)

Figura 37 Molienda, transporte y almacenamiento de la escoria de cobre
(fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.1. Análisis físico-químico de la escoria de cobre

Para el análisis físico y químico se tomó una muestra representativa de la materia a ensayarse, dependerá mucho sus propiedades de su lugar de procedencia y la forma de tecnología empleada para su producción.

La muestra proveniente a utilizarse es de la ciudad de Ilo y su producción realizada por Southern Perú Copper Corporation que se encarga de la extracción, molienda y flotación de mineral de cobre para producir concentrados de cobre refinado y otros productos, en la cual utilizan tecnología moderna y de última generación.

Para la obtención de los elementos químicos por el cual está formado nuestra muestra de escoria de cobre se realizó una gran variedad de ensayos en el Laboratorio Analíticos del Sur E.I.R.L. ubicado en el Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa.

Laboratorio Analíticos del Sur es una empresa reconocida para la minería, industria, medio ambiente y líder en Latinoamérica; comprometida con el medio social, ambiental, seguridad y calidad que están bajo el régimen de las normas nacionales como la NTP 17025 y normas internacionales tales como las OSHAS 18000, SA 8000, ISO 14000 E ISO/IEC 17025; que brindan servicios como análisis de minerales, análisis de aguas y otros servicios.

3.4.1.1. Método de ensayo Multi-elemental por ICP-OES digestión Multi-acida

Este es un método que se aplica a materiales tanto sólidos como líquidos, donde se determina la cantidad total de elementos químicos presentes en la muestra mediante el espectrómetro de emisión óptico (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

Los elementos químicos presentes son: plata, aluminio, boro, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, galio, indio, potasio, litio, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, fosforo, plomo, antimonio, estaño, selenio, teluro, titanio, vanadio y zinc; donde las cantidades las obtendremos en partes por millón (ppm)

Este método de ensayo se basa en la medición de la emisión atómico por medio del espectrómetro de emisión óptico, donde las muestras a ensayarse

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

primero se nebulizan y estas forman un aerosol que luego serán transportadas a la antorcha del plasma en donde ocurre un lugar de excitación electrónica, un plasma de radiofrecuencia acoplado genera espectros de luz donde son dispersados por un espectrómetro de red de difracción y los detectores se encargan de medir las intensidades de las líneas.

Método de ensayo Multi-elemental por ICP-OES digestión Multi-ácida			
Nombre de la muestra: Escoria de cobre			
Procedencia: Ilo - Moquegua			
Descripción: Mineral			
Elemento	ppm	Elemento	ppm
Ag	3.08	Mg	3596
Al	>10000	Mn	140.3
B	729.9	Mo	861.29
Ba	251.4	Na	3725
Be	a<0.64	Ni	9.64
Bi	a<2.0	P	364.13
Ca	>10000	Pb	206.24
Cd	14.55	Sb	44.05
Co	116.38	Se	a<0.64
Cr	308.58	Sn	a<16
Cu	5460	Sr	192.39
Fe	>10000	Te	a<0.8
Ga	38.02	Ti	1608
In	13.36	Tl	a<0.64
K	>10000	V	59.68
Li	a<3.2	Zn	2572

Tabla 24 Método de ensayo Multi-elemental por ICP-OES digestión Multi-acida (fuente propia)

En la tabla se puede observar claramente que el aluminio, calcio, hierro y potasio presentan indices muy altos por encima de 10000 partes por millon, para lo cual se realizara un analisis para determinar la influencia de dichos materiales

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

presentes en la composicion de la escoria de cobre y el efecto que producen estos: salud, ambientales y al elaborarse el concreto.

Ademas el boro, magnesio, sodio, titanio y zinc presentan valores relativamente altos pero son cantidades dentro de los parametros y los demas elementos quimicos estan en pequeñas cantidades (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

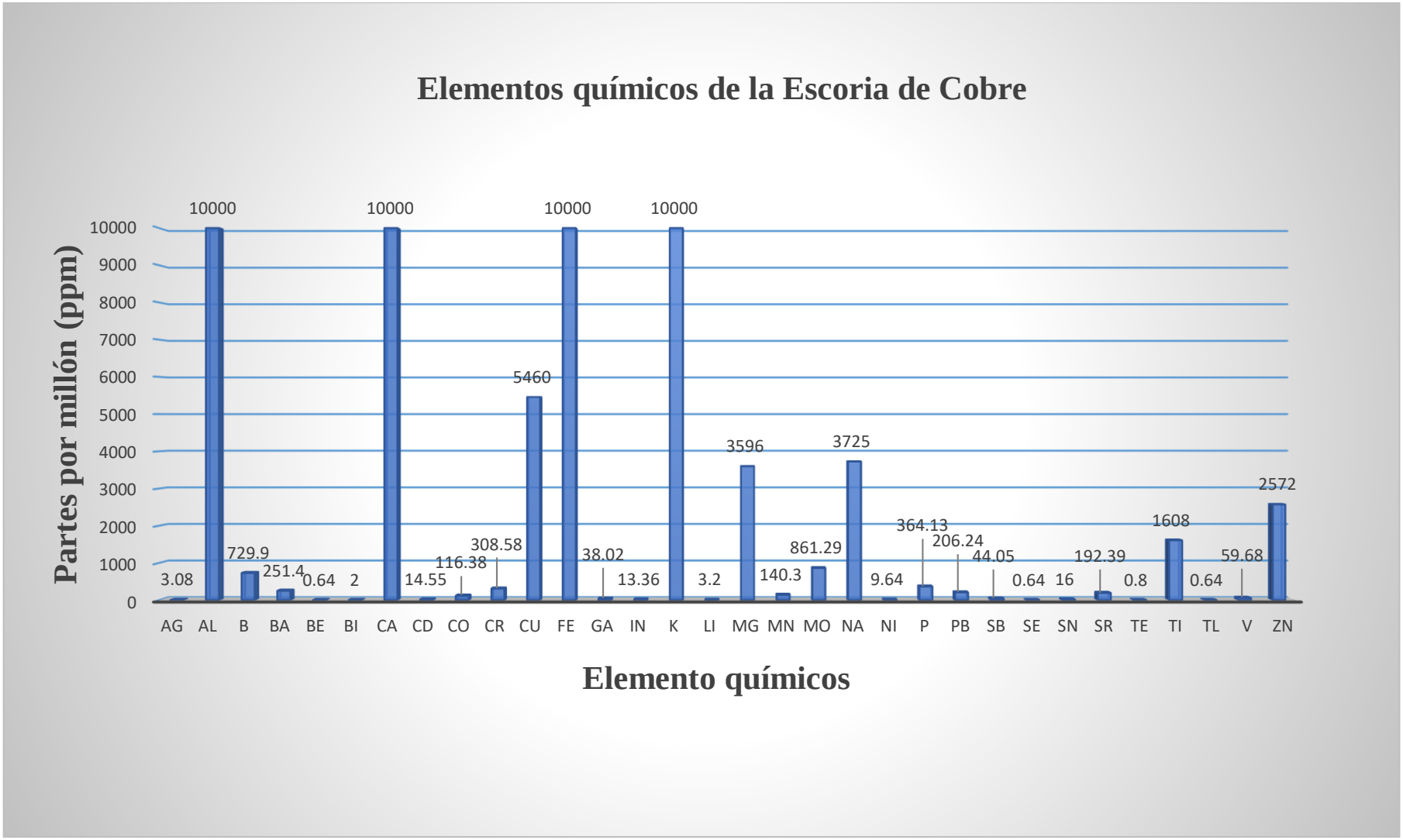


Figura 38 Composición de la escoria de cobre
(fuente propia)

Elemento	Simbolo	Descripcion	Efectos		
			Ambientales	Salud	Concreto
Aluminio	Al	Elemento mas abundante en la tierra y en la luna, tiene una densidad de 2.70 g/cm3 a 20ºC, su numero atomico es 13 y su peso atomico es 27	Ocasiona acidificación, se acumula en el aire, las plantas, lagos, aguas subterráneas que involucran y causan problemas en la salud de los animales	Daño al sistema nervioso central, perdida de memoria, apatia en algunos casos, demencia y en problemas en los riñones	Disminucion de la resistencia a compresion por niveles muy altos, acidificacion en el agua, y en porporciones apropiadas puede comportarse como un expansor actuando como incorporador de aire
Calcio	Ca	Tercer metal mas abundante en la tierra, pertenece al grupo de los elementos alcalinos terreos, su numero atomico es 20 y su peso atomico es 40	Como compuesto quimico, como es el caso del fosfato de calcio es muy toxico para lor organismos acuaticos	Componente esencial del sistema óseo, la ausencia de calcio genera osteoporósis, tambien el desarrollo de piedras en los riñones y esclereósis	El cloruro de calcio le brinda que la calor de hidratacion sea mas rapido y que se usa principalmente como acelerador del concreto, ASTM C494-1971 fraguado inicial rapido
Hierro	Fe	Cuarto elemento mas abundante en la tierra, es maleable, tenaz y de color gris plateado y magnetico, su numero atomico es 26 y su peso atomico es 56	El hierro (III)-O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente. Se debe prestar atencion a las plantas, aire y el agua	Parte esencial de la hemoglobina, con su ausencia genera problemas de conjuntivitis, coriorrentinitis y retinitis	Es un componente que le brinda mayor resistencia y mayor ductibilidad, cuando se genera acido sulfurico produce tensiones internas que conllevaria a la rotura temprana
Potasio	K	Septimo metal mas abundante en la tierra, este metal reactivo es ligero y blando, su numero a tomico es 19 y su peso atomico es 39	Cuando existen niveles bajos puede pasar restriccion del crecimiento, reduccion de florecimiento y menor calidad de produccion	Se encuentra en frutas, carnes, leches, frutos secos, puede conllevarr a perturbaciones del ritmo cardiaco por su ausencia	Como compuesto reduce la tesistencia sea el caso del hidroxido de potasio y como carbonato de potasio producen un fraguado rapido

Tabla 25 Efectos que produce el AL, Ca, Fe y K si presentan contenido altos en la escoria de cobre)
(fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.1.2. Metodo de ensayo para Cloruros Digestion Especifica – Volumetria

Este método determina la cantidad de iones cloruros presentes en la muestra de escoria de cobre utilizando el ensayo de volumetria, que se basa en la medida del volumen de concentración, dicho ensayo se debe realizar lentamente al momento de verter la disolución a la muestra hasta generar una reaccion y calcular la concentración de un analito.

Al momento de elaborar nuestro mezcla de concreto existen diferentes forma de introducir los iones cloruros, sea el caso en el: agua, cemento, agregado y aditivo; según la norma peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparacion y curado del concreto que el contenido de ion cloruros (ión Cl) sea menor a 1000 ppm (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

Los niveles altos de ion cloruro pueden generar en el concreto armado:

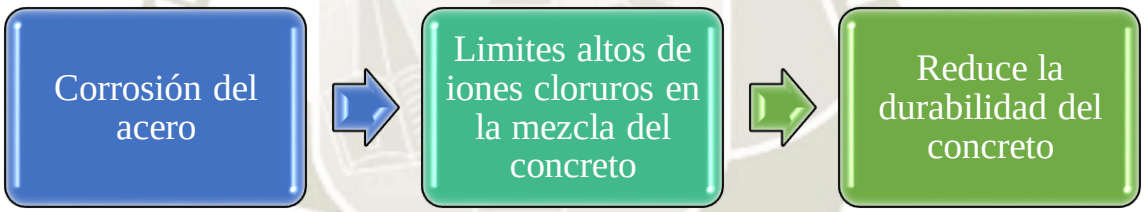


Figura 39 Efectos de niveles altos de ion cloruro que pueden generar en el concreto armado (Fuente propia)

Método de ensayo para Cloruros Digestión Específica - Volumetría				
Nombre de muestra	Procedencia de muestra	Descripción de Muestra		ppm
Escoria de cobre	Ilo	Mineral Gran	Cl-	865

Tabla 26 Método de ensayo para Cloruros Digestión Específica – Volumetría (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

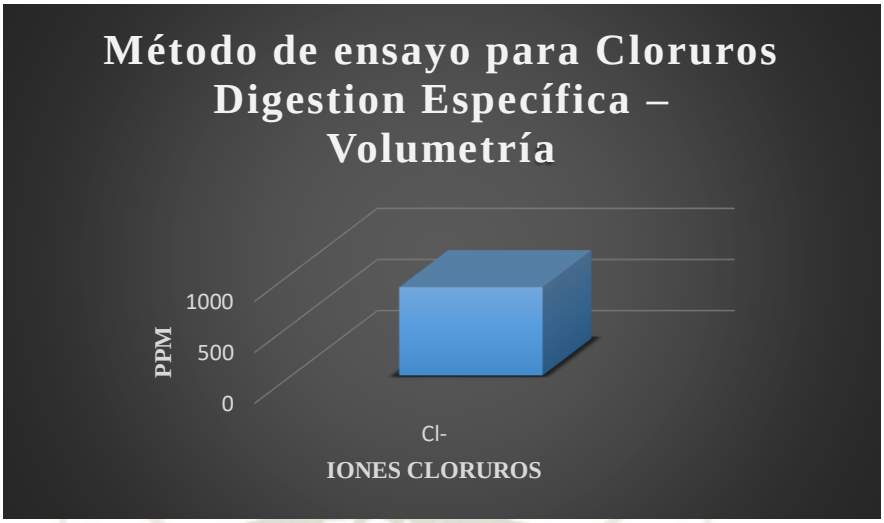


Figura 40 Método de ensayo para Cloruros Digestión Específica
(Fuente propia)

3.4.1.3. Metodo de ensayo para sales solubles en agua por digestion especifica – Gravimetria

Este metodo determina la cantidad de sales solubles presentes en nuestra muestra de escoria de cobre, dichas sales no se pueden apreciar facilmente sino que atravez de ensayos se determina su presencia generalmente.

En el concreto las sales solubles según su agresividad en orden creciente son: cloruro de sodio, carbonatos y sulfatos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

Para el agregado fino y el agregado grueso el limite maximo es 1300 p.p.m según la ASTM – C33 para sales solublesy esta generan en el concreto:

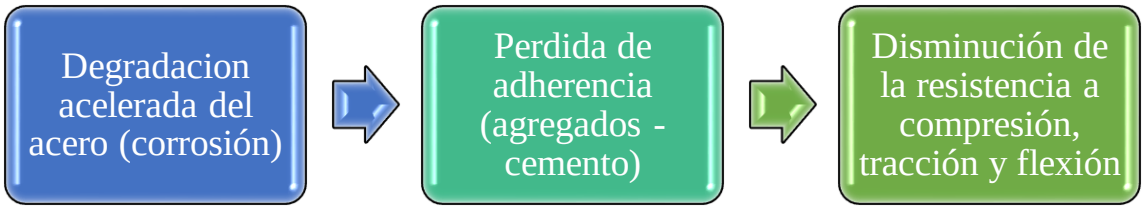


Figura 41 Efectos de niveles altos de sales solubles que pueden generar en el concreto
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Método de ensayo para sales solubles en agua por digestión específica - Gravimetría				
Nombre de muestra	Procedencia de muestra	Descripción de Muestra		%
Escoria de cobre	Ilo	Mineral Gran	Sales Sol	0.5

Tabla 27 Método de ensayo para sales solubles en agua por digestión específica – Gravimetría (Fuente propia)

3.4.1.4. Metodo de ensayo para Sulfatos por Digestión Especifica – Gravimetria

Este metodo determina la cantidad de iones sulfatos presentes en la muestra de escoria de cobre utilizando el ensayo de volumetria, estas pueden ser de origen: natural, industrial y biologico.

Según la norma peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparacion y curado del concreto que el contenido de sulfatos (ión SO4) sea menor a 600 ppm (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

La presencia en niveles altos de sulfatos en concreto puede producir:

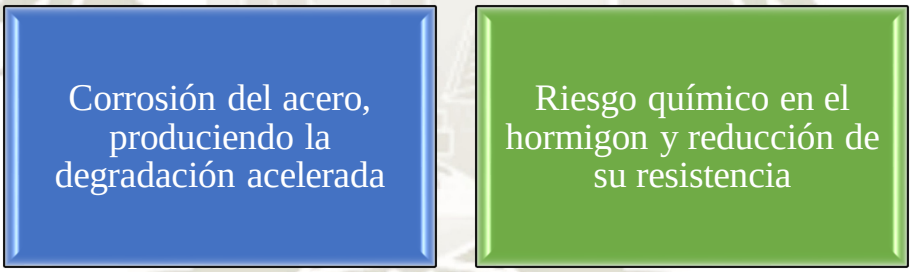


Figura 42 Efectos de niveles altos de iones sulfatos que pueden generar en el concreto (Fuente propia)

Método de ensayo para Sulfatos por Digestión Específica - Gravimetría				
Nombre de muestra	Procedencia de muestra	Descripción de Muestra		%
Escoria de cobre	Ilo	Mineral Gran	SO4=	2.46

Tabla 29 Método de ensayo para Sulfatos por Digestión Específica – Gravimetría. (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.4.2. Uso como agregado

En la investigación "Una revisión de los usos de las escorias de cobre" realizada por Nazer, A expuesta en IBEROMET XI nos indica que el uso de la escoria de cobre a nivel mundial ha aumentado debido a que le proporciona a los concretos mayor resistencia a compresión, además de ser usada en diversos sectores productivos; pero su uso como agregado ha sido un campo poco investigado (Nazer, 2010).



Figura 43 Escoria de cobre como sustituto parcial del cemento hidráulico (fuente Nazer, A. 2010)



Figura 44 Escoria de cobre como gravilla para líneas de ferrocarriles (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 45 Escoria de cobre como árido en mezclas asfálticas de obras viales (fuente Nazer, A. 2010)

En la investigación "Efecto en la resistencia de las escorias de fundición de cobre como agregado fino en el Comportamiento resistente del hormigón nos explica que esta fue una investigación experimental sobre los efectos que ocasiona el uso de escoria de cobre en los hormigones o concretos, dando a concluir en dicha investigación que es un material óptimo para el uso en el sector de la construcción, dado que aumentaba la resistencia a compresión en comparación del uso solamente de arena como agregado fino (Cendoya, 2009).



Figura 46 Escoria de cobre como agregado fino en el Comportamiento resistente del hormigón (fuente Cendoya, P. 2009)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.3. Análisis granulométrico.

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados, para determinar la granulometría, módulo de finesa, etc. Nos regimos según la norma lo establece NTP 400.012 (AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino con aproximación de 0,1 g.
- Tamices: Se utilizó la serie tamices Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100 y Nº 200 y bandeja de fondo.
- Agitador Mecánico de Tamices.
- Bandejas.
- Cucharon.
- Espátula.
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C

PROCEDIMIENTO

- Se realizará un cuarteo por el cual se obtendrá un material parejo para su ensayo.
- Se realizará el secado de la muestra a ensayar en el horno con condiciones de temperatura de 110 º C ± 5º C (se tomará un peso de como mínimo de 300 g, pero en este caso se trabajó con un peso de 500 g. Para tener más exactitud en los resultados).
- Se dejó enfriar la muestra por un lapso de 30 minutos.
- Luego se colocó la serie de tamices en orden, para así proceder a verter la muestra de 500 g en el juego de tamices.
- Luego se hizo el tamizado en la maquina tamizadora por un lapso de 3 min.
- Luego de ello se retira los tamices de la maquina tamizadora y así pesar los pesos retenidos en cada malla.
- El peso total final del material deberá de ser verificado con el peso inicial de la muestra

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 47 Análisis granulométrico de la escoria de cobre (fuente propia)

Se presenta la siguiente tabla como el resultado de granulometría luego de haber ensayado la escoria de cobre como agregado fino.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA ESCORIA DE COBRE					
CANTERA: SOUTHERN COOPER PERU - FUNDICION ILO					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA				500	g
N TAMIZ"	ABERTURA mm	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	0.60	0.12	0.12	99.88
N° 8	2.38	49.20	9.84	9.96	90.04
N° 16	1.18	203.60	40.70	50.66	49.34
N° 30	0.59	98.30	19.65	70.31	29.69
N° 60	0.25	81.90	16.37	86.69	13.31
N° 100	0.15	29.50	5.90	92.58	7.42
N° 200	0.07	22.60	4.52	97.10	2.90
Fondo	0	14.50	2.90	100.00	0.00
TOTAL		**500.20**	100.00		
Modulo de Fineza		3.10			

Tabla 31 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°1 (fuente propia)

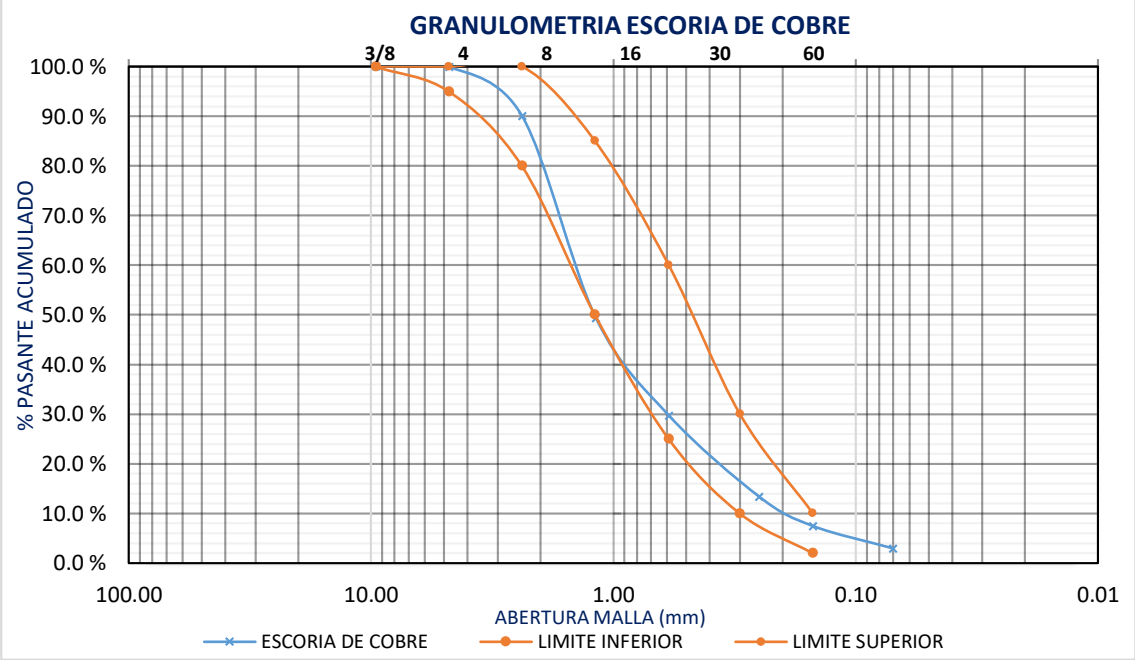


Figura 48 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°1 (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA ESCORIA DE COBRE					
CANTERA: SOUTHERN COOPER PERU - FUNDICION ILO					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA				500	g
N TAMIZ"	ABERTURA mm	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	1.00	0.20	0.20	99.80
N° 8	2.38	52.50	10.50	10.70	89.30
N° 16	1.18	207.00	41.40	52.10	47.90
N° 30	0.59	99.80	19.96	72.06	27.94
N° 60	0.25	80.60	16.12	88.18	11.82
N° 100	0.15	26.70	5.34	93.52	6.48
N° 200	0.07	20.30	4.06	97.58	2.42
Fondo		12.10	2.42	100.00	0.00
TOTAL		**500.00**	100.00		
Modulo de Fineza		3.17			

Tabla 32 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°2
(fuente propia)

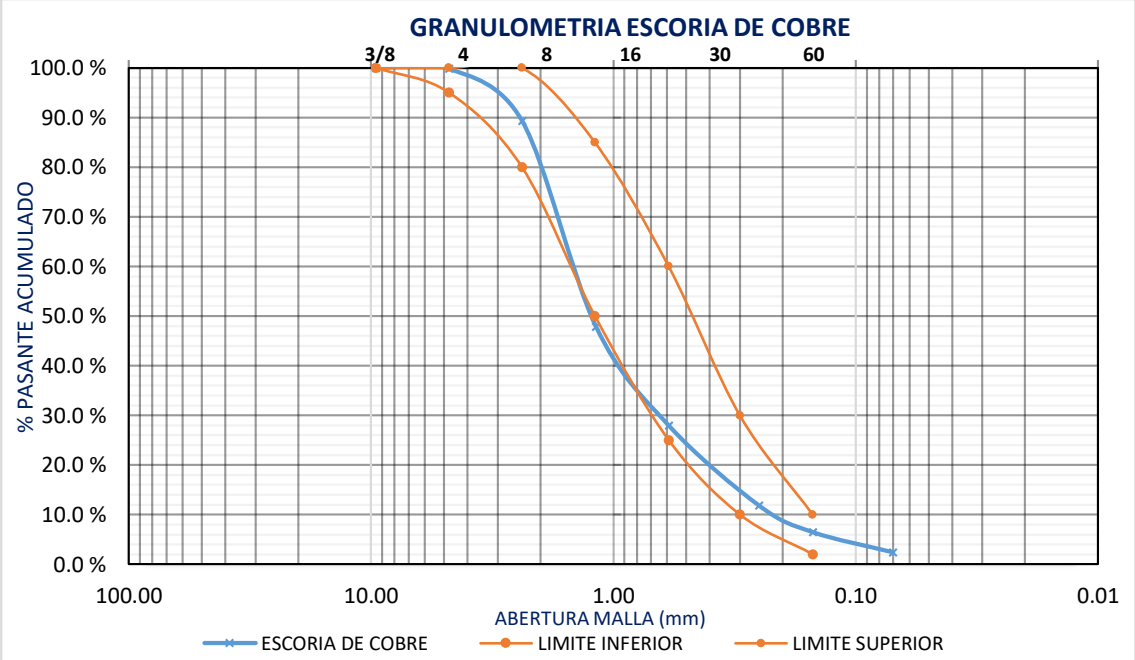


Figura 49 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°2
(fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRANULOMETRIA ESCORIA DE COBRE					
CANTERA: SOUTHERN COOPER PERU - FUNDICION ILO					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA				500	g
N TAMIZ"	ABERTURA mm	PESO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	2.10	0.42	0.42	99.58
N° 8	2.38	88.80	17.76	18.18	81.82
N° 16	1.18	153.20	30.63	48.81	51.19
N° 30	0.59	82.70	16.54	65.35	34.65
N° 60	0.25	83.70	16.74	82.08	17.92
N° 100	0.15	35.10	7.02	89.10	10.90
N° 200	0.07	31.70	6.34	95.44	4.56
Fondo		22.80	4.56	100.00	0.00
TOTAL		**500.10**	100.00		
Modulo de Fineza		3.04			

Tabla 33 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°3
(fuente propia)

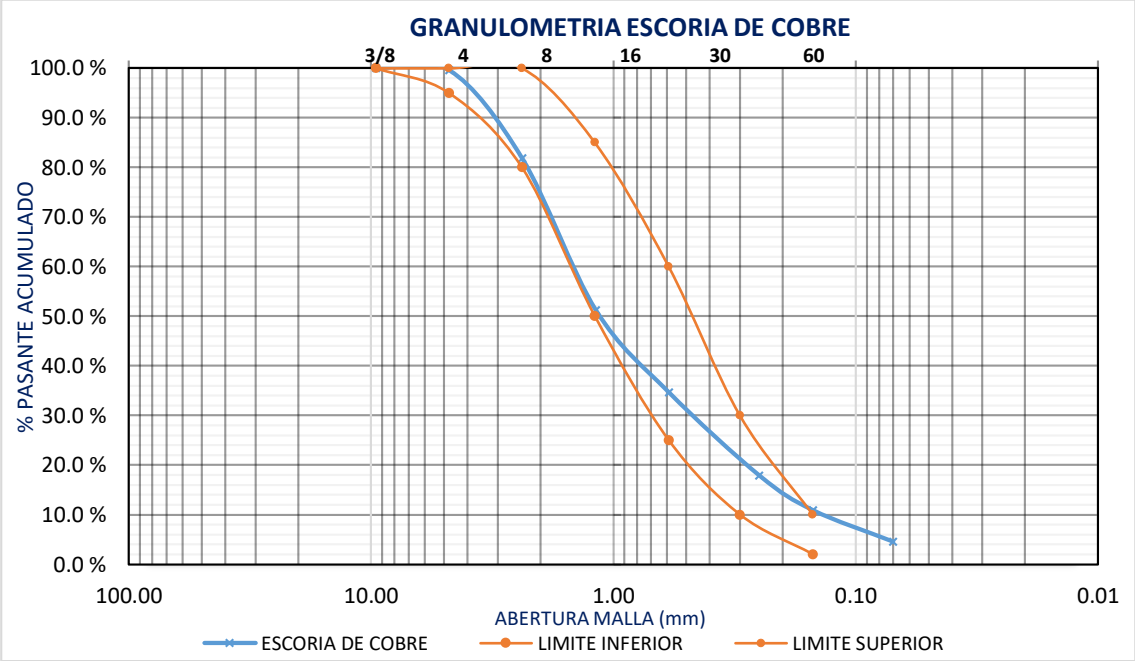


Figura 50 Análisis granulométrico de la escoria de cobre N°3
(fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.4. Contenido de humedad

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados. Nos regimos según la norma lo establece NTP 339.185 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado grueso con aproximación de 0.1 g.
- Bandejas.
- Cucharon.
- Espátula.
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C

PROCEDIMIENTO

- Obtención de la muestra de escoria de cobre por el método de cuarteo.
- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.
- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula (24 horas).
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.



Figura 51 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para calcular el contenido de humedad total evaporable se usa la siguiente formula:

$$w\% = \frac{(Wm - Ws)}{\text{Ws}}$$

Ecuación 12 Contenido de humedad de la escoria de cobre

W%: Contenido de humedad.

Wm: Peso del agregado en estado natural.

Ws: Peso del agregado en estado seco.

CONTENIDO DE HUMEDAD ESCORIA DE COBRE			
Muestra	Peso Natural (g)	Peso Seco (g)	% Humedad
1	1000	999.8	0.020%
2	1000	999.9	0.010%
3	1000	999.9	0.010%
Promedio			0.013%

Tabla 34 Ensayo de contenido de humedad de escoria de cobre (fuente propia)

3.4.5. Peso unitario suelto y compactado

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación de los resultados. Nos regimos según la norma NTP 400.017 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado grueso con precisión de 0.05 kg que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Bandejas.
- Cucharon.
- Varilla de 5/8".
- Recipiente cilíndrico metálico (1/3 p^3).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PESO UNITARIO SUELTO

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá la muestra por el método del cuarteo.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, la descarga de la escoria de cobre debe de ser pausado, la altura de descarga entre el cucharon y la olla no debe de superar las 2" de altura.
- Una vez llenado el recipiente, eliminar el agregado excedente del recipiente con una regla metálica.
- Determinar lo pesos del recipiente metálico con la escoria de cobre, así como también el peso del recipiente metálico sin la escoria de cobre, se debe registrar los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Para calcular el peso unitario suelto se usa la siguiente formula:

$$PUs = \frac{Psuelto}{\text{V}}$$

Ecuación 13 Peso unitario suelto de la escoria de cobre

Dónde:

P. Suelto = Peso de la muestra suelta.

V = Volumen del recipiente.

PESO UNITARIO COMPACTADO

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá la muestra por el método del cuarteo.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, se debe de llenar 1/3 del volumen del recipiente metálico (se debe llenar en 3 capas).
- Una vez llenado la tercera parte del recipiente metálico se debe de apisonar con la varilla de 5/8 de pulg, se debe de dar 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Una vez dado los golpes se procede a llenar la siguiente tercera parte del recipiente y distribuir los 25 golpes uniformemente (se debe de tener cuidado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de que la varilla atraviese la capa respectiva, evitar que sobrepase a las otras capas).

- Al finalizar el llenado y varillado de las 3 capas, se retira el volumen excedente del agregado en el recipiente metálico con la ayuda de una regla metálica.
- Se procede a determinar lo pesos del recipiente metálico con el agregado grueso, así como también el peso del recipiente metálico sin el agregado grueso, registrar los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Para calcular el peso unitario suelto se usa la siguiente formula:

$$PUc = \frac{Pcompactado}{V}$$

Ecuación 14 Peso Unitario compactado de la escoria de cobre

Dónde:

P. Compactada = Peso de la muestra compactada.

V = Volumen del recipiente.



Figura 52 Ensayo de peso unitario suelto y compactado de la escoria de cobre (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DATOS DEL RECIPIENTE					
D 1	15.25	cm	h1	15.40	cm
D 2	15.23	cm	h2	15.41	cm
D 3	15.27	cm			
D PROM	15.25	cm			
Volumen=	0.0028	m³	h prom	15.41	cm

PESO UNITARIO SUELTO ESCORIA DE COBRE					
Muestra	Peso olla * muestra (g)	Peso Olla (g)	Peso muestra (g)	Volumen de la olla (m³)	P.U. Suelto (Kg/m³)
1	7400.00	1646.00	5754.00	0.0028	2044.98
2	7491.00	1646.00	5845.00	0.0028	2077.32
3	7506.00	1646.00	5860.00	0.0028	2082.65
				P.U.S.PROMEDIO	2068.32

PESO UNITARIO COMPACTADO ESCORIA DE COBRE					
Muestra	Peso olla * muestra (g)	Peso Olla (g)	Peso muestra (g)	Volumen de la olla (m³)	P.U. Compactado (Kg/m³)
1	8002.00	1646.00	6356.00	0.0028	2258.93
2	7948.00	1646.00	6302.00	0.0028	2239.74
3	7991.00	1646.00	6345.00	0.0028	2255.02
				P.U.C.PROMEDIO	2251.23

Tabla 35 Ensayo de peso unitario suelto y compactado de la escoria de cobre (fuente propia)

3.4.6. Peso específico y absorción

En este ensayo se realizaron tres (3) muestras, para tener más certeza en relación a los resultados. Nos regimos según la norma NTP 400.022 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino) y también en relación a la norma MTC E-205, el cual establece el procedimiento para hallar en peso específico de la masa, el peso específico de la masa saturada superficialmente seca, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado fino (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino con aproximación de 0,1 g.
- Bandejas.
- Fiola.
- Molde cónico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Apisonador de metal.
- Estufa.
- Cucharon.
- Espátula.
- Horno: capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 º C ± 5º C.
- Frasco.

PROCEDIMIENTO

- Para la obtención de la muestra se debe de realizar por el método de cuarteo.
- Posterior a eso se debe de cubrir con agua ya sea por inmersión o por adición hasta alcanzar al menos 6% de humedad del agregado fino y se deja reposar durante 24 horas.
- Luego de ello colocar en una bandeja la muestra sobre una estufa para que pierda humedad, removiéndolo de manera uniforme.
- Se debe de tener el agregado en un estado superficialmente seco (sss), para comprobar ello nos regimos en el siguiente procedimiento.

PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DEL CONO

- Se coloca la muestra en el cono metálico, compactándola en 3 capas con 25 golpes cada una.
- Se debe de corroborar que, al momento de desmoldar el cono, el agregado debe de terminar en punta sin desmoronarse, si eso llegase a suceder se puede decir que el agregado está en un estado superficialmente seco (sss) y solo así se procede continuar con el ensayo (solo si el agregado está en un estado superficialmente seco).
- Luego de realizar el procedimiento del cono, se debe de pesar la fiola con una precisión del 0.1%.
- Se debe determinar la masa de la muestra (500 g.) con una precisión del 0,1 %.
- Introducir esta muestra en la fiola, luego se llenar de agua hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Luego se debe de agitar el picnómetro para la eliminación de aire y dejar reposar unos minutos para así dejar que el material se asiente en el fondo.
- Se debe de determinar la masa total del picnómetro con el agregado fino y el agua.
- Para eliminar todo el aire del agregado se puede hacer uso de una pequeña compresora.
- Se debe de dejar reposar por 24 horas la muestra con el agregado fino y el agua.
- Luego de ello se procede a pesar con una precisión del 0,1 %.
- Posterior a eso se debe retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno a una temperatura constante de 110 ºC ± 5 °C, enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 h ± 1/2 h, y determinar la masa.
- También se debe determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua a 23,0 ºC ± 2,0 °C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PESO ESPECIFICO ESCORIA DE COBRE								
Muestra	Peso muestra (g)	Peso fiola (g)	Peso total (g)	Peso Agua (g)	Vol. Fiola (cm^3)	Vol. Agua (cm^3)	Vol. Muestra (cm^3)	Peso m. seca (g)
1	500.00	159.40	1013.20	353.80	500.00	353.80	146.20	498.20
2	500.00	146.30	1000.20	353.90	500.00	353.90	146.10	497.80
3	500.00	159.40	1010.50	351.10	500.00	351.10	148.90	497.40
PROMEDIO								

Tabla 36 Ensayo de peso específico y absorción de la escoria de cobre – 1 (fuente propia)

PESO ESPECIFICO ESCORIA DE COBRE				
Muestra	Peso especifico de la masa superficialmente seca (g/cm^3)	Peso especifico de la masa (g/cm^3)	Peso especifico aparente (g/cm^3)	Absorcion %
1	3.42	3.41	3.45	0.36%
2	3.42	3.41	3.46	0.44%
3	3.36	3.34	3.40	0.52%
PROMEDIO	3.400081	3.39	3.44	0.44%

Tabla 37 Ensayo de peso específico y absorción de la escoria de cobre - 2 (fuente propia)



Figura 53 Consistencia de la escoria de cobre luego de la prueba del cono (fuente propia)



Figura 54 Ensayo de peso específico y absorción de la escoria de cobre – fiola (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

3.5. Tabla resumen de las propiedades de los agregados

Tabla Resumen de las Propiedades de los Agregados														
ENSAYOS	UND.	Agregado Fino	Agregado Fino	Agregado Fino	Agregado Fino	**Agregado Fino (Promedio)**	Escoria de Cobre	Escoria de Cobre	Escoria de Cobre	**Escoria de Cobre (Promedio)**	Agregado Grueso	Agregado Grueso	Agregado Grueso	**Agregado Grueso (Promedio)**
Tamaño Máximo	Pulg.	-	-	-	-	**-**	-	-	-	**-**	1"	1"	1"	**1"**
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.	-	-	-	-	**-**	-	-	-	**-**	3/4"	3/4"	3/4"	**3/4"**
Módulo de fineza	-	2.658	2.690	2.660	-	**2.658**	3.100	3.170	3.040	**3.100**	6.710	6.770	6.760	**6.750**
Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca	g/cm³	2.490	2.550	2.510	2.530	**2.520**	3.420	3.420	3.360	**3.400**	2.727	2.730	2.732	**2.730**
Peso Específico de la Masa	g/cm³	2.430	2.480	2.480	2.480	**2.470**	3.410	3.410	3.340	**3.390**	2.698	2.698	2.704	**2.700**
Peso Aparente	g/cm³	2.590	2.660	2.570	2.610	**2.610**	3.450	3.460	3.400	**3.440**	2.779	2.787	2.782	**2.782**
Porcentaje de Absorción	%	2.670	2.630	1.540	2.040	**2.220**	0.360	0.440	0.520	**0.440**	1.078	1.180	1.027	**1.095**
Contenido de Humedad	%	0.128	0.135	0.139	-	**0.134**	0.020	0.010	0.010	**0.013**	0.217	0.167	0.167	**0.184**
Peso Volumétrico Suelto Seco	Kg/m³	1554.530	1503.350	1519.700	-	**1525.860**	2044.980	2077.320	2082.650	**2068.320**	1641.950	1636.290	1666.860	**1648.370**
Peso Volumétrico Compactado Seco	Kg/m³	1647.290	1658.300	1625.610	-	**1643.730**	2258.930	2239.740	2255.020	**2251.230**	1530.260	1524.810	1535.710	**1530.260**
Porcentaje de Desgaste	%	-	-	-	-	**-**	-	-	-	**-**	18.050	18.570	18.770	**18.460**

Tabla 38 Resumen de las Propiedades de los Agregados
(fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV

4. FASE EXPERIMENTAL DISEÑO DE MEZCLAS

4.1. Diseño de mezclas

4.1.1. Método ACI

METODO DE COMITÉ 211 DEL ACI

Para la selección de las proporciones del concreto se utilizó el método del comité 211 del ACI donde se realiza una secuencia de diseño teniendo como resultado final la obtención de las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto.

El método ACI es un método poco complejo debido a que está basado a tablas ya establecidas y es aplicada a concretos de peso normal, a su vez se pueden realizar el diseño de concretos pesados y concreto ciclópeos siempre y cuando teniendo la información complementaria (Lopez Rivva, 1999).

SECUENCIA DE DISEÑO

1. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO

   Existen diferentes formas de calcular la resistencia a compresión promedio, debido a que esta resistencia promedio debe ser siempre superior a la resistencia de diseño especificada, cuando se tiene un registro de resultados de ensayos se deberá calcular la desviación estándar de los resultados, en caso no se tenga un registro de resultados se determinara empleando los valores de la tabla 39, para un concreto 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 se sumara 84 para obtener la resistencia promedio.

RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	
f'c	f'cr
Menor a 210 kg/cm²	f'c + 70
Entre 210 kg/cm² y 350 kg/cm²	f'c + 84
Mayor a 350 kg/cm²	f'c + 98

Tabla 39 Determinación de la resistencia a compresión promedio (fuente Lopez Rivva, 1999)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

El tamaño máximo nominal se calculó al realizar el ensayo de granulometría del agregado grueso

TMN	3/4"

Tabla 40 Selección del TMN del agregado grueso (fuente Lopez Rivva, 1999)

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Es la consistencia que presenta el concreto en estado no endurecido que establece la cantidad de humedad presente en la mezcla, se determina mediante el método del cono de Abrams en la Norma ASTM C-143 o ITINTEC 39.035, la mezcla tendrá una consistencia plástica.

ASENTAMIENTO	
SLUMP	3"- 4"

Tabla 41 Selección de asentamiento (fuente propia)

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Se selecciona en la tabla 42 teniendo en cuenta el asentamiento 3"- 4" que es la consistencia con la cual presentara la mezcla y el tamaño máximo nominal del agregado grueso ¾" en concretos elaborados sin aire incorporado.

En la siguiente tabla podemos observar que los siguientes valores son valores máximos que conciernen que tenga el perfil angular el agregado grueso y este dentro de los parámetros de los límites establecidos por la Norma ASTM C-33 O ITINTEC 400.037.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	Aguan, en 1/m³ para los tamaños máx. Nominales							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concretos sin aire incorporado							
1"-2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3"-4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6"-7"	243	228	216	202	190	178	160	…
	Concretos con aire incorporado							
1"-2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3"-4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6"-7"	216	205	197	184	174	166	154	…

Tabla 42 Selección de volumen unitario del agua
(fuente Lopez Rivva, 1999)

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Se determina en la tabla 43 teniendo en cuenta el TMN del agregado grueso que este dentro de los requisitos de la norma ASTM C 33 o ITINTEC 400.037 y mezclas sin aire incorporado. Para un agregado grueso de TMN de ¾" le corresponde 2.0% de aire atrapado.

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
TMN	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Tabla 43 Selección de contenido de aire
(fuente Lopez Rivva, 1999)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

Se determina en la siguiente tabla teniendo en cuenta la resistencia a compresión promedio y el concreto sin aire incorporado.

RELACION AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA		
f'cr (28 dias)	Relación a/c de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	…
450	0.38	…

Tabla 44 Selección de la relación agua-cemento (fuente Lopez Rivva, 1999)

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Se calcula el factor de cemento mediante la división del volumen unitario del agua entre la relación agua – cemento, para obtener en bolsas/m³ dividimos el factor de cemento entre 42.5 que es el peso de una bolsa de cemento.

$$Factor\ de\ cemento = \frac{Volumen\ unitario\ del\ agua}{relacion\ agua - cemento}$$

Ecuación 15 Factor de determinación del cemento

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

Se determina en la siguiente tabla teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino, teniendo en cuenta que debe cumplir con la norma ASTM C-29, debe de estar en condiciones secas compactadas el agregado grueso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se calculó el módulo de fineza mediante la combinación del agregado fino y la escoria de cobre según el porcentaje de reemplazo

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
TMN (agregado grueso)	Volumen del agregado grueso, seco y compactado para diversas módulos de fineza del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
4"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 45 Determinación en peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (fuente Lopez Rivva, 1999)

Para calcular el peso del agregado grueso se multiplica el factor de Volumen del agregado grueso con el peso seco compactado del agregado grueso

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLÚMENES ABSOLUTOS

Es la suma de todos los volúmenes absolutos conocidos del cemento, agregado grueso, agua y el volumen del aire.

Cemento	0.129 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.377 m³
Suma Volúmenes conocidos	0.731 m³

Tabla 46 Determinación de la suma de volúmenes absolutos (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

10. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

El volumen absoluto del agregado fino es la diferencia de una unidad de metro cubico y la suma de todos los volúmenes absolutos conocidos

Volumen absoluto del agregado fino =	0.269 m³

Tabla 47 Contenido de agregado fino
(fuente propia)

11. DETERMINACION DE LOS VALORES DE DISEÑO

En la siguiente tabla podemos observar las proporciones de los elementos que compone dicha mezcla para un concreto 210 kg/cm² con 20.00% de reemplazo parcial usando cemento Yura IP

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.129	2850.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.215	2520.660	541.880	1.475
Agregado grueso	0.377	2730.000	1030.230	2.804
Escoria de Cobre	0.054	3400.080	182.730	0.497
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
TOTAL	1.000		2281.170	

Tabla 48 Determinación de los valores de diseño
(fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

12. CORRECCION DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Dado que al momento de realizar la mezcla no está en su gran mayoría en condiciones normales, está mezcla está sujeta a las condiciones de humedad del ambiente que presenta el agregado fino, agregado grueso y la escoria de cobre; se calculara la corrección para obtener las proporciones de diseño en estado húmedo.

Corrección de humedad para un concreto 210 kg/cm² con 20.00% de reemplazo parcial usando cemento Yura IP.

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg/m³)
Agregado fino	541.88	1.0013	542.61
Agregado grueso	1030.23	1.0018	1032.08
Escoria Cobre	182.73	1.0001	182.75

Tabla 49 Corrección de los valores de diseño por humedad de los agregados (fuente propia)

Determinamos la humedad superficial que presentan los agregados:

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-11.30
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.48
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.78
				-21.56

Tabla 50 Determinación de la humedad superficial (fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

13. DETERMINACION DE LA PROPORCION EN PESO

La siguiente tabla presenta los valores de diseño corregidos por la humedad de los agregados y la escoria de cobre

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380		367.380	1.000
Agregado fino	541.880	1.001	542.606	1.477
Agregado grueso	1030.230	1.002	1032.084	2.809
Escoria de Cobre	182.730	1.000	182.754	0.497
Agua	205.000	21.562	226.562	26.210 lt/saco
Total	2281.170		2351.386	

Tabla 51 Determinación de la proporción en peso (fuente propia)

14. PESOS POR TANDA

Son las proporciones de los materiales para la cantidad de probetas, cubos o vigas que se hará en el diseño de mezclas (Lopez Rivva, 1999).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.334
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.280
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.023
				-0.638

Tabla 52 Humedad superficial - pesos por tanda
(fuente propia)

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Cemento	0.004	2850.00	10.87		10.865
Agregado fino	0.006	2520.66	16.03	1.001	16.048
Agregado grueso	0.011	2730.00	30.47	1.002	30.524
Escoria de cobre	0.002	3400.08	5.40	1.000	5.405
Agua	0.006	1000.00	6.06	0.638	6.701

Tabla 53 Pesos por tanda
(fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.2. Diseño de mezclas para un concreto f´c=210 kg/cm² Usando cemento Yura IP.

4.2.1. Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	0.00 % de reemplazo	2.66

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	294.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.558

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	367.38 kg/m³
Factor C°	8.64 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,045.07 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.129 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.383 m³
Suma Volúmenes	0.737 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.263 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.129	2850.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.263	2520.660	663.650	1.806
Agregado grueso	0.383	2730.000	1045.070	2.845
Escoria de Cobre	0.000	3400.080	0.000	0.000
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	663.650	1.0013	664.539
Agregado grueso	1045.070	1.0018	1046.951
Escoria Cobre	0.000	1.0001	0.000

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-13.844
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.615
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-23.458

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	663.650	1.001	664.539	1.809
Agregado grueso	1045.070	1.002	1046.951	2.850
Escoria de Cobre	0.000	1.000	0.000	0.000
Agua	205.000	23.458	228.458	26.429 lt/saco
Total	2281.170		2307.329	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.409
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.284
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-0.694

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2850.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.008	2520.660	19.627	1.001	19.654
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.908	1.002	30.963
Escoria de cobre	0.000	3400.080	0.000	1.000	0.000
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.694	6.757

4.2.2. Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	10.00 % de reemplazo	2.70

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1.	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO	f'cr	294.00 kg/cm²
2.	TMN DEL AGREGADO GRUESO	TMN	3/4"
3.	SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO	SLUMP	3" a 4"
4.	SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA	Peso de agua	205.00 lt/m³
5.	SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE	Volumen aire atrapado	0.020 m³
6.	RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA	A/C	0.558
7.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO	Factor C°	367.38 kg/m³
		Factor C°	8.64 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,038.47 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.129 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.380 m³
Suma Volúmenes	0.734 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.266 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.129	2850.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.239	2520.660	602.770	1.641
Agregado grueso	0.380	2730.000	1038.470	2.827
Escoria de Cobre	0.027	3400.080	90.340	0.246
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	602.770	1.0013	603.578
Agregado grueso	1038.470	1.0018	1040.339
Escoria Cobre	90.340	1.0001	90.352

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-12.574
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.554
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.386
				-22.513

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	602.770	1.001	603.578	1.643
Agregado grueso	1038.470	1.002	1040.339	2.832
Escoria de Cobre	90.340	1.000	90.352	0.246
Agua	205.000	22.513	227.513	26.320 lt/saco
Total	2281.170		2329.162	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.372
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.283
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.011
				-0.666

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2850.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.007	2520.660	17.827	1.001	17.851
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.713	1.002	30.768
Escoria de cobre	0.001	3400.080	2.672	1.000	2.672
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.666	6.729

4.2.3. Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	20.00 % de reemplazo	2.75

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO** — f'cr: 294.00 kg/cm²
2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO** — TMN: 3/4"
3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO** — SLUMP: 3" a 4"
4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA** — Peso de agua: 205.00 lt/m³
5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE** — Volumen aire atrapado: 0.020 m³
6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA** — A/C: 0.558
7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO** — Factor C°: 367.38 kg/m³; Factor C°: 8.64 bolsas/m³

8. **DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO**

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,030.23 kg/m³

9. **DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	0.129 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.377 m³
Suma Volúmenes	0.731 m³

10. **DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO**

Volumen absoluto del agregado fino	0.269 m³

11. **DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.129	2850.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.215	2520.660	541.880	1.475
Agregado grueso	0.377	2730.000	1030.230	2.804
Escoria de Cobre	0.054	3400.080	182.730	0.497
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	541.880	1.0013	542.606
Agregado grueso	1030.230	1.0018	1032.084
Escoria Cobre	182.730	1.0001	182.754

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-11.304
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.478
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.780
				-21.562

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	541.880	1.001	542.606	1.477
Agregado grueso	1030.230	1.002	1032.084	2.809
Escoria de Cobre	182.730	1.000	182.754	0.497
Agua	205.000	21.562	226.562	26.210 lt/saco
Total	2281.170		2351.386	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.334
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.280
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.023
				-0.638

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2850.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.006	2520.660	16.026	1.001	16.048
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.469	1.002	30.524
Escoria de cobre	0.002	3400.080	5.404	1.000	5.405
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.638	6.701

4.2.4. Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	30.00 % de reemplazo	2.79

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO** — f'cr: 294.00 kg/cm²
2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO** — TMN: 3/4"
3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO** — SLUMP: 3" a 4"
4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA** — Peso de agua: 205.00 lt/m³
5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE** — Volumen aire atrapado: 0.020 m³
6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA** — A/C: 0.558
7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO** — Factor C°: 367.38 kg/m³; Factor C°: 8.64 bolsas/m³

8. **DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO**

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,023.64 kg/m³

9. **DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	0.129 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.375 m³
Suma Volúmenes	0.729 m³

10. **DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO**

Volumen absoluto del agregado fino	0.271 m³

11. **DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.129	2850.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.190	2520.660	478.410	1.302
Agregado grueso	0.375	2730.000	1023.640	2.786
Escoria de Cobre	0.081	3400.080	276.560	0.753
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	478.410	1.0013	479.051
Agregado grueso	1023.640	1.0018	1025.483
Escoria Cobre	276.560	1.0001	276.596

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-9.980
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.417
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.181
				-20.578

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	478.410	1.001	479.051	1.304
Agregado grueso	1023.640	1.002	1025.483	2.791
Escoria de Cobre	276.560	1.000	276.596	0.753
Agua	205.000	20.578	225.578	26.096 lt/saco
Total	2281.170		2374.088	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.295
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.279
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.035
				-0.609

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2850.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.006	2520.660	14.149	1.001	14.168
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.274	1.002	30.329
Escoria de cobre	0.002	3400.080	8.179	1.000	8.180
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.609	6.671

4.2.5. Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	40.00 % de reemplazo	2.83

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO**

f'cr	294.00 kg/cm²

2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO**

TMN	3/4"

3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

SLUMP	3" a 4"

4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE**

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA**

A/C	0.558

7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO**

Factor C°	367.38 kg/m³
Factor C°	8.64 bolsas/m³

8. **DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO**

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,017.04 kg/m³

9. **DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	0.129 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.373 m³
Suma Volúmenes	0.726 m³

10. **DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO**

Volumen absoluto del agregado fino	0.274 m³

11. **DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.129	2850.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.164	2520.660	413.720	1.126
Agregado grueso	0.373	2730.000	1017.040	2.768
Escoria de Cobre	0.109	3400.080	372.040	1.013
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	413.720	1.0013	414.274
Agregado grueso	1017.040	1.0018	1018.871
Escoria Cobre	372.040	1.0001	372.088

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-8.630
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.357
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.589
				-19.576

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	413.720	1.001	414.274	1.128
Agregado grueso	1017.040	1.002	1018.871	2.773
Escoria de Cobre	372.040	1.000	372.088	1.013
Agua	205.000	19.576	224.576	25.980 lt/saco
Total	2281.170		2397.189	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.255
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.277
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.047
				-0.579

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2850.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.005	2520.660	12.236	1.001	12.252
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.079	1.002	30.133
Escoria de cobre	0.003	3400.080	11.003	1.000	11.004
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.579	6.642

4.3. Diseño de mezclas para un concreto f´c=280 kg/cm² Usando cemento Yura IP.

4.3.1. Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	0.00 % de reemplazo	2.66

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	364.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.466

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	439.91 kg/m³
Factor C°	10.35 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,045.07 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.154 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.383 m³
Suma Volúmenes	0.762 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.238 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.154	2850.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.238	2520.660	599.500	1.363
Agregado grueso	0.383	2730.000	1045.070	2.376
Escoria de Cobre	0.000	3400.080	0.000	0.000
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	599.500	1.0013	600.303
Agregado grueso	1045.070	1.0018	1046.951
Escoria Cobre	0.000	1.0001	0.000

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-12.506
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.615
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-22.120

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	599.500	1.001	600.303	1.365
Agregado grueso	1045.070	1.002	1046.951	2.380
Escoria de Cobre	0.000	1.000	0.000	0.000
Agua	205.000	22.120	227.120	21.942 lt/saco
Total	2281.170		2314.285	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.370
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.284
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-0.654

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.005	2850.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.007	2520.660	17.730	1.001	17.754
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.908	1.002	30.963
Escoria de cobre	0.000	3400.080	0.000	1.000	0.000
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.654	6.717

4.3.2. Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	10.00 % de reemplazo	2.70

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	364.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.466

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	439.91 kg/m³
Factor C°	10.35 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,038.47 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.154 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.380 m³
Suma Volúmenes	0.760 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.240 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.154	2850.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.216	2520.660	545.030	1.239
Agregado grueso	0.380	2730.000	1038.470	2.361
Escoria de Cobre	0.024	3400.080	81.690	0.186
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	545.030	1.0013	545.760
Agregado grueso	1038.470	1.0018	1040.339
Escoria Cobre	81.690	1.0001	81.701

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-11.369
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.554
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.349
				-21.272

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	545.030	1.001	545.760	1.241
Agregado grueso	1038.470	1.002	1040.339	2.365
Escoria de Cobre	81.690	1.000	81.701	0.186
Agua	205.000	21.272	226.272	21.860 lt/saco
Total	2281.170		2333.982	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.336
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.283
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.010
				-0.629

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.005	2850.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.006	2520.660	16.119	1.001	16.141
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.713	1.002	30.768
Escoria de cobre	0.001	3400.080	2.416	1.000	2.416
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.629	6.692

4.3.3. Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	20.00 % de reemplazo	2.75

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	364.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.466

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	439.91 kg/m³
Factor C°	10.35 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,030.23 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.154 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.377 m³
Suma Volúmenes	0.757 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.243 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.154	2850.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.195	2520.660	490.560	1.115
Agregado grueso	0.377	2730.000	1030.230	2.342
Escoria de Cobre	0.049	3400.080	165.430	0.376
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	490.560	1.0013	491.217
Agregado grueso	1030.230	1.0018	1032.084
Escoria Cobre	165.430	1.0001	165.452

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-10.233
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.478
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.706
				-20.418

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	490.560	1.001	491.217	1.117
Agregado grueso	1030.230	1.002	1032.084	2.346
Escoria de Cobre	165.430	1.000	165.452	0.376
Agua	205.000	20.418	225.418	21.778 lt/saco
Total	2281.170		2354.081	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.303
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.280
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.021
				-0.604

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.005	2850.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.006	2520.660	14.508	1.001	14.528
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.469	1.002	30.524
Escoria de cobre	0.001	3400.080	4.893	1.000	4.893
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.604	6.667

4.3.4. Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	30.00 % de reemplazo	2.79

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO** — f'cr: 364.00 kg/cm²
2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO** — TMN: 3/4"
3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO** — SLUMP: 3" a 4"
4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA** — Peso de agua: 205.00 lt/m³
5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE** — Volumen aire atrapado: 0.020 m³
6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA** — A/C: 0.466
7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO** — Factor C°: 439.91 kg/m³; Factor C°: 10.35 bolsas/m³

8. **DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO**

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,023.64 kg/m³

9. **DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	0.154 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.375 m³
Suma Volúmenes	0.754 m³

10. **DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO**

Volumen absoluto del agregado fino	0.246 m³

11. **DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.154	2850.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.172	2520.660	433.500	0.985
Agregado grueso	0.375	2730.000	1023.640	2.327
Escoria de Cobre	0.074	3400.080	250.600	0.570
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	433.500	1.0013	434.081
Agregado grueso	1023.640	1.0018	1025.483
Escoria Cobre	250.600	1.0001	250.633

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-9.043
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.417
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.070
				-19.530

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	433.500	1.001	434.081	0.987
Agregado grueso	1023.640	1.002	1025.483	2.331
Escoria de Cobre	250.600	1.000	250.633	0.570
Agua	205.000	19.530	224.530	21.692 lt/saco
Total	2281.170		2374.636	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.267
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.279
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.032
				-0.578

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.005	2850.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.005	2520.660	12.821	1.001	12.838
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.274	1.002	30.329
Escoria de cobre	0.002	3400.080	7.412	1.000	7.413
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.578	6.640

4.3.5. Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	40.00 % de reemplazo	2.83

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	364.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.466

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	439.91 kg/m³
Factor C°	10.35 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,017.04 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.154 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.373 m³
Suma Volúmenes	0.752 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.248 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.154	2850.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.149	2520.660	375.230	0.853
Agregado grueso	0.373	2730.000	1017.040	2.312
Escoria de Cobre	0.099	3400.080	337.420	0.767
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	375.230	1.0013	375.733
Agregado grueso	1017.040	1.0018	1018.871
Escoria Cobre	337.420	1.0001	337.464

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-7.827
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.357
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.441
				-18.625

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	375.230	1.001	375.733	0.854
Agregado grueso	1017.040	1.002	1018.871	2.316
Escoria de Cobre	337.420	1.000	337.464	0.767
Agua	205.000	18.625	223.625	21.605 lt/saco
Total	2281.170		2395.602	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.231
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.277
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.043
				-0.551

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.005	2850.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.004	2520.660	11.097	1.001	11.112
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.079	1.002	30.133
Escoria de cobre	0.003	3400.080	9.979	1.000	9.981
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.551	6.614

4.4. Diseño de mezclas para un concreto f´c=210 kg/cm² Usando cemento Wari IP.

4.4.1. Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	0.00 % de reemplazo	2.66

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	294.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.558

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	367.38 kg/m³
Factor C°	8.64 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,045.07 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.125 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.383 m³
Suma Volúmenes	0.732 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.268 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.125	2950.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.268	2520.660	674.670	1.836
Agregado grueso	0.383	2730.000	1045.070	2.845
Escoria de Cobre	0.000	3400.080	0.000	0.000
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	674.670	1.0013	675.574
Agregado grueso	1045.070	1.0018	1046.951
Escoria Cobre	0.000	1.0001	0.000

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-14.074
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.615
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-23.688

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	674.670	1.001	675.574	1.839
Agregado grueso	1045.070	1.002	1046.951	2.850
Escoria de Cobre	0.000	1.000	0.000	0.000
Agua	205.000	23.688	228.688	26.456 lt/saco
Total	2281.170		2318.593	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.416
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.284
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-0.701

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.008	2520.660	19.953	1.001	19.980
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.908	1.002	30.963
Escoria de cobre	0.000	3400.080	0.000	1.000	0.000
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.701	6.763

4.4.2. Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	10.00 % de reemplazo	2.70

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	294.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.558

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	367.38 kg/m³
Factor C°	8.64 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,038.47 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.125 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.380 m³
Suma Volúmenes	0.730 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.270 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.125	2950.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.243	2520.660	612.680	1.668
Agregado grueso	0.380	2730.000	1038.470	2.827
Escoria de Cobre	0.027	3400.080	91.830	0.250
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	612.680	1.0013	613.501
Agregado grueso	1038.470	1.0018	1040.339
Escoria Cobre	91.830	1.0001	91.842

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-12.781
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.554
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.392
				-22.727

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	612.680	1.001	613.501	1.670
Agregado grueso	1038.470	1.002	1040.339	2.832
Escoria de Cobre	91.830	1.000	91.842	0.250
Agua	205.000	22.727	227.727	26.344 lt/saco
Total	2281.170		2340.789	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.378
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.283
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.012
				-0.672

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.007	2520.660	18.120	1.001	18.144
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.713	1.002	30.768
Escoria de cobre	0.001	3400.080	2.716	1.000	2.716
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.672	6.735

4.4.3. Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	20.00 % de reemplazo	2.75

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	294.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.558

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	367.38 kg/m³
Factor C°	8.64 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,030.23 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.125 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.377 m³
Suma Volúmenes	0.727 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.273 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.125	2950.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.218	2520.660	550.690	1.499
Agregado grueso	0.377	2730.000	1030.230	2.804
Escoria de Cobre	0.055	3400.080	185.700	0.505
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	550.690	1.0013	551.428
Agregado grueso	1030.230	1.0018	1032.084
Escoria Cobre	185.700	1.0001	185.724

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-11.487
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.478
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.793
				-21.758

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	550.690	1.001	551.428	1.501
Agregado grueso	1030.230	1.002	1032.084	2.809
Escoria de Cobre	185.700	1.000	185.724	0.506
Agua	205.000	21.758	226.758	26.232 lt/saco
Total	2281.170		2363.375	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.340
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.280
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.023
				-0.644

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.006	2520.660	16.287	1.001	16.309
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.469	1.002	30.524
Escoria de cobre	0.002	3400.080	5.492	1.000	5.493
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.644	6.706

4.4.4. Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	30.00 % de reemplazo	2.79

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO** — f'cr: 294.00 kg/cm²
2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO** — TMN: 3/4"
3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO** — SLUMP: 3" a 4"
4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA** — Peso de agua: 205.00 lt/m³
5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE** — Volumen aire atrapado: 0.020 m³
6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA** — A/C: 0.558
7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO** — Factor C°: 367.38 kg/m³; Factor C°: 8.64 bolsas/m³

8. **DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO**

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,023.64 kg/m³

9. **DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	0.125 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.375 m³
Suma Volúmenes	0.724 m³

10. **DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO**

Volumen absoluto del agregado fino	0.276 m³

11. **DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.125	2950.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.193	2520.660	486.120	1.323
Agregado grueso	0.375	2730.000	1023.640	2.786
Escoria de Cobre	0.083	3400.080	281.020	0.765
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	486.120	1.0013	486.771
Agregado grueso	1023.640	1.0018	1025.483
Escoria Cobre	281.020	1.0001	281.057

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-10.140
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.417
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.200
				-20.758

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	486.120	1.001	486.771	1.325
Agregado grueso	1023.640	1.002	1025.483	2.791
Escoria de Cobre	281.020	1.000	281.057	0.765
Agua	205.000	20.758	225.758	26.117 lt/saco
Total	2281.170		2386.448	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.300
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.279
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.035
				-0.614

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.006	2520.660	14.377	1.001	14.396
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.274	1.002	30.329
Escoria de cobre	0.002	3400.080	8.311	1.000	8.312
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.614	6.677

4.4.5. Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	40.00 % de reemplazo	2.83

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO** — f'cr: 294.00 kg/cm²
2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO** — TMN: 3/4"
3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO** — SLUMP: 3" a 4"
4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA** — Peso de agua: 205.00 lt/m³
5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE** — Volumen aire atrapado: 0.020 m³
6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA** — A/C: 0.558
7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO**

Factor C°	367.38 kg/m³
Factor C°	8.64 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,017.04 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.125 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.373 m³
Suma Volúmenes	0.722 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.278 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.125	2950.000	367.380	1.000
Agregado fino	0.167	2520.660	420.320	1.144
Agregado grueso	0.373	2730.000	1017.040	2.768
Escoria de Cobre	0.111	3400.080	377.980	1.029
Agua	0.205	1000.000	205.000	23.715 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	420.320	1.0013	420.883
Agregado grueso	1017.040	1.0018	1018.871
Escoria Cobre	377.980	1.0001	378.029

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-8.768
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.357
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.614
				-19.739

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	367.380	0.000	367.380	1.000
Agregado fino	420.320	1.001	420.883	1.146
Agregado grueso	1017.040	1.002	1018.871	2.773
Escoria de Cobre	377.980	1.000	378.029	1.029
Agua	205.000	19.739	224.739	25.999 lt/saco
Total	2281.170		2409.902	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.259
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.277
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.048
				-0.584

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	10.865	0.000	10.865
Agregado fino	0.005	2520.660	12.431	1.001	12.448
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.079	1.002	30.133
Escoria de cobre	0.003	3400.080	11.179	1.000	11.180
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.584	6.647

4.5. Diseño de mezclas para un concreto f´c=280 kg/cm² Usando cemento Wari IP.

4.5.1. Diseño de mezclas con 0% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	0.00 % de reemplazo	2.66

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1.	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO	f'cr	364.00 kg/cm²
2.	TMN DEL AGREGADO GRUESO	TMN	3/4"
3.	SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO	SLUMP	3" a 4"
4.	SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA	Peso de agua	205.00 lt/m³
5.	SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE	Volumen aire atrapado	0.020 m³
6.	RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA	A/C	0.466
7.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO	Factor C°	439.91 kg/m³
		Factor C°	10.35 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,045.07 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.149 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.383 m³
Suma Volúmenes	0.757 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.243 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.149	2950.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.243	2520.660	612.690	1.393
Agregado grueso	0.383	2730.000	1045.070	2.376
Escoria de Cobre	0.000	3400.080	0.000	0.000
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	612.690	1.0013	613.511
Agregado grueso	1045.070	1.0018	1046.951
Escoria Cobre	0.000	1.0001	0.000

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-12.781
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.615
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-22.395

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	612.690	1.001	613.511	1.395
Agregado grueso	1045.070	1.002	1046.951	2.380
Escoria de Cobre	0.000	1.000	0.000	0.000
Agua	205.000	22.395	227.395	21.969 lt/saco
Total	2281.170		2327.767	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.378
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.284
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	0.000
				-0.662

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.007	2520.660	18.120	1.001	18.145
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.908	1.002	30.963
Escoria de cobre	0.000	3400.080	0.000	1.000	0.000
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.662	6.725

4.5.2. Diseño de mezclas con 10% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	10.00 % de reemplazo	2.70

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1.	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO	f'cr	364.00 kg/cm²
2.	TMN DEL AGREGADO GRUESO	TMN	3/4"
3.	SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO	SLUMP	3" a 4"
4.	SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA	Peso de agua	205.00 lt/m³
5.	SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE	Volumen aire atrapado	0.020 m³
6.	RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA	A/C	0.466
7.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO	Factor C°	439.91 kg/m³
		Factor C°	10.35 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,038.47 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.149 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.380 m³
Suma Volúmenes	0.755 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.245 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.149	2950.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.221	2520.660	556.900	1.266
Agregado grueso	0.380	2730.000	1038.470	2.361
Escoria de Cobre	0.025	3400.080	83.470	0.190
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	556.900	1.0013	557.646
Agregado grueso	1038.470	1.0018	1040.339
Escoria Cobre	83.470	1.0001	83.481

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-11.617
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.554
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.356
				-21.527

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	556.900	1.001	557.646	1.268
Agregado grueso	1038.470	1.002	1040.339	2.365
Escoria de Cobre	83.470	1.000	83.481	0.190
Agua	205.000	21.527	226.527	21.885 lt/saco
Total	2281.170		2347.904	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.344
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.283
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.011
				-0.637

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.007	2520.660	16.470	1.001	16.492
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.713	1.002	30.768
Escoria de cobre	0.001	3400.080	2.469	1.000	2.469
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.637	6.700

4.5.3. Diseño de mezclas con 20% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	20.00 % de reemplazo	2.75

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO** — f'cr: 364.00 kg/cm²
2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO** — TMN: 3/4"
3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO** — SLUMP: 3" a 4"
4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA** — Peso de agua: 205.00 lt/m³
5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE** — Volumen aire atrapado: 0.020 m³
6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA** — A/C: 0.466
7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO** — Factor C°: 439.91 kg/m³; Factor C°: 10.35 bolsas/m³

8. **DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO**

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,030.23 kg/m³

9. **DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	0.149 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.377 m³
Suma Volúmenes	0.751 m³

10. **DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO**

Volumen absoluto del agregado fino	0.249 m³

11. **DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.149	2950.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.199	2520.660	501.110	1.139
Agregado grueso	0.377	2730.000	1030.230	2.342
Escoria de Cobre	0.050	3400.080	168.990	0.384
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	501.110	1.0013	501.781
Agregado grueso	1030.230	1.0018	1032.084
Escoria Cobre	168.990	1.0001	169.012

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-10.453
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.478
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.722
				-20.653

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	501.110	1.001	501.781	1.141
Agregado grueso	1030.230	1.002	1032.084	2.346
Escoria de Cobre	168.990	1.000	169.012	0.384
Agua	205.000	20.653	225.653	21.800 lt/saco
Total	2281.170		2368.441	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.309
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.280
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.021
				-0.611

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.006	2520.660	14.820	1.001	14.840
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.469	1.002	30.524
Escoria de cobre	0.001	3400.080	4.998	1.000	4.998
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.611	6.674

4.5.4. Diseño de mezclas con 30% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	30.00 % de reemplazo	2.79

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO** — f'cr: 364.00 kg/cm²
2. **TMN DEL AGREGADO GRUESO** — TMN: 3/4"
3. **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO** — SLUMP: 3" a 4"
4. **SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA** — Peso de agua: 205.00 lt/m³
5. **SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE** — Volumen aire atrapado: 0.020 m³
6. **RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA** — A/C: 0.466
7. **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO** — Factor C°: 439.91 kg/m³; Factor C°: 10.35 bolsas/m³

8. **DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO**

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,023.64 kg/m³

9. **DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	0.149 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.375 m³
Suma Volúmenes	0.749 m³

10. **DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO**

Volumen absoluto del agregado fino	0.251 m³

11. **DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.149	2950.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.176	2520.660	442.730	1.006
Agregado grueso	0.375	2730.000	1023.640	2.327
Escoria de Cobre	0.075	3400.080	255.940	0.582
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	442.730	1.0013	443.323
Agregado grueso	1023.640	1.0018	1025.483
Escoria Cobre	255.940	1.0001	255.973

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-9.235
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.417
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.093
				-19.746

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	442.730	1.001	443.323	1.008
Agregado grueso	1023.640	1.002	1025.483	2.331
Escoria de Cobre	255.940	1.000	255.973	0.582
Agua	205.000	19.746	224.746	21.713 lt/saco
Total	2281.170		2389.435	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.273
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.279
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.032
				-0.584

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.005	2520.660	13.094	1.001	13.111
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.274	1.002	30.329
Escoria de cobre	0.002	3400.080	7.569	1.000	7.570
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.584	6.647

4.5.5. Diseño de mezclas con 40% de reemplazo agregado fino por escoria de cobre.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades	Unidades	Agregado grueso	Agregado fino	Escoria de cobre
Peso Específico SSS	kg/m³	2730.00	2520.66	3400.08
Módulo de Fineza	-	6.75	2.66	3.10
Porcentaje de Absorción	%	1.10	2.22	0.44
Contenido de Humedad	%	0.18	0.13	0.01
Peso Unitario suelto	kg/m³	1530.26	1525.86	2068.32
Peso Unitario compactado	kg/m³	1648.37	1643.73	2251.23

Módulo de fineza combinado	40.00 % de reemplazo	2.83

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f'cr	364.00 kg/cm²

2. TMN DEL AGREGADO GRUESO

TMN	3/4"

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP	3" a 4"

4. SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Peso de agua	205.00 lt/m³

5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Volumen aire atrapado	0.020 m³

6. RELACIÓN-CEMENTO POR RESISTENCIA

A/C	0.466

7. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CEMENTO

Factor C°	439.91 kg/m³
Factor C°	10.35 bolsas/m³

8. DETERMINACIÓN EN PESO DEL AGREGADO GRUESO

PESO DEL AGREGADO GRUESO	1,017.04 kg/m³

9. DETERMINACIÓN DE LAS SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	0.149 m³
Agua	0.205 m³
Aire	0.020 m³
Agregado Grueso	0.373 m³
Suma Volúmenes	0.747 m³

10. DETERMINACIÓN VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto del agregado fino	0.253 m³

11. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	0.149	2950.000	439.910	1.000
Agregado fino	0.152	2520.660	383.140	0.871
Agregado grueso	0.373	2730.000	1017.040	2.312
Escoria de Cobre	0.101	3400.080	344.540	0.783
Agua	0.205	1000.000	205.000	19.805 lt/saco
Aire	0.020		0.000	
Total	1.000		2281.170	

12. CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Elemento	Volumen Absoluto (kg/m³)	Corrección Humedad	Peso Corregido (kg)
Agregado fino	383.140	1.0013	383.653
Agregado grueso	1017.040	1.0018	1018.871
Escoria Cobre	344.540	1.0001	344.585

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad superficial (%)	Aporte humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-7.992
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-9.357
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-1.471
				-18.820

13. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN EN PESO

Elemento	Peso (kg)	Corrección	Peso corregido (kg)	Proporción (en peso)
Cemento	439.910	0.000	439.910	1.000
Agregado fino	383.140	1.001	383.653	0.872
Agregado grueso	1017.040	1.002	1018.871	2.316
Escoria de Cobre	344.540	1.000	344.585	0.783
Agua	205.000	18.820	223.820	21.623 lt/saco
Total	2281.170		2410.839	

14. PESOS POR TANDA

Elemento	Humedad (%)	Absorción (%)	Humedad Superficial (%)	Aporte de humedad (lt/m³)
Agregado fino	0.134	2.220	-2.086	-0.236
Agregado grueso	0.180	1.100	-0.920	-0.277
Escoria de Cobre	0.013	0.440	-0.427	-0.044
				-0.557

Elemento	Volumen Absoluto (m³)	Peso Específico (kg/m³)	Peso (kg)	Corrección por Humedad	Peso por tanda (kg)
Cemento	0.004	2950.000	13.010	0.000	13.010
Agregado fino	0.004	2520.660	11.331	1.001	11.347
Agregado grueso	0.011	2730.000	30.079	1.002	30.133
Escoria de cobre	0.003	3400.080	10.190	1.000	10.191
Agua	0.006	1000.000	6.063	0.557	6.619

4.6. Resumen de los diseños de mezcla.

4.6.1. Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² Yura IP.

DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 0% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	PESO TANDA - 3 VIGAS
C210-Y-IP-0%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.00	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	19.09 kg
	Agregado fino	663.65 kg	1.81	664.54 kg	1.81	19.65 kg	0.82 kg	34.54 kg
	Agregado grueso	1,045.07 kg	2.84	1,046.95 kg	2.85	30.96 kg	1.30 kg	54.42 kg
	Escoria de Cobre	0.00 kg	0.00	0.00 kg	0.00	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	228.46 lt	26.43 lt/m³	6.76 lt	0.28 lt	11.87 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 10% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C210-Y-IP-10%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	
	Agregado fino	602.77 kg	1.641	603.58 kg	1.64	17.85 kg	0.75 kg	
	Agregado grueso	1,038.47 kg	2.827	1,040.34 kg	2.83	30.77 kg	1.29 kg	
	Escoria de Cobre	90.34 kg	0.246	90.35 kg	0.25	2.67 kg	0.11 kg	
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	227.51 lt	26.32 lt/m³	6.73 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 20% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	PESO TANDA - 3 VIGAS
C210-Y-IP-20%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	19.09 kg
	Agregado fino	541.88 kg	1.475	542.61 kg	1.48	16.05 kg	0.67 kg	28.20 kg
	Agregado grueso	1,030.23 kg	2.804	1,032.08 kg	2.81	30.52 kg	1.28 kg	53.64 kg
	Escoria de Cobre	182.73 kg	0.497	182.75 kg	0.50	5.41 kg	0.23 kg	9.50 kg
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	226.56 lt	26.21 lt/m³	6.70 lt	0.28 lt	11.78 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 30% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C210-Y-IP-30%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	
	Agregado fino	478.41 kg	1.302	479.05 kg	1.30	14.17 kg	0.59 kg	
	Agregado grueso	1,023.64 kg	2.786	1,025.48 kg	2.79	30.33 kg	1.27 kg	
	Escoria de Cobre	276.56 kg	0.753	276.60 kg	0.75	8.18 kg	0.34 kg	
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	225.58 lt	26.10 lt/m³	6.67 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 40% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	PESO TANDA - 3 VIGAS
C210-Y-IP-40%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	19.09 kg
	Agregado fino	413.72 kg	1.126	414.27 kg	1.13	12.25 kg	0.51 kg	21.53 kg
	Agregado grueso	1,017.04 kg	2.768	1,018.87 kg	2.77	30.13 kg	1.26 kg	52.96 kg
	Escoria de Cobre	372.04 kg	1.013	372.09 kg	1.01	11.00 kg	0.46 kg	19.34 kg
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	224.58 lt	25.98 lt/m³	6.64 lt	0.28 lt	11.67 lt

Tabla 54 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c=210 kg/cm² Yura IP
(fuente propia)

4.6.2. Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Yura IP

DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 280 kg/cm² - 0% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBO	PESO TANDA - 3 VIGA
C280-Y-IP-0%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.00	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	22.86 kg
	Agregado fino	599.50 kg	1.36	600.30 kg	1.36	17.75 kg	0.74 kg	31.20 kg
	Agregado grueso	1,045.07 kg	2.38	1,046.95 kg	2.38	30.96 kg	1.30 kg	54.42 kg
	Escoria de Cobre	0.00 kg	0.00	0.00 kg	0.00	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	227.12 lt	21.94 lt/m³	6.72 lt	0.28 lt	11.80 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 280 kg/cm² - 10% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C280-Y-IP-10%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	
	Agregado fino	545.03 kg	1.239	545.76 kg	1.24	16.14 kg	0.68 kg	
	Agregado grueso	1,038.47 kg	2.361	1,040.34 kg	2.36	30.77 kg	1.29 kg	
	Escoria de Cobre	81.69 kg	0.186	81.70 kg	0.19	2.42 kg	0.10 kg	
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	226.27 lt	21.86 lt/m³	6.69 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 280 kg/cm² - 20% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBO	PESO TANDA - 3 VIGA
C280-Y-IP-20%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	22.86 kg
	Agregado fino	490.56 kg	1.115	491.22 kg	1.12	14.53 kg	0.61 kg	25.53 kg
	Agregado grueso	1,030.23 kg	2.342	1,032.08 kg	2.35	30.52 kg	1.28 kg	53.64 kg
	Escoria de Cobre	165.43 kg	0.376	165.45 kg	0.38	4.89 kg	0.20 kg	8.60 kg
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	225.42 lt	21.78 lt/m³	6.67 lt	0.28 lt	11.72 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 280 kg/cm² - 30% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C280-Y-IP-30%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	
	Agregado fino	433.50 kg	0.985	434.08 kg	0.99	12.84 kg	0.54 kg	
	Agregado grueso	1,023.64 kg	2.327	1,025.48 kg	2.33	30.33 kg	1.27 kg	
	Escoria de Cobre	250.60 kg	0.570	250.63 kg	0.57	7.41 kg	0.31 kg	
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	224.53 lt	21.69 lt/m³	6.64 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 280 kg/cm² - 40% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO YURA IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBO	PESO TANDA - 3 VIGA
C280-Y-IP-40%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	22.86 kg
	Agregado fino	375.23 kg	0.853	375.73 kg	0.85	11.11 kg	0.46 kg	19.53 kg
	Agregado grueso	1,017.04 kg	2.312	1,018.87 kg	2.32	30.13 kg	1.26 kg	52.96 kg
	Escoria de Cobre	337.42 kg	0.767	337.46 kg	0.77	9.98 kg	0.42 kg	17.54 kg
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	223.62 lt	21.60 lt/m³	6.61 lt	0.28 lt	11.62 lt

Tabla 55 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Yura IP
(fuente propia)

DISEÑO	ELEMENTO	CODIGO									
		C210-Y-IP-0%E.C.	C210-Y-IP-10%E.C.	C210-Y-IP-20%E.C.	C210-Y-IP-30%E.C.	C210-Y-IP-40%E.C.	C280-Y-IP-0%E.C.	C280-Y-IP-10%E.C.	C280-Y-IP-20%E.C.	C280-Y-IP-30%E.C.	C280-Y-IP-40%E.C.
DISEÑO SECO	Cemento	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg
	Agregado fino	663.65 kg	602.77 kg	541.88 kg	478.41 kg	413.72 kg	599.50 kg	545.03 kg	490.56 kg	433.50 kg	375.23 kg
	Agregado grueso	1,045.07 kg	1,038.47 kg	1,030.23 kg	1,023.64 kg	1,017.04 kg	1,045.07 kg	1,038.47 kg	1,030.23 kg	1,023.64 kg	1,017.04 kg
	Escoria de cobre	0.00 kg	90.34 kg	182.73 kg	276.56 kg	372.04 kg	0.00 kg	81.69 kg	165.43 kg	250.60 kg	337.42 kg
	Agua	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt
DISEÑO HUMEDO	Cemento	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg
	Agregado fino	664.54 kg	603.58 kg	542.61 kg	479.05 kg	414.27 kg	600.30 kg	545.76 kg	491.22 kg	434.08 kg	375.73 kg
	Agregado grueso	1,046.95 kg	1,040.34 kg	1,032.08 kg	1,025.48 kg	1,018.87 kg	1,046.95 kg	1,040.34 kg	1,032.08 kg	1,025.48 kg	1,018.87 kg
	Escoria de cobre	0.00 kg	90.35 kg	182.75 kg	276.60 kg	372.09 kg	0.00 kg	81.70 kg	165.45 kg	250.63 kg	337.46 kg
	Agua	228.46 lt	227.51 lt	226.56 lt	225.58 lt	224.58 lt	227.12 lt	226.27 lt	225.42 lt	224.53 lt	223.62 lt
DISEÑO HUMEDO - TANDA TOTAL (PROBETAS + CUBOS + VIGAS)	Cemento	41.28 kg	22.19 kg	41.28 kg	22.19 kg	41.28 kg	49.43 kg	26.57 kg	49.43 kg	26.57 kg	49.43 kg
	Agregado fino	74.67 kg	36.45 kg	60.97 kg	28.93 kg	46.55 kg	67.45 kg	32.96 kg	55.19 kg	26.21 kg	42.22 kg
	Agregado grueso	117.64 kg	62.82 kg	115.97 kg	61.93 kg	114.48 kg	117.64 kg	62.82 kg	115.97 kg	61.93 kg	114.48 kg
	Escoria de cobre	0.00 kg	5.46 kg	20.54 kg	16.70 kg	41.81 kg	0.00 kg	4.93 kg	18.59 kg	15.14 kg	37.92 kg
	Agua	25.67 lt	13.74 lt	25.46 lt	13.62 lt	25.23 lt	25.52 lt	13.66 lt	25.33 lt	13.56 lt	25.13 lt

Tabla 56 Diseño seco y húmedo par diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² y f'c= 280 kg/cm² con cemento Yura IP (fuente propia)

4.6.3. Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² Wari IP

DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 0% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	PESO TANDA - 3 VIGAS
C210-W-IP-0%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.00	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	19.09 kg
	Agregado fino	674.67 kg	1.84	675.57 kg	1.84	19.98 kg	0.84 kg	35.11 kg
	Agregado grueso	1,045.07 kg	2.84	1,046.95 kg	2.85	30.96 kg	1.30 kg	54.42 kg
	Escoria de Cobre	0.00 kg	0.00	0.00 kg	0.00	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	228.69 lt	26.46 lt/m³	6.76 lt	0.28 lt	11.89 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 10% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C210-W-IP-10%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	
	Agregado fino	612.68 kg	1.668	613.50 kg	1.67	18.14 kg	0.76 kg	
	Agregado grueso	1,038.47 kg	2.827	1,040.34 kg	2.83	30.77 kg	1.29 kg	
	Escoria de Cobre	91.83 kg	0.250	91.84 kg	0.25	2.72 kg	0.11 kg	
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	227.73 lt	26.34 lt/m³	6.73 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 20% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	PESO TANDA - 3 VIGAS
C210-W-IP-20%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	19.09 kg
	Agregado fino	550.69 kg	1.499	551.43 kg	1.50	16.31 kg	0.68 kg	28.66 kg
	Agregado grueso	1,030.23 kg	2.804	1,032.08 kg	2.81	30.52 kg	1.28 kg	53.64 kg
	Escoria de Cobre	185.70 kg	0.505	185.72 kg	0.51	5.49 kg	0.23 kg	9.65 kg
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	226.76 lt	26.23 lt/m³	6.71 lt	0.28 lt	11.79 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 30% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C210-W-IP-30%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	
	Agregado fino	486.12 kg	1.323	486.77 kg	1.32	14.40 kg	0.60 kg	
	Agregado grueso	1,023.64 kg	2.786	1,025.48 kg	2.79	30.33 kg	1.27 kg	
	Escoria de Cobre	281.02 kg	0.765	281.06 kg	0.77	8.31 kg	0.35 kg	
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	225.76 lt	26.12 lt/m³	6.68 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 40% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETAS	PESO TANDA - 9 CUBOS	PESO TANDA - 3 VIGAS
C210-W-IP-40%E.C.	Cemento	367.38 kg	1.000	367.38 kg	1.00	10.87 kg	0.45 kg	19.09 kg
	Agregado fino	420.32 kg	1.144	420.88 kg	1.15	12.45 kg	0.52 kg	21.88 kg
	Agregado grueso	1,017.04 kg	2.768	1,018.87 kg	2.77	30.13 kg	1.26 kg	52.96 kg
	Escoria de Cobre	377.98 kg	1.029	378.03 kg	1.03	11.18 kg	0.47 kg	19.65 kg
	Agua	205.00 lt	23.72 lt/m³	224.74 lt	26.00 lt/m³	6.65 lt	0.28 lt	11.68 lt

Tabla 57 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² Wari IP
(fuente propia)

4.6.4. Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Wari IP

DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 280 kg/cm² - 0% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBO	PESO TANDA - 3 VIGAS
C280-W-IP-0%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	22.86 kg
	Agregado fino	612.69 kg	1.393	613.51 kg	1.39	18.14 kg	0.76 kg	31.89 kg
	Agregado grueso	1,045.07 kg	2.376	1,046.95 kg	2.38	30.96 kg	1.30 kg	54.42 kg
	Escoria de Cobre	0.00 kg	0.000	0.00 kg	0.00	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	227.40 lt	21.97 lt/m³	6.73 lt	0.28 lt	11.82 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 10% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C280-W-IP-10%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	
	Agregado fino	556.90 kg	1.266	557.65 kg	1.27	16.49 kg	0.69 kg	
	Agregado grueso	1,038.47 kg	2.361	1,040.34 kg	2.36	30.77 kg	1.29 kg	
	Escoria de Cobre	83.47 kg	0.190	83.48 kg	0.19	2.47 kg	0.10 kg	
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	226.53 lt	21.88 lt/m³	6.70 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 20% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBO	PESO TANDA - 3 VIGAS
C280-W-IP-20%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	22.86 kg
	Agregado fino	501.11 kg	1.139	501.78 kg	1.14	14.84 kg	0.62 kg	26.08 kg
	Agregado grueso	1,030.23 kg	2.342	1,032.08 kg	2.35	30.52 kg	1.28 kg	53.64 kg
	Escoria de Cobre	168.99 kg	0.384	169.01 kg	0.38	5.00 kg	0.21 kg	8.78 kg
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	225.65 lt	21.80 lt/m³	6.67 lt	0.28 lt	11.73 lt
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 30% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBOS	
C280-W-IP-30%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	
	Agregado fino	442.73 kg	1.006	443.32 kg	1.01	13.11 kg	0.55 kg	
	Agregado grueso	1,023.64 kg	2.327	1,025.48 kg	2.33	30.33 kg	1.27 kg	
	Escoria de Cobre	255.94 kg	0.582	255.97 kg	0.58	7.57 kg	0.32 kg	
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	224.75 lt	21.71 lt/m³	6.65 lt	0.28 lt	
DISEÑO DE MEZCLAS f´c = 210 kg/cm² - 40% REEEMPLAZO DE ESCORIA DE COBRE CON CEMENTO WARI IP								
CODIGO	ELEMENTO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO				
		PESO	PROPORCION	PESO	PROPORCION	PESO TANDA - 15 PROBETA	PESO TANDA - 9 CUBO	PESO TANDA - 3 VIGAS
C280-W-IP-40%E.C.	Cemento	439.91 kg	1.000	439.91 kg	1.00	13.01 kg	0.54 kg	22.86 kg
	Agregado fino	383.14 kg	0.871	383.65 kg	0.87	11.35 kg	0.47 kg	19.94 kg
	Agregado grueso	1,017.04 kg	2.312	1,018.87 kg	2.32	30.13 kg	1.26 kg	52.96 kg
	Escoria de Cobre	344.54 kg	0.783	344.58 kg	0.78	10.19 kg	0.43 kg	17.91 kg
	Agua	205.00 lt	19.81 lt/m³	223.82 lt	21.62 lt/m³	6.62 lt	0.28 lt	11.63 lt

Tabla 58 Tabla resumen de diseños de mezclas f'c= 280 kg/cm² Wari IP
(fuente propia)

DISEÑO	ELEMENTO	CODIGO									
		C210-W-IP-0%E.C.	C210-W-IP-10%E.C.	C210-W-IP-20%E.C.	C210-W-IP-30%E.C.	C210-W-IP-40%E.C.	C280-W-IP-0%E.C.	C280-W-IP-10%E.C.	C280-W-IP-20%E.C.	C280-W-IP-30%E.C.	C280-W-IP-40%E.C.
DISEÑO SECO	Cemento	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg
	Agregado fino	674.67 kg	612.68 kg	550.69 kg	486.12 kg	420.32 kg	612.69 kg	556.90 kg	501.11 kg	442.73 kg	383.14 kg
	Agregado grueso	1,045.07 kg	1,038.47 kg	1,030.23 kg	1,023.64 kg	1,017.04 kg	1,045.07 kg	1,038.47 kg	1,030.23 kg	1,023.64 kg	1,017.04 kg
	Escoria de cobre	0.00 kg	91.83 kg	185.70 kg	281.02 kg	377.98 kg	0.00 kg	83.47 kg	168.99 kg	255.94 kg	344.54 kg
	Agua	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt	205.00 lt
DISEÑO HUMEDO	Cemento	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	367.38 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg	439.91 kg
	Agregado fino	675.57 kg	613.50 kg	551.43 kg	486.77 kg	420.88 kg	613.51 kg	557.65 kg	501.78 kg	443.32 kg	383.65 kg
	Agregado grueso	1,046.95 kg	1,040.34 kg	1,032.08 kg	1,025.48 kg	1,018.87 kg	1,046.95 kg	1,040.34 kg	1,032.08 kg	1,025.48 kg	1,018.87 kg
	Escoria de cobre	0.00 kg	91.84 kg	185.72 kg	281.06 kg	378.03 kg	0.00 kg	83.48 kg	169.01 kg	255.97 kg	344.58 kg
	Agua	228.69 lt	227.73 lt	226.76 lt	225.76 lt	224.74 lt	227.40 lt	226.53 lt	225.65 lt	224.75 lt	223.82 lt
DISEÑO HUMEDO - TANDA TOTAL (PROBETAS + CUBOS + VIGAS)	Cemento	41.28 kg	22.19 kg	41.28 kg	22.19 kg	41.28 kg	49.43 kg	26.57 kg	49.43 kg	26.57 kg	49.43 kg
	Agregado fino	75.91 kg	37.05 kg	61.96 kg	29.39 kg	47.29 kg	68.94 kg	33.67 kg	56.38 kg	26.77 kg	43.11 kg
	Agregado grueso	117.64 kg	62.82 kg	115.97 kg	61.93 kg	114.48 kg	117.64 kg	62.82 kg	115.97 kg	61.93 kg	114.48 kg
	Escoria de cobre	0.00 kg	5.55 kg	20.87 kg	16.97 kg	42.48 kg	0.00 kg	5.04 kg	18.99 kg	15.46 kg	38.72 kg
	Agua	25.70 lt	13.75 lt	25.48 lt	13.63 lt	25.25 lt	25.55 lt	13.68 lt	25.35 lt	13.57 lt	25.15 lt

Tabla 59 Diseño seco y húmedo par diseños de mezclas f'c= 210 kg/cm² y f'c= 280 kg/cm² con cemento Wari IP (fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V

5. PROPIEDADES DEL CONCRETO

5.1. Ensayos del concreto

5.1.1. Ensayos del concreto en estado fresco

5.1.1.1. Determinación del Asentamiento (SLUMP)

El Slump se refiere a la medida de la consistencia del concreto en estado fresco por medio del cono de Abrams, esta prueba también es llamada ensayo de revenimiento.

Nos regimos según la norma NTP 339.035 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland y también en relación a la norma MTC E 705 - 2016 Asentamiento del concreto (Slump).

Equipos y materiales usados:

- Molde de forma cónica el cual cumpla con las normas técnicas peruanas.
- Cucharon.
- Varilla de 5/8”.

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá la muestra en el proceso de vaciado.
- Se procede a llenar el recipiente cónico metálico con el cucharon, se debe de llenar 1/3 del volumen del recipiente metálico (se debe llenar en 3 capas).
- Una vez llenado la primera capa se debe de varillar con 25 golpes de forma distribuida uniformemente.
- Una vez dado las varilladas se procede a llenar la siguiente tercera parte del recipiente y distribuir las 25 varilladas uniformemente (se debe de tener cuidado de que la varilla atraviese la capa respectiva, evitar que sobrepase a las otras capas).
- Luego de ello se levantará el cono de Abrams y procederemos a medir el asentamiento que ha sufrido el concreto, en relación a la altura que posee el cono.
- Se medirá esta altura con ayuda de una regla metálica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Este asentamiento obtenido nos da un valor que puede ser comparado con la producción de concreto que estamos realizando y nos podrá indicar si hay que hacer algún cambio en las proporciones de los materiales.

SLUMP DEL CONCRETO		
CEMENTO	CÓDIGO	Slump (pulg)
WARI IP	C210-W-IP- 0%E.C.	2.500
WARI IP	C210-W-IP- 10%E.C.	2.375
WARI IP	C210-W-IP- 20%E.C.	2.750
WARI IP	C210-W-IP- 30%E.C.	3.000
WARI IP	C210-W-IP- 40%E.C.	3.000
WARI IP	C280-W-IP- 0%E.C.	2.375
WARI IP	C280-W-IP- 10%E.C.	2.750
WARI IP	C280-W-IP- 20%E.C.	2.500
WARI IP	C280-W-IP- 30%E.C.	2.750
WARI IP	C280-W-IP- 40%E.C.	2.875

SLUMP DEL CONCRETO		
CEMENTO	CÓDIGO	Slump (pulg)
YURA IP	C210-Y-IP- 0%E.C.	2.250
YURA IP	C210-Y-IP- 10%E.C.	2.375
YURA IP	C210-Y-IP- 20%E.C.	3.125
YURA IP	C210-Y-IP- 30%E.C.	3.125
YURA IP	C210-Y-IP- 40%E.C.	3.500
YURA IP	C280-Y-IP- 0%E.C.	2.625
YURA IP	C280-Y-IP- 10%E.C.	2.900
YURA IP	C280-Y-IP- 20%E.C.	3.050
YURA IP	C280-Y-IP- 30%E.C.	3.125
YURA IP	C280-Y-IP- 40%E.C.	2.750

Tabla 60 Slump del concreto fresco (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

5.1.1.2. Peso Unitario

El peso unitario es la relación del peso que tiene el concreto en un determinado volumen y también nos sirve para comprobar y determinar el rendimiento de la mezcla.

Nos regimos según la norma NTP 339.046 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto) y también en relación a la norma MTC E-714 Peso unitario de producción (rendimiento) y contenido de aire (gravimétrico), este ensayo se realizó para cada tipo de diseño siendo 20 en total los diseños vaciados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Equipos y materiales usados:

- Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado grueso con precisión de 0.05 kg que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Cucharon.
- Varilla de 5/8".
- Recipiente cilíndrico metálico.
- Martillo de goma.

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá la muestra en el proceso de vaciado.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, se debe de llenar 1/3 del volumen del recipiente metálico (se debe llenar en 3 capas).
- Una vez llenado la tercera parte del recipiente metálico se debe de apisonar con la varilla de 5/8 de pulg, se debe de dar 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Una vez dado los golpes se procede a llenar la siguiente tercera parte del recipiente y distribuir los 25 golpes uniformemente (se debe de tener cuidado de que la varilla atraviese la capa respectiva, evitar que sobrepase a las otras capas).
- Al finalizar el llenado y varillado de las 3 capas, se retira el volumen excedente del agregado en el recipiente metálico con la ayuda de una regla metálica.
- Se procede a determinar lo pesos del recipiente metálico con el concreto, así como también el peso del recipiente metálico sin el concreto, se debe registrar los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Para calcular el peso unitario se usa la siguiente formula:

$$PU = \frac{Wmezcla}{V}$$

Ecuación 16 Peso unitario del concreto

Dónde:

W. mezcla = Peso de la mezcla

V = Volumen del recipiente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

PESO UNITARIO DEL CONCRETO							
CEMENTO	CÓDIGO	W. Recipiente (g)	W Recipiente + C° (g)	W. de Mezcla (g)	W. Mezcla (kg)	Volumen (m³)	Peso Unitario (kg/m³)
WARI IP	C210-W-IP- 0%E.C.	1652.00	8265.00	6613.00	6.61	0.0028	2350.27
WARI IP	C210-W-IP- 10%E.C.	1652.00	8298.70	6646.70	6.65	0.0028	2362.25
WARI IP	C210-W-IP- 20%E.C.	1652.00	8329.50	6677.50	6.68	0.0028	2373.19
WARI IP	C210-W-IP- 30%E.C.	1652.00	8361.20	6709.20	6.71	0.0028	2384.46
WARI IP	C210-W-IP- 40%E.C.	1652.00	8394.20	6742.20	6.74	0.0028	2396.19
WARI IP	C280-W-IP- 0%E.C.	1652.00	8315.20	6663.20	6.66	0.0028	2368.11
WARI IP	C280-W-IP- 10%E.C.	1652.00	8347.20	6695.20	6.70	0.0028	2379.48
WARI IP	C280-W-IP- 20%E.C.	1652.00	8376.90	6724.90	6.72	0.0028	2390.04
WARI IP	C280-W-IP- 30%E.C.	1652.00	8410.50	6758.50	6.76	0.0028	2401.98
WARI IP	C280-W-IP- 40%E.C.	1652.00	8453.40	6801.40	6.80	0.0028	2417.23

PESO UNITARIO DEL CONCRETO							
CEMENTO	CÓDIGO	W. Recipiente (g)	W Recipiente + C° (g)	W. de Mezcla (g)	W. Mezcla (kg)	Volumen (m³)	Peso Unitario (kg/m³)
YURA IP	C210-Y-IP- 0%E.C.	1652.00	8237.20	6585.20	6.59	0.0028	2340.39
YURA IP	C210-Y-IP- 10%E.C.	1652.00	8268.30	6616.30	6.62	0.0028	2351.44
YURA IP	C210-Y-IP- 20%E.C.	1652.00	8301.60	6649.60	6.65	0.0028	2363.28
YURA IP	C210-Y-IP- 30%E.C.	1652.00	8334.90	6682.90	6.68	0.0028	2375.11
YURA IP	C210-Y-IP- 40%E.C.	1652.00	8364.70	6712.70	6.71	0.0028	2385.70
YURA IP	C280-Y-IP- 0%E.C.	1652.00	8274.80	6622.80	6.62	0.0028	2353.75
YURA IP	C280-Y-IP- 10%E.C.	1652.00	8302.50	6650.50	6.65	0.0028	2363.60
YURA IP	C280-Y-IP- 20%E.C.	1652.00	8339.40	6687.40	6.69	0.0028	2376.71
YURA IP	C280-Y-IP- 30%E.C.	1652.00	8368.30	6716.30	6.72	0.0028	2386.98
YURA IP	C280-Y-IP- 40%E.C.	1652.00	8402.10	6750.10	6.75	0.0028	2399.00

Tabla 61Peso Unitario del concreto fresco (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm²
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.1.3. Exudación

La exudación es una forma de segregación de los componentes de una mezcla de concreto fresco, la exudación del concreto se produce por el ascenso del agua del concreto durante el tiempo de vaciado y fraguado

Nos regimos según la norma NTP 339.077: 2013: CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto y también en relación a la norma MTC E 713 Exudación del concreto, este ensayo se realizó para cada tipo de diseño siendo 20 en total los diseños vaciados (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Varilla de 5/8".
- Recipiente cilíndrico metálico.
- Balanza: La balanza utilizada en el ensayo debe tener una precisión de 0.05 kg que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Martillo de Goma.
- Varilla de 5/8".
- Pipeta.
- Probeta graduada.

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá la muestra en el proceso de vaciado.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, se debe de llenar 1/3 del volumen del recipiente metálico.
- Una vez llenado la tercera parte del recipiente metálico se debe de apisonar con la varilla de 5/8 de pulg.
- Luego de ello se debe de dar 25 golpes con el martillo de goma distribuido uniformemente.
- Este proceso se realiza hasta que el molde cilíndrico tenga las 3 capas (se debe de tener cuidado de que la varilla atraviese la capa respectiva), evitar que sobrepase a las otras capas, se debe dejar 1" libre en la parte superior del recipiente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Se procede a tomar mediciones del agua exudada cada 10 minutos durante los 40 primeros minutos y luego cada 30 minutos hasta que la mezcla de concreto deje de exudar.

Luego de todo el proceso de vaciado y medición se procede a hacer la memoria de cálculo, usando las siguientes formulas:

$$Exudacion = \frac{Volumen\ total\ exudado}{Area\ de\ la\ superficie\ libre\ del\ concreto}$$

Ecuación 17 Exudación del concreto 1

$$Exudacion = \frac{Volumen\ total\ exudado}{Volumen\ de\ agua\ de\ la\ mezcla\ en\ el\ molde} * 100$$

Ecuación 18 Exudación del concreto 2

$$Vol.de\ agua\ en\ el\ molde = \frac{Peso\ del\ concreto\ en\ el\ molde}{Peso\ total\ de\ la\ tanda} * Vol.de\ agua\ en\ la\ tanda$$

Ecuación 19 Exudación del concreto 3

Se tienen los siguientes resultados:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

EXUDACION																
Muestra	Tiempo de exudacion (min)													Volumen total exudado (ml)	Area superf. libre concreto	Exudacion (ml/cm²)
	10	20	30	40	70	100	130	160	190	220	250	280	310			
C210-Y-IP- 0%E.C.	0.70	0.70	2.00	1.90	4.20	2.90	2.80	1.70	1.20	0.30	0.00	0.00	0.00	18.40	182.41	0.10
C210-Y-IP- 10%E.C.	1.10	1.50	2.10	3.20	4.50	2.80	2.60	1.40	0.70	0.20	0.00	0.00	0.00	20.10	182.41	0.11
C210-Y-IP- 20%E.C.	0.50	0.90	2.60	2.70	4.00	3.15	2.90	2.10	1.10	0.40	0.00	0.00	0.00	20.35	182.41	0.11
C210-Y-IP- 30%E.C.	2.10	2.20	3.20	3.10	3.60	5.50	2.80	1.90	0.90	0.70	0.20	0.00	0.00	26.20	182.41	0.14
C210-Y-IP- 40%E.C.	1.50	1.60	2.10	2.30	2.60	4.40	3.10	1.60	0.80	0.10	0.00	0.00	0.00	20.10	182.41	0.11
C280-Y-IP- 0%E.C.	0.80	1.40	1.10	1.90	3.80	3.10	2.60	1.80	1.50	0.80	0.20	0.00	0.00	19.00	182.41	0.10
C280-Y-IP- 10%E.C.	1.50	2.60	2.80	3.15	4.70	3.20	2.60	1.20	1.10	0.70	0.10	0.00	0.00	23.65	182.41	0.13
C280-Y-IP- 20%E.C.	2.20	2.30	2.60	2.70	4.60	4.10	1.90	1.20	0.80	0.30	0.00	0.00	0.00	22.70	182.41	0.12
C280-Y-IP- 30%E.C.	2.50	2.60	2.50	3.10	3.20	4.90	3.60	2.60	2.10	0.90	0.20	0.00	0.00	28.20	182.41	0.15
C280-Y-IP- 40%E.C.	1.80	1.90	2.40	2.50	2.80	4.15	2.80	2.15	1.40	0.40	0.00	0.00	0.00	22.30	182.41	0.12
C210-W-IP- 0%E.C.	3.25	3.49	4.57	4.28	5.20	3.50	3.35	1.88	1.22	0.50	0.20	0.00	0.00	31.44	182.41	0.17
C210-W-IP- 10%E.C.	3.10	2.80	3.50	4.40	6.60	4.10	3.45	1.60	1.30	0.80	0.30	0.00	0.00	31.95	182.41	0.18
C210-W-IP- 20%E.C.	2.93	2.61	3.04	1.61	7.17	5.20	3.97	2.86	1.20	0.50	0.00	0.00	0.00	31.09	182.41	0.17
C210-W-IP- 30%E.C.	2.75	2.50	2.95	5.80	7.80	6.30	5.60	5.10	4.10	1.70	1.10	0.10	0.00	45.80	182.41	0.25
C210-W-IP- 40%E.C.	2.50	2.70	2.90	2.40	7.50	6.20	5.40	5.30	3.70	1.70	0.20	0.00	0.00	40.50	182.41	0.22
C280-W-IP- 0%E.C.	1.38	1.75	1.39	1.31	5.40	4.92	2.70	1.58	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	20.83	182.41	0.11
C280-W-IP- 10%E.C.	1.21	1.80	2.15	1.30	5.70	4.20	3.60	1.60	0.90	0.20	0.00	0.00	0.00	22.66	182.41	0.12
C280-W-IP- 20%E.C.	0.55	1.66	1.17	0.91	1.51	3.70	2.45	2.20	1.60	0.90	0.20	0.00	0.00	16.85	182.41	0.09
C280-W-IP- 30%E.C.	1.52	2.10	1.80	1.90	6.40	5.80	4.60	3.70	2.50	1.60	0.90	0.20	0.00	33.02	182.41	0.18
C280-W-IP- 40%E.C.	2.90	1.80	2.20	1.40	3.80	4.70	4.30	3.80	2.10	1.10	0.00	0.00	0.00	28.10	182.41	0.15

Tabla 62 Exudación del concreto en ml/cm² (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

EXUDACION								
Muestra	Peso recipiente (g)	Peso Total (mezcla +recp) (g)	Peso mezcla (g)	Peso total diseño mezclas (kg)	Peso agua diseño de mezclas (kg)	Volumen total exudado (ml)	Volumen agua de la mezcla (ml)	Exudacion (%)
C210-Y-IP- 0%E.C.	1733.50	6951.50	5218.00	62.02	6.14	18.40	516.58	3.56
C210-Y-IP- 10%E.C.	1648.00	6962.30	5314.30	62.63	6.13	20.10	520.14	3.86
C210-Y-IP- 20%E.C.	1728.00	7125.40	5397.40	63.22	6.10	20.35	520.79	3.91
C210-Y-IP- 30%E.C.	1617.00	7100.50	5483.50	63.84	6.08	26.20	522.24	5.02
C210-Y-IP- 40%E.C.	1617.00	7180.80	5563.80	64.47	6.06	20.10	522.98	3.84
C280-Y-IP- 0%E.C.	1733.50	7051.00	5317.50	62.23	6.11	19.00	522.09	3.64
C280-Y-IP- 10%E.C.	1648.00	7052.80	5404.80	62.76	6.09	23.65	524.46	4.51
C280-Y-IP- 20%E.C.	1728.00	7220.30	5492.30	63.31	6.07	22.70	526.59	4.31
C280-Y-IP- 30%E.C.	1617.00	7200.80	5583.80	63.86	6.05	28.20	529.00	5.33
C280-Y-IP- 40%E.C.	1617.00	7275.40	5658.40	64.44	6.03	22.30	529.49	4.21
C210-W-IP- 0%E.C.	1733.50	7008.50	5275.00	62.33	6.15	31.44	520.48	6.04
C210-W-IP- 10%E.C.	1648.00	7015.50	5367.50	62.94	6.13	31.95	522.76	6.11
C210-W-IP- 20%E.C.	1728.00	7186.40	5458.40	63.55	6.10	31.09	523.94	5.93
C210-W-IP- 30%E.C.	1617.00	7172.70	5555.70	64.18	6.09	45.80	527.18	8.69
C210-W-IP- 40%E.C.	1617.00	7261.20	5644.20	64.81	6.06	40.50	527.76	7.67
C280-W-IP- 0%E.C.	1648.00	7020.60	5372.60	62.58	6.11	20.83	524.55	3.97
C280-W-IP- 10%E.C.	1728.00	7195.40	5467.40	63.13	6.10	22.66	528.29	4.29
C280-W-IP- 20%E.C.	1617.00	7175.20	5558.20	63.69	6.08	16.85	530.60	3.18
C280-W-IP- 30%E.C.	1617.00	7271.40	5654.40	64.26	6.06	33.02	533.23	6.19
C280-W-IP- 40%E.C.	1733.50	7450.40	5716.90	64.85	6.04	28.10	532.46	5.28

Tabla 63 Exudación del concreto en porcentaje % (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.1.4. Temperatura

Dado los diferentes climas en los cuales puede ser sometido el concreto es importante conocer algunas medidas que controlen la generación de calor y su cambio de volumen para evitar el agrietamiento y aparición de futuras fisuras en el concreto

Nos regimos según la norma NTP 339.184: 2002: HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto). y también en relación a la norma MTC E 724 Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto, este ensayo se realizó para cada tipo de diseño siendo 20 en total los diseños vaciados (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Varilla de 5/8".
- Termómetro (termómetro con una exactitud de ± 0,5°C, intervalo de temperatura de 0º a 50°C).
- Recipiente cilíndrico metálico.

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá la muestra en el proceso de vaciado.
- Se procede a llenar el recipiente metálico con el cucharon, se debe de llenar 1/3 del volumen del recipiente metálico (se debe llenar en 3 capas).
- Una vez llenado la tercera parte del recipiente metálico se debe de apisonar con la varilla de 5/8 de pulg, se debe de dar 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Una vez dado los golpes se procede a llenar la siguiente tercera parte del recipiente y distribuir los 25 golpes uniformemente (se debe de tener cuidado de que la varilla atraviese la capa respectiva, evitar que sobrepase a las otras capas).
- Se procede a determinar la temperatura, se coloca el termómetro en la mezcla de concreto por un lapso de aproximadamente de ± 4 minutos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se tienen los siguientes resultados:

TEMPERATURA DEL CONCRETO		
CEMENTO	CÓDIGO	Temperatura °C
WARI IP	C210-W-IP- 0%E.C.	22.00
WARI IP	C210-W-IP- 10%E.C.	22.20
WARI IP	C210-W-IP- 20%E.C.	22.60
WARI IP	C210-W-IP- 30%E.C.	22.70
WARI IP	C210-W-IP- 40%E.C.	22.20
WARI IP	C280-W-IP- 0%E.C.	21.00
WARI IP	C280-W-IP- 10%E.C.	21.70
WARI IP	C280-W-IP- 20%E.C.	22.30
WARI IP	C280-W-IP- 30%E.C.	22.30
WARI IP	C280-W-IP- 40%E.C.	22.20

TEMPERATURA DEL CONCRETO		
CEMENTO	CÓDIGO	Temperatura °C
YURA IP	C210-Y-IP- 0%E.C.	21.40
YURA IP	C210-Y-IP- 10%E.C.	21.50
YURA IP	C210-Y-IP- 20%E.C.	22.00
YURA IP	C210-Y-IP- 30%E.C.	21.00
YURA IP	C210-Y-IP- 40%E.C.	21.00
YURA IP	C280-Y-IP- 0%E.C.	20.10
YURA IP	C280-Y-IP- 10%E.C.	21.20
YURA IP	C280-Y-IP- 20%E.C.	20.00
YURA IP	C280-Y-IP- 30%E.C.	20.10
YURA IP	C280-Y-IP- 40%E.C.	21.40

Tabla 64 Temperatura del concreto (Yura IP y Wari IP) f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.2. Ensayos del concreto en estado endurecido

5.1.2.1. Ensayo de resistencia a compresión

Nos regimos según la norma NTP 339.034: 2008: HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas y también en relación a la norma MTC E 724 Resistencia a la compresión testigos cilíndricos, este ensayo se realizó para cada muestra de concreto, se realizaron 240 roturas de probetas, teniendo 20 diseños distintos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Máquina de ensayo (máquina para medir la resistencia a la compresión)
- Vernier

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá las muestras de concreto con diferentes días de curado, siendo el caso de estudio 7, 14 y 28 días de curado.
- Se debe de medir las dimensione de diámetro y altura con el vernier.
- Se procede a colocar la muestra cilíndrica de concreto en la maquina a compresión, se debe de colocar de manera correcta.
- Luego de ello se le aplica una carga constante con la maquina a compresión, la cual debe de mantener un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s.
- Posteriormente se realiza la memoria de cálculo, el esfuerzo a compresión se debe de calcular teniendo en cuenta las dimensiones de la probeta antes medidas.

Luego de todo el proceso se procede a hacer la memoria de cálculo, usando la siguiente formula:

$$C = \frac{P}{A}$$

Ecuación 20 Resistencia a compresión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Dónde:

C: Resistencia a la compresión (kg/cm²).

P: Esfuerzo a la compresión (kg).

A: Área de la sección transversal (cm²).

Se obtuvieron los siguientes resultados al ensayar 240 probetas a compresión, para los diferentes tipos de diseños planteados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	210 kg/cm²	7 dias	0%	10.00	10.05	10.03	78.93	15800	200.17	199.96	2.00	1.00%
				10.06	10.10	10.08	79.80	15982	200.27			
				10.05	10.10	10.08	79.72	16113	202.11			
				10.10	10.15	10.13	80.52	15883	197.27			
	210 kg/cm²		10%	10.00	10.00	10.00	78.54	16711	212.77	212.68	2.31	1.09%
				10.04	10.00	10.02	78.85	17026	215.92			
				10.00	10.10	10.05	79.33	16746	211.10			
				10.05	10.00	10.03	78.93	16649	210.93			
	210 kg/cm²		20%	10.00	10.06	10.03	79.01	17451	220.87	219.97	1.35	0.61%
				10.05	10.10	10.08	79.72	17436	218.71			
				10.10	10.15	10.13	80.52	17626	218.91			
				10.00	10.00	10.00	78.54	17386	221.37			
	210 kg/cm²		30%	10.10	10.15	10.13	80.52	19833	246.32	246.47	3.41	1.38%
				10.12	10.15	10.14	80.67	19636	243.40			
				10.10	10.15	10.13	80.52	19717	244.88			
				10.10	10.15	10.13	80.52	20230	251.26			
	210 kg/cm²		40%	10.00	10.00	10.00	78.54	18612	236.98	233.16	4.04	1.73%
				10.15	10.10	10.13	80.52	18490	229.64			
				10.10	10.15	10.13	80.52	18494	229.69			
				10.00	10.10	10.05	79.33	18747	236.33			

Tabla 65 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	280 kg/cm²	7 dias	0%	10.15	10.10	10.13	80.52	22506	279.52	275.50	2.90	1.05%
				10.15	10.05	10.10	80.12	22086	275.67			
				10.15	10.05	10.10	80.12	21930	273.72			
				10.10	10.15	10.13	80.52	21986	273.07			
	280 kg/cm²		10%	10.00	10.00	10.00	78.54	24082	306.62	301.55	4.00	1.33%
				10.15	10.10	10.13	80.52	24065	298.89			
				10.00	10.02	10.01	78.70	23832	302.83			
				10.05	10.05	10.05	79.33	23628	297.86			
	280 kg/cm²		20%	10.04	10.10	10.07	79.64	24233	304.27	306.65	2.64	0.86%
				10.05	10.10	10.08	79.72	24438	306.54			
				10.10	10.00	10.05	79.33	24229	305.43			
				10.05	10.00	10.03	78.93	24497	310.35			
	280 kg/cm²		30%	10.05	10.08	10.07	79.56	25066	315.04	320.80	4.89	1.52%
				10.05	10.00	10.03	78.93	25640	324.83			
				10.05	10.10	10.08	79.72	25386	318.43			
				10.00	10.00	10.00	78.54	25516	324.88			
	280 kg/cm²		40%	10.00	10.10	10.05	79.33	24942	314.42	311.92	2.30	0.74%
				10.00	10.10	10.05	79.33	24533	309.26			
				10.05	10.00	10.03	78.93	24715	313.11			
				10.05	10.00	10.03	78.93	24538	310.87			

Tabla 66 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	210 kg/cm²	14 dias	0%	10.10	10.10	10.10	80.12	19654	245.31	246.97	4.48	1.81%
				10.15	10.10	10.13	80.52	19747	245.26			
				10.10	10.15	10.13	80.52	19623	243.72			
				10.00	10.00	10.00	78.54	19918	253.60			
	210 kg/cm²		10%	10.05	10.00	10.03	78.93	20816	263.72	260.42	3.22	1.24%
				10.00	10.10	10.05	79.33	20488	258.27			
				10.15	10.05	10.10	80.12	20599	257.11			
				10.00	10.00	10.00	78.54	20624	262.59			
	210 kg/cm²		20%	10.10	10.10	10.10	80.12	21251	265.24	267.33	2.03	0.76%
				10.05	10.05	10.05	79.33	21360	269.26			
				10.00	10.10	10.05	79.33	21329	268.87			
				10.10	10.15	10.13	80.52	21412	265.94			
	210 kg/cm²		30%	10.05	10.00	10.03	78.93	23000	291.39	294.88	6.47	2.19%
				10.10	10.15	10.13	80.52	23153	287.56			
				10.00	10.05	10.03	78.93	23635	299.43			
				10.03	10.08	10.06	79.41	23912	301.14			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.00	10.03	78.93	21598	273.62	276.32	3.77	1.36%
				10.10	10.10	10.10	80.12	22580	281.83			
				10.00	10.05	10.03	78.93	21754	275.60			
				10.08	10.10	10.09	79.96	21927	274.22			

Tabla 67 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	280 kg/cm²	14 dias	0%	10.10	10.15	10.13	80.52	26003	322.96	323.03	4.78	1.48%
				10.15	10.10	10.13	80.52	26105	324.22			
				10.10	10.05	10.08	79.72	26167	328.23			
				10.08	10.50	10.29	83.16	26338	316.71			
	280 kg/cm²		10%	10.00	10.05	10.03	78.93	26921	341.06	342.55	5.06	1.48%
				10.10	10.15	10.13	80.52	27145	337.14			
				10.00	10.00	10.00	78.54	27432	349.28			
				10.05	10.15	10.10	80.12	27458	342.72			
	280 kg/cm²		20%	10.08	10.04	10.06	79.49	28134	353.95	350.48	4.88	1.39%
				10.10	10.00	10.05	79.33	27963	352.50			
				10.15	10.05	10.10	80.12	27501	343.25			
				10.00	10.10	10.05	79.33	27940	352.21			
	280 kg/cm²		30%	10.10	10.15	10.13	80.52	29495	366.33	380.98	9.90	2.60%
				10.00	10.05	10.03	78.93	30298	383.84			
				10.00	10.00	10.00	78.54	30451	387.71			
				10.00	10.10	10.05	79.33	30624	386.05			
	280 kg/cm²		40%	10.15	10.15	10.15	80.91	28642	353.98	358.67	3.83	1.07%
				10.00	10.10	10.05	79.33	28810	363.18			
				10.10	10.15	10.13	80.52	28810	357.82			
				10.00	10.10	10.05	79.33	28534	359.70			

Tabla 68 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	210 kg/cm²	28 dias	0%	10.05	10.00	10.03	78.93	23175	293.60	291.40	3.21	1.10%
				10.15	10.10	10.13	80.52	23095	286.84			
				10.15	10.10	10.13	80.52	23466	291.45			
				10.00	10.10	10.05	79.33	23299	293.71			
	210 kg/cm²		10%	10.10	10.15	10.13	80.52	24799	308.00	315.89	7.69	2.44%
				10.00	10.00	10.00	78.54	25263	321.66			
				10.00	10.05	10.03	78.93	25516	323.26			
				10.08	10.05	10.07	79.56	24715	310.63			
	210 kg/cm²		20%	10.07	10.10	10.09	79.88	26105	326.80	333.20	5.49	1.65%
				10.07	10.00	10.04	79.09	26167	330.85			
				10.10	10.05	10.08	79.72	26779	335.90			
				10.05	10.00	10.03	78.93	26779	339.26			
	210 kg/cm²		30%	10.10	10.15	10.13	80.52	28134	349.42	353.52	2.95	0.83%
				10.08	10.10	10.09	79.96	28253	353.34			
				10.15	10.15	10.15	80.91	28753	355.35			
				10.10	10.05	10.08	79.72	28377	355.95			
	210 kg/cm²		40%	10.12	10.15	10.14	80.67	27165	336.72	344.96	7.46	2.16%
				10.15	10.10	10.13	80.52	27536	342.00			
				10.14	10.10	10.12	80.44	27900	346.86			
				10.05	10.00	10.03	78.93	27963	354.26			

Tabla 69 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	280 kg/cm²	28 dias	0%	10.03	10.08	10.06	79.41	28377	357.37	358.91	8.14	2.27%
				10.15	10.10	10.13	80.52	28088	348.85			
				10.10	10.14	10.12	80.44	29034	360.96			
				10.00	10.02	10.01	78.70	28995	368.44			
	280 kg/cm²		10%	10.15	10.10	10.13	80.52	30578	379.78	386.35	4.98	1.29%
				10.00	10.00	10.00	78.54	30768	391.75			
				10.00	10.10	10.05	79.33	30624	386.05			
				10.05	10.05	10.05	79.33	30764	387.81			
	280 kg/cm²		20%	10.05	10.10	10.08	79.72	33498	420.18	410.47	9.02	2.20%
				10.10	10.08	10.09	79.96	32861	410.97			
				10.10	10.05	10.08	79.72	32873	412.34			
				10.05	10.08	10.07	79.56	31697	398.38			
	280 kg/cm²		30%	10.15	10.10	10.13	80.52	36076	448.06	449.03	3.58	0.80%
				10.10	10.15	10.13	80.52	35990	446.99			
				10.07	10.10	10.09	79.88	35687	446.75			
				10.08	10.10	10.09	79.96	36328	454.33			
	280 kg/cm²		40%	10.05	10.05	10.05	79.33	34013	428.77	432.13	11.49	2.66%
				10.00	10.00	10.00	78.54	33783	430.14			
				10.05	10.10	10.08	79.72	33585	421.27			
				10.00	10.05	10.03	78.93	35390	448.35			

Tabla 70 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	210 kg/cm²	7 dias	0%	10.05	10.15	10.10	80.12	21067	262.95	260.22	2.37	0.91%
				10.10	10.20	10.15	80.91	21127	261.11			
				10.00	10.05	10.03	78.93	20477	259.42			
				10.20	10.15	10.18	81.31	20930	257.40			
	210 kg/cm²		10%	10.05	10.00	10.03	78.93	25249	319.88	326.19	6.93	2.12%
				10.10	10.15	10.13	80.52	26267	326.23			
				10.00	10.00	10.00	78.54	26375	335.82			
				10.10	10.15	10.13	80.52	25992	322.82			
	210 kg/cm²		20%	10.00	10.15	10.08	79.72	26989	338.54	339.33	4.14	1.22%
				10.10	10.10	10.10	80.12	27053	337.66			
				10.15	10.05	10.10	80.12	26904	335.80			
				10.00	10.10	10.05	79.33	27392	345.30			
	210 kg/cm²		30%	10.05	10.01	10.03	79.01	30996	392.30	392.49	1.96	0.50%
				10.05	10.00	10.03	78.93	30768	389.80			
				10.05	10.10	10.08	79.72	31425	394.18			
				10.15	10.10	10.13	80.52	31697	393.68			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.10	10.08	79.72	28792	361.15	369.19	7.94	2.15%
				10.15	10.10	10.13	80.52	29527	366.72			
				10.05	10.05	10.05	79.33	30149	380.06			
				10.00	10.10	10.05	79.33	29258	368.83			

Tabla 71 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	280 kg/cm²	7 dias	0%	10.00	10.05	10.03	78.93	27378	346.85	342.78	16.53	4.82%
				10.10	10.00	10.05	79.33	26993	340.27			
				10.10	10.05	10.08	79.72	28855	361.94			
				10.15	10.15	10.15	80.91	26059	322.06			
	280 kg/cm²		10%	10.05	10.00	10.03	78.93	29708	376.37	380.40	6.29	1.65%
				10.10	10.00	10.05	79.33	30498	384.46			
				10.00	10.02	10.01	78.70	30451	386.94			
				10.10	10.10	10.10	80.12	29951	373.83			
	280 kg/cm²		20%	10.05	10.10	10.08	79.72	32012	401.54	392.95	6.67	1.70%
				10.00	10.10	10.05	79.33	31092	391.95			
				10.15	10.10	10.13	80.52	31023	385.30			
				10.00	10.10	10.05	79.33	31177	393.02			
	280 kg/cm²		30%	10.05	10.00	10.03	78.93	37342	473.08	468.56	8.28	1.77%
				10.05	10.05	10.05	79.33	37606	474.06			
				10.05	10.10	10.08	79.72	37533	470.80			
				10.15	10.15	10.15	80.91	36922	456.31			
	280 kg/cm²		40%	10.05	10.10	10.08	79.72	35717	448.02	455.97	11.43	2.51%
				10.05	10.15	10.10	80.12	36064	450.13			
				10.05	10.00	10.03	78.93	37324	472.86			
				10.05	10.10	10.08	79.72	36104	452.87			

Tabla 72 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	210 kg/cm²	14 dias	0%	10.00	10.15	10.08	79.72	24329	305.17	305.29	3.38	1.11%
				10.10	10.05	10.08	79.72	24264	304.36			
				10.10	10.15	10.13	80.52	24296.5	301.76			
				10.05	10.15	10.10	80.12	24826	309.87			
	210 kg/cm²		10%	10.10	10.00	10.05	79.33	28088	354.08	352.55	4.57	1.30%
				10.00	10.10	10.05	79.33	27427	345.75			
				10.02	10.00	10.01	78.70	27980	355.54			
				10.05	10.10	10.08	79.72	28286	354.81			
	210 kg/cm²		20%	10.15	10.15	10.15	80.91	29443	363.88	366.77	4.36	1.19%
				10.10	10.00	10.05	79.33	29494	371.80			
				10.15	10.10	10.13	80.52	29183	362.45			
				10.05	10.10	10.08	79.72	29414	368.96			
	210 kg/cm²		30%	10.05	10.10	10.08	79.72	33300	417.70	439.39	15.53	3.54%
				10.00	10.10	10.05	79.33	35487	447.35			
				10.15	10.10	10.13	80.52	35372	439.32			
				10.04	10.00	10.02	78.85	35735	453.18			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.10	10.08	79.72	30941	388.11	384.71	7.59	1.97%
				10.15	10.10	10.13	80.52	30403	377.60			
				10.10	10.15	10.13	80.52	30544	379.36			
				10.00	10.10	10.05	79.33	31236	393.76			

Tabla 73 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	280 kg/cm²	14 dias	0%	10.15	10.05	10.10	80.12	31423	392.21	400.16	12.97	3.24%
				10.00	10.00	10.00	78.54	32262	410.77			
				10.10	10.05	10.08	79.72	30778	386.06			
				10.00	10.05	10.03	78.93	32487	411.58			
	280 kg/cm²		10%	10.10	10.00	10.05	79.33	32256	406.62	409.14	6.37	1.56%
				10.15	10.10	10.13	80.52	32579	404.63			
				10.05	10.00	10.03	78.93	32103	406.71			
				10.15	10.10	10.13	80.52	33702	418.58			
	280 kg/cm²		20%	10.05	10.05	10.05	79.33	34534	435.34	443.02	14.45	3.26%
				10.05	10.10	10.08	79.72	35204	441.58			
				10.00	10.10	10.05	79.33	36788	463.75			
				10.00	10.00	10.00	78.54	33881	431.39			
	280 kg/cm²		30%	10.05	10.15	10.10	80.12	38976	486.48	490.58	4.22	0.86%
				10.00	10.05	10.03	78.93	39183	496.41			
				10.05	10.00	10.03	78.93	38598	489.00			
				10.15	10.00	10.08	79.72	39098	490.43			
	280 kg/cm²		40%	10.10	10.15	10.13	80.52	36932	458.69	469.57	9.00	1.92%
				10.00	10.10	10.05	79.33	37611	474.13			
				10.15	10.00	10.08	79.72	38204	479.21			
				10.00	10.10	10.05	79.33	36987	466.26			

Tabla 74 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	210 kg/cm²	28 dias	0%	10.00	10.00	10.00	78.54	30578	389.33	388.72	6.53	1.68%
				10.10	10.15	10.13	80.52	30904	383.83			
				10.05	10.00	10.03	78.93	31395	397.74			
				10.05	10.15	10.10	80.12	30764	383.98			
	210 kg/cm²		10%	10.05	10.15	10.10	80.12	33040	412.39	415.22	3.22	0.78%
				10.10	10.00	10.05	79.33	32795	413.41			
				10.00	10.10	10.05	79.33	33291	419.67			
				10.10	10.05	10.08	79.72	33117	415.40			
	210 kg/cm²		20%	10.00	10.10	10.05	79.33	35794	451.22	443.46	7.72	1.74%
				10.10	10.00	10.05	79.33	34376	433.34			
				10.10	10.15	10.13	80.52	35594	442.08			
				10.05	10.15	10.10	80.12	35830	447.21			
	210 kg/cm²		30%	10.10	10.05	10.08	79.72	37267	467.46	485.86	19.07	3.92%
				10.06	10.10	10.08	79.80	40540	508.01			
				10.00	10.15	10.08	79.72	39483	495.26			
				10.10	10.05	10.08	79.72	37684	472.69			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.09	10.07	79.64	36289	455.64	453.53	4.56	1.01%
				10.15	10.15	10.15	80.91	36338	449.10			
				10.10	10.12	10.11	80.28	36840	458.91			
				10.05	10.10	10.08	79.72	35911	450.45			

Tabla 75 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	Area (cm²)	Fuerza (kg)	f´c (kg/cm²)	f´c (kg/cm²) Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	280 kg/cm²	28 dias	0%	10.02	10.10	10.06	79.49	37798	475.54	483.18	5.31	1.10%
				10.05	10.08	10.07	79.56	38479	483.62			
				10.15	10.12	10.14	80.67	39269	486.76			
				10.15	10.10	10.13	80.52	39196	486.81			
	280 kg/cm²		10%	10.05	10.00	10.03	78.93	39483	500.21	493.52	4.79	0.97%
				10.15	10.10	10.13	80.52	39366	488.92			
				10.15	10.10	10.13	80.52	39599	491.82			
				10.10	10.05	10.08	79.72	39313	493.12			
	280 kg/cm²		20%	10.15	10.10	10.13	80.52	40824	507.03	509.98	6.40	1.26%
				10.05	10.15	10.10	80.12	40936	510.94			
				10.15	10.10	10.13	80.52	40540	503.51			
				10.00	10.00	10.00	78.54	40718	518.44			
	280 kg/cm²		30%	10.05	10.00	10.03	78.93	42897	543.46	541.08	5.87	1.08%
				10.00	10.05	10.03	78.93	43235	547.74			
				10.15	10.10	10.13	80.52	43403	539.06			
				10.15	10.10	10.13	80.52	43000	534.06			
	280 kg/cm²		40%	10.05	10.00	10.03	78.93	40887	518.00	521.08	3.70	0.71%
				10.05	10.00	10.03	78.93	41376	524.19			
				10.10	10.00	10.05	79.33	41072	517.75			
				10.00	10.05	10.03	78.93	41390	524.37			

Tabla 76 Resistencia a la compresión del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.2.2. Ensayo de tracción por compresión diametral

Nos regimos según la norma NTP 339.084 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica y también en relación a la norma MTC E 724 Ensayo de tracción indirecta de cilindros estándares de concreto, este ensayo se realizó para cada muestra de concreto, se realizaron 240 roturas de probetas, teniendo 20 diseños distintos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Equipos y materiales usados:

- Máquina de ensayo (máquina para medir la resistencia a la compresión).
- Vernier.

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá las muestras de concreto con diferentes días de curado, siendo el caso de estudio 7, 14 y 28 días de curado.
- Se debe de medir las dimensiones de diámetro y altura con el vernier.
- Se procede a colocar la muestra cilíndrica de concreto en la maquina a tracción, se debe de colocar de manera correcta.
- Luego de ello se le aplica una carga constante con la maquina a tracción (se debe tener en cuenta que se debe de colocar un apoyo a lo largo de la placa inferior de la probeta, así como un segundo apoyo encima de la probeta para así evitar el contacto directo de la probeta con la máquina a tracción).
- Posteriormente se realiza la memoria de cálculo, el esfuerzo a tracción se debe de calcular teniendo en cuenta las dimensiones de la probeta antes medida.

Luego de todo el proceso se procede a hacer la memoria de cálculo, usando la siguiente formula:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$T = \frac{2P}{L * d * \pi}$$

Ecuación 21 Resistencia a tracción indirecta

Donde:

T = Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm²).

P = Carga máxima indicada por la máquina de ensayo (kg).

L = Longitud del cilindro (cm).

d = Diámetro del cilindro (cm).

Se obtuvieron los siguientes resultados al ensayar 240 probetas a tracción, para los diferentes tipos de diseños planteados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	210 kg/cm²	7 dias	0%	10.14	10.12	10.13	20.35	20.38	20.37	5404	16.68	16.78	0.51	3.06%
				10.05	10.00	10.03	20.45	20.37	20.41	5170	16.09			
				10.04	10.00	10.02	20.35	20.35	20.35	5490	17.14			
				10.15	10.12	10.14	20.40	20.40	20.40	5586	17.20			
	210 kg/cm²		10%	10.12	10.08	10.10	20.35	20.35	20.35	5661	17.53	17.86	0.88	4.92%
				10.05	10.10	10.08	20.45	20.36	20.41	5905	18.29			
				10.00	10.00	10.00	20.38	20.35	20.37	6018	18.81			
				10.05	10.07	10.06	20.40	20.40	20.40	5417	16.80			
	210 kg/cm²		20%	10.00	10.00	10.00	20.45	20.35	20.40	6018	18.78	19.82	1.15	5.80%
				10.05	10.07	10.06	20.35	20.30	20.33	6260	19.49			
				10.00	10.00	10.00	20.45	20.40	20.43	6885	21.46			
				10.05	10.08	10.07	20.48	20.45	20.47	6323	19.54			
	210 kg/cm²		30%	10.00	10.00	10.00	20.45	20.40	20.43	6844	21.33	21.15	0.87	4.12%
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.35	20.35	6995	21.77			
				10.06	10.04	10.05	20.45	20.40	20.43	6408	19.87			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.30	20.33	6904	21.62			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.05	10.05	20.45	20.40	20.43	6260	19.41	19.46	0.93	4.80%
				10.15	10.10	10.13	20.35	20.30	20.33	6413	19.84			
				10.10	10.15	10.13	20.45	20.35	20.40	5905	18.20			
				10.02	10.04	10.03	20.40	20.40	20.40	6557	20.40			

Tabla 77 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	280 kg/cm²	7 dias	0%	10.00	10.02	10.01	20.35	20.35	20.35	6704	20.95	20.39	1.24	6.07%
				10.00	10.00	10.00	20.45	20.40	20.43	6837	21.31			
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.30	20.33	6654	20.74			
				10.10	10.12	10.11	20.45	20.40	20.43	6022	18.57			
	280 kg/cm²		10%	10.12	10.15	10.14	20.35	20.35	20.35	7261	22.41	22.52	0.69	3.06%
				10.00	10.00	10.00	20.30	20.30	20.30	7267	22.79			
				10.05	10.10	10.08	20.40	20.45	20.43	7516	23.25			
				10.05	10.08	10.07	20.35	20.40	20.38	6965	21.62			
	280 kg/cm²		20%	10.10	10.12	10.11	20.45	20.40	20.43	8436	26.01	24.75	1.03	4.15%
				10.15	10.17	10.16	20.38	20.35	20.37	7829	24.09			
				10.10	10.12	10.11	20.37	20.35	20.36	8124	25.13			
				10.06	10.00	10.03	20.30	20.30	20.30	7595	23.75			
	280 kg/cm²		30%	10.00	10.05	10.03	20.35	20.39	20.37	8579	26.74	27.97	1.36	4.87%
				10.02	10.00	10.01	20.35	20.35	20.35	8635	26.99			
				10.15	10.10	10.13	20.45	20.40	20.43	9251	28.48			
				10.05	10.00	10.03	20.35	20.40	20.38	9512	29.65			
	280 kg/cm²		40%	10.00	10.10	10.05	20.45	20.40	20.43	7925	24.58	25.60	0.75	2.94%
				10.00	10.10	10.05	20.35	20.30	20.33	8326	25.95			
				10.10	10.05	10.08	20.35	20.38	20.37	8232	25.54			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.30	20.33	8406	26.33			

Tabla 78 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	210 kg/cm²	14 dias	0%	10.00	10.00	10.00	20.35	20.35	20.35	6022	18.84	20.24	1.10	5.41%
				10.05	10.00	10.03	20.35	20.45	20.40	6637	20.66			
				10.08	10.10	10.09	20.35	20.33	20.34	6455	20.02			
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.45	20.40	6902	21.43			
	210 kg/cm²		10%	10.07	10.09	10.08	20.35	20.30	20.33	6743	20.95	21.74	0.68	3.12%
				10.00	10.00	10.00	20.45	20.50	20.48	6929	21.54			
				10.05	10.00	10.03	20.33	20.37	20.35	7019	21.90			
				10.05	10.05	10.05	20.40	20.35	20.38	7261	22.57			
	210 kg/cm²		20%	10.05	10.15	10.10	20.35	20.45	20.40	7595	23.47	23.55	0.48	2.02%
				10.05	10.00	10.03	20.38	20.35	20.37	7761	24.20			
				10.10	10.15	10.13	20.50	20.47	20.49	7514	23.06			
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.35	20.35	7532	23.45			
	210 kg/cm²		30%	10.15	10.15	10.15	20.45	20.40	20.43	7913	24.30	25.73	1.15	4.48%
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.30	20.33	8452	26.34			
				10.15	10.12	10.14	20.45	20.35	20.40	8237	25.36			
				10.12	10.10	10.11	20.40	20.35	20.38	8714	26.93			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.00	10.03	20.35	20.34	20.35	7658	23.90	24.03	0.78	3.26%
				10.15	10.15	10.15	20.35	20.30	20.33	7913	24.42			
				10.10	10.12	10.11	20.45	20.30	20.38	8026	24.80			
				10.00	10.03	10.02	20.30	20.30	20.30	7341	22.99			

Tabla 79 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	280 kg/cm²	14 dias	0%	10.05	10.12	10.09	20.35	20.30	20.33	8326	25.86	24.98	1.32	5.27%
				10.05	10.00	10.03	20.30	20.30	20.30	8406	26.30			
				10.15	10.12	10.14	20.45	20.40	20.43	7645	23.51			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.30	20.33	7746	24.26			
	280 kg/cm²		10%	10.15	10.15	10.15	20.45	20.40	20.43	9087	27.90	27.53	0.84	3.07%
				10.11	10.00	10.06	20.35	20.30	20.33	9156	28.52			
				10.05	10.02	10.04	20.50	20.45	20.48	8598	26.64			
				10.00	10.00	10.00	20.30	20.35	20.33	8635	27.05			
	280 kg/cm²		20%	10.15	10.12	10.14	20.45	20.40	20.43	9621	29.59	30.34	0.91	3.00%
				10.15	10.10	10.13	20.45	20.42	20.44	9985	30.72			
				10.00	10.00	10.00	20.40	20.38	20.39	9481	29.60			
				10.15	10.12	10.14	20.45	20.40	20.43	10228	31.45			
	280 kg/cm²		30%	10.02	10.03	10.03	20.45	20.41	20.43	11138	34.62	33.48	0.83	2.49%
				10.02	10.05	10.04	20.30	20.28	20.29	10709	33.48			
				10.15	10.12	10.14	20.35	20.30	20.33	10567	32.66			
				10.12	10.11	10.12	20.35	20.31	20.33	10704	33.14			
	280 kg/cm²		40%	10.05	10.00	10.03	20.45	20.40	20.43	9985	31.04	31.58	0.42	1.34%
				10.15	10.15	10.15	20.35	20.30	20.33	10192	31.45			
				10.10	10.10	10.10	20.45	20.45	20.45	10341	31.87			
				10.00	10.05	10.03	20.40	20.37	20.39	10259	31.96			

Tabla 80 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	210 kg/cm²	28 dias	0%	10.12	10.13	10.13	20.35	20.45	20.40	7474	23.04	23.76	0.64	2.71%
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.38	20.37	7719	24.13			
				10.05	10.05	10.05	20.34	20.25	20.30	7829	24.44			
				10.05	10.10	10.08	20.25	20.30	20.28	7510	23.41			
	210 kg/cm²		10%	10.05	10.08	10.07	20.35	20.45	20.40	8124	25.19	25.65	0.95	3.69%
				10.05	10.07	10.06	20.40	20.41	20.41	8680	26.92			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.38	20.37	8237	25.75			
				10.00	10.05	10.03	20.45	20.40	20.43	7953	24.73			
	210 kg/cm²		20%	10.10	10.15	10.13	20.35	20.38	20.37	9179	28.34	28.22	0.83	2.96%
				10.00	10.03	10.02	20.34	20.40	20.37	8897	27.76			
				10.03	10.05	10.04	20.35	20.35	20.35	9417	29.34			
				10.00	10.10	10.05	20.30	20.30	20.30	8792	27.44			
	210 kg/cm²		30%	10.05	10.00	10.03	20.45	20.40	20.43	9969	30.99	31.92	0.69	2.15%
				10.00	10.10	10.05	20.35	20.38	20.37	10341	32.17			
				10.15	10.12	10.14	20.48	20.50	20.49	10410	31.91			
				10.00	10.00	10.00	20.36	20.42	20.39	10449	32.62			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.05	10.05	20.45	20.40	20.43	9320	28.90	30.09	1.17	3.90%
				10.15	10.15	10.15	20.35	20.30	20.33	9621	29.69			
				10.04	10.08	10.06	20.35	20.39	20.37	10200	31.69			
				10.15	10.15	10.15	20.40	20.35	20.38	9768	30.07			

Tabla 81 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Yura	280 kg/cm²	28 dias	0%	10.05	10.08	10.07	20.30	20.35	20.33	10689	33.26	33.26	0.42	1.25%
				10.04	10.00	10.02	20.45	20.36	20.41	10643	33.14			
				10.02	10.05	10.04	20.45	20.45	20.45	10575	32.81			
				10.00	10.00	10.00	20.40	20.40	20.40	10835	33.81			
	280 kg/cm²		10%	10.12	10.15	10.14	20.35	20.31	20.33	11138	34.41	35.00	0.51	1.46%
				10.05	10.00	10.03	20.45	20.40	20.43	11192	34.80			
				10.15	10.12	10.14	20.40	20.35	20.38	11406	35.16			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.30	20.33	11368	35.61			
	280 kg/cm²		20%	10.05	10.05	10.05	20.45	20.40	20.43	11805	36.61	36.59	0.65	1.79%
				10.03	10.05	10.04	20.40	20.35	20.38	11619	36.16			
				10.15	10.10	10.13	20.35	20.35	20.35	11675	36.07			
				10.10	10.15	10.13	20.45	20.45	20.45	12196	37.50			
	280 kg/cm²		30%	10.08	10.02	10.05	20.35	20.30	20.33	13156	41.00	41.00	0.95	2.31%
				10.05	10.00	10.03	20.35	20.40	20.38	12846	40.04			
				10.12	10.15	10.14	20.35	20.30	20.33	13156	40.66			
				10.05	10.00	10.03	20.45	20.40	20.43	13601	42.29			
	280 kg/cm²		40%	10.00	10.05	10.03	20.35	20.30	20.33	11860	37.06	38.41	1.20	3.13%
				10.10	10.15	10.13	20.35	20.30	20.33	12347	38.20			
				10.03	10.05	10.04	20.45	20.35	20.40	12347	38.38			
				10.10	10.03	10.07	20.35	20.30	20.33	12846	39.98			

Tabla 82 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	210 kg/cm²	7 dias	0%	10.10	10.14	10.12	20.30	20.35	20.33	8434	26.10	26.24	1.14	4.35%
				10.10	10.08	10.09	20.35	20.45	20.40	8706	26.93			
				10.10	10.12	10.11	20.50	20.45	20.48	8026	24.68			
				10.05	10.10	10.08	20.35	20.40	20.38	8781	27.23			
	210 kg/cm²		10%	10.15	10.10	10.13	20.35	20.35	20.35	9174	28.35	28.44	0.72	2.52%
				10.05	10.00	10.03	20.30	20.45	20.38	8861	27.62			
				10.03	10.00	10.02	20.35	20.50	20.43	9124	28.40			
				10.05	10.00	10.03	20.40	20.45	20.43	9445	29.37			
	210 kg/cm²		20%	10.05	10.10	10.08	20.35	20.45	20.40	10438	32.33	32.11	0.63	1.97%
				10.04	10.00	10.02	20.50	20.42	20.46	10036	31.17			
				10.05	10.00	10.03	20.50	20.50	20.50	10512	32.56			
				10.08	10.10	10.09	20.45	20.40	20.43	10477	32.36			
	210 kg/cm²		30%	10.04	10.00	10.02	20.45	20.45	20.45	12333	38.32	37.27	1.52	4.08%
				10.05	10.10	10.08	20.40	20.30	20.35	11461	35.59			
				10.05	10.08	10.07	20.35	20.38	20.36	12481	38.77			
				10.04	10.00	10.02	20.35	20.38	20.37	11665	36.39			
	210 kg/cm²		40%	10.00	10.00	10.00	20.40	20.45	20.43	9231	28.77	29.56	1.73	5.86%
				10.15	10.15	10.15	20.45	20.35	20.40	9635	29.62			
				10.10	10.15	10.13	20.35	20.45	20.40	10361	31.93			
				10.05	10.10	10.08	20.45	20.35	20.40	9006	27.90			

Tabla 83 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	280 kg/cm²	7 dias	0%	10.05	10.10	10.08	20.35	20.45	20.40	9197	28.49	29.08	1.39	4.78%
				10.04	10.08	10.06	20.48	20.50	20.49	8951	27.64			
				10.10	10.14	10.12	20.35	20.45	20.40	9491	29.27			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.45	20.40	9905	30.91			
	280 kg/cm²		10%	10.05	10.02	10.04	20.35	20.38	20.37	10100	31.46	32.33	1.12	3.48%
				10.05	10.00	10.03	20.45	20.48	20.47	10370	32.18			
				10.04	10.05	10.05	20.33	20.38	20.36	10190	31.73			
				10.00	10.00	10.00	20.45	20.50	20.48	10921	33.96			
	280 kg/cm²		20%	10.04	10.05	10.05	20.35	20.30	20.33	11582	36.11	36.31	2.14	5.89%
				10.00	10.00	10.00	20.30	20.35	20.33	11817	37.01			
				10.15	10.10	10.13	20.45	20.50	20.48	10908	33.50			
				10.10	10.00	10.05	20.35	20.30	20.33	12387	38.61			
	280 kg/cm²		30%	10.00	10.10	10.05	20.45	20.35	20.40	12748	39.58	41.28	2.45	5.93%
				10.05	10.10	10.08	20.40	20.35	20.38	14430	44.75			
				10.10	10.10	10.10	20.45	20.38	20.42	12805	39.54			
				10.00	10.00	10.00	20.40	20.37	20.39	13210	41.25			
	280 kg/cm²		40%	10.05	10.10	10.08	20.35	20.30	20.33	12246	38.07	37.64	1.14	3.03%
				10.05	10.10	10.08	20.30	20.32	20.31	12556	39.06			
				10.05	10.10	10.08	20.35	20.45	20.40	11845	36.69			
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.40	20.38	11817	36.74			

Tabla 84 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 7 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	210 kg/cm²	14 dias	0%	10.15	10.15	10.15	20.45	20.40	20.43	9182	28.20	28.43	0.46	1.61%
				10.10	10.15	10.13	20.35	20.30	20.33	9029	27.93			
				10.15	10.10	10.13	20.35	20.45	20.40	9400	28.97			
				10.15	10.10	10.13	20.50	20.40	20.45	9304	28.61			
	210 kg/cm²		10%	10.05	10.00	10.03	20.45	20.35	20.40	10113	31.48	30.99	0.58	1.87%
				10.00	10.05	10.03	20.42	20.38	20.40	10116	31.49			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.45	20.40	9745	30.41			
				10.10	10.15	10.13	20.45	20.35	20.40	9915	30.56			
	210 kg/cm²		20%	10.10	10.15	10.13	20.40	20.38	20.39	11048	34.07	34.37	0.27	0.79%
				10.00	10.05	10.03	20.45	20.35	20.40	11096	34.54			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.30	20.33	11063	34.65			
				10.05	10.05	10.05	20.30	20.30	20.30	10962	34.21			
	210 kg/cm²		30%	10.10	10.05	10.08	20.35	20.45	20.40	12751	39.50	39.74	0.39	0.99%
				10.00	10.00	10.00	20.38	20.38	20.38	12647	39.51			
				10.15	10.10	10.13	20.45	20.35	20.40	12855	39.62			
				10.04	10.00	10.02	20.40	20.30	20.35	12914	40.32			
	210 kg/cm²		40%	10.10	10.05	10.08	20.35	20.38	20.37	10873	33.74	35.36	1.22	3.46%
				10.10	10.05	10.08	20.30	20.40	20.35	11428	35.48			
				10.05	10.10	10.08	20.35	20.38	20.37	11437	35.49			
				10.10	10.10	10.10	20.30	20.45	20.38	11867	36.71			

Tabla 85 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	280 kg/cm²	14 dias	0%	10.15	10.10	10.13	20.30	20.35	20.33	10329	31.95	31.79	1.00	3.15%
				10.00	10.05	10.03	20.45	20.35	20.40	9796	30.49			
				10.00	10.00	10.00	20.35	20.30	20.33	10146	31.78			
				10.00	10.00	10.00	20.45	20.40	20.43	10566	32.93			
	280 kg/cm²		10%	10.03	10.05	10.04	20.40	20.40	20.40	11210	34.84	33.87	0.73	2.15%
				10.02	10.05	10.04	20.30	20.35	20.33	10625	33.16			
				10.01	10.00	10.01	20.35	20.45	20.40	10892	33.97			
				10.05	10.10	10.08	20.50	20.40	20.45	10844	33.51			
	280 kg/cm²		20%	10.10	10.05	10.08	20.45	20.35	20.40	11273	34.92	36.27	1.26	3.47%
				10.03	10.12	10.08	20.50	20.45	20.48	11517	35.54			
				10.05	10.00	10.03	20.35	20.30	20.33	12047	37.64			
				10.05	10.05	10.05	20.40	20.35	20.38	11899	36.99			
	280 kg/cm²		30%	10.00	10.00	10.00	20.42	20.38	20.40	12662	39.51	41.60	1.42	3.41%
				10.05	10.00	10.03	20.40	20.35	20.38	13683	42.65			
				10.10	10.03	10.07	20.35	20.30	20.33	13555	42.18			
				10.05	10.00	10.03	20.30	20.45	20.38	13499	42.07			
	280 kg/cm²		40%	10.05	10.06	10.06	20.40	20.35	20.38	10469	32.53	35.48	2.09	5.88%
				10.15	10.09	10.12	20.30	20.30	20.30	12069	37.40			
				10.10	10.12	10.11	20.40	20.40	20.40	11741	36.24			
				10.05	10.11	10.08	20.35	20.35	20.35	11521	35.76			

Tabla 86 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 14 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	210 kg/cm²	28 dias	0%	10.05	10.09	10.07	20.40	20.40	20.40	9686	30.02	29.83	1.09	3.65%
				10.15	10.12	10.14	20.35	20.30	20.33	9665	29.87			
				10.15	10.14	10.15	20.35	20.35	20.35	9208	28.39			
				10.05	10.07	10.06	20.35	20.38	20.37	9986	31.03			
	210 kg/cm²		10%	10.00	10.00	10.00	20.36	20.40	20.38	10555	32.97	32.50	0.52	1.61%
				10.08	10.10	10.09	20.30	20.32	20.31	10264	31.89			
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.40	20.38	10583	32.90			
				10.00	10.05	10.03	20.35	20.35	20.35	10327	32.23			
	210 kg/cm²		20%	10.12	10.17	10.15	20.45	20.40	20.43	10458	32.13	33.48	1.45	4.32%
				10.15	10.12	10.14	20.45	20.40	20.43	10691	32.88			
				10.14	10.10	10.12	20.35	20.30	20.33	10794	33.41			
				10.05	10.09	10.07	20.20	20.20	20.20	11342	35.50			
	210 kg/cm²		30%	10.07	10.05	10.06	20.40	20.35	20.38	13303	41.32	41.36	0.78	1.88%
				10.05	10.00	10.03	20.30	20.35	20.33	12976	40.54			
				10.15	10.10	10.13	20.40	20.35	20.38	13742	42.41			
				10.04	10.00	10.02	20.35	20.35	20.35	13184	41.16			
	210 kg/cm²		40%	10.05	10.06	10.06	20.36	20.45	20.41	12366	38.37	38.20	1.73	4.53%
				10.01	10.00	10.01	20.45	20.38	20.42	11864	36.98			
				10.08	10.15	10.12	20.45	20.48	20.47	11985	36.86			
				10.00	10.00	10.00	20.40	20.40	20.40	13005	40.58			

Tabla 87 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

Cemento	Resistencia de diseño (kg/cm²)	Dias de curado	% de escoria	D1 (cm)	D2 (cm)	D promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H promedio (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm²)	Tracción Promedio f´c (kg/cm²)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Wari	280 kg/cm²	28 dias	0%	10.15	10.12	10.14	20.40	20.35	20.38	11192	34.50	34.79	0.53	1.51%
				10.00	10.05	10.03	20.45	20.50	20.48	11237	34.85			
				10.00	10.00	10.00	20.50	20.50	20.50	11045	34.30			
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.35	20.35	11406	35.50			
	280 kg/cm²		10%	10.00	10.03	10.02	20.37	20.38	20.38	11586	36.15	35.85	0.42	1.16%
				10.00	10.08	10.04	20.45	20.45	20.45	11368	35.25			
				10.15	10.10	10.13	20.35	20.38	20.37	11619	35.87			
				10.10	10.08	10.09	20.40	20.40	20.40	11675	36.11			
	280 kg/cm²		20%	10.12	10.10	10.11	20.45	20.50	20.48	11860	36.47	37.38	1.36	3.63%
				10.00	10.00	10.00	20.50	20.45	20.48	11662	36.26			
				10.05	10.05	10.05	20.35	20.40	20.38	12080	37.56			
				10.05	10.07	10.06	20.35	20.30	20.33	12601	39.23			
	280 kg/cm²		30%	10.05	10.00	10.03	20.40	20.35	20.38	15391	47.97	48.39	2.29	4.73%
				10.00	10.10	10.05	20.35	20.35	20.35	16556	51.54			
				10.12	10.15	10.14	20.45	20.40	20.43	14974	46.05			
				10.08	10.00	10.04	20.35	20.35	20.35	15403	47.99			
	280 kg/cm²		40%	10.05	10.00	10.03	20.45	20.35	20.40	13032	40.57	40.49	1.43	3.52%
				10.04	10.00	10.02	20.35	20.38	20.37	13472	42.03			
				10.15	10.15	10.15	20.47	20.50	20.49	12599	38.58			
				10.12	10.00	10.06	20.30	20.35	20.33	13090	40.76			

Tabla 88 Resistencia a la tracción del concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=280 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.2.3. Ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas

Nos regimos según la norma NTP 339.078 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo y también en relación a la norma MTC E 709 Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, este ensayo se realizó para cada muestra de concreto, se realizaron 36 roturas de vigas, teniendo 10 diseños distintos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016).

Se realizó el ensayo para los valores de 0%,20% y 40% de reemplazo los diseños 210 kg/cm² y 280 kg/cm², para ambos tipos de cemento (Yura IP y Wari IP).

Equipos y materiales usados:

- Máquina de ensayo (máquina para medir la resistencia a la compresión).
- Vernier.

PROCEDIMIENTO

- Se obtendrá las muestras de concreto siendo el caso de estudio 28 días de curado.
- Se debe de medir las dimensiones de diámetro y altura con una precisión de 0.05” (1.3mm)
- Se procede a colocar la muestra prismática de concreto en la maquina a flexión, se debe de colocar de manera correcta, respetando los 2/3 de distancia la cual nos indica la norma.
- Luego de ello se le aplica una carga constante con la maquina a flexión, la carga se debe aplicar de manera continua sin sobresaltos, a un ratio que incremente constantemente el esfuerzo de la fibra extrema entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta que ocurra la rotura
- Posteriormente se realiza la memoria de cálculo, el esfuerzo a flexión se debe de calcular teniendo en cuenta las dimensiones de la viga antes medida.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Luego de todo el proceso se procede a hacer la memoria de cálculo, usando la siguiente formula:

Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P * l}{b * d^2}$$

Ecuación 22 Resistencia a la flexión en vigas

Donde:

R = Módulo de rotura kPa (psi),
P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo N(lbf),
l = Longitud libre entre apoyos mm, (pulg),
b = Ancho promedio de la muestra mm, (pulg),
d = Altura promedio de la muestra mm, (pulg), incluyendo el espesor refrendado, si corresponde.

Se obtuvieron los siguientes resultados al ensayar 36 vigas prismáticas a flexión, para los diferentes tipos de diseños planteados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

ENSAYO - FLEXION EN VIGAS												
Cemento	f`c (kg/cm²)	% Escoria de cobre	Tiempo de curado	Longitud (cm)	L (cm)	b (cm)	d (cm)	Carga (kg)	Modulo de rotura (kg/cm²)	Modulo de rotura (kg/cm²) Promedio	Modulo de rotura (Mpa)	Modulo de rotura (Mpa) Promedio
Yura	210	0%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2041.00	36.00	36.67	3.53	3.60
Yura	210	0%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2105.00	37.00		3.63	
Yura	210	0%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2068.00	37.00		3.63	
Yura	210	20%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2381.00	42.00	42.00	4.12	4.12
Yura	210	20%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2379.00	42.00		4.12	
Yura	210	20%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2384.00	42.00		4.12	
Yura	210	40%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2336.00	42.00	41.67	4.12	4.09
Yura	210	40%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2330.00	41.00		4.02	
Yura	210	40%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2341.00	42.00		4.12	

ENSAYO - FLEXION EN VIGAS												
Cemento	f`c (kg/cm²)	% Escoria de cobre	Tiempo de curado	Longitud (cm)	L (cm)	b (cm)	d (cm)	Carga (kg)	Modulo de rotura (kg/cm²)	Modulo de rotura (kg/cm²) Promedio	Modulo de rotura (Mpa)	Modulo de rotura (Mpa) Promedio
Yura	280	0%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2245.00	40.00	40.00	3.92	3.92
Yura	280	0%	28 dias	69.50	60.00	14.95	15.00	2248.00	40.00		3.92	
Yura	280	0%	28 dias	69.80	60.00	15.00	14.98	2240.00	40.00		3.92	
Yura	280	20%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2495.00	44.00	44.00	4.31	4.31
Yura	280	20%	28 dias	70.30	60.00	14.98	15.00	2490.00	44.00		4.31	
Yura	280	20%	28 dias	69.90	60.00	14.96	14.98	2489.00	44.00		4.31	
Yura	280	40%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.00	2472.00	44.00	44.00	4.31	4.31
Yura	280	40%	28 dias	70.20	60.00	14.96	15.00	2470.00	44.00		4.31	
Yura	280	40%	28 dias	69.80	60.00	15.00	14.98	2469.00	44.00		4.31	

Tabla 89 Resistencia a la flexión en vigas de concreto usando cemento Yura IP para una resistencia de f´c=210 y 280 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

ENSAYO - FLEXION EN VIGAS												
Cemento	f`c (kg/cm²)	% Escoria de cobre	Tiempo de curado	Longitud (cm)	L (cm)	b (cm)	d (cm)	Carga (kg)	Modulo de rotura (kg/cm²)	Modulo de rotura (kg/cm²) Promedio	Modulo de rotura (Mpa)	Modulo de rotura (Mpa) Promedio
Wari	210	0%	28 dias	68.90	60.00	15.00	15.00	1837.00	33.00	33.00	3.24	3.24
Wari	210	0%	28 dias	70.00	60.00	15.00	14.98	1850.00	33.00		3.24	
Wari	210	0%	28 dias	70.20	60.00	14.95	14.98	1855.00	33.00		3.24	
Wari	210	20%	28 dias	69.70	60.00	15.00	14.95	2155.00	39.00	38.67	3.82	3.79
Wari	210	20%	28 dias	69.80	60.00	14.98	15.00	2162.00	38.00		3.73	
Wari	210	20%	28 dias	69.90	60.00	14.95	14.95	2159.00	39.00		3.82	
Wari	210	40%	28 dias	69.80	60.00	14.95	15.00	2018.00	36.00	36.00	3.53	3.53
Wari	210	40%	28 dias	70.10	60.00	15.00	15.01	2025.00	36.00		3.53	
Wari	210	40%	28 dias	69.89	60.00	15.00	14.98	2022.00	36.00		3.53	

ENSAYO - FLEXION EN VIGAS												
Cemento	f`c (kg/cm²)	% Escoria de cobre	Tiempo de curado	Longitud (cm)	L (cm)	b (cm)	d (cm)	Carga (kg)	Modulo de rotura (kg/cm²)	Modulo de rotura (kg/cm²) Promedio	Modulo de rotura (Mpa)	Modulo de rotura (Mpa) Promedio
Wari	280	0%	28 dias	69.60	60.00	15.00	14.95	1950.00	35.00	35.00	3.43	3.43
Wari	280	0%	28 dias	70.10	60.00	14.98	14.97	1960.00	35.00		3.43	
Wari	280	0%	28 dias	70.00	60.00	15.00	15.02	1955.00	35.00		3.43	
Wari	280	20%	28 dias	69.90	60.00	15.00	15.01	2490.00	44.00	44.33	4.31	4.35
Wari	280	20%	28 dias	69.80	60.00	14.95	14.98	2492.00	45.00		4.41	
Wari	280	20%	28 dias	70.10	60.00	15.00	15.00	2487.00	44.00		4.31	
Wari	280	40%	28 dias	69.80	60.00	15.00	14.95	2200.00	39.00	39.00	3.82	3.82
Wari	280	40%	28 dias	69.90	60.00	15.00	15.02	2205.00	39.00		3.82	
Wari	280	40%	28 dias	70.00	60.00	14.98	14.95	2198.00	39.00		3.82	

Tabla 90 Resistencia a la flexión en vigas de concreto usando cemento Wari IP para una resistencia de f´c=210 y 280 kg/cm² con 28 días de curado (Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.2.4. Ensayo para determinar la resistencia al desgaste por abrasión

En este ensayo se trata de obtener comportamientos de las muestras respecto a la resistencia que estas poseen a la abrasión, para dicho ensayo se usara la máquina de los Ángeles para medir el desgaste que poseen los cubos de concreto (Carpio Fernández, 2017).

PROCEDIMIENTO

- Se vaciarán cubos de 5cm x 5cm de lado, con cada diseño planteado (20 diseños).
- Se obtendrá las muestras de concreto siendo el caso de estudio 28 días de curado.
- Se procede a secar los cubos en el horno a una temperatura constante de 40°C.
- Se debe de anotar el peso inicial de la muestra (9 cubos por diseño)
- Se colocará la muestra (9 cubos de concreto) en la máquina de Abrasión de los Ángeles y se harán rotarlas por 1000 revoluciones.
- Luego de ello se procederá a tamizarlas por el tamiz #12 y se pesará el material retenido.
- Posteriormente se realiza la memoria de cálculo.

Luego de todo el proceso se procede a hacer la memoria de cálculo, usando la siguiente formula:

$$\%\, Desgaste = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

Ecuación 23 Resistencia al desgaste por abrasión

Dónde:

Pi: Peso inicial (kg).

Pf: Peso final (Kg).

Se obtuvieron los siguientes resultados al ensayar 180 cubos de concreto, para los diferentes tipos de diseños planteados siendo 20 en total.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESISTENCIA A LA ABRASION						
Cemento	Dias de curado	Código	Peso Inicial (g)	Peso Retenido Malla #12 (g)	Δ Peso (g)	% de Abrasion
Yura	28	C210-Y-IP- 0%E.C.	2855.00	1666.50	1188.50	41.63%
Yura	28	C210-Y-IP- 10%E.C.	2872.40	1680.00	1192.40	41.51%
Yura	28	C210-Y-IP- 20%E.C.	2889.50	1750.20	1139.30	39.43%
Yura	28	C210-Y-IP- 30%E.C.	2914.80	1780.96	1133.84	38.90%
Yura	28	C210-Y-IP- 40%E.C.	2928.80	1840.00	1088.80	37.18%
Yura	28	C280-Y-IP- 0%E.C.	2875.00	1800.57	1074.43	37.37%
Yura	28	C280-Y-IP- 10%E.C.	2885.00	1790.00	1095.00	37.95%
Yura	28	C280-Y-IP- 20%E.C.	2906.20	1825.20	1081.00	37.20%
Yura	28	C280-Y-IP- 30%E.C.	2921.10	1842.10	1079.00	36.94%
Yura	28	C280-Y-IP- 40%E.C.	2945.30	1900.00	1045.30	35.49%

RESISTENCIA A LA ABRASION						
Cemento	Dias de curado	Código	Peso Inicial (g)	Peso Retenido Malla #12 (g)	Δ Peso (g)	% de Abrasion
Wari	28	C210-W-IP- 0%E.C.	2865.00	1712.20	1152.80	40.24%
Wari	28	C210-W-IP- 10%E.C.	2884.50	1750.50	1134.00	39.31%
Wari	28	C210-W-IP- 20%E.C.	2901.50	1820.30	1081.20	37.26%
Wari	28	C210-W-IP- 30%E.C.	2925.30	1826.70	1098.60	37.56%
Wari	28	C210-W-IP- 40%E.C.	2938.40	1890.65	1047.75	35.66%
Wari	28	C280-W-IP- 0%E.C.	2886.00	1795.60	1090.40	37.78%
Wari	28	C280-W-IP- 10%E.C.	2896.50	1807.40	1089.10	37.60%
Wari	28	C280-W-IP- 20%E.C.	2914.20	1839.00	1075.20	36.90%
Wari	28	C280-W-IP- 30%E.C.	2932.10	1875.20	1056.90	36.05%
Wari	28	C280-W-IP- 40%E.C.	2956.90	1895.40	1061.50	35.90%

Tabla 91 Resistencia al desgate por abrasión del concreto usando cemento Wari IP y Yura IP para una resistencia de f´c=210 y 280 kg/cm² con 28 días de curado
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO VI

6. ANALISIS Y RESULTADOS

6.1. Propiedades de los agregados

6.1.1. Granulometría

Agregado Fino

En este caso se puede ver que el agregado fino de la cantera La Poderosa (Supermix S.A.) tiene características óptimas para la elaboración del concreto ya que los limites según la ASTM C-33 son respetados, además se puede observar que el agregado fino tiene buena composición ya que los tres (03) ensayos de granulometría son muy parejos en relación a los resultados.

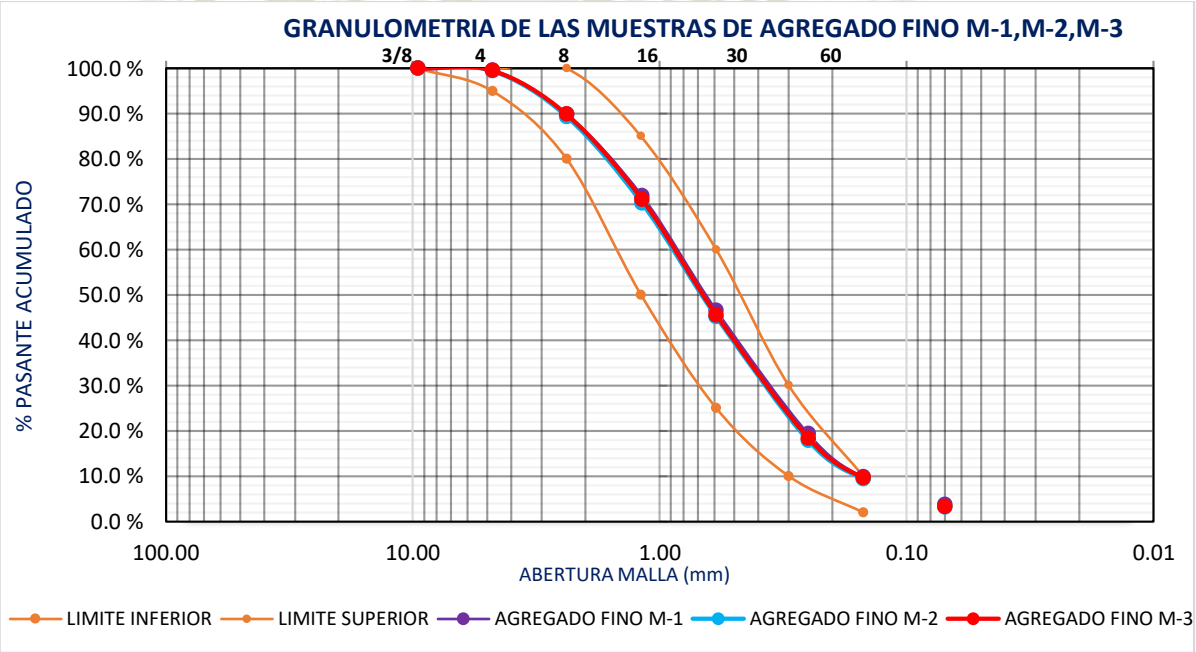


Figura 55 Granulometría de las muestras del agregado fino
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Escoria de cobre

En este caso se puede observar que la escoria de cobre extraída de la fundición de Ilo (Southern Perú) tiene características óptimas para la elaboración del concreto ya que los limites según la ASTM C-33 son respetados, además se puede observar que en ciertas mallas se observa una mayor cantidad de material pasante, en este caso la escoria de cobre está dentro de los límites de la norma ASTM C-33

La escoria de cobre tiene buena composición ya que los tres (03) ensayos de granulometría son muy parejos en relación a los resultados

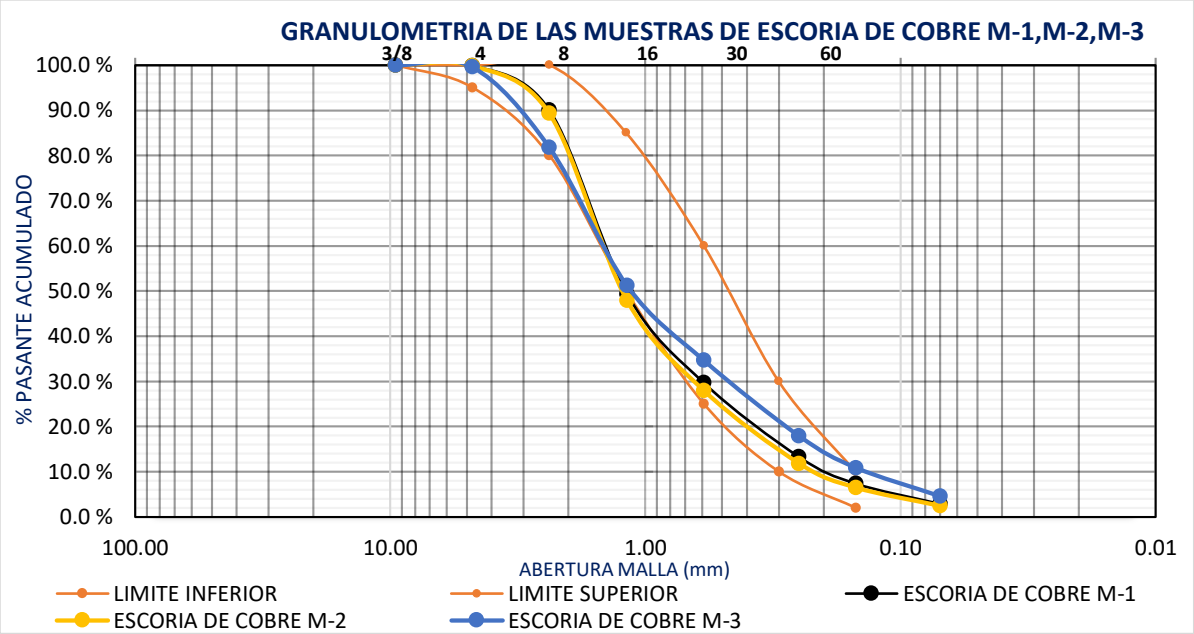


Figura 56 Granulometría de las muestras de la escoria de cobre (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Agregado Grueso

Se puede ver que el agregado grueso tipo ¾" de la cantera La Poderosa (Supermix S.A.) tiene características óptimas para la elaboración del concreto ya que los limites según el huso ASTM N°67 son respetados, además se puede observar que el agregado grueso tiene buena composición ya que los tres (03) ensayos de granulometría son muy parejos en relación a los resultados.

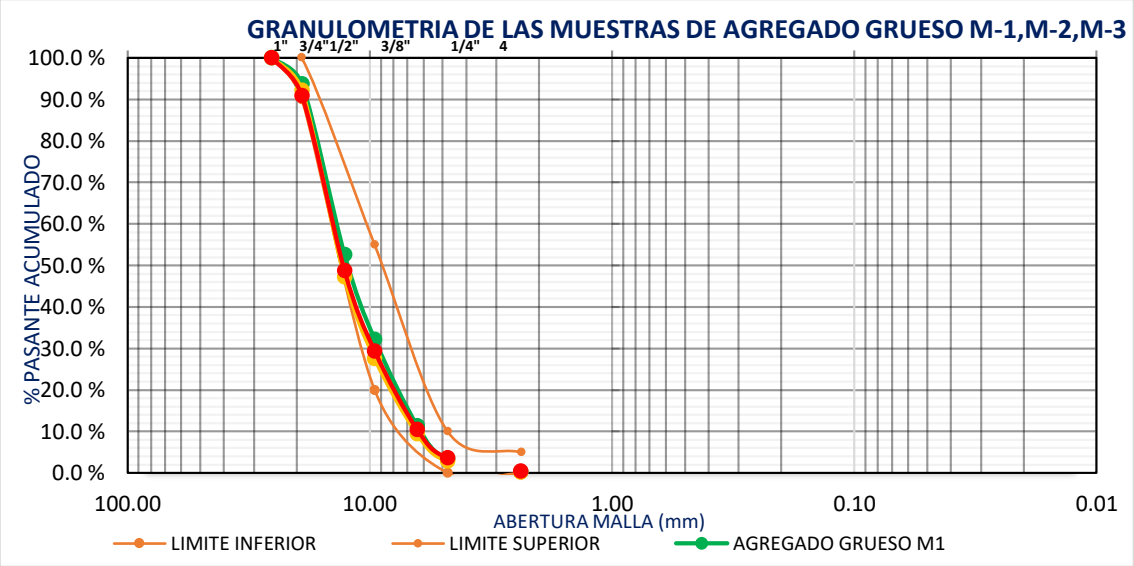


Figura 57 Granulometría de las muestras del agregado grueso (Fuente propia)

6.1.2. Módulo de fineza

Agregado fino

En este caso se puede ver que el agregado fino tiene un módulo de finesa que varía desde 2.63 hasta 2.69, teniendo como promedio el valor de 2.66, los valores de módulo de fineza de 2.5 a 3 son normales para el agregado fino, por ende, se puede concluir que el módulo de finesa de este agregado es el óptimo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

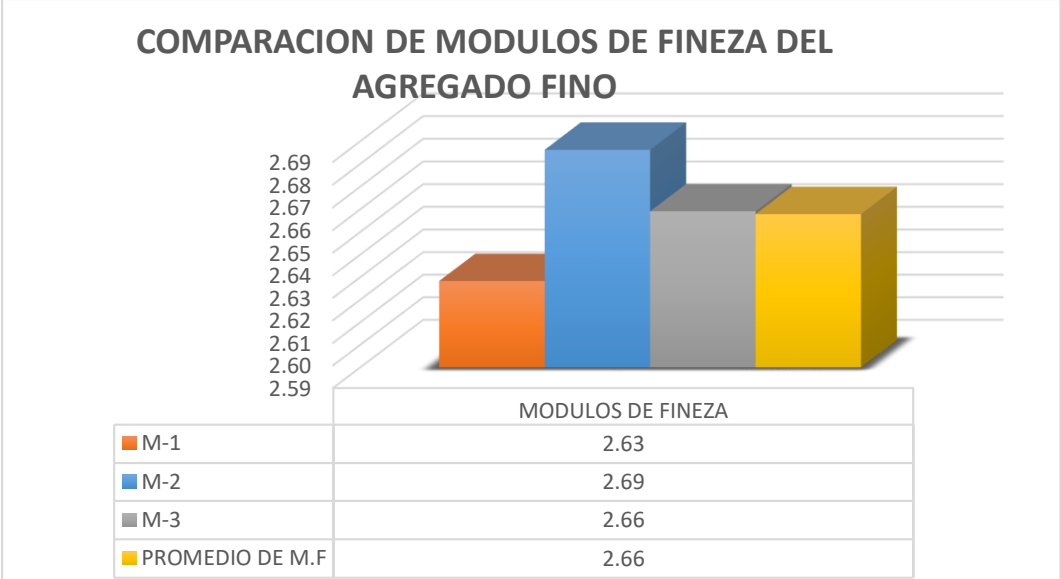


Figura 58 Comparación de los módulos de finesa del agregado fino
(Fuente propia)

Escoria de cobre

En este caso se puede ver que la escoria de cobre tiene un módulo de finesa que varía desde 3.04 hasta 3.17, teniendo como promedio el valor de 3.10, los valores de módulo de fineza de 2.5 a 3 son normales para el agregado fino por ende, se puede concluir que el módulo de finesa de la escoria de cobre esta por los valores promedio permitidos, siendo óptimo para ser usado en la mezcla del concreto, la escoria de cobre con este promedio de módulo de fineza (3.10) puede ser considerado como una arena gruesa.

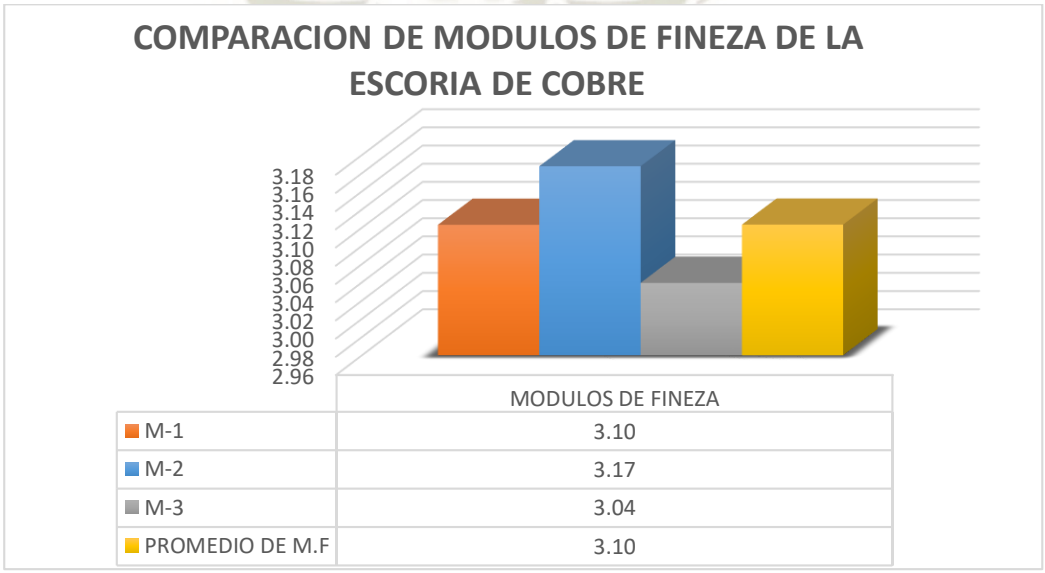


Figura 59 Comparación de los módulos de finesa de la escoria de cobre
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Agregado Grueso

En este caso se puede ver que el agregado grueso tiene un módulo de finesa que varía desde 6.71 hasta 6.76, teniendo como promedio el valor de 6.75 por ende, se puede concluir que el módulo de finesa del agregado grueso esta por los valores promedio permitidos, siendo óptimo para ser usado en la mezcla del concreto.

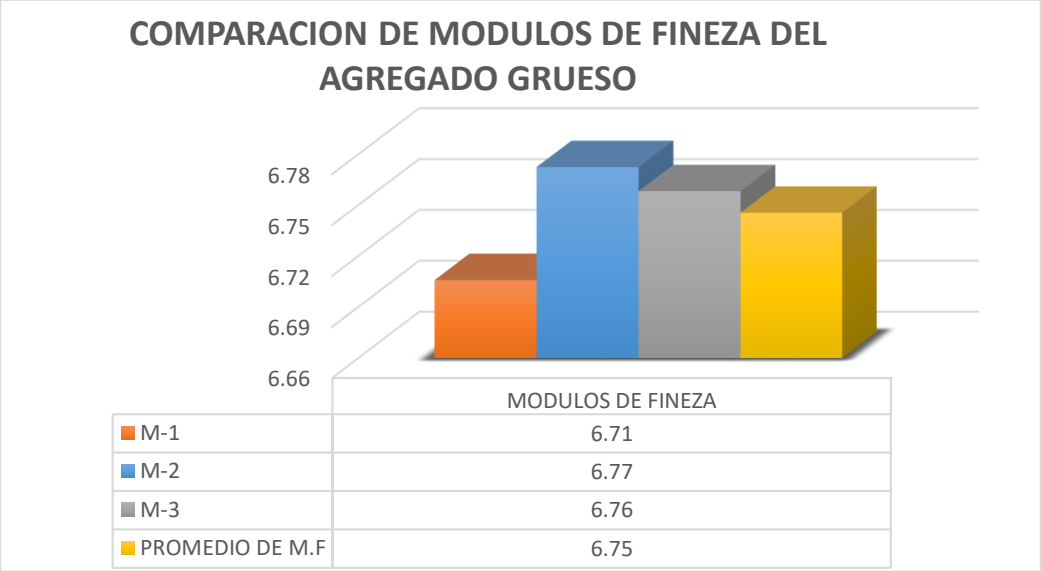


Figura 60 Comparación de los módulos de finesa del agregado grueso (Fuente propia)

6.1.3. Peso específico

Comparativa de propiedades del peso específico entre el agregado fino y la escoria de cobre

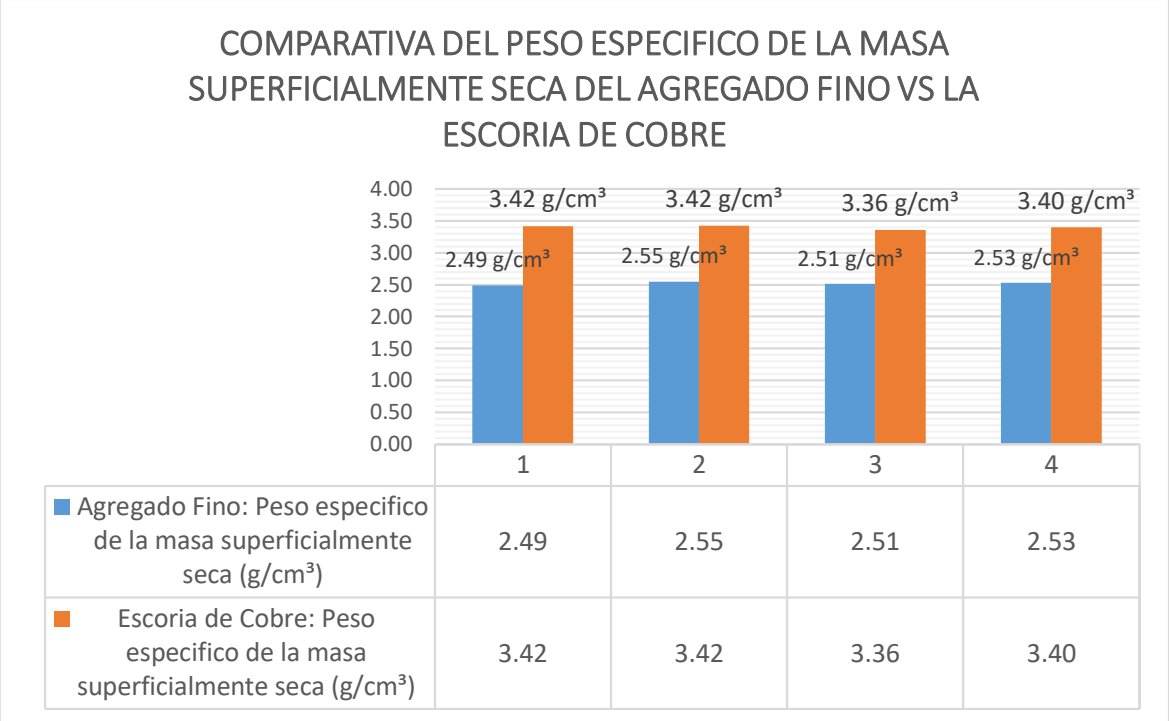
Peso específico superficialmente seco:

Se puede observar que los valores promedio del peso específico de la masa superficialmente seca del agregado fino son valores estables ya que tienen valores muy similares y poseen valores óptimos para el diseño de mezclas, teniendo como promedio el valor de 2.52 g/cm³, a comparación de la escoria de cobre el cual tiene un peso específico superficialmente seco de 3.40 g/cm³, dando como resultado una variación del 34.92 % respecto al valor promedio del agregado fino, lo cual lo hace permisible para ser usado en un diseño de mezclas, ya que los valores de reemplazo de la escoria de cobre son de 0%, 10%, 20%, 30% y 40%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



	1	2	3	4
Agregado Fino: Peso especifico de la masa superficialmente seca (g/cm³)	2.49	2.55	2.51	2.53
Escoria de Cobre: Peso especifico de la masa superficialmente seca (g/cm³)	3.42	3.42	3.36	3.40

Figura 61 Grafica comparativa del peso específico de la masa superficialmente seca del agregado fino vs la escoria de cobre
(Fuente propia)

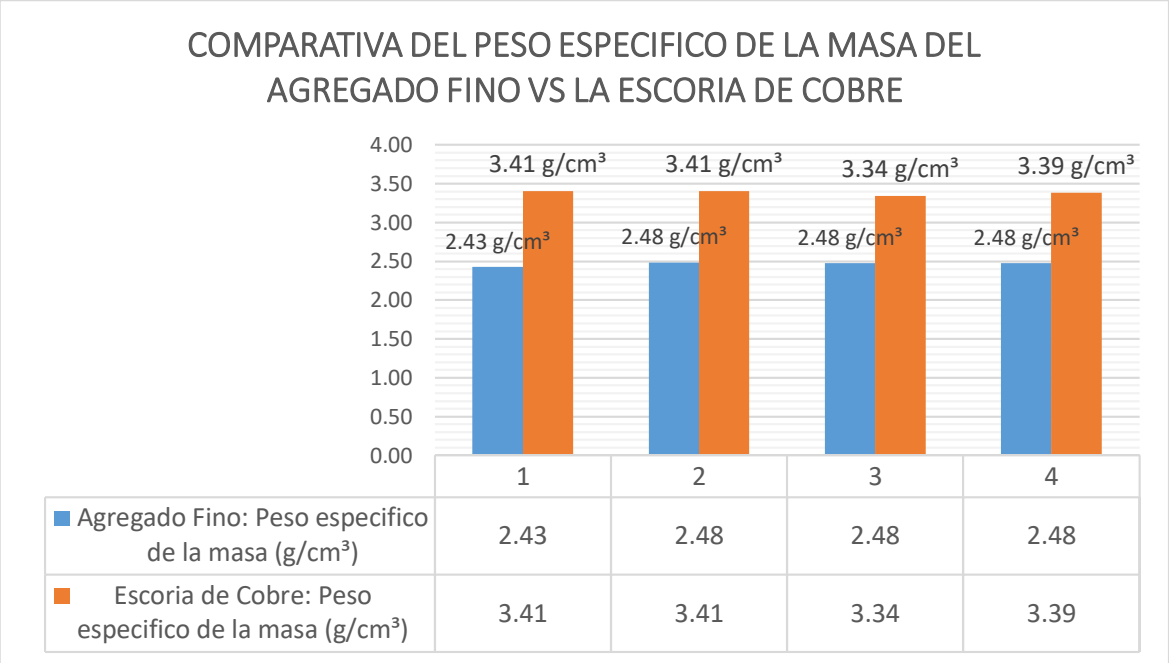
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Peso específico de la masa:

Se puede observar que los valores promedio del peso específico de la masa del agregado fino son valores estables ya que tienen valores muy similares y poseen valores óptimos para el diseño de mezclas, teniendo como promedio el valor de 2.47 g/cm³, a comparación de la escoria de cobre el cual tiene un peso específico de la masa de 3.39 g/cm³, dando como resultado una variación del 37.25 % respecto al valor promedio del agregado fino.



	1	2	3	4
Agregado Fino: Peso especifico de la masa (g/cm³)	2.43	2.48	2.48	2.48
Escoria de Cobre: Peso especifico de la masa (g/cm³)	3.41	3.41	3.34	3.39

Figura 62 Grafica comparativa del peso específico de la masa del agregado fino vs la escoria de cobre (Fuente propia)

Peso específico aparente:

Se puede observar que los valores promedio del peso específico aparente del agregado fino son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 2.61 g/cm³, a comparación de la escoria de cobre el cual tiene un peso específico aparente de 3.44 g/cm³, dando como resultado una variación del 31.80 % respecto al valor promedio del agregado fino.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

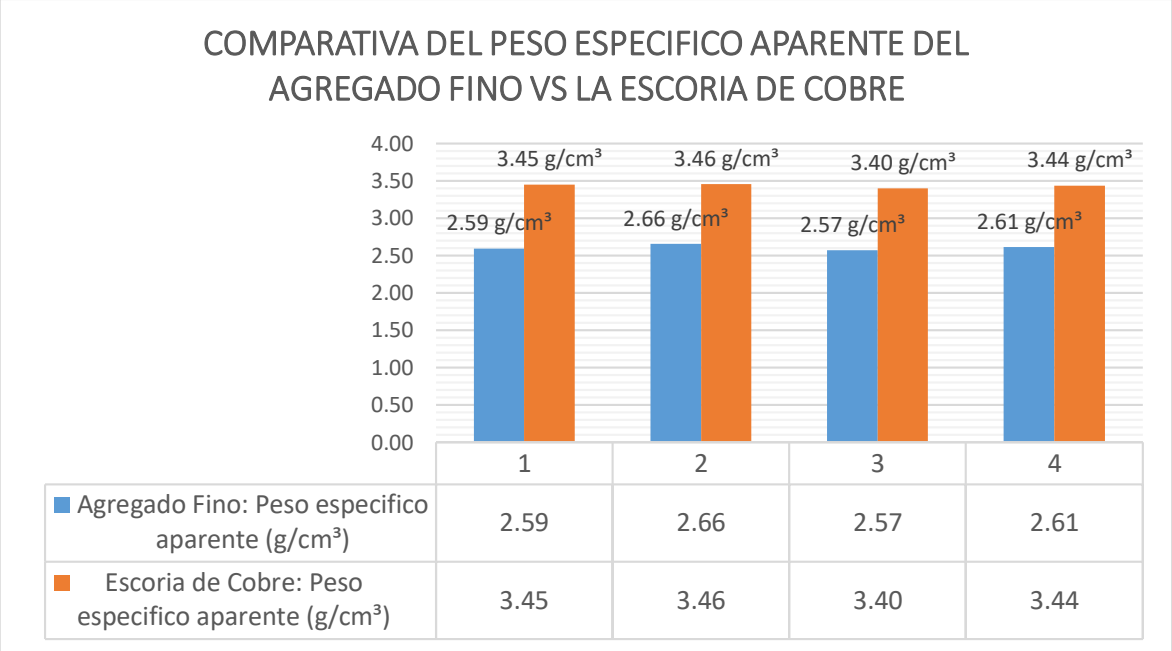


Figura 63 Grafica comparativa del peso específico aparente del agregado fino vs la escoria de cobre (Fuente propia)

AGREGADO GRUESO

Peso específico superficialmente seco:

La diferencia de valores entre los resultados de las tres muestras en relación al promedio (2.730 g/cm³) no supera el 0.11% de variación lo cual nos da a conocer que estos resultados son óptimos y no guardan diferencia significativa.

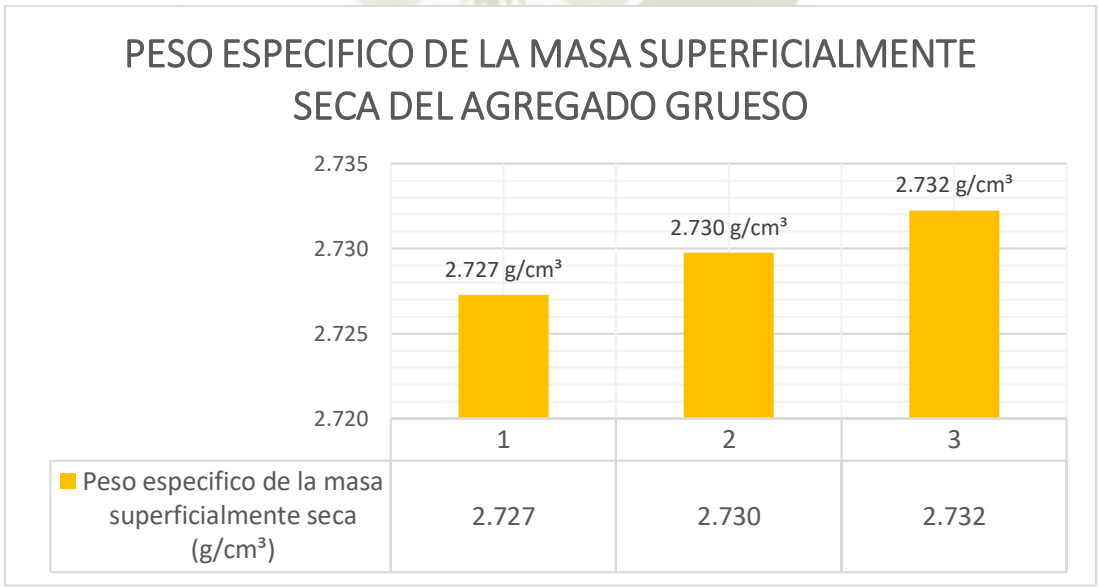


Figura 64 Grafica comparativa del peso específico de la masa superficialmente seca del agregado grueso (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Peso específico de la masa:

La diferencia de valores entre los resultados de las tres muestras en relación al promedio (2.700 g/cm³) no supera el 0.15% de variación lo cual nos da a conocer que estos resultados son óptimos y no guardan diferencia significativa.

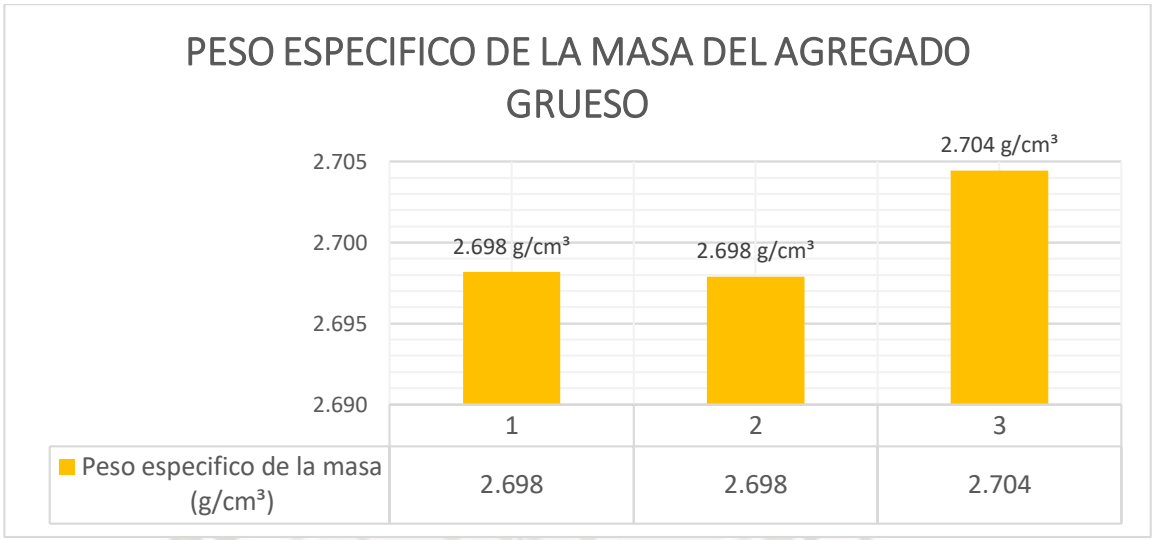


Figura 65 Grafica comparativa del peso específico de la masa del agregado grueso (Fuente propia)

Peso específico aparente:

La diferencia de valores entre los resultados de las tres muestras en relación al promedio (2.782 g/cm³) no supera el 0.18% de variación lo cual nos da a conocer que estos resultados son óptimos y no guardan diferencia significativa.

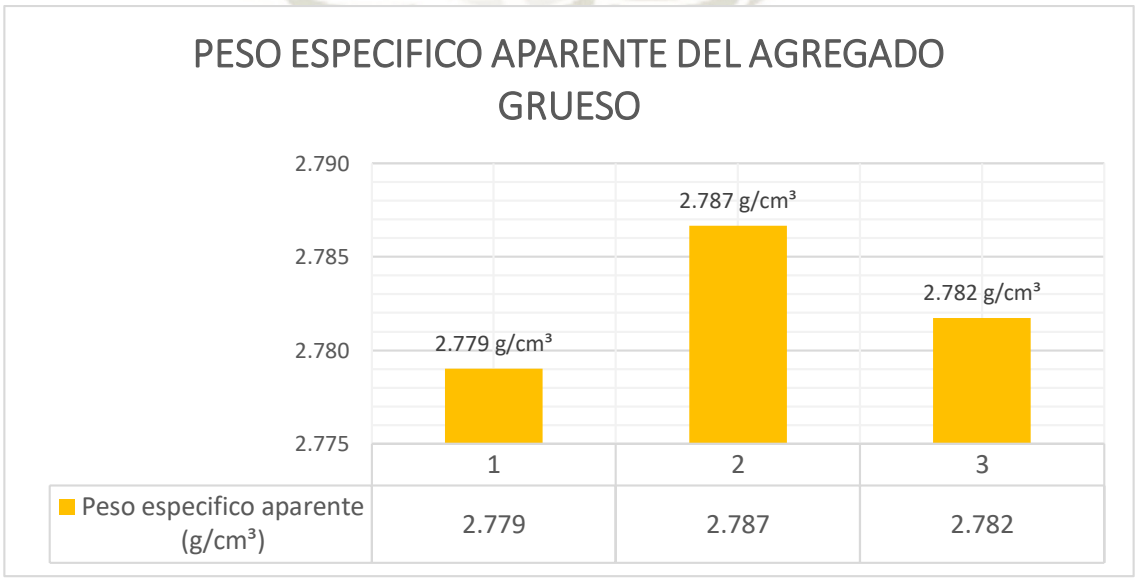


Figura 66 Grafica comparativa del peso específico aparente del agregado grueso (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.1.4. Porcentaje absorción

Comparativa de propiedades de la absorción del agregado fino y la escoria de cobre

Se puede observar que los valores promedio del porcentaje de absorción del agregado fino son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 2.22%, a comparación de la escoria de cobre el cual tiene un porcentaje de absorción de 0.44 %, dando como resultado una variación del 80.18 % respecto al valor promedio del agregado fino, esto nos muestra la diferencia significativa en el porcentaje de absorción que existe entre el agregado fino y la escoria de cobre, esta disminución en el porcentaje de absorción se debe de tener en cuenta en el diseño de mezclas ya que variara el contenido de agua en la mezcla de concreto, disminuyendo el contenido de agua y así disminuirá la relación agua/cemento, lo que conlleva al aumento de la resistencia del concreto.

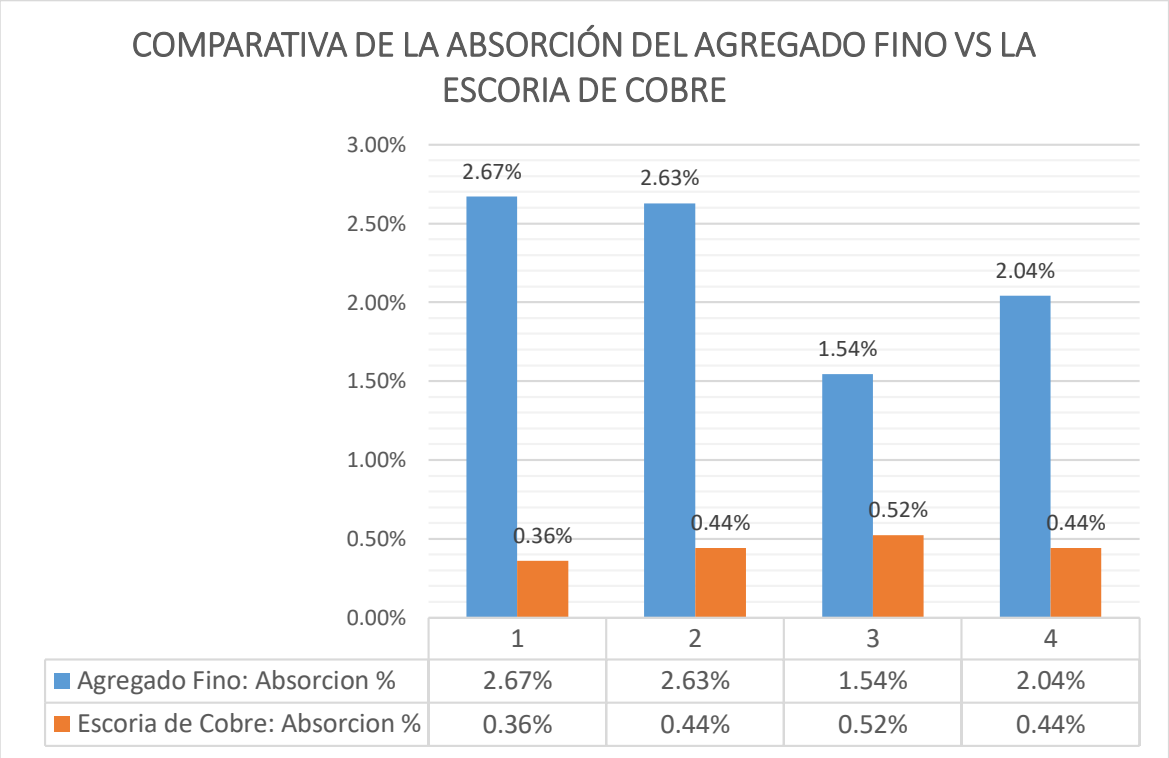


Figura 67 Grafica comparativa de la absorción del agregado fino vs la escoria de cobre (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Comparativa de resultados del porcentaje de absorción del agregado grueso

Se puede observar que los valores promedio del porcentaje de absorción del agregado grueso son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 1.095 %, la diferencia de valores entre los resultados de las tres muestras en relación al promedio no supera el 7.76 % de variación lo cual nos da a conocer que estos resultados son óptimos y no guardan diferencia significativa.

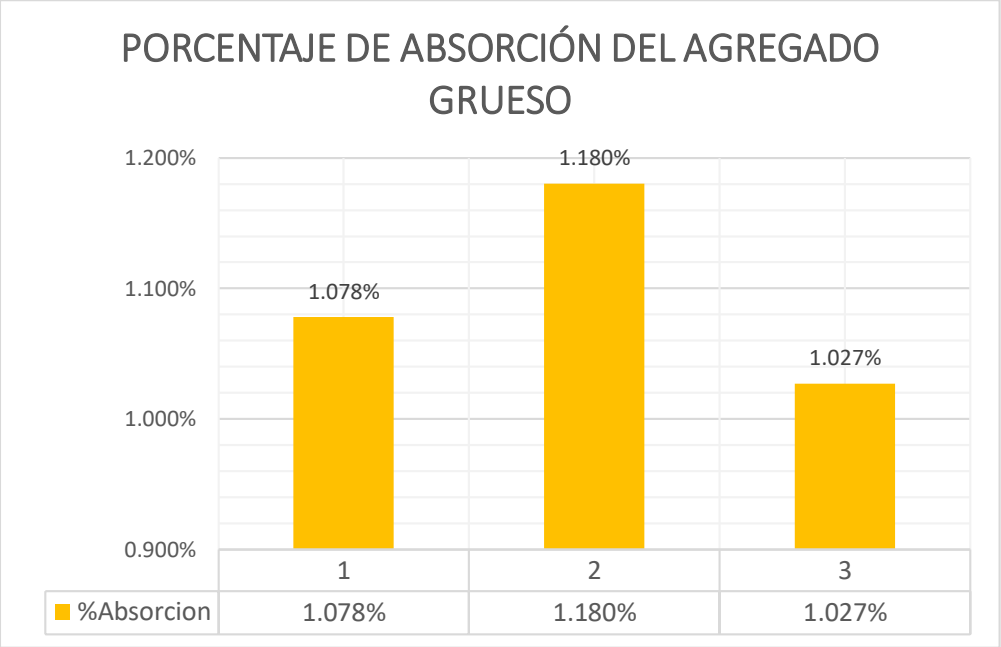


Figura 68 Grafica comparativa de la absorción del agregado grueso (Fuente propia)

6.1.5. Contenido de Humedad

Se puede observar que los valores promedio del contenido de humedad del agregado fino son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 0.134 %, a comparación de la escoria de cobre el cual tiene un contenido de humedad de 0.013 %, dando como resultado una variación del 90.30 % respecto al valor promedio del agregado fino, esto nos muestra la diferencia significativa en el contenido de humedad que existe entre el agregado fino y la escoria de cobre, esta disminución en el contenido de humedad se debe de tener en cuenta en el diseño de mezclas, ya que al tener un contenido de humedad bajo, ayuda a que el concreto se comporte mejor a relación a la resistencia de compresión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

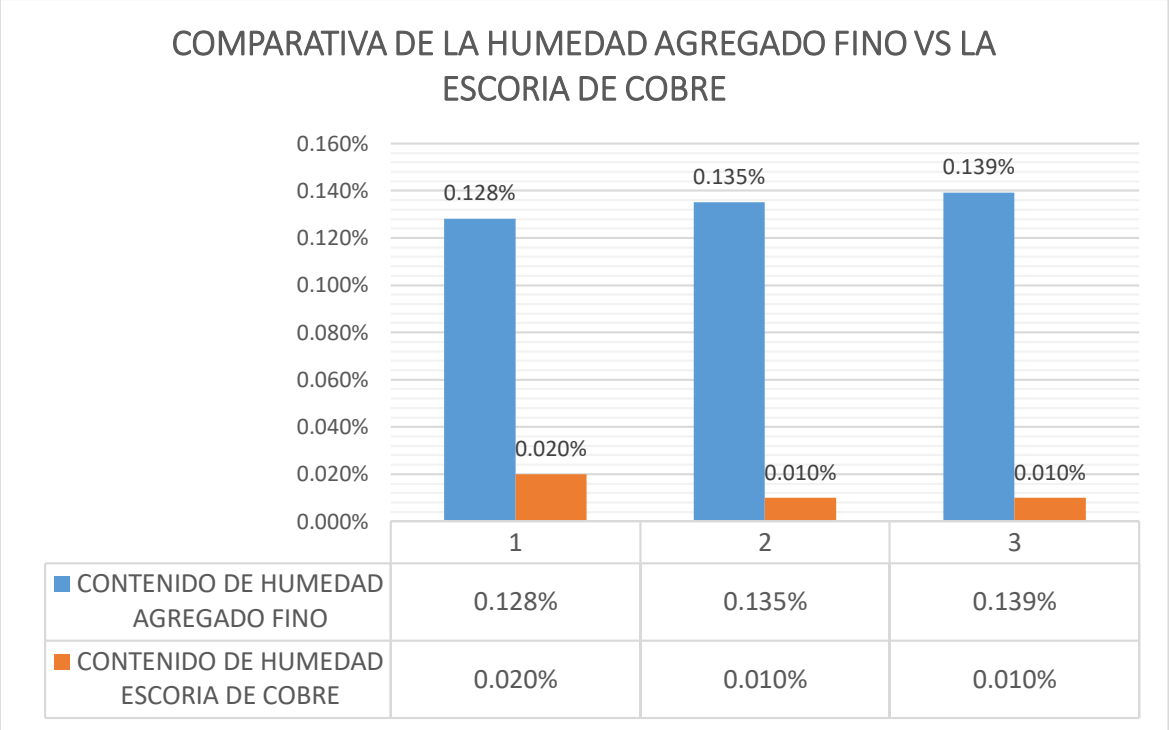


Figura 69 Grafica comparativa del contenido de humedad del agregado fino vs la escoria de cobre (Fuente propia)

Comparativa de resultados del contenido de humedad del agregado grueso

Se puede observar que los valores promedio del contenido de humedad del agregado grueso son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 0.184 %, la diferencia de valores entre los resultados de las tres muestras en relación al promedio no supera el 17.93 % de variación lo cual nos da a conocer que estos resultados son óptimos.

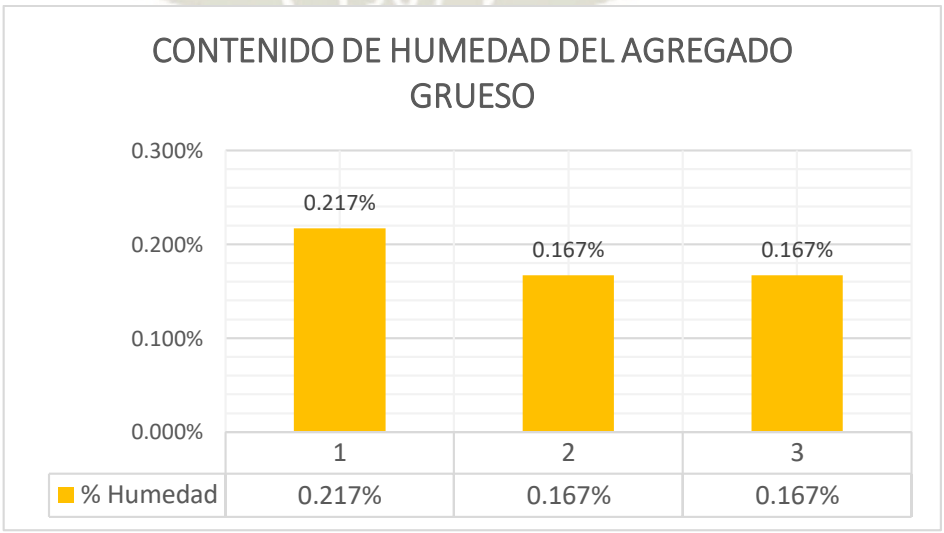


Figura 70 Grafica comparativa del contenido de humedad del agregado grueso (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.1.6. Peso unitario suelto y compactado

Peso unitario suelto

Se puede observar que los valores promedio del peso unitario suelto del agregado fino son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 1525.86 kg/m³, a comparación de la escoria de cobre el cual tiene un peso unitario suelto de 2068.32 kg/m³, dando como resultado una variación del 35.55 % respecto al valor promedio del agregado fino, esto nos demuestra que la escoria de cobre tiene un peso unitario suelto mayor a comparación del agregado fino, haciendo al concreto más pesado.

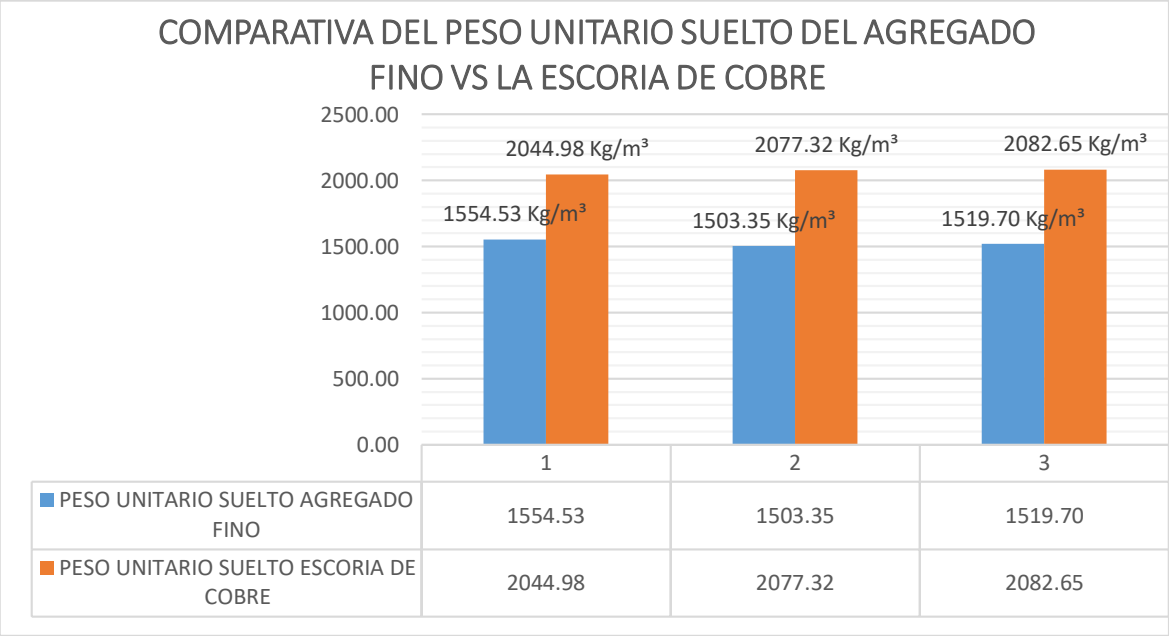


Figura 71 Grafica comparativa del peso unitario suelto del agregado fino vs la escoria de cobre (Fuente propia)

Peso unitario compactado

Se puede observar que los valores promedio del peso unitario compactado del agregado fino son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 1643.73 kg/m³, a comparación de la escoria de cobre el cual tiene un peso unitario suelto de 2251.23 kg/m³, dando como resultado una variación del 36.96 % respecto al valor promedio del agregado fino, esto nos demuestra que la escoria de cobre tiene un peso unitario compactado mayor a comparación del agregado fino, haciendo un diseño de mezclas más pesado según

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

el porcentaje de reemplazo (0%, 10%, 20%, 30% y 40%) respecto al diseño patrón.

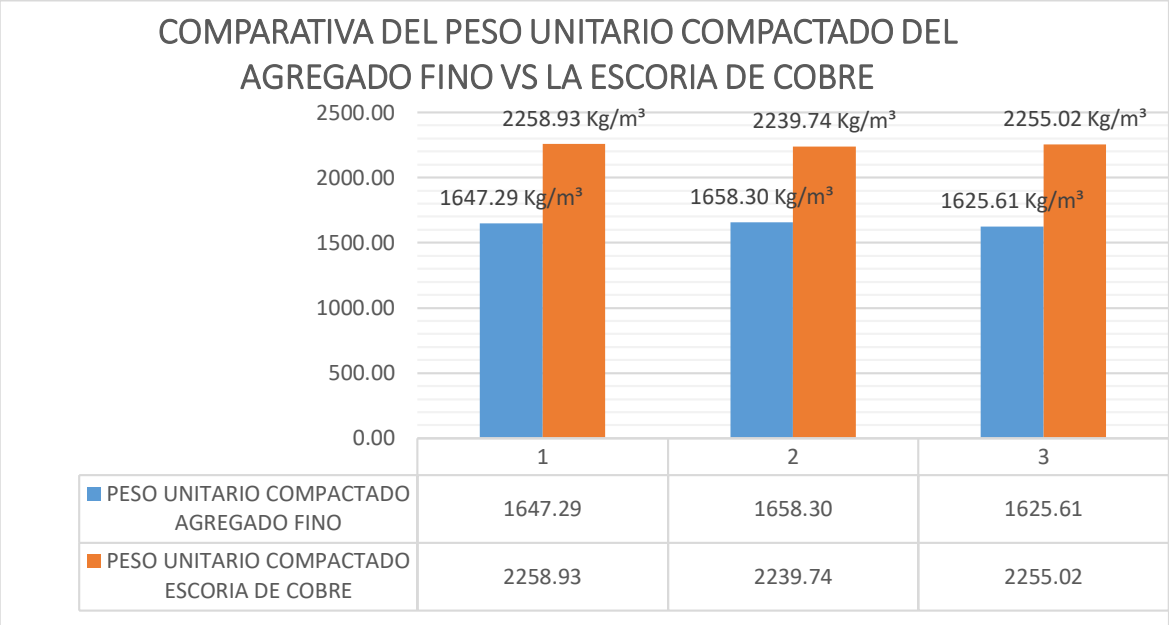


Figura 72 Grafica comparativa del peso unitario compactado del agregado fino vs la escoria de cobre (Fuente propia)

Comparativa de resultados del peso unitario suelto vs el peso unitario compactado del agregado grueso

Se puede observar que los valores de las muestras del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso son valores estables ya que tienen valores muy similares ya sea en el caso del peso unitario suelto o compactado, teniendo como valor del peso unitario compactado el promedio de 1648.37 kg/m³, en relación al peso unitario suelto se tiene el valor promedio de 1530.26 kg/m³, dando como resultado una variación de solo el 7.72 % respecto al valor promedio del peso unitario suelto, esto nos demuestra que la diferencia entre ambos no es muy amplia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

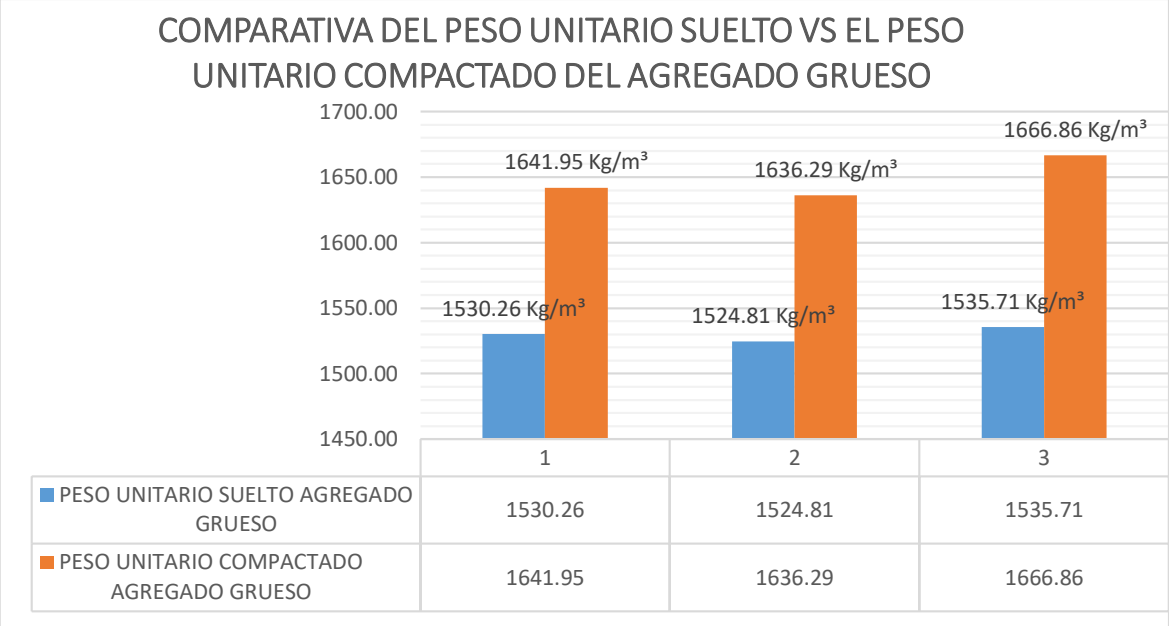


Figura 73Grafica comparativa del peso unitario suelto vs el peso unitario compactado del agregado grueso (Fuente propia)

6.1.7. Resistencia a la abrasión del agregado grueso

Se puede observar que los valores promedio del porcentaje de desgaste del agregado grueso son valores estables ya que tienen valores muy similares, teniendo como promedio el valor de 18.46 %, la diferencia de valores entre los resultados de las tres muestras en relación al promedio no supera el 2.22 % de variación lo cual nos da a conocer que estos resultados son óptimos, además nos indica que el agregado grueso es apto para el diseño de mezclas, se puede concluir que se tiene con un agregado de alta resistencia al desgaste.

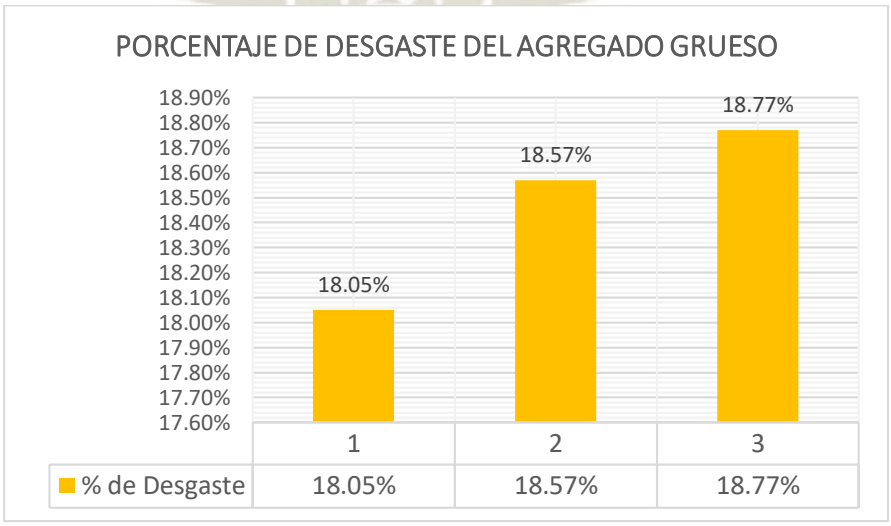


Figura 74 Grafica comparativa del porcentaje de desgaste del agregado grueso (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.2. Diseño de mezclas

6.2.1. Comparación según la cantidad de Agregado grueso

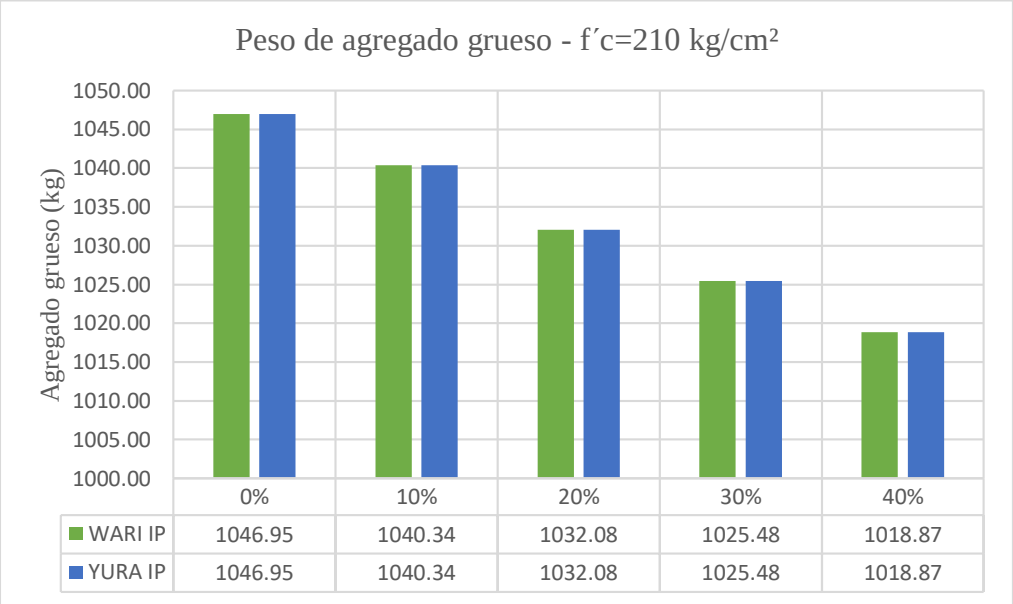


Figura 75 Grafica comparativa según la cantidad del agregado grueso (Fuente propia)

En la figura 75 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm² la cantidad de peso del agregado grueso para el cemento Wari IP es igual a la cantidad en peso del cemento Yura IP, dado que el diseño para ambos diseños de mezclas se utilizó el mismo agregado de Supermix de la cantera La Poderosa de un tamaño del agregado de 3/4".

Para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm² se obtuvo como valores máximos en peso de agregado grueso de 1046.95 kg para el cemento Wari IP y cemento Yura IP ambos con un porcentaje de reemplazo de 0% de escoria de cobre y valores mínimos en peso de agregado grueso de 1018.87 kg para el cemento Wari IP y cemento Yura IP ambos con un porcentaje de reemplazo de 40% de escoria de cobre.

La cantidad de agregado grueso tanto para el cemento Yura IP y cemento Wari IP es inversamente proporcional a la cantidad en peso de la escoria de cobre, mientras más aumente el porcentaje de reemplazo de la escoria de cobre va ir disminuyendo la cantidad de agregado grueso, esto ocurre porque en la determinación en peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto toma en cuenta el módulo de fineza del agregado fino, dicho módulo de fineza se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

obtuvo mediante la combinación de agregados según su porcentaje de reemplazo de la escoria de cobre con el agregado fino.

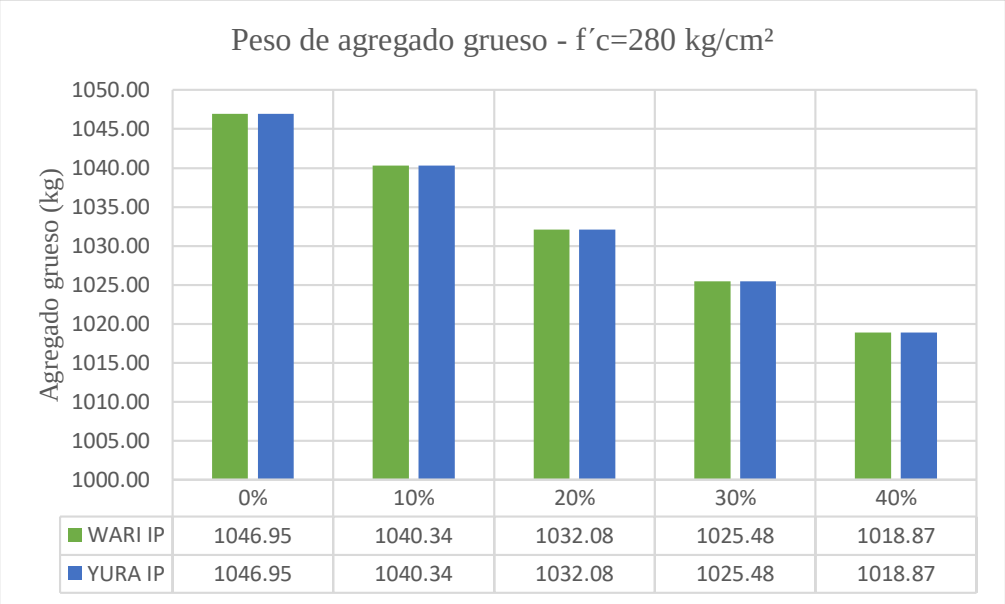


Figura 76 Grafica comparativa según el peso del agregado grueso (Fuente propia)

En la figura 76 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=280 kg/cm² la cantidad de peso del agregado grueso para el cemento Wari IP y Yura IP es igual que las proporciones en peso para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm², esto sucede porque según el método del comité 211 del ACI, el peso del agregado grueso no está en función de la resistencia de diseño, sino se basa en la propiedades de los agregados y los agregados al ser iguales al diseño f´c=210 kg/cm² no varía las proporciones de diseño utilizado en el agregado grueso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.2.2. Comparación según la cantidad de escoria de cobre

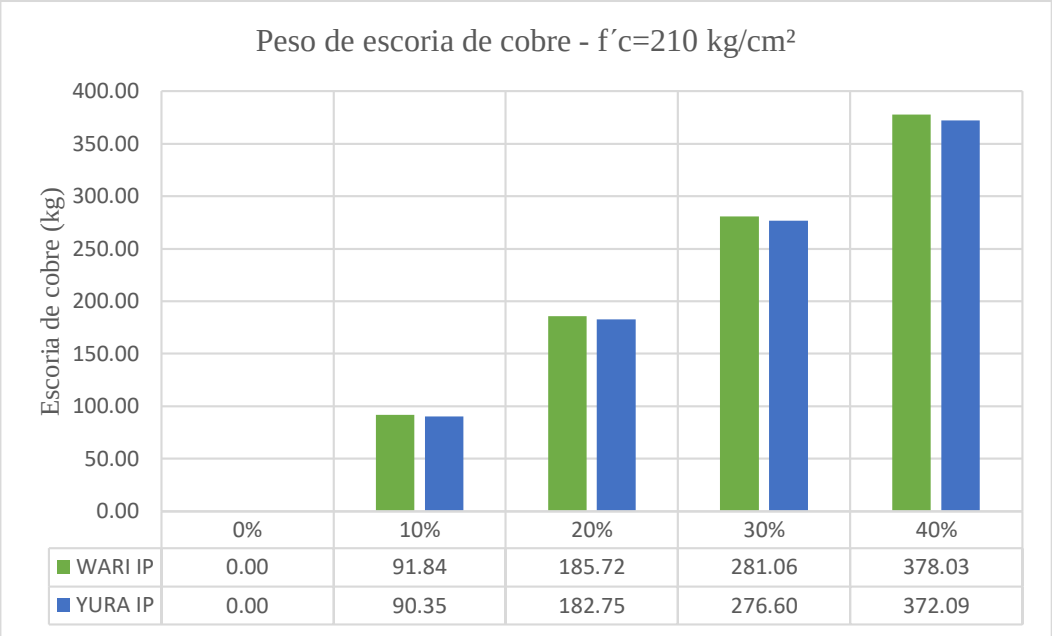


Figura 77 Grafica comparativa según el peso de la escoria de cobre para un concreto f´c=210 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 77 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm² la cantidad de peso de la escoria de cobre para el cemento Wari IP es mayor en peso a la cantidad de escoria de cobre del cemento Yura IP, debido a que el cemento Wari IP presenta mayor peso específico que el cemento Yura IP, esto ocasiona que el volumen absoluto del agregado fino aumente o disminuya según el tipo de cemento a utilizarse.

La cantidad de escoria de cobre tanto para el cemento Yura IP y cemento Wari IP va aumentando según aumente el porcentaje de reemplazo, para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm² se obtuvo como como valores máximos en peso de escoria de cobre de 378.03 para el cemento Wari IP y 372.09 kg para el cemento Yura IP ambos con un porcentaje de reemplazo de 40% de escoria de cobre

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

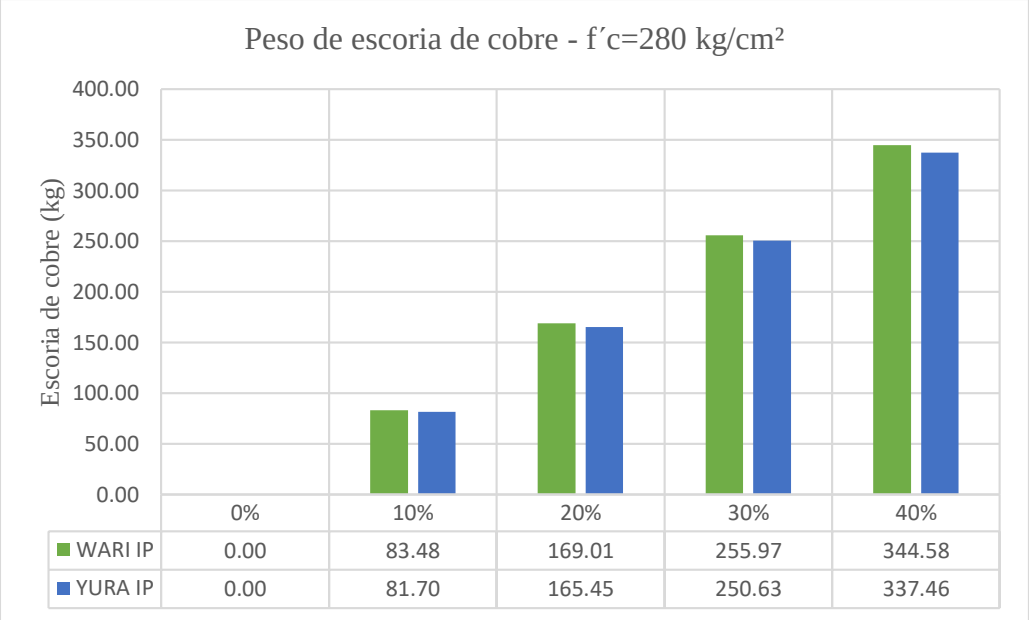


Figura 78 Grafica comparativa según el peso de la escoria de cobre para un concreto f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 78 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=280 kg/cm² la cantidad de peso de la escoria de cobre para el cemento Wari IP y Yura IP es menor que las proporciones en peso para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm², esto sucede porque la resistencia de diseño está relacionada con el factor de cemento, esto implica que el volumen absoluto del concreto es inversamente proporcional al volumen absoluto del agregado fino y escoria de cobre, a medida que aumenta la resistencia disminuye la cantidad en peso de la escoria de cobre.

La cantidad de escoria de cobre máxima para el cemento Wari IP es de 344.58 kg con un 40% de reemplazo y para el cemento Yura IP es de 337.46 kg con un 40% de reemplazo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.2.3. Comparación según la cantidad Agregado fino

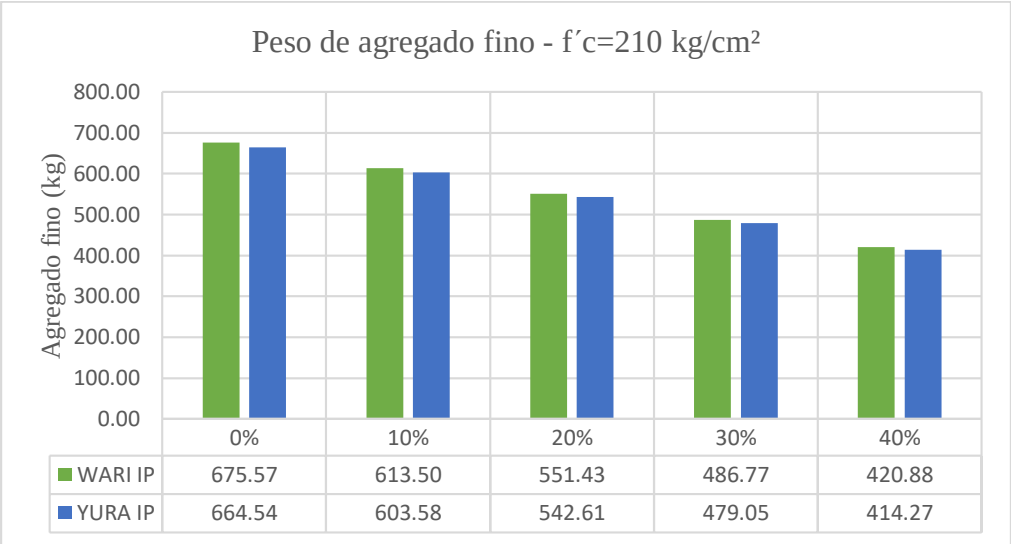


Figura 79 Grafica comparativa según el peso del agregado fino para un concreto f´c=210 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 79 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm² la cantidad de peso del agregado fino para el cemento Wari IP es mayor en peso a la cantidad de escoria de cobre del cemento Yura IP, debido a que el cemento Wari IP presenta mayor peso específico que el cemento Yura IP, esto ocasiona que el volumen absoluto del agregado fino aumente al utilizarse el cemento Wari IP.

La cantidad en peso del agregado fino tanto para el cemento Yura IP y cemento Wari IP va disminuyendo según aumenta el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre. Se obtuvo valores máximos de 675.57 kg y 664.54 kg para el cemento Wari IP y cemento Yura IP respectivamente, ambos con un 0% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

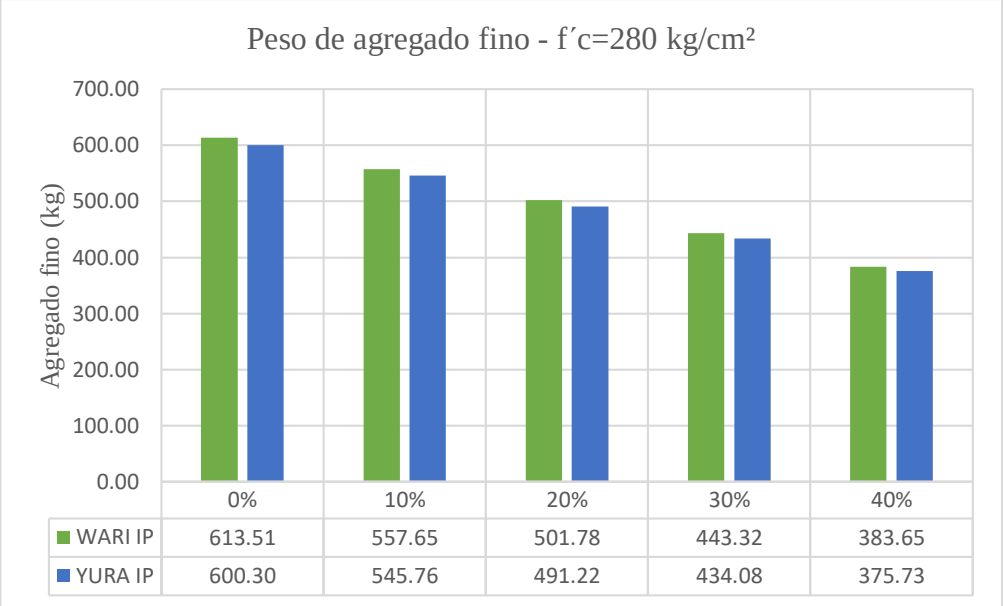


Figura 80 Grafica comparativa según el peso del agregado fino para un concreto f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 80 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=280 kg/cm² la cantidad de peso del agregado fino del cemento Wari IP y cemento Yura IP es menor que las proporciones en peso para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm², esto implica que el volumen absoluto del concreto es inversamente proporcional al volumen absoluto del agregado fino, a medida que aumenta la resistencia disminuye la cantidad en peso del agregado fino

Se puede apreciar que se obtuvo para el cemento Wari IP lo valores de 613 kg como valor máximo con un 0% de reemplazo y 383.65 kg como valor mínimo con un 40% de reemplazo; a su vez en el cemento Yura IP se obtuvo 613 kg como valor máximo con un 0% de reemplazo y 383.65 kg como valor mínimo con un 40% de reemplazo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.2.4. Comparación según la cantidad Agua

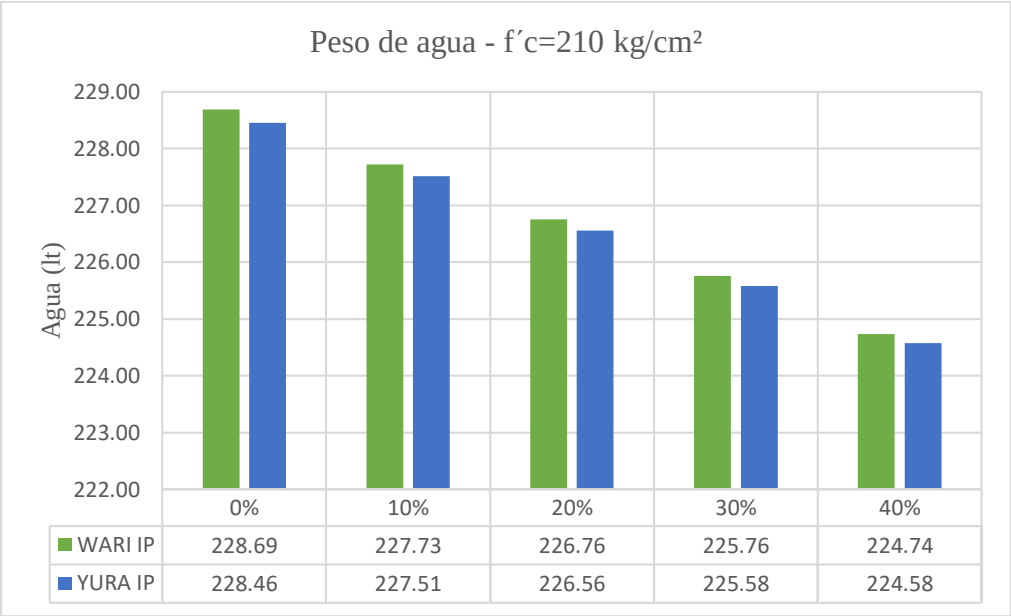


Figura 81 Grafica comparativa según la cantidad de agua para un concreto f´c=210 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 81 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm² que la cantidad de agua presenta una mínima disminución en los diferentes porcentajes de reemplazo de escoria de cobre tanto para el cemento Yura IP y el cemento Wari IP, dado que la cantidad de agua es inversamente proporcional a la resistencia de diseño.

El cemento Wari IP presenta valores más altos que el cemento Yura IP, esto es porque la cantidad de agua en diseño húmedo depende y es directamente proporcional al agregado fino y la escoria de cobre, a su vez la cantidad de agregado fino y escoria depende de la resistencia de diseño.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

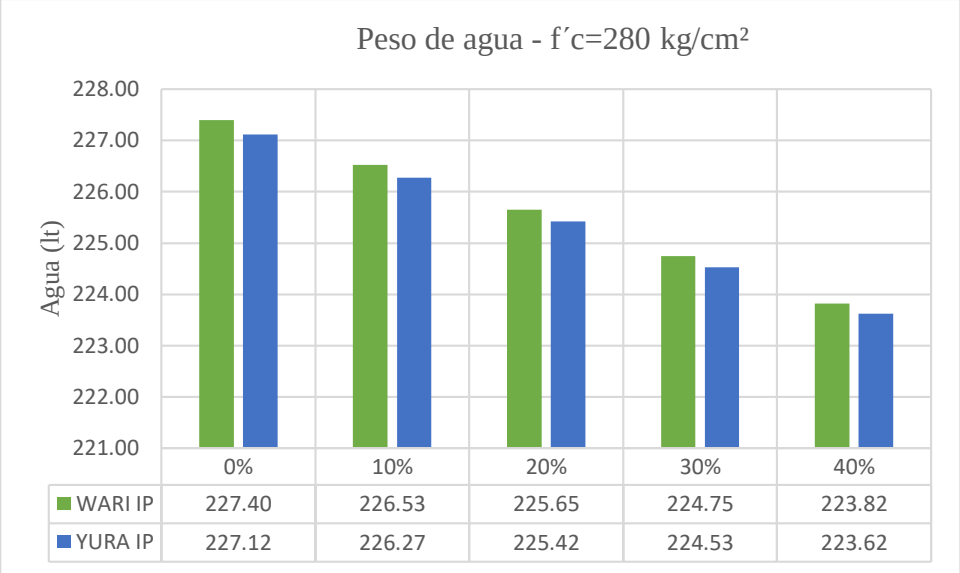


Figura 82 Grafica comparativa según la cantidad de agua para un concreto f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 82 se puede observar que para una resistencia a compresión f´c=280 kg/cm² la cantidad de agua para el cemento Wari IP y cemento Yura IP es menor que las proporciones en peso de agua para una resistencia a compresión f´c=210 kg/cm², se observa una ligera disminución de cantidad de agua, pero a medida aumenta el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre va disminuyendo la cantidad de agua.

La cantidad de agua es inversamente proporcional al porcentaje de reemplazo de escoria de cobre, porque se observa una menor demanda de agua a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3. Concreto en estado fresco

6.3.1. Asentamiento

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DEL SLUMP (PULG) DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=210 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que el asentamiento que posee el concreto con cemento Yura IP es ligeramente mayor al asentamiento que posee concreto con cemento Wari IP, dándole más trabajabilidad, pero la diferencia no es muy significativa ya que no varía demasiado teniendo una mayor diferencia en el diseño con 40% de escoria de cobre con el cual alcanza un Slump de 3.5" con cemento Yura IP a comparación del Slump de 3" con cemento Wari IP, lo que nos da una variación del 14.29%, se podría concluir que al usarse el cemento Yura IP se tiene una leve diferencia en relación al Slump con un porcentaje de diferencia de aproximadamente 15%.

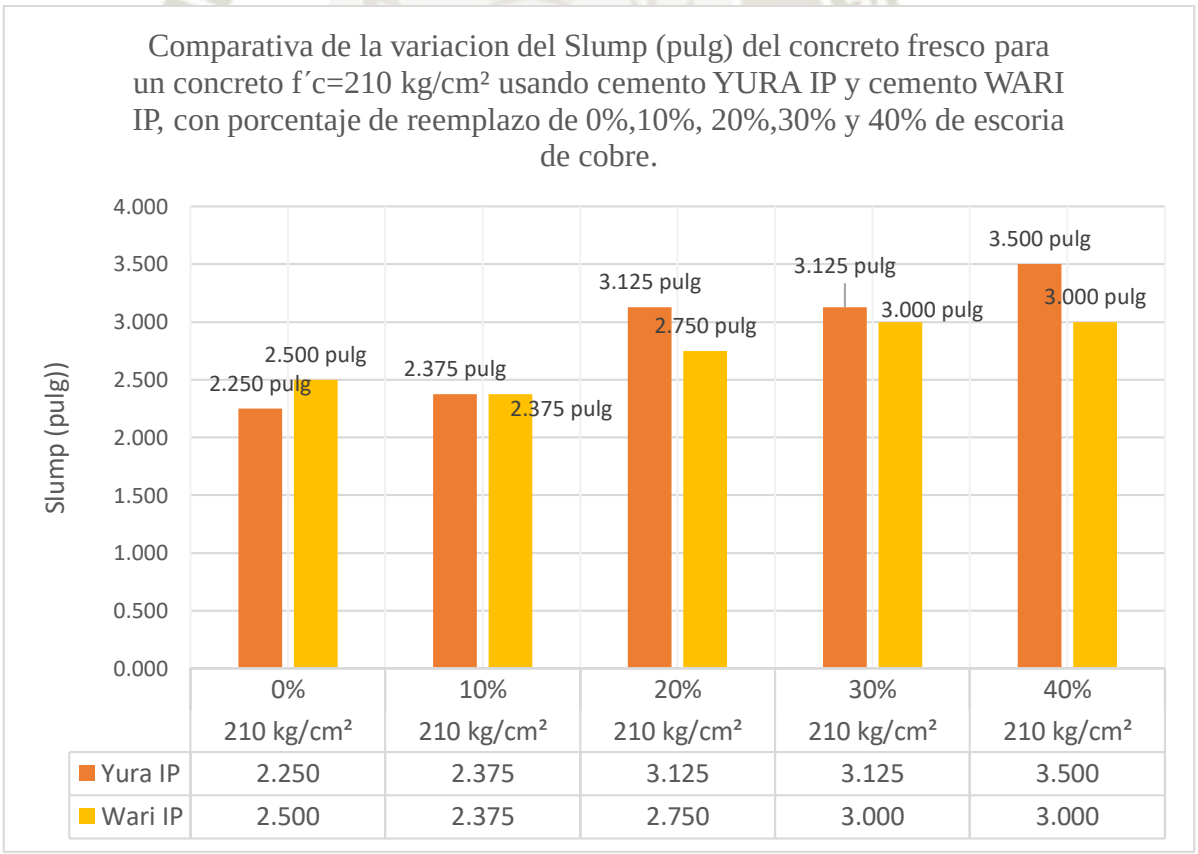


Figura 83 Comparativa de la variación del Slump (pulg) del concreto fresco para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DEL SLUMP (PULG) DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=280 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que el asentamiento que posee el concreto con cemento Yura IP es ligeramente mayor al asentamiento que posee concreto con cemento Wari IP, dándole más trabajabilidad, pero la diferencia no es muy significativa ya que no varía demasiado teniendo una mayor diferencia en el diseño con 20% de escoria de cobre con el cual alcanza un Slump de 3.05" con cemento Yura IP a comparación del Slump de 2.50" con cemento Wari IP, lo que nos da una variación del 18.03%, se podría concluir que al usarse el cemento Yura IP se tiene una leve diferencia en relación al Slump con un porcentaje de diferencia de aproximadamente 18%.

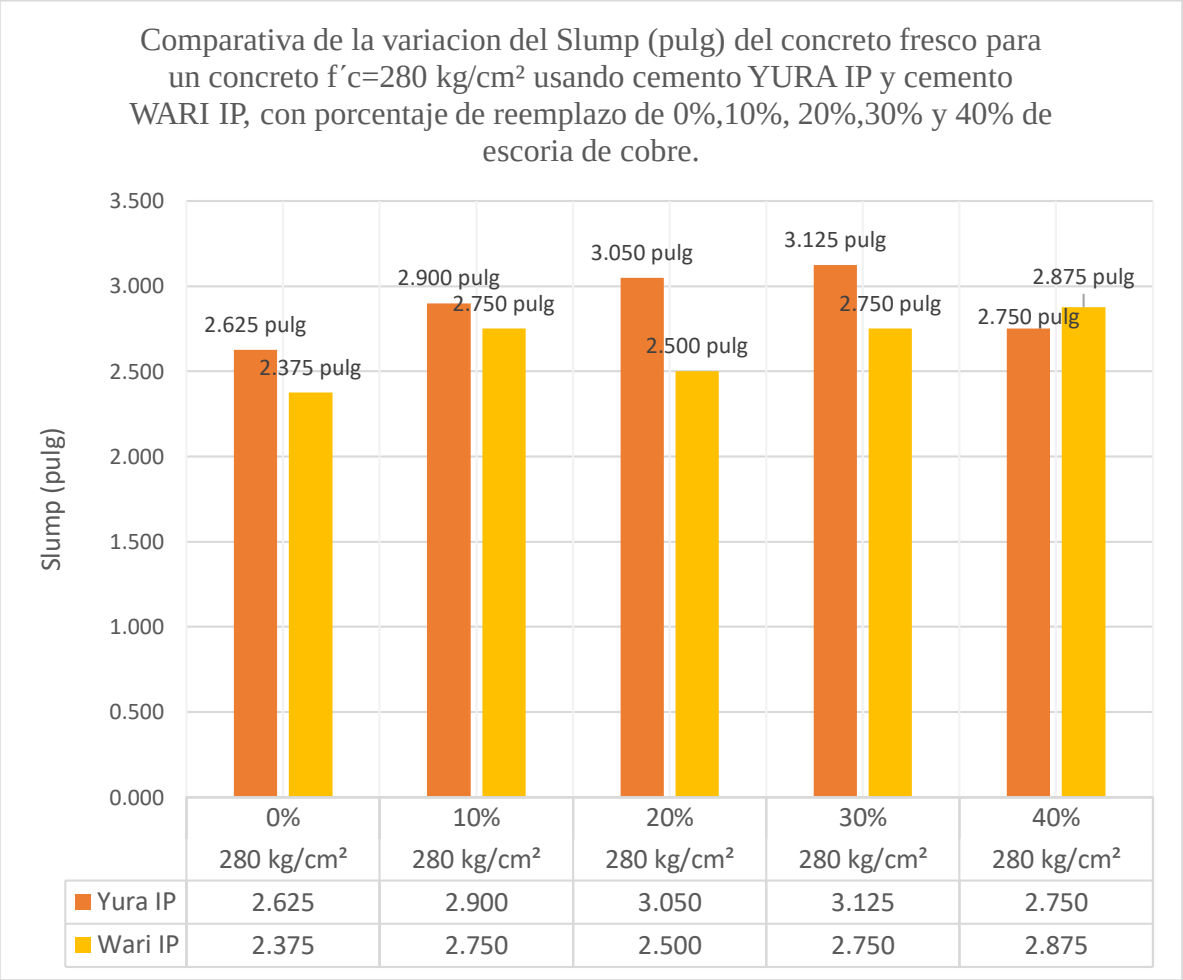


Figura 84 Comparativa de la variación del Slump (pulg) del concreto fresco para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre. (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.2. Peso unitario

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=210 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que el peso unitario que posee el concreto con cemento Wari IP es mayor al peso unitario que posee concreto con cemento Yura IP, siendo un 0.44% más pesado respecto a los valores de los pesos menores a mayores, en todos los vaciados se guarda la relación de peso superior del concreto con cemento Wari IP respecto al cemento Yura IP, se podría concluir que al usarse el cemento Wari IP se tendrá un concreto más pesado.

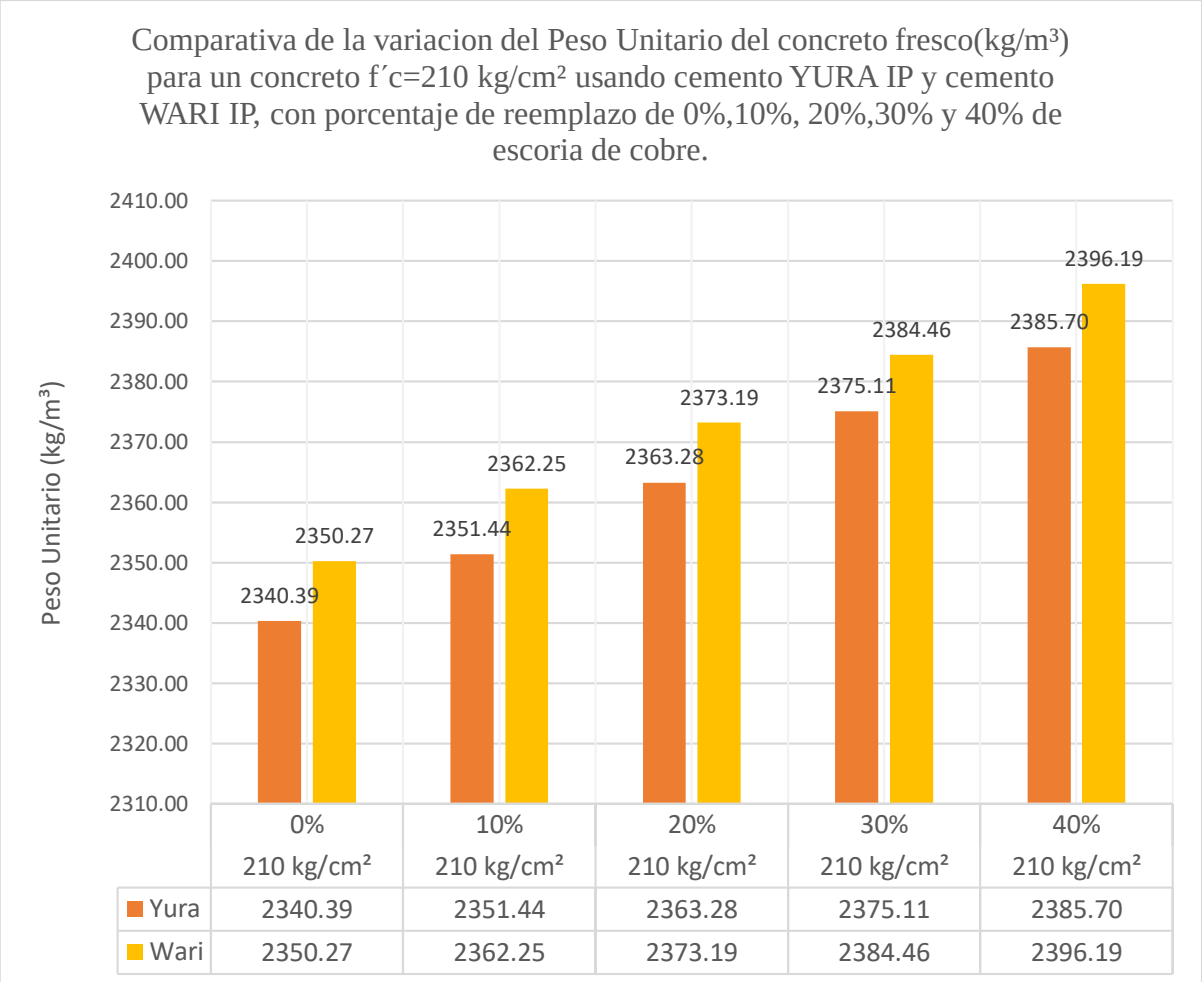


Figura 85 Comparativa de la variación del Peso Unitario del concreto fresco(kg/m³) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=280 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que el peso unitario que posee el concreto con cemento Wari IP es mayor al peso unitario que posee concreto con cemento Yura IP, siendo un 1.07% más pesado respecto a los valores de los pesos menores a mayores, en todos los vaciados se guarda la relación de peso superior del concreto con cemento Wari IP respecto al cemento Yura IP, se podría concluir que al usarse el cemento Wari IP se tendrá un concreto más pesado.

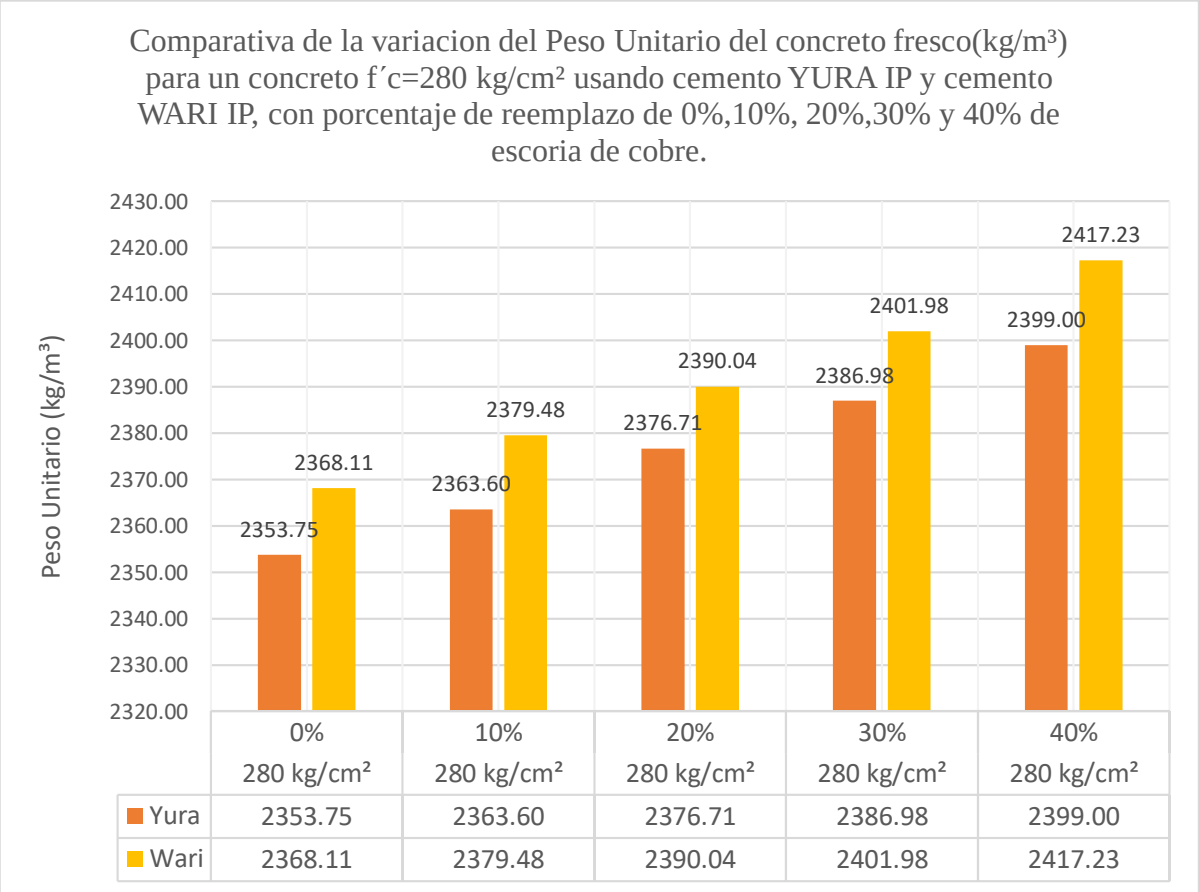


Figura 86 Comparativa de la variación del Peso Unitario del concreto fresco(kg/m³) para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.3. Temperatura

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=210 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que la temperatura que posee el concreto con cemento Wari IP es superior a la temperatura que posee concreto con cemento Yura IP, siendo un 4.30% más elevado respecto a los valores del promedio del concreto con cemento Yura IP a comparación del promedio de temperaturas del concreto con cemento Wari IP, se podría concluir que al usarse el cemento Wari IP se tendrá un concreto con una temperatura ligeramente mayor; además se puede notar que el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre con mayor variación de temperatura es el de 30%, dando una diferencia de 7.49%.

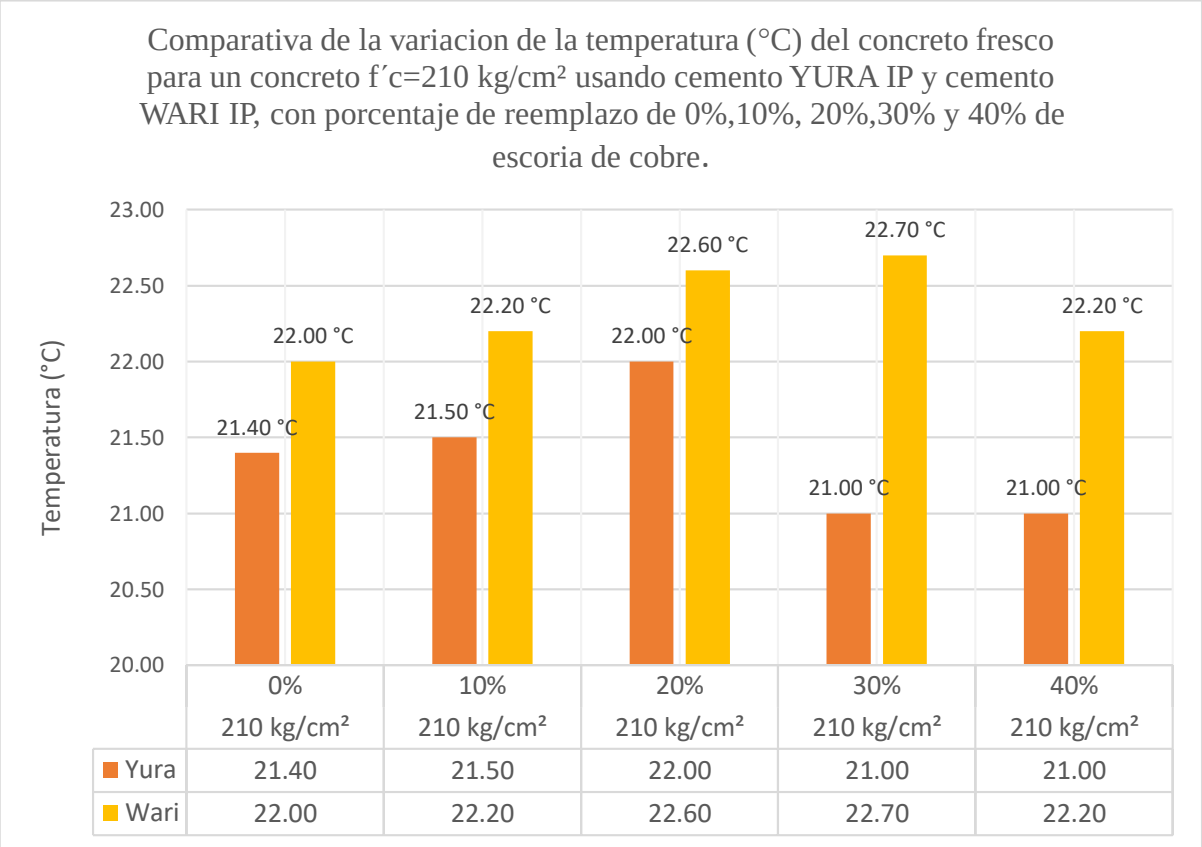


Figura 87 Comparativa de la variación de la temperatura (°C) del concreto fresco para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=280 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que la temperatura que posee el concreto con cemento Wari IP es superior a la temperatura que posee concreto con cemento Yura IP, siendo un 6.12% más elevado respecto a los valores del promedio del concreto con cemento Yura IP a comparación del promedio de temperaturas del concreto con cemento Wari IP, se podría concluir que al usarse el cemento Wari IP se tendrá un concreto con una temperatura ligeramente mayor; además se puede notar que el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre con mayor variación de temperatura es el de 20%, dando una diferencia de 10.31%.

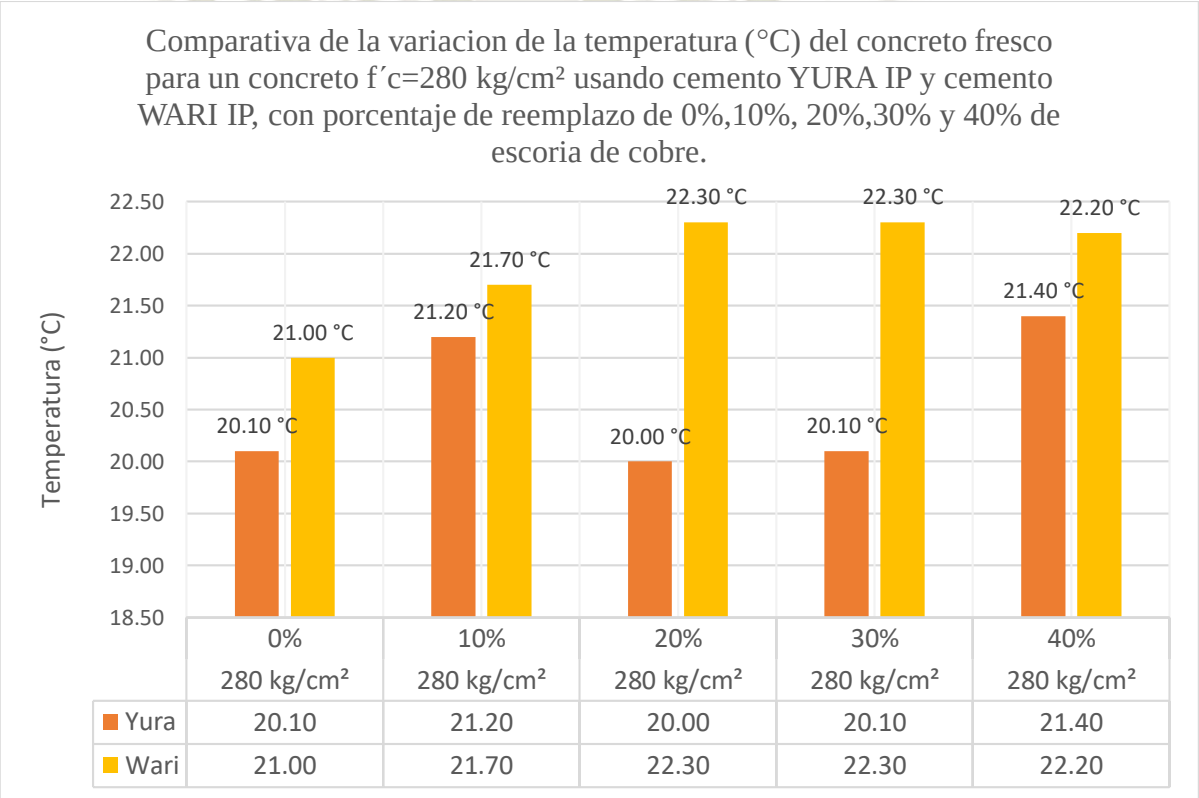


Figura 88 Comparativa de la variacion de la temperatura (°C) del concreto fresco para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento yura IP y cemento wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.4. Exudación

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DE LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=210 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que la exudación del concreto con cemento Wari IP es ligeramente mayor en comparación al concreto con cemento Yura IP, en relación a los porcentajes de reemplazo de escoria de cobre se puede observar que la mayor diferencia de exudación entre cementos se da al 40% de reemplazo, con una variación del 99.74%, el promedio de exudación entre porcentajes de adición del concreto con cemento Yura IP es de 4.04%, en cambio el promedio de exudación entre porcentajes de adición del concreto con cemento Wari IP es de 6.89% logrando una diferencia de 2.85%, se puede concluir que el concreto con cemento Wari IP posee una exudación mayor al concreto con cemento Yura IP.

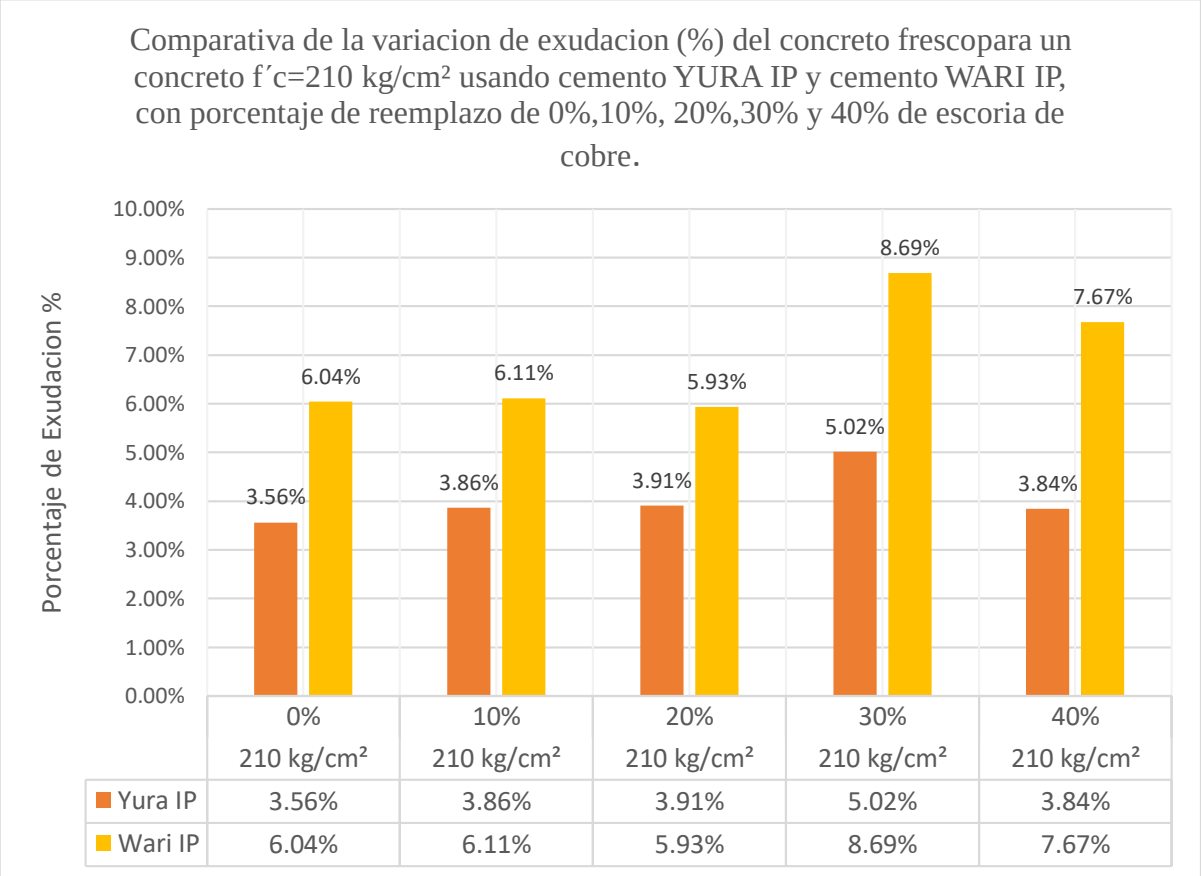


Figura 89 Comparativa de la variación de exudación (%) del concreto fresco para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre. (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

COMPARATIVA DE LA VARIACIÓN DE LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO FRESCO PARA UN CONCRETO f´c=280 kg/cm² USANDO CEMENTO YURA IP Y CEMENTO WARI IP

Se puede observar que la exudación del concreto con cemento Wari IP es ligeramente mayor en comparación al concreto con cemento Yura IP, pero eso se da en valores de reemplazo de 0, 30 y 40%, a diferencia de trabajar con 10 y 20% de reemplazo donde el cemento Yura IP tiene un ligero aumento a comparación del cemento Warip IP, en relación a los porcentajes de reemplazo de escoria de cobre se puede observar que la mayor diferencia de exudación entre cementos se da al 20% de reemplazo, con una variación del 26.21%, el promedio de exudación entre porcentajes de adición del concreto con cemento Yura IP es de 4.40%, en cambio el promedio de exudación entre porcentajes de adición del concreto con cemento Wari IP es de 4.58% logrando una diferencia de 0.18%, se puede concluir que el concreto con cemento Wari IP posee una exudación ligeramente mayor al concreto con cemento Yura IP.

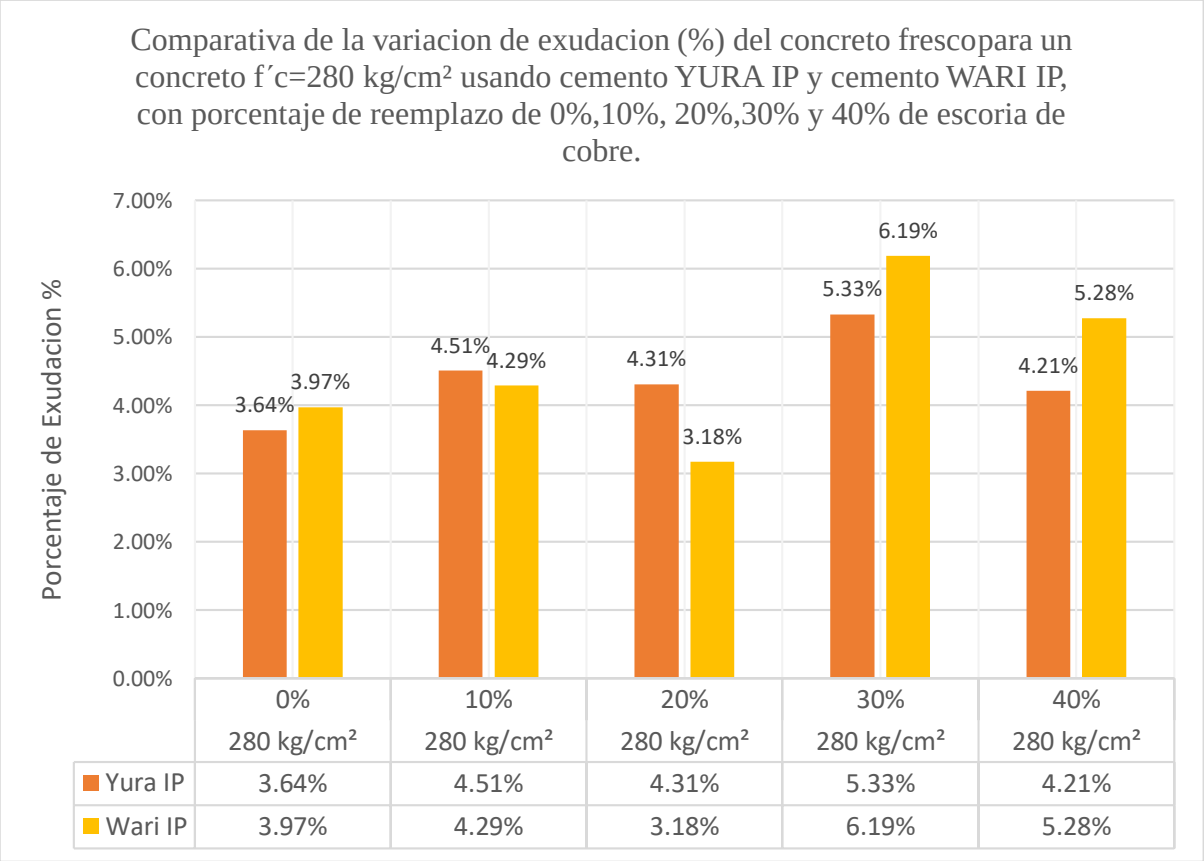


Figura 90 Comparativa de la variación de exudación (%) del concreto fresco para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento yura IP y cemento wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre. (Fuente propia)

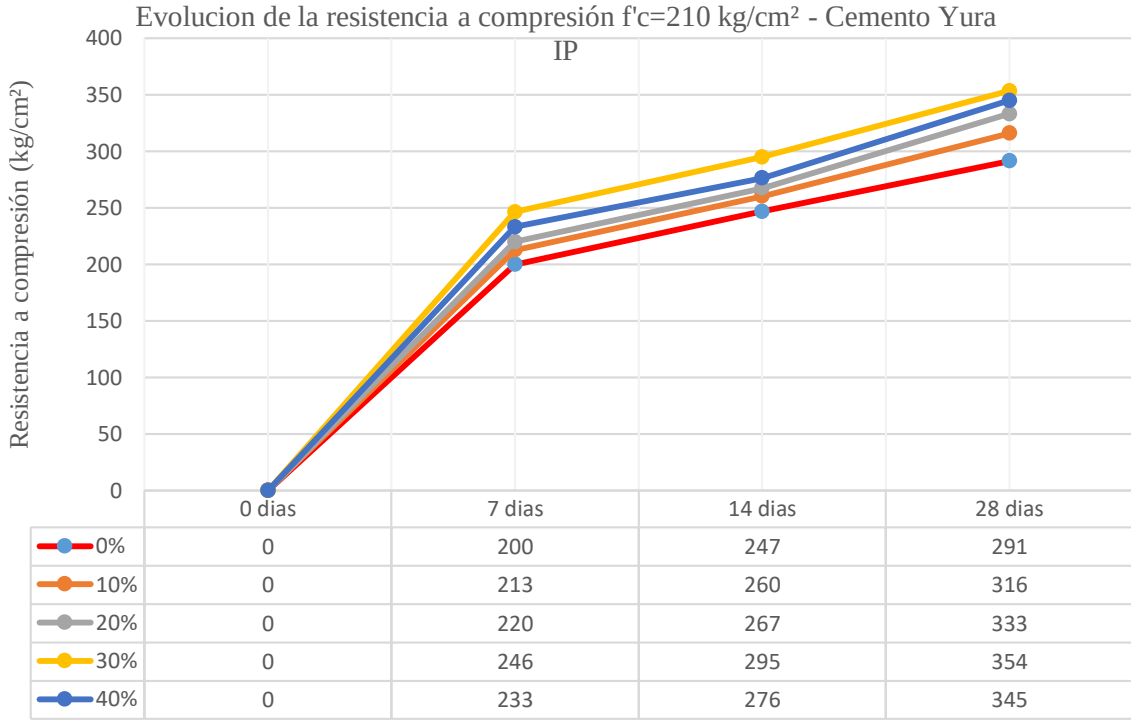
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.5. Resistencia a la compresión

6.3.5.1. Evolución de la resistencia a compresión para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² como reemplazo de un 0%,10%, 20%, 30%, 40% de agregado fino por escoria de cobre para los 7,14 y 28 días



	0 dias	7 dias	14 dias	28 dias
0%	0	200	247	291
10%	0	213	260	316
20%	0	220	267	333
30%	0	246	295	354
40%	0	233	276	345

Figura 91 Evolución de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - Cemento Yura IP (Fuente propia)

Se puede observar en la figura 91 que para la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores resultados los concretos con 10%, 20%, 30% y 40 % de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP a los 28 días:

- Con 0% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una reducción de 0.88% de resistencia a compresión menor al concreto patrón de diseño.

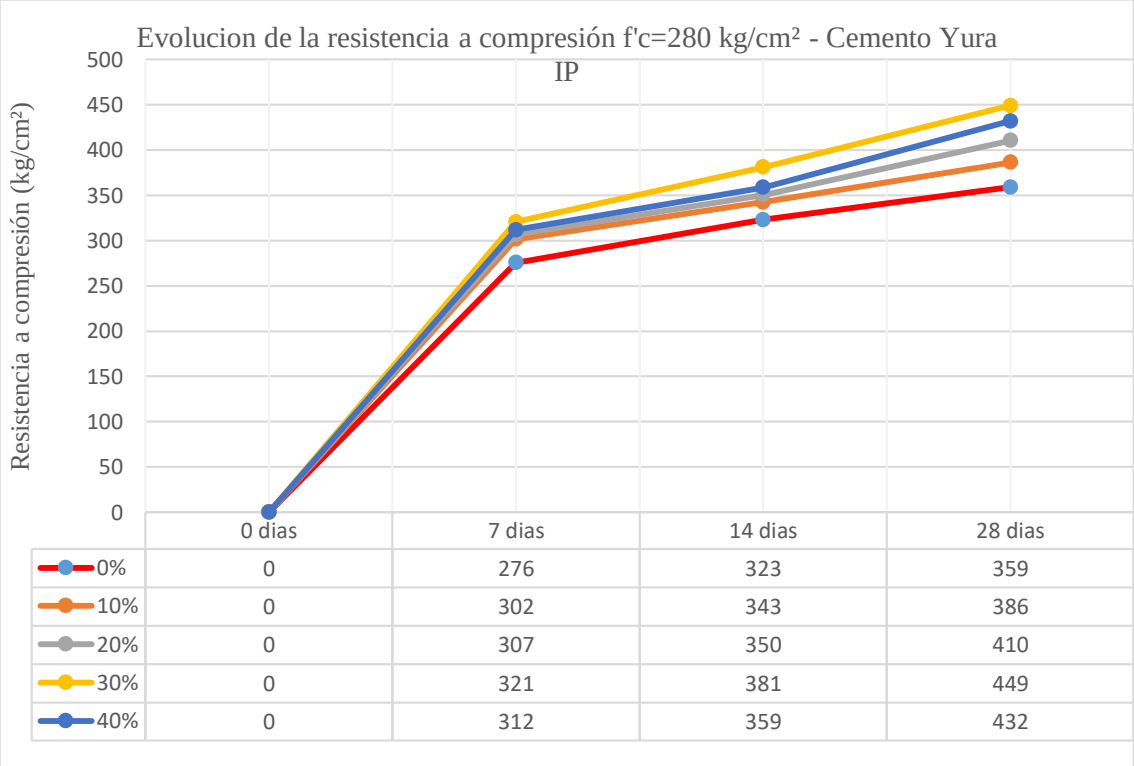
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 7.45% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 13.33% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 20.24% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 17.33% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias a compresión más altas para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP se obtuvieron con un 30% de reemplazo de escoria de cobre a los 7, 14 y 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 10%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.



	0 dias	7 dias	14 dias	28 dias
0%	0	276	323	359
10%	0	302	343	386
20%	0	307	350	410
30%	0	321	381	449
40%	0	312	359	432

Figura 92 Evolución de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - Cemento Yura IP. (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se puede observar en la figura 92 que para la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores resultados los concretos con 10%, 20%, 30% y 40 % de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP a los 28 días:

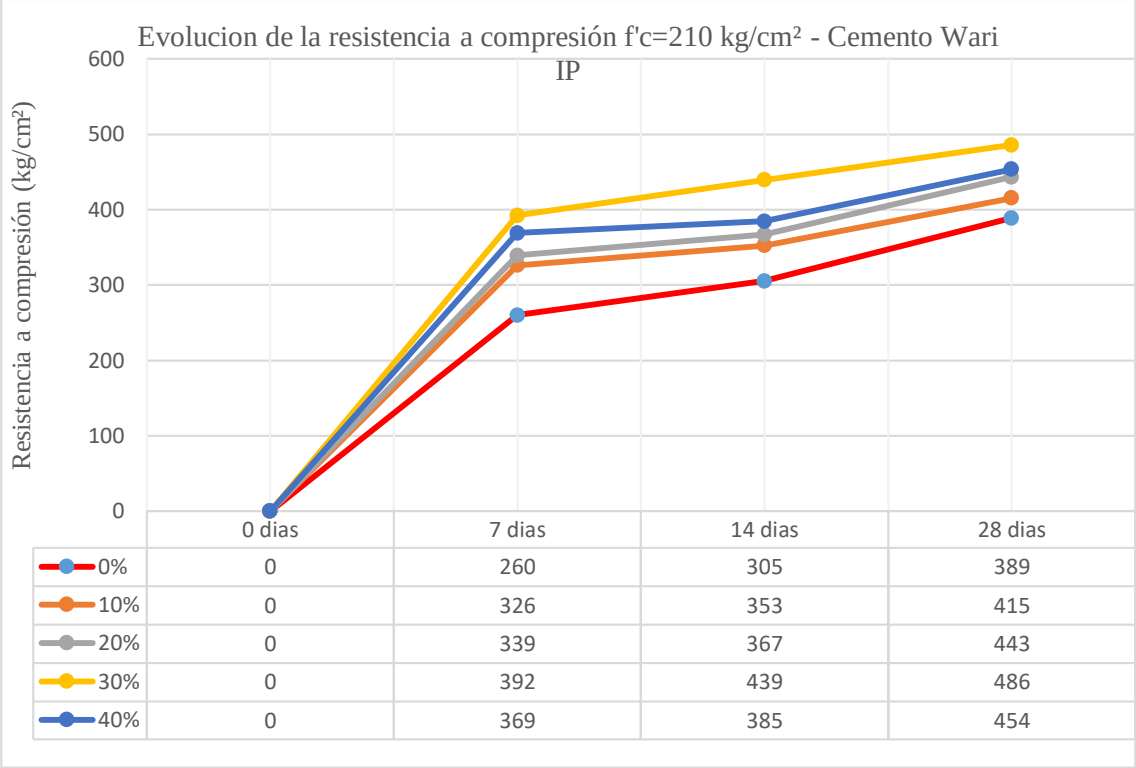
- Con 0% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una reducción de 1.40% de resistencia a compresión menor al concreto patrón de diseño.
- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 6.14% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 12.77% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 23.36% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 18.72% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias a compresión más altas para un concreto f'c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP se obtuvieron con un 30% de reemplazo de escoria de cobre a los 7, 14 y 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 10%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



	0 dias	7 dias	14 dias	28 dias
0%	0	260	305	389
10%	0	326	353	415
20%	0	339	367	443
30%	0	392	439	486
40%	0	369	385	454

Figura 93 Evolución de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - Cemento Wari IP (Fuente propia)

Se puede observar en la figura 93 que para la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² usando cemento Wari IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores resultados los concretos con 10%, 20%, 30% y 40 % de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Wari IP a los 28 días:

- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 41.23% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 50.84% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 65.26% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.

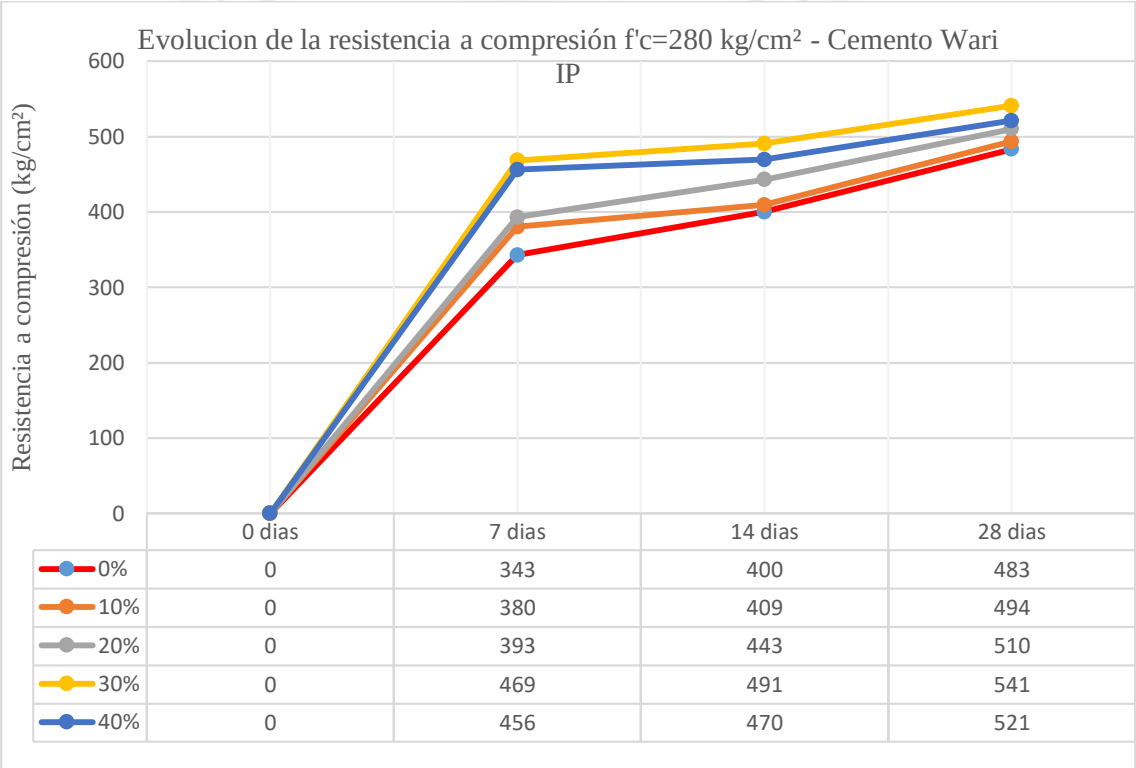
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 54.26% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias a compresión más altas para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Wari IP se obtuvieron con un 30% de reemplazo de escoria de cobre a los 7, 14 y 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 10%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.



	0 dias	7 dias	14 dias	28 dias
0%	0	343	400	483
10%	0	380	409	494
20%	0	393	443	510
30%	0	469	491	541
40%	0	456	470	521

Figura 94 Evolución de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - Cemento Wari IP (Fuente propia)

Se puede observar en la figura 94 que para la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² usando cemento Wari IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores resultados los concretos con 10%, 20%, 30% y 40 % de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=280 kg/cm² usando cemento Wari IP a los 28 días:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Con 0% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una reducción de 32.74% de resistencia a compresión menor al concreto patrón de diseño.
- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 35.58% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 40.10% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 48.65% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 43.15% de resistencia a compresión mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias a compresión más altas para un concreto f'c=280 kg/cm usando cemento Wari IP se obtuvieron con un 30% de reemplazo de escoria de cobre a los 7, 14 y 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 10%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.5.2. Análisis comparativo de resistencia a compresión para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² como reemplazo de un 0%,10%, 20%, 30%, 40% de agregado fino por escoria de cobre para los 7,14 y 28 días de curado

7 Días De Curado

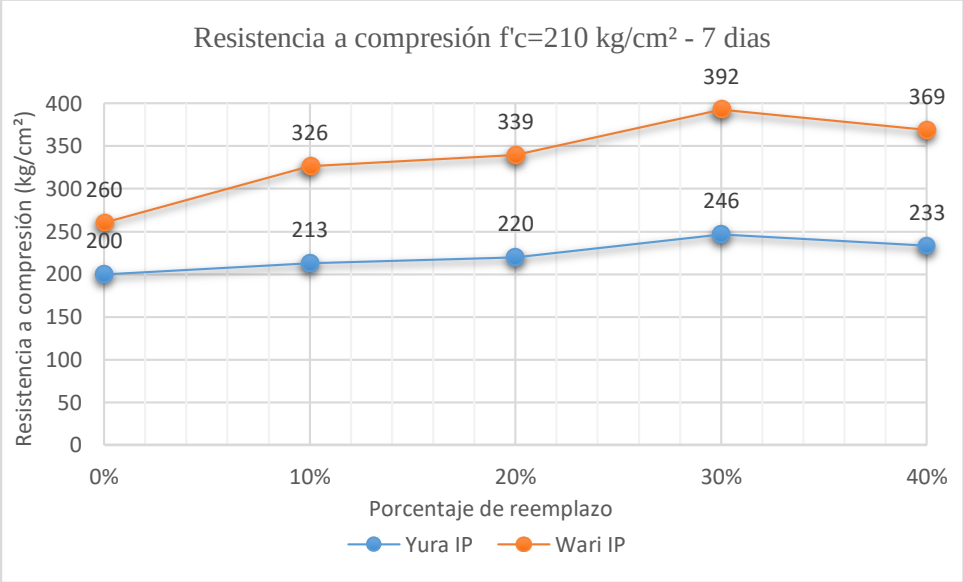


Figura 95 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - 7 días (Fuente propia)

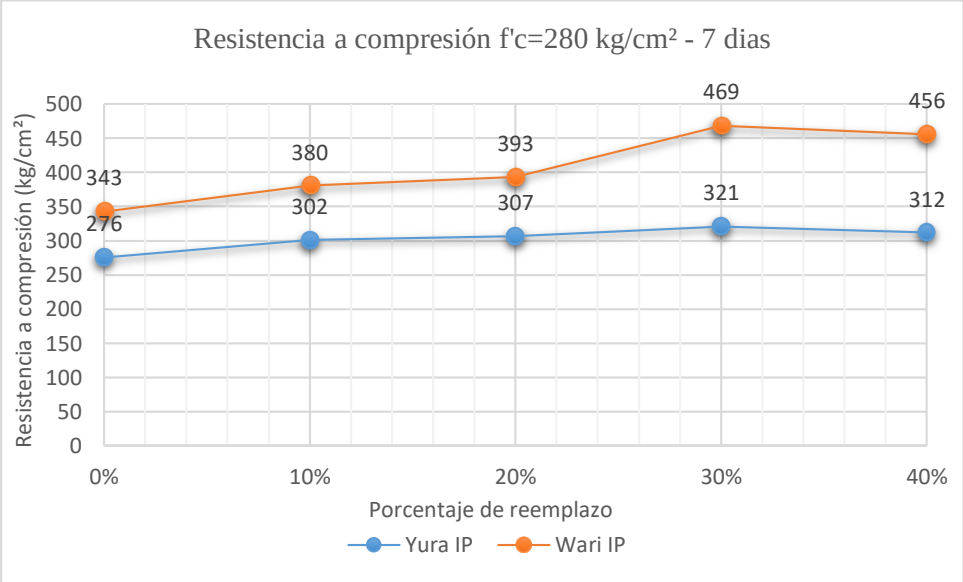


Figura 96 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - 7 días (Fuente propia)

Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² y f'c=280 kg/cm² a los 7 días, el cemento Wari IP presenta valores más altos de resistencia a

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

compresión en comparación con el cemento Yura IP en 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Para el diseño más óptimo con 30% de reemplazo de escoria de cobre, se determina la influencia del uso del cemento Wari IP contra el cemento Yura IP:

- Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² el cemento Wari presenta un 59.24% de mejora en comparación del cemento Yura IP
- Para una resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² el cemento Wari presenta un 46.06% de mejora en comparación del cemento Yura IP

14 Días De Curado

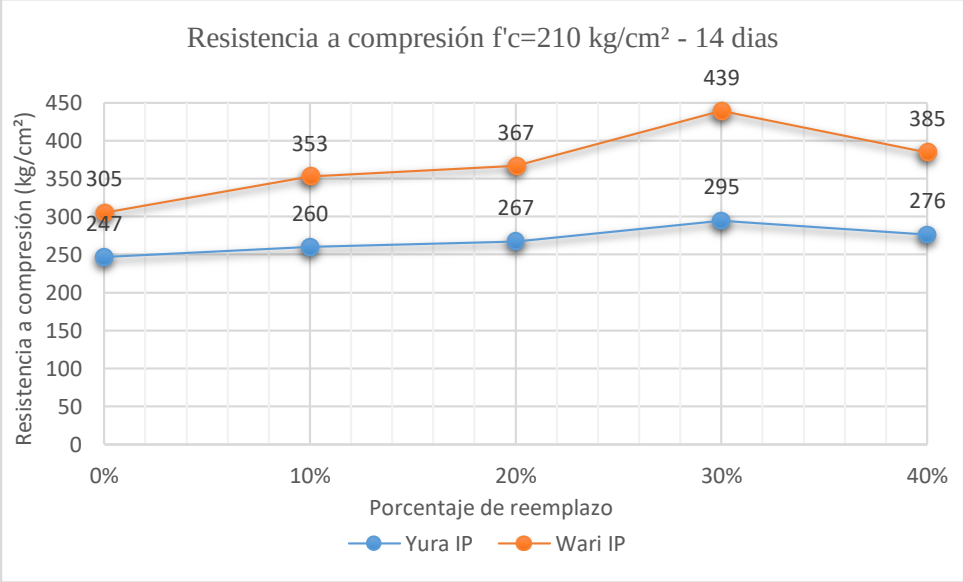


Figura 97 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - 14 días (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

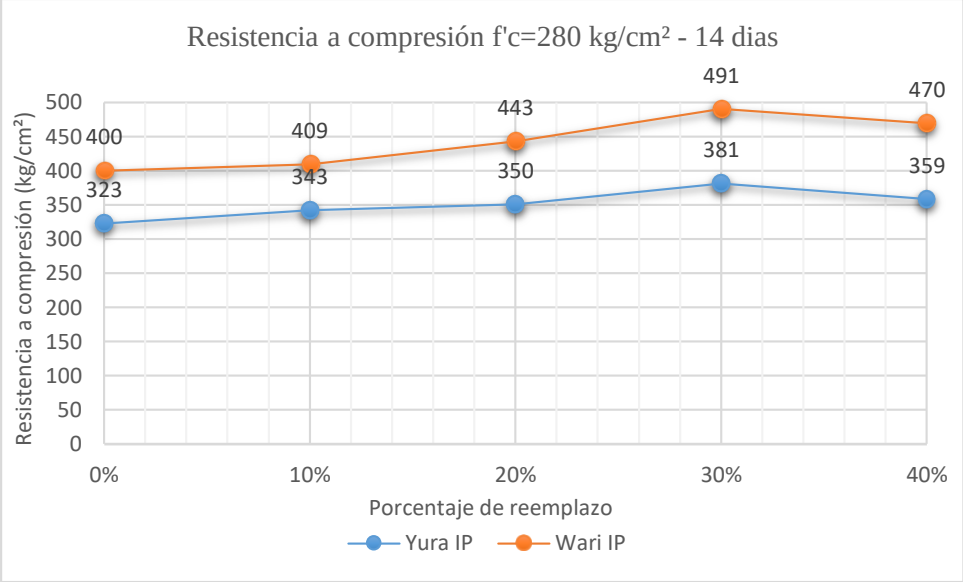


Figura 98 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - 14 días (Fuente propia)

Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² y f'c=280 kg/cm² a los 14 días, el cemento Wari IP presenta valores más altos de resistencia a compresión en comparación con el cemento Yura IP en 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Para el diseño más óptimo con 30% de reemplazo de escoria de cobre, se determina la influencia del uso del cemento Wari IP contra el centro Wari IP:

- Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² el cemento Wari presenta un 49.01% de mejora en comparación del cemento Yura IP
- Para una resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² el cemento Wari presenta un 28.77% de mejora en comparación del cemento Yura IP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

28 Días De Curado

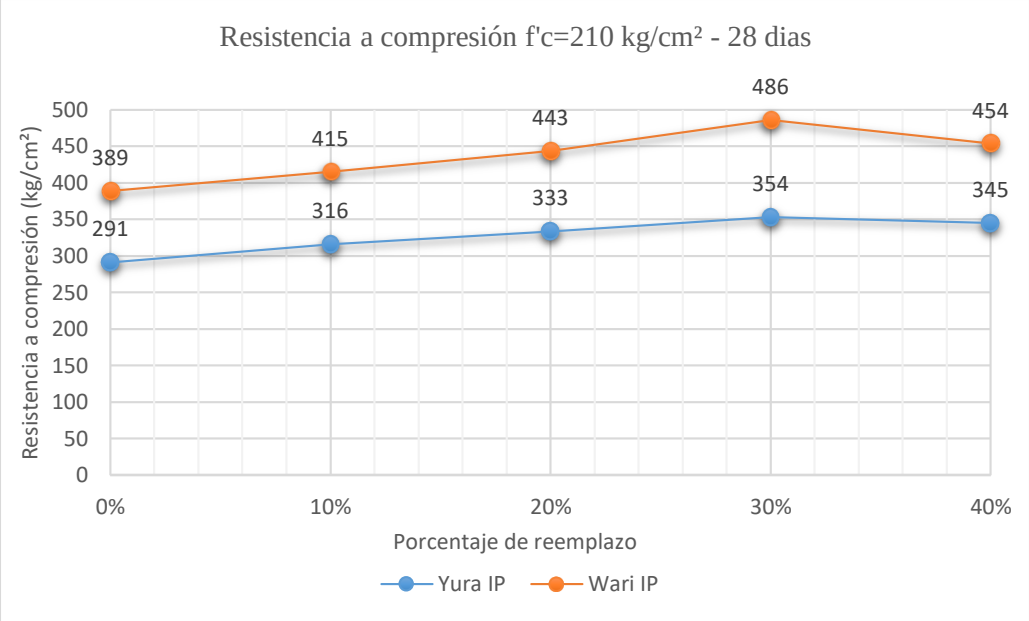


Figura 99 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² - 28 días (Fuente propia)

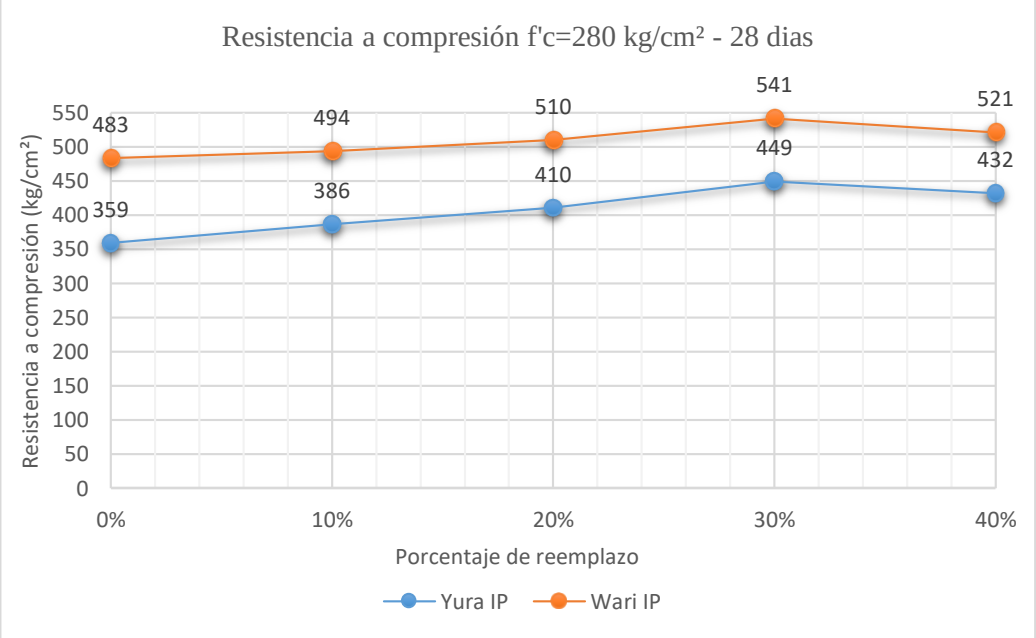


Figura 100 Comparativa de la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² - 28 dias (Fuente propia)

Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² y f'c=280 kg/cm² a los 28 días, el cemento Wari IP presenta valores más altos de resistencia a compresión en comparación con el cemento Yura IP en 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

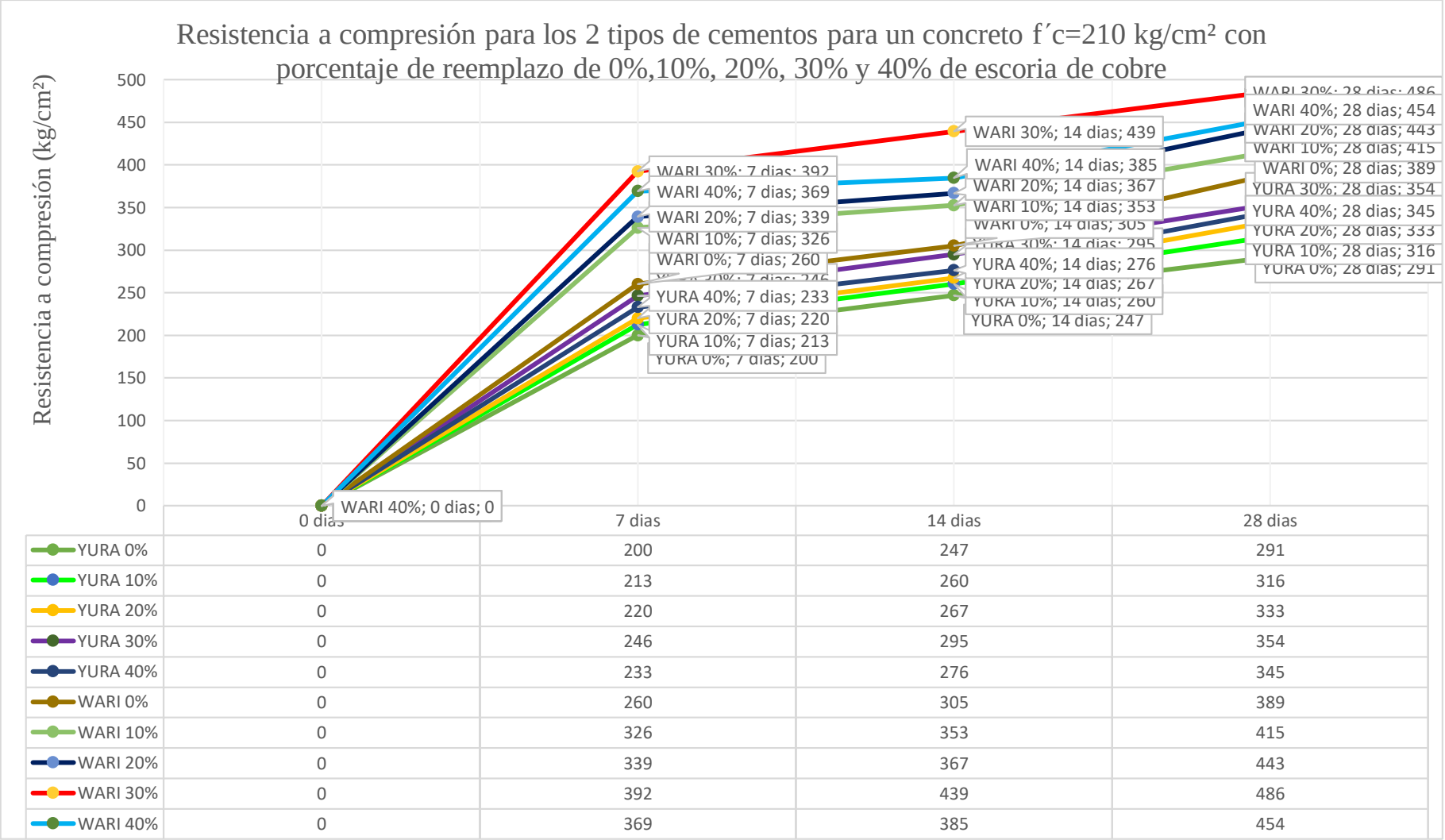
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para el diseño más óptimo con 30% de reemplazo de escoria de cobre, se determina la influencia del uso del cemento Wari IP contra el centro Wari IP:

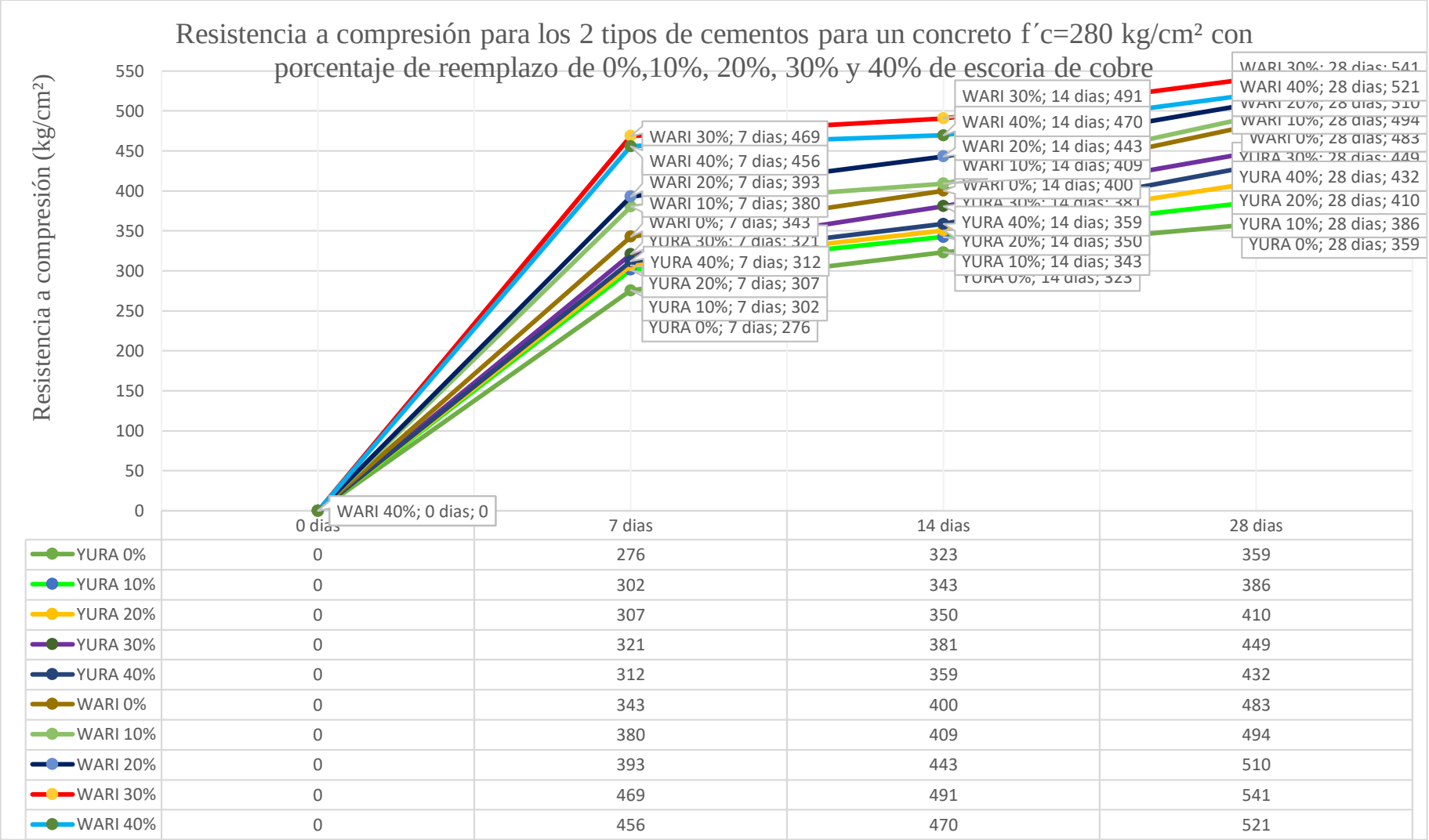
- Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² el cemento Wari presenta un 37.43% de mejora en comparación del cemento Yura IP
- Para una resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² el cemento Wari presenta un 20.50% de mejora en comparación del cemento Yura IP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



	0 dias	7 dias	14 dias	28 dias
YURA 0%	0	200	247	291
YURA 10%	0	213	260	316
YURA 20%	0	220	267	333
YURA 30%	0	246	295	354
YURA 40%	0	233	276	345
WARI 0%	0	260	305	389
WARI 10%	0	326	353	415
WARI 20%	0	339	367	443
WARI 30%	0	392	439	486
WARI 40%	0	369	385	454

Figura 101 Análisis comparativo de resistencia a compresión para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre
(Fuente propia)



	0 dias	7 dias	14 dias	28 dias
YURA 0%	0	276	323	359
YURA 10%	0	302	343	386
YURA 20%	0	307	350	410
YURA 30%	0	321	381	449
YURA 40%	0	312	359	432
WARI 0%	0	343	400	483
WARI 10%	0	380	409	494
WARI 20%	0	393	443	510
WARI 30%	0	469	491	541
WARI 40%	0	456	470	521

Figura 102 Análisis comparativo de resistencia a compresión para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=280 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.6. Resistencia a la tracción

6.3.6.1. Evolución de la resistencia a compresión para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² como reemplazo de un 0%,10%, 20%, 30%, 40% de agregado fino por escoria de cobre para los 7,14 y 28 días

Concreto f´c=210 kg/cm².

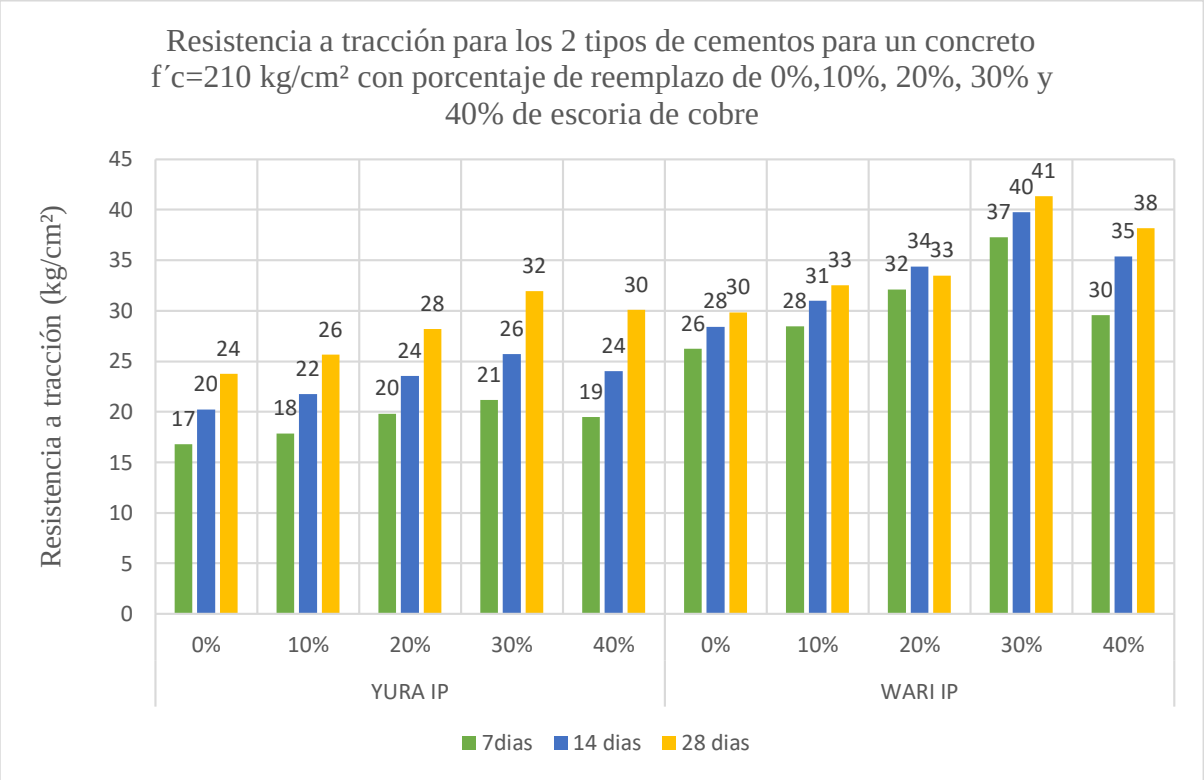


Figura 103 Comparativa de la resistencia a tracción para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre
(Fuente propia)

En la figura 103 se observan los resultados de resistencia a tracción para un concreto f´c=210 kg/cm² usado cemento Yura IP y cemento Wari IP con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre, donde podemos apreciar claramente que todos los resultados a 28 días superan el 10% de resistencia de diseño.

Los valores más altos de resistencia a tracción se obtuvieron al reemplazar un 30% de escoria de cobre tanto como para el cemento Yura IP como para el cemento Wari IP con 32 kg/cm² y 41 kg/cm² respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usándolos los dos tipos de cemento a los 28 días, se puede observar:

- Con 0% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 25.55% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.
- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 26.71% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 18.64% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 29.57% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 26.95% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Concreto f´c=280 kg/cm².

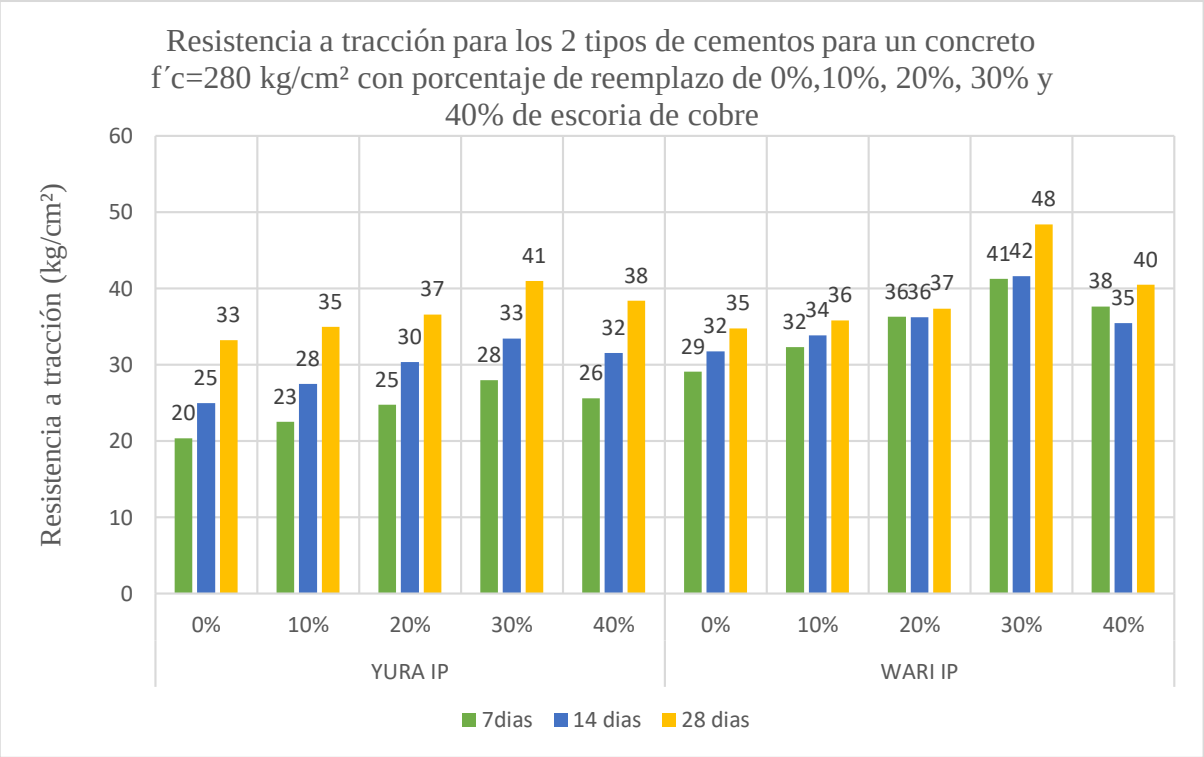


Figura 104 Comparativa de la resistencia a tracción para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=280 kg/cm² con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre
(Fuente propia)

En la figura 104 se observan los resultados de resistencia a tracción para un concreto f´c=280 kg/cm² usado cemento Yura IP y cemento Wari IP con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%, 30% y 40% de escoria de cobre, donde podemos apreciar claramente que todos los resultados a 28 días superan el 10% de resistencia de diseño.

Los valores más altos de resistencia a tracción se obtuvieron al reemplazar un 30% de escoria de cobre tanto como para el cemento Yura IP como para el cemento Wari IP con 41 kg/cm² y 48 kg/cm² respectivamente.

La influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usándolos los dos tipos de cemento a los 28 días, se puede observar:

- Con 0% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 4.60% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 2.43% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 2.16% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 18.02% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio con relación a la resistencia compresión una mejora de 5.42% con uso del cemento Wari IP en comparación con el uso del cemento Yura IP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.6.2. Análisis comparativo de resistencia a tracción por compresión diametral para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² Y f´c=280 kg/cm² como reemplazo de un 0%,10%, 20%, 30%, 40% % de agregado fino por escoria de cobre para los 7,14 y 28 días de curado

7 Días De Curado

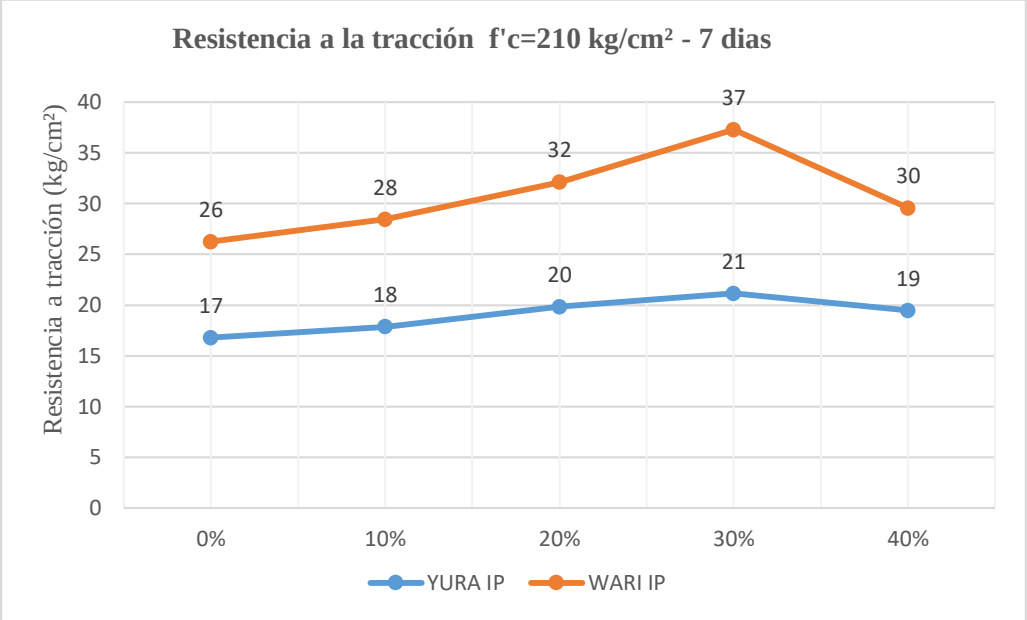


Figura 105 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=210 kg/cm² 7 días (Fuente propia)

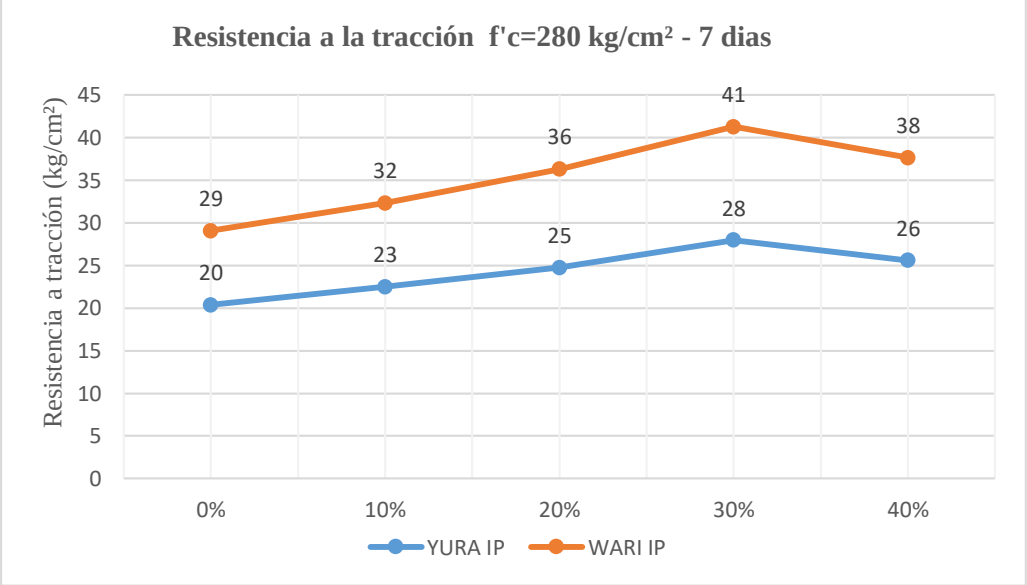


Figura 106 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=280 kg/cm² 7 días (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² y f'c=280 kg/cm² a los 7 días, el cemento Wari IP presenta valores más altos de resistencia a tracción en comparación con el cemento Yura IP en 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

El diseño más óptimo es el 30% de reemplazo de escoria de cobre, donde le brinda propiedades más resistentes, además se puede observar en la figura:

- Para una resistencia a tracción f'c=210 kg/cm² que todos lo concretos con edades tempranas alcanzan una resistencia a tracción a 7 días que superan el 10% de diseño usando cemento Wari IP que a comparación del uso del cemento Yura IP solo supera el concreto cuando hay un 30% de reemplazo de escoria de cobre.
- Para una resistencia a tracción f'c=280 kg/cm² que todos lo concretos con edades tempranas alcanzan una resistencia a tracción a 7 días que superan el 10% de diseño usando cemento Wari IP que a comparación del uso del cemento Yura IP solo alcanza el concreto cuando hay un 30% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

14 Días De Curado

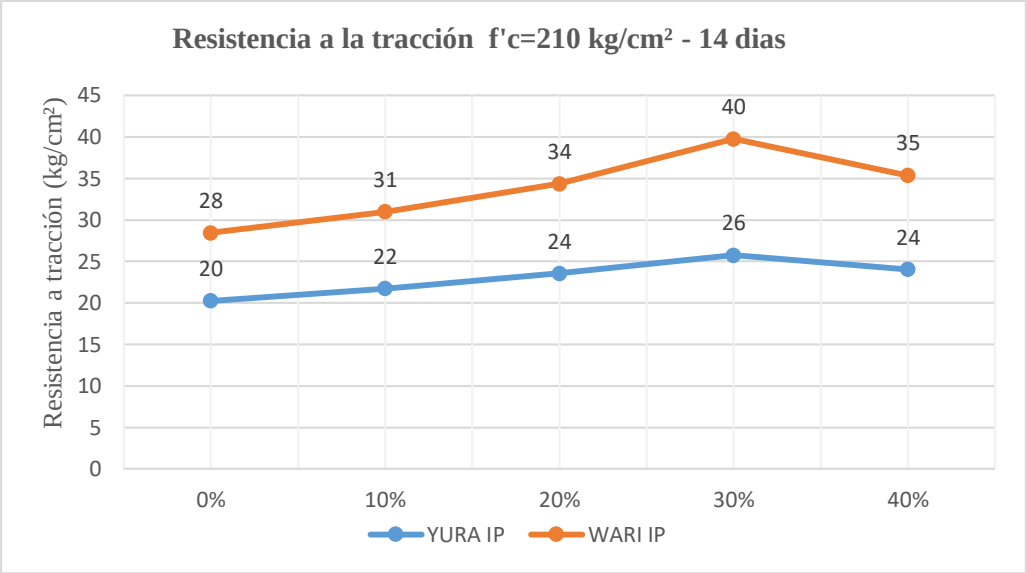


Figura 107 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=210 kg/cm² 14 días (Fuente propia)

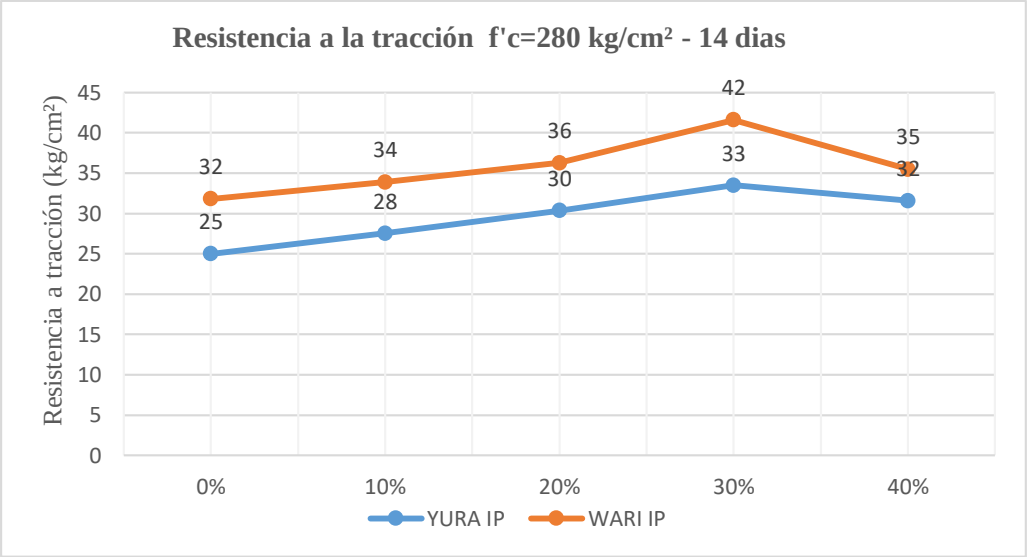


Figura 108 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=280 kg/cm² 14 días (Fuente propia)

Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² y f'c=280 kg/cm² a los 14 días, el cemento Wari IP presenta valores más altos de resistencia a tracción en comparación con el cemento Yura IP en 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

El diseño más óptimo es el 30% de reemplazo de escoria de cobre, donde le brinda propiedades más resistentes, además se puede observar en la figura:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Para una resistencia a tracción f'c=210 kg/cm² que todos los concretos alcanzan una resistencia a tracción a 14 días que superan el 10% de diseño usando cemento Wari IP que a comparación del uso del cemento Yura IP solo supera el concreto cuando hay un 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.
- Para una resistencia a tracción f'c=280 kg/cm² que todos los concretos alcanzan una resistencia a tracción a 14 días que superan el 10% de diseño usando cemento Wari IP y cemento Yura IP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

28 Días De Curado

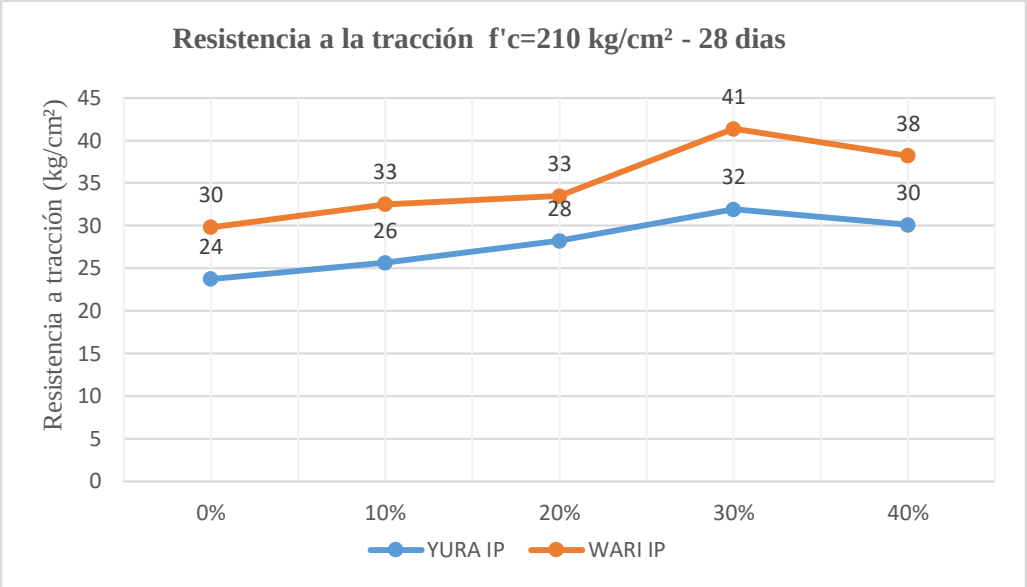


Figura 109 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=210 kg/cm² 28 días (Fuente propia)

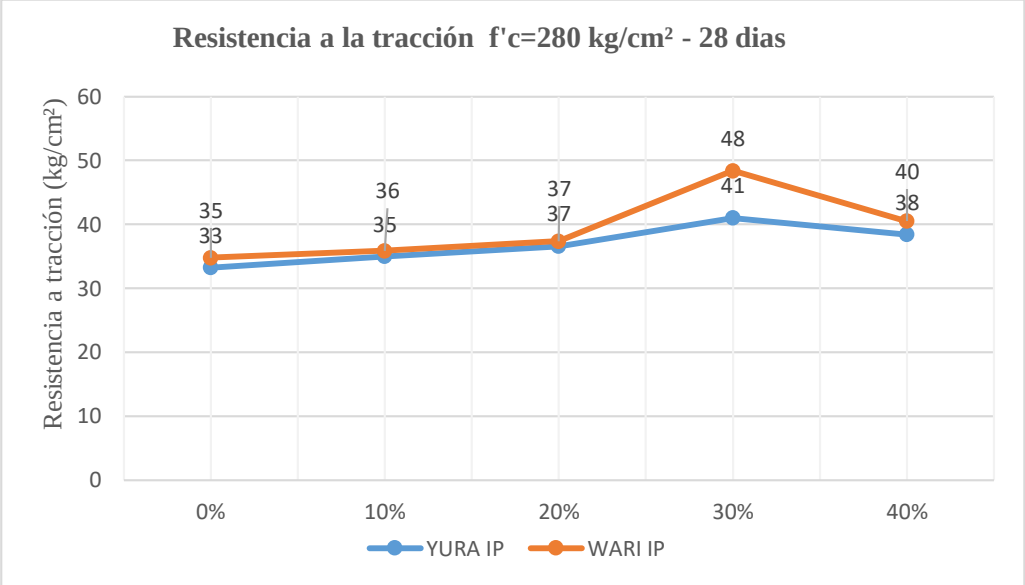


Figura 110 Comparativa de la resistencia a la tracción f'c=280 kg/cm² 28 días (Fuente propia)

Para una resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² y f'c=280 kg/cm² a los 28 días, el cemento Wari IP presenta valores ligeramente más altos de resistencia a tracción en comparación con el cemento Yura IP en 0%, 10%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre; a diferencia del concreto f'c=280 kg/cm²

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

hay un incremento radical de 18.02% de aumento de resistencia del cemento Wari IP con respecto al cemento Yura IP

El diseño más óptimo es el 30% de reemplazo de escoria de cobre, donde le brinda propiedades más resistentes, además se puede observar en la gráfica:

- Para una resistencia a tracción f'c=210 kg/cm² que todos los concretos alcanzan una resistencia a tracción a 28 días que superan el 10% de diseño usando cemento Wari IP y cemento Yura IP.
- Para una resistencia a tracción f'c=280 kg/cm² que todos los concretos alcanzan una resistencia a tracción a 28 días que superan el 10% de diseño usando cemento Wari IP y cemento Yura IP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.7. Resistencia a la flexión

6.3.7.1. Análisis comparativo de resistencia a flexión de vigas para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² con reemplazo de un 0%, 20%, 40% % de agregado fino por escoria de cobre para los 28 días de curado.

Se puede observar que el concreto con cemento Yura IP posee un incremento en relación a la resistencia a la flexión, dándole una mejora de 10.01% con un porcentaje de reemplazo en 0%, una mejora de 7.93% con un porcentaje de reemplazo de 20% y finalmente dándole una mejora de 13.61 % con un porcentaje de reemplazo de 40% de escoria de cobre respectivamente, comparándolas en relación a los resultados del concreto con cemento Wari IP.

Se puede observar en la figura que para la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores resultados a flexión en concretos con 0%, 20% y 40 % de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto con cemento Wari IP.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP a los 28 días:

- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 14.54% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 13.54% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Wari IP a los 28 días:

- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 17.18% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 9.09% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias a flexión más altas para un concreto f'c=210 kg/cm² se obtuvieron usando cemento Yura IP, con un 20% de reemplazo de escoria de cobre a los 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

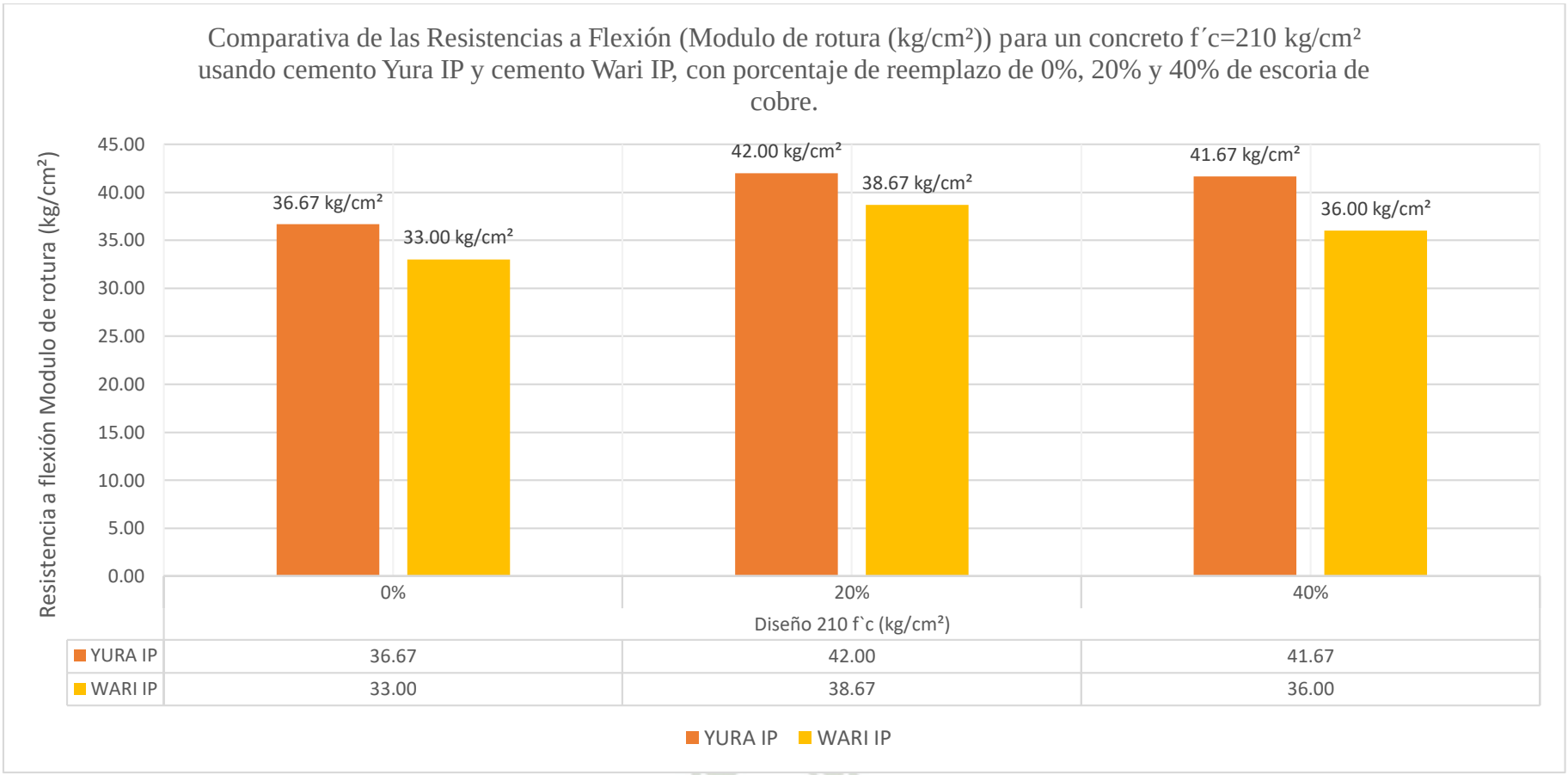


Figura 111 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (kg/cm²)) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

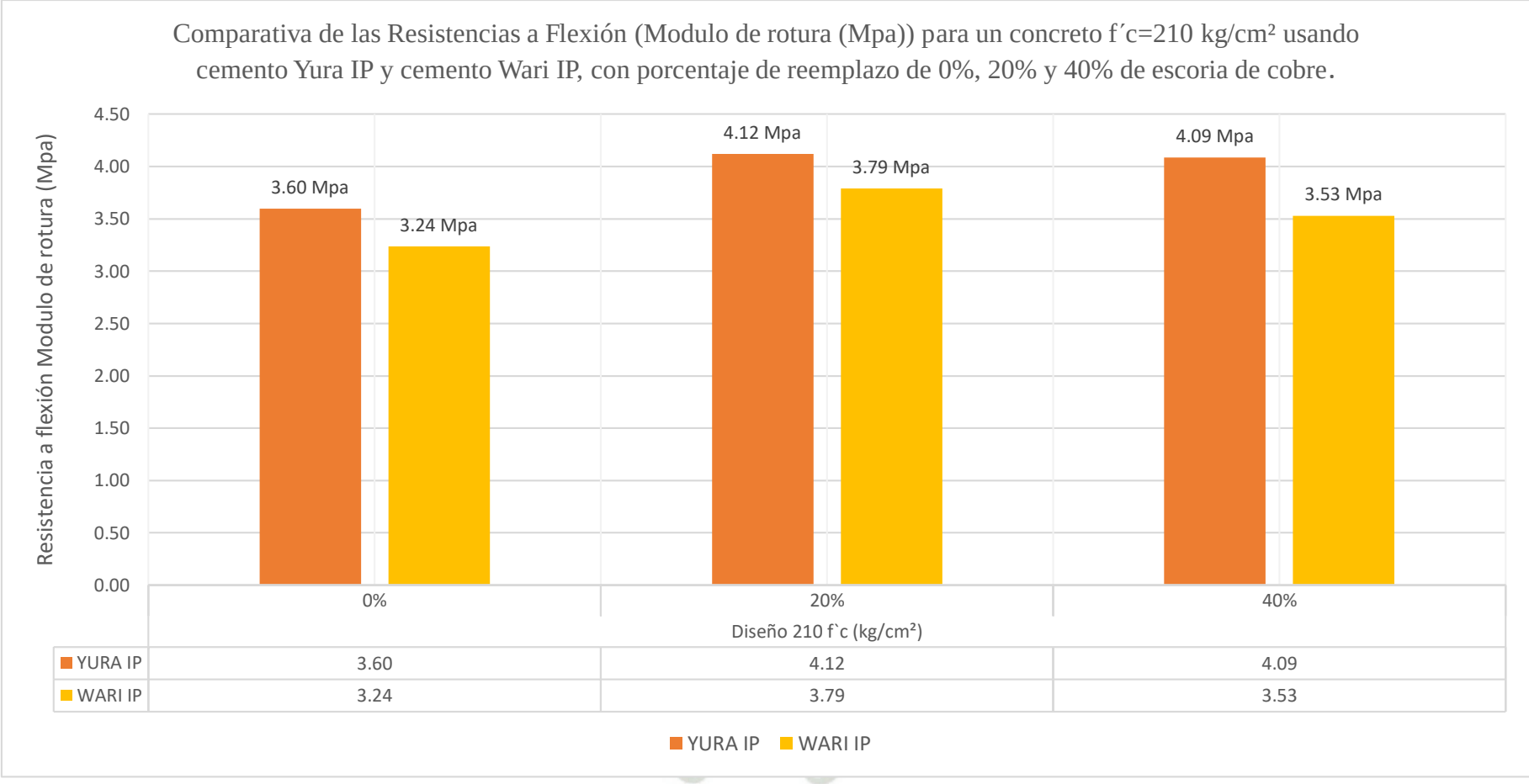


Figura 112 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (Mpa)) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.7.2. Análisis comparativo de resistencia a flexión de vigas para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=280 kg/cm² con reemplazo de un 0%, 20%, 40% % de agregado fino por escoria de cobre para los 28 días de curado.

Se puede observar que el concreto con cemento Yura IP posee un incremento en relación a la resistencia a la flexión, dándole una mejora de 12.5% con un porcentaje de reemplazo en 0%, una disminución de 0.75% con un porcentaje de reemplazo de 20% y finalmente dándole una mejora de 11.36 % con un porcentaje de reemplazo de 40% de escoria de cobre respectivamente, comparándolas en relación a los resultados del concreto con cemento Wari IP.

Se puede observar en la figura que para la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores resultados a flexión en concretos con 0% y 40 % de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto con cemento Wari IP, sin embargo, se puede observar que usando un 20% de escoria con cemento Wari IP, este concreto tiene una ligera mejora frente al concreto con cemento Yura IP.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP a los 28 días:

- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 9.09% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 9.10% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Wari IP a los 28 días:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 21.05% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 10.26% de resistencia a flexión mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias a flexión más altas para un concreto f'c=280 kg/cm² se obtuvieron usando cemento Wari IP, con un 20% de reemplazo de escoria de cobre a los 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

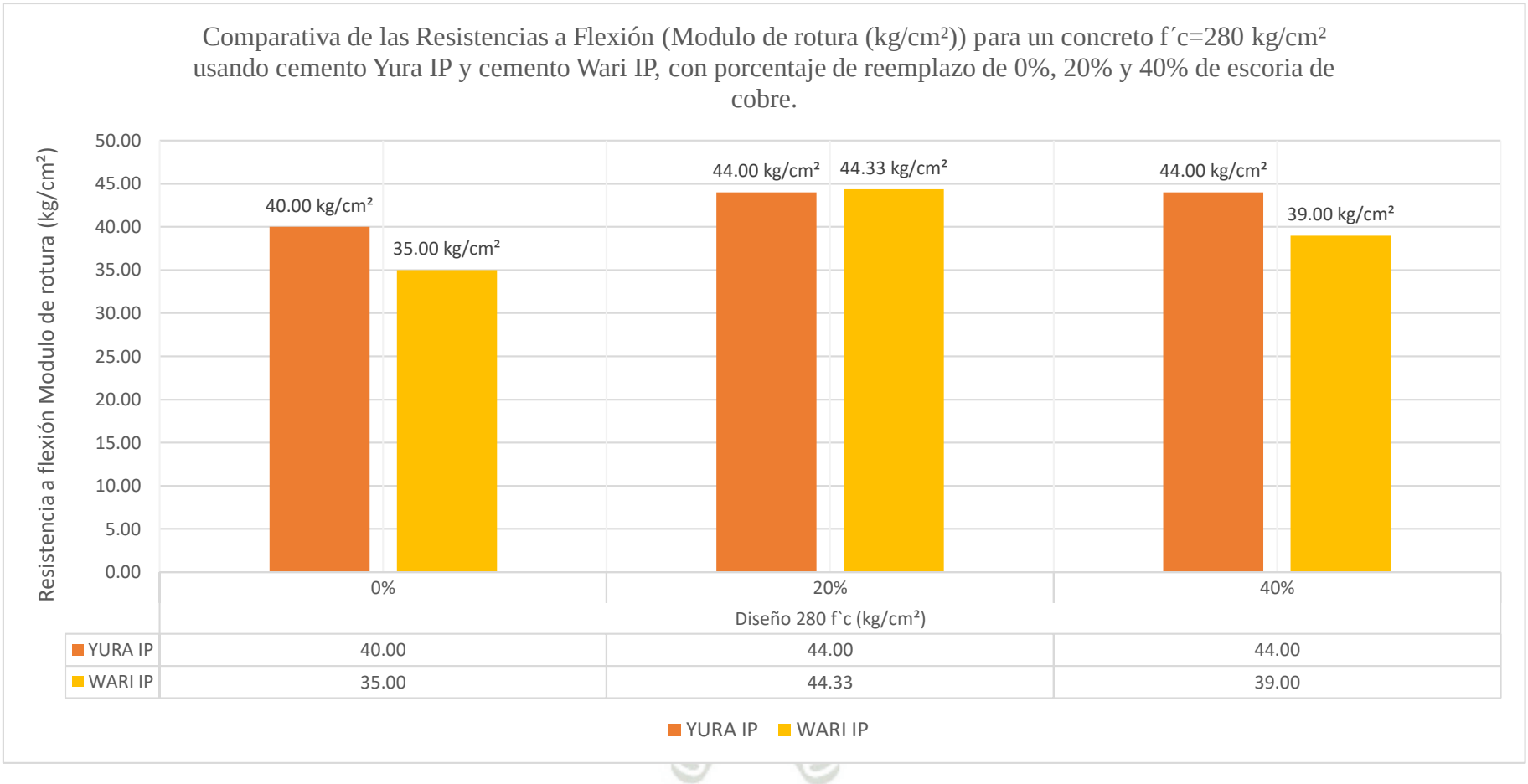


Figura 113 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (kg/cm²)) para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

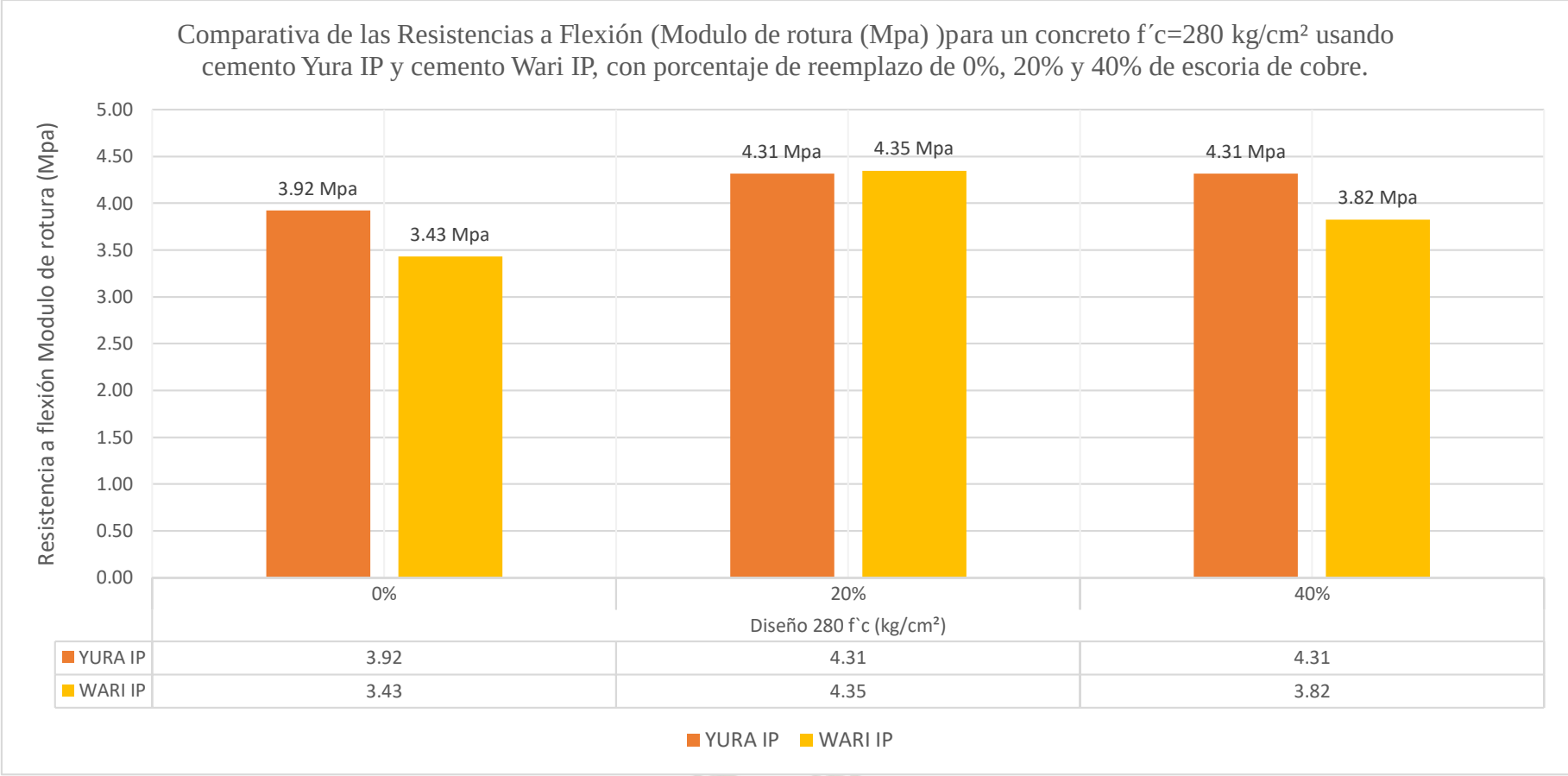


Figura 114 Comparativa de las Resistencias a Flexión (Modulo de rotura (Mpa))para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%, 20% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.8. Resistencia a la abrasión(desgaste)

6.3.8.1. Análisis comparativo de resistencia al desgaste en cubos de concreto de 5cm x 5cm de lado para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=210 kg/cm² con reemplazo de un 0%, 10%,20%, 30% y 40% de agregado fino por escoria de cobre para los 28 días de curado.

Se puede observar que el concreto con cemento Wari IP posee un incremento en relación a la resistencia al desgaste, dándole una mejora significativa comparándolas en relación a los resultados del concreto con cemento Yura IP.

- Con 0% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 3.45% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 5.60% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 5.82% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 3.57% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 4.26% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.

Se puede observar en la figura que para la resistencia a compresión f'c=210 kg/cm² usando cemento Wari IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores de resistencia al desgaste en concretos con 0%, 10%, 20%, 30% y 40 % de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto con cemento Yura IP.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP a los 28 días, comparados al diseño patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 0.29% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 5.28% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 6.56% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 10.69% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Wari IP a los 28 días:

- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 2.31% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 7.41% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 6.66% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 11.38% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias al desgaste más altas para un concreto f'c=210 kg/cm² se obtuvieron usando cemento Wari IP, con un 40% de reemplazo de escoria de cobre a los 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 10%, 20%,30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

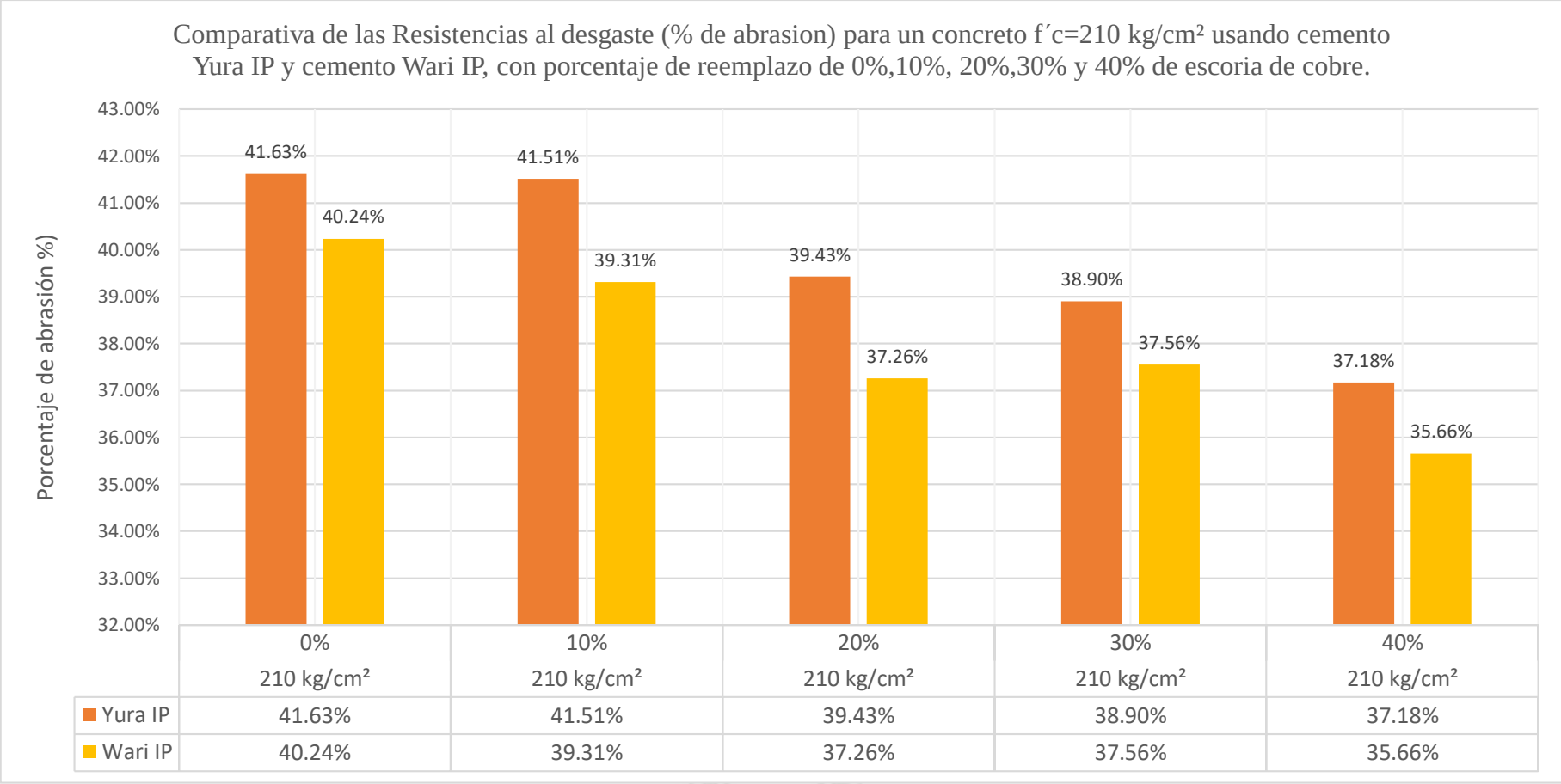


Figura 115 Comparativa de las Resistencias al desgaste (% de abrasión) para un concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.8.2. Análisis comparativo de resistencia al desgaste en cubos de concreto de 5cm x 5cm de lado para los 2 tipos de cementos para un concreto f´c=280 kg/cm² con reemplazo de un 0%, 10%,20%, 30% y 40% de agregado fino por escoria de cobre para los 28 días de curado.

Se puede observar que el concreto con cemento Wari IP posee un incremento en relación a la resistencia al desgaste, dándole una mejora significativa comparándolas en relación a los resultados del concreto con cemento Yura IP.

- Con 0% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una disminución de 1.10% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 0.93% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 0.81% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una mejora de 2.47% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre el concreto con cemento Wari IP presentan en promedio una disminución de 1.16% de resistencia al desgaste comparándolas al concreto con cemento Yura IP.

Se puede observar en la figura que para la resistencia a compresión f'c=280 kg/cm² usando cemento Wari IP con agregado grueso de 3/4", presentan mejores de resistencia al desgaste en concretos con 10%, 20% y 30% de reemplazo de escoria de cobre en comparación con el concreto con cemento Yura IP sin embargo, en los reemplazos de 0% y 40% se puede denotar que el concreto con cemento Yura IP una mejor resistencia al desgaste que en concreto con cemento Wari IP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP a los 28 días, comparados al diseño patrón.

- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una disminución de1.55% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 0.45% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 1.15% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 5.03% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.

Se puede determinar la influencia según el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre para un concreto f'c=280 kg/cm² usando cemento Wari IP a los 28 días:

- Con 10% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 0.48% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 20% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 2.33% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 30% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 4.58% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.
- Con 40% de reemplazo de escoria de cobre presentan en promedio una mejora de 4.98% de resistencia al desgaste mayor al concreto patrón de diseño.

Las resistencias al desgaste más altas para un concreto f'c=280 kg/cm² se obtuvieron usando cemento Wari IP y Yura IP, con un 40% de reemplazo de escoria de cobre a los 28 días por lo que es el diseño más óptimo frente a un concreto con 0%, 10%, 20%,30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

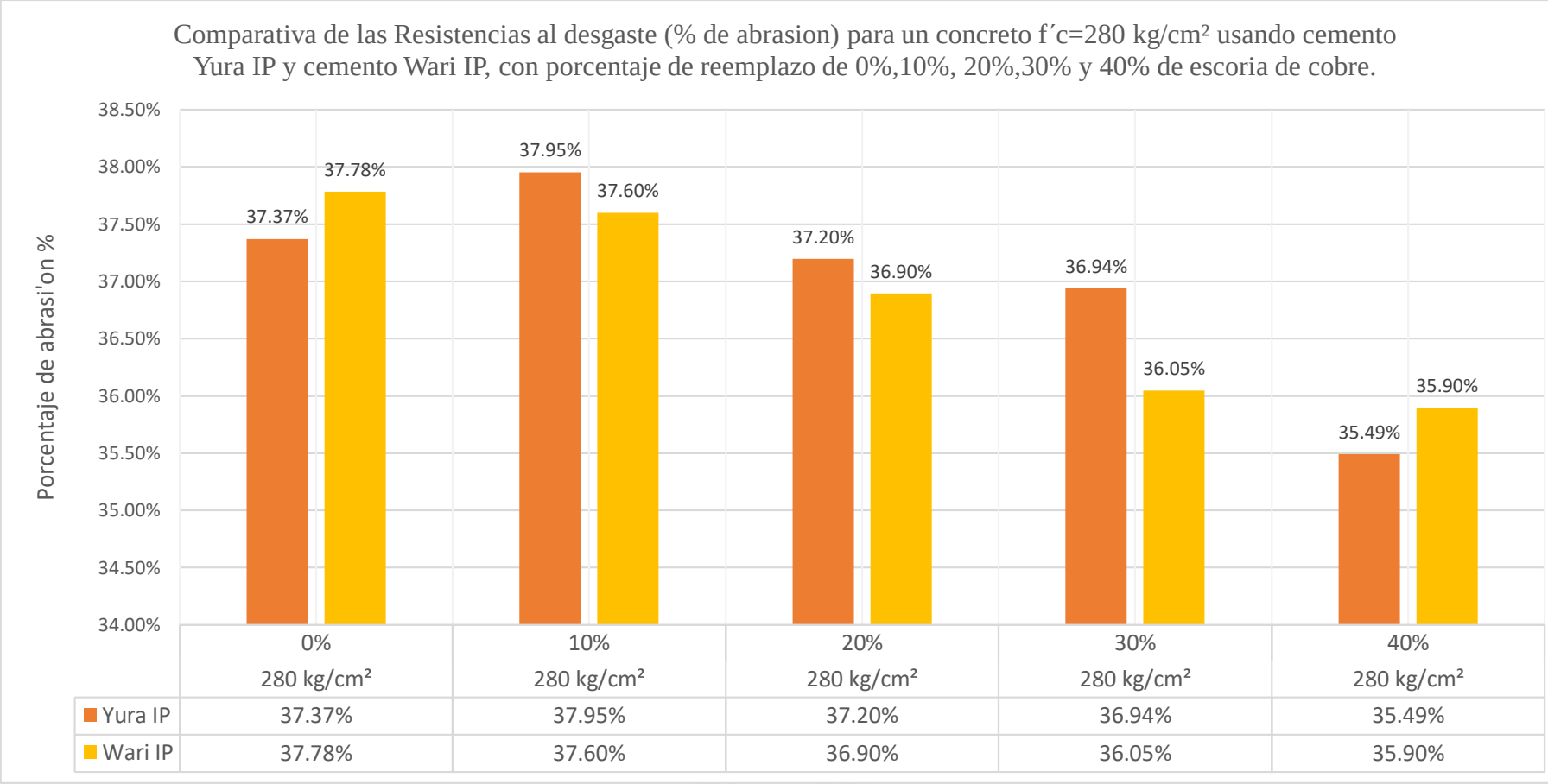


Figura 116 Comparativa de las Resistencias al desgaste (% de abrasión) para un concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP, con porcentaje de reemplazo de 0%,10%, 20%,30% y 40% de escoria de cobre.
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO VII

7. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

7.1. Análisis de costos unitarios

7.1.1. Costo de habilitación de la escoria de cobre como agregado fino

Para la habilitación de escoria de cobre se realizó en la empresa Grinding Perú S.A.C., ubicado en la Mz A Lte.10 Artempa, Cerro Colorado – Arequipa; donde realizan trabajos de chancado, molienda y embolsado de minerales metálicos y no metálicos, la escoria de cobre triturado tendrá una fineza inferior a 5mm y embolsado en bolsas impermeables, en esta oportunidad se realizó en proporciones pequeñas la molienda por lo que el mineral fue triturado en una pequeña chancadora de martillos de 10HP, capacidad de 2.2 m³/hora ; posteriormente será cernido en una zaranda, además se consideró un 10% de desperdicio debido a que el mismo proceso genera muchas partículas expulsadas por la chancadora y demasiado polvillo en la zaranda.



Figura 117 Proceso de molienda de la escoria de cobre por parte de la empresa Grinding Perú (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Costos Unitarios - Habilitación de Escoria de Cobre						
Partida :	Habilitación de escoria de cobre					
Especificaciones:	Chancadora de martillos(22 m³/hora) puesto en obra					
Cuadrilla :	1 capataz + 2 operarios + 2 peones					
Rendimiento:	280.0 m³/día					
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial (S/.)	Subtotal (S/.)
Mano de obra						
Capataz	hh	1	0.0286	25.22	0.72	
Operario	hh	2	0.0571	21.12	1.21	
Peón	hh	2	0.0571	15.34	0.88	2.81
Equipo						
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	2.81	0.14	
Chancadora de martillos	hm	1	0.0286	210.00	6.00	6.14
Sub-partidas						
Transporte de Material	m³		1	33.33	33.33	33.33
Costo total S/.						42.28

Tabla 92 Análisis de costos unitarios de la habilitación de la escoria de cobre (Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

7.1.2. Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de f´c=210 kg/cm²

En la siguiente tabla podemos observar las cantidades de materiales en proporción en peso para los diferentes diseño de mezclas f'c=210 kg/cm² con el uso de cemento Yura IP y cemento Wari IP con 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Proporcion en peso - Diseño de mezclas f'c=210 kg/cm²											
elemento	unidad	Cemento yura IP					Cemento wari IP				
		210 - y - 0%	210 - y - 10%	210 - y - 20%	210 - y - 30%	210 - y - 40%	210 - w - 0%	210 - w - 10%	210 - w - 20%	210 - w - 30%	210 - w - 40%
Cemento	kg/m³	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Agregado fino	kg/m³	0.263	0.239	0.215	0.190	0.164	0.268	0.243	0.218	0.193	0.167
Agregado grueso	kg/m³	0.383	0.380	0.377	0.375	0.373	0.383	0.380	0.377	0.375	0.373
Escoria de cobre	kg/m³	0.000	0.027	0.054	0.081	0.109	0.000	0.027	0.055	0.083	0.111
Agua	lt/m³	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
Proporcion en peso - Diseño de mezclas f'c=210 kg/cm²											
elemento	unidad	Cemento yura IP					Cemento wari IP				
		210 - y - 0%	210 - y - 10%	210 - y - 20%	210 - y - 30%	210 - y - 40%	210 - w - 0%	210 - w - 10%	210 - w - 20%	210 - w - 30%	210 - w - 40%
Cemento	kg	367.384	367.384	367.384	367.384	367.384	367.384	367.384	367.384	367.384	367.384
Cemento	bls	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644
Agregado fino	kg	664.542	603.574	542.606	479.048	414.270	675.571	613.500	551.430	486.768	420.888
Agregado grueso	kg	1046.948	1040.342	1032.086	1025.480	1018.875	1046.948	1040.342	1032.086	1025.480	1018.875
Escoria de cobre	kg	0.000	90.352	182.757	276.600	372.085	0.000	91.838	185.729	281.058	378.029
Agua	lt	228.458	227.513	226.562	225.578	224.576	228.688	227.727	226.759	225.758	224.739

Tabla 93 Proporción en peso del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm²
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Analisis de costo unitario - Diseño de mezclas f'c=210 kg/cm² con cemento yura IP						
0% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	20.60	178.07	212.30	0.00
Agregado fino	kg/m³	0.2633	45.70	12.03		
Agregado grueso	kg/m³	0.3828	55.04	21.07		
Escoria de cobre	kg/m³	0.0000	42.28	0.00		
Agua	lt/m³	0.2050	5.50	1.13		
10% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	20.60	178.07	212.19	-0.05
Agregado fino	kg/m³	0.239	45.70	10.93		
Agregado grueso	kg/m³	0.380	55.04	20.94		
Escoria de cobre	kg/m³	0.027	42.28	1.12		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
20% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	20.60	178.07	212.07	-0.11
Agregado fino	kg/m³	0.215	45.70	9.82		
Agregado grueso	kg/m³	0.377	55.04	20.77		
Escoria de cobre	kg/m³	0.054	42.28	2.27		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
30% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	20.60	178.07	211.95	-0.17
Agregado fino	kg/m³	0.190	45.70	8.67		
Agregado grueso	kg/m³	0.375	55.04	20.64		
Escoria de cobre	kg/m³	0.081	42.28	3.44		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
40% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	20.60	178.07	211.83	-0.22
Agregado fino	kg/m³	0.164	45.70	7.50		
Agregado grueso	kg/m³	0.373	55.04	20.50		
Escoria de cobre	kg/m³	0.109	42.28	4.63		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		

Tabla 94 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm²con cemento Yura IP (Fuente propia)

Para el análisis de costo unitario del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm² con cemento Yura IP se puede observar en la tabla 94 que el mayor costo es el diseño patrón, a su vez es inversamente proporcional a la cantidad de reemplazó de escoria de cobre, dado que mientras mayor sea el aumento de reemplazó en peso de escoria de cobre va costar menos el m³ de producción de concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Analisis de costo unitario - Diseño de mezclas f'c=210 kg/cm² con cemento wari IP						
0% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	19.80	171.16	205.59	0.00
Agregado fino	kg/m³	0.2677	45.70	12.23		
Agregado grueso	kg/m³	0.3828	55.04	21.07		
Escoria de cobre	kg/m³	0.0000	42.28	0.00		
Agua	lt/m³	0.2050	5.50	1.13		
10% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	19.80	171.16	205.47	-0.06
Agregado fino	kg/m³	0.243	45.70	11.11		
Agregado grueso	kg/m³	0.380	55.04	20.94		
Escoria de cobre	kg/m³	0.027	42.28	1.14		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
20% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	19.80	171.16	205.35	-0.12
Agregado fino	kg/m³	0.218	45.70	9.98		
Agregado grueso	kg/m³	0.377	55.04	20.77		
Escoria de cobre	kg/m³	0.055	42.28	2.31		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
30% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	19.80	171.16	205.23	-0.17
Agregado fino	kg/m³	0.193	45.70	8.81		
Agregado grueso	kg/m³	0.375	55.04	20.64		
Escoria de cobre	kg/m³	0.083	42.28	3.49		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
40% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	8.64	19.80	171.16	205.11	-0.23
Agregado fino	kg/m³	0.167	45.70	7.62		
Agregado grueso	kg/m³	0.373	55.04	20.50		
Escoria de cobre	kg/m³	0.111	42.28	4.70		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		

Tabla 95 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm²con cemento Wari IP (Fuente propia)

Para el análisis de costo unitario del diseño de mezclas f'c=210 kg/cm² con cemento Wari IP se puede observar en la tabla 95 que el mayor costo es el diseño patrón, a su vez es inversamente proporcional a la cantidad de reemplazó de escoria de cobre, dado que mientras mayor sea el aumento de reemplazó en peso de escoria de cobre va costar menos el m³ de producción de concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Podemos observar en el análisis de costo unitario que para los diferentes diseños de mezclas f'c=210 kg/cm² con cemento Yura IP que hay un parámetro de 0.05% a 0.06% que va reduciendo el costo por m³ mientras vaya aumentando el reemplazo en 10% la escoria de cobre.

Podemos observar en el análisis de costo unitario para los diferentes diseños de mezclas f'c=210 kg/cm² con cemento Wari IP que hay un parámetro de 0.05% a 0.06% que va reduciendo el costo por m³ mientras vaya aumentando el reemplazo en 10% la escoria de cobre.

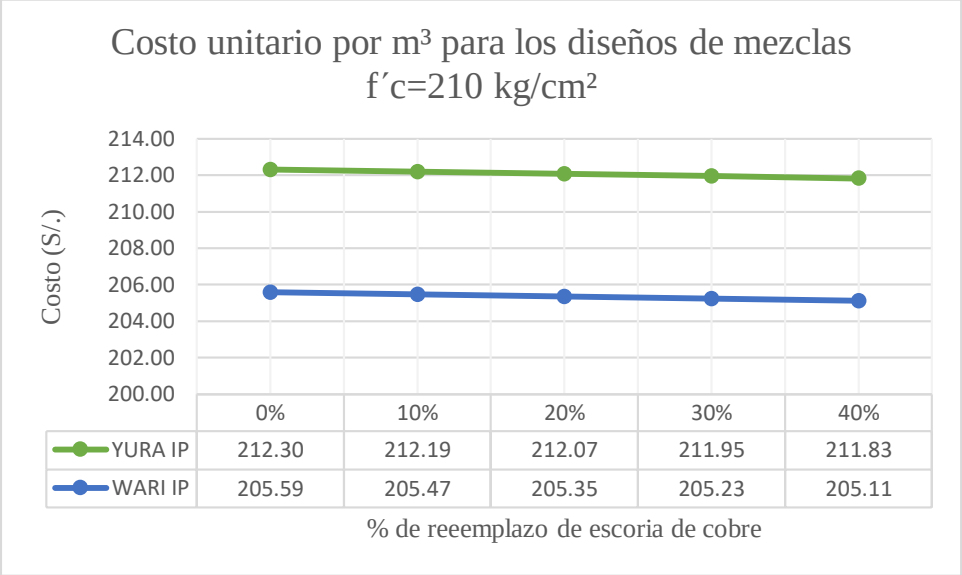


Figura 118 Comparativa del Costo unitario por m³ para los diseños de mezclas f´c=210 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 118 se puede observar claramente que a medida que aumenta el porcentaje de reemplazó de la escoria de cobre va reduciendo el costo por m³ para los diseños de mezclas f´c=210 kg/cm². Además, que la producción de un m³ de concreto usando cemento Wari IP presenta costos más bajos a comparación del uso del cemento Yura IP, esto es porque la bolsa de cemento Wari IP es más económica.

El uso del cemento Wari IP en promedio es 3.17% más bajo en costo a comparación del uso del cemento Yura IP para la elaboración de un concreto f´c=210 kg/cm², de tal forma que mientras mayor sea el uso de escoria de cobre como material de reemplazó del agregado fino nos permite elaborar concretos con un mayor ahorro a comparación del diseño patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

7.1.3. Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de f´c=280 kg/cm².

En la siguiente tabla podemos observar las cantidades de materiales en proporción en peso para los diferentes diseño de mezclas f'c=280 kg/cm² con el uso de cemento Yura IP y cemento Wari IP con 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre.

Proporcion en peso - Diseño de mezclas f'c=280 kg/cm²											
elemento	unidad	Cemento yura IP					Cemento wari IP				
		280 - y - 0%	280 - y - 10%	280 - y - 20%	280 - y - 30%	280 - y - 40%	280 - w - 0%	280 - w - 10%	280 - w - 20%	280 - w - 30%	280 - w - 40%
Cemento	kg/m³	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
Agregado fino	kg/m³	0.238	0.216	0.195	0.172	0.149	0.243	0.221	0.199	0.176	0.152
Agregado grueso	kg/m³	0.383	0.380	0.377	0.375	0.373	0.383	0.380	0.377	0.375	0.373
Escoria de cobre	kg/m³	0.000	0.024	0.049	0.074	0.099	0.000	0.025	0.050	0.075	0.101
Agua	lt/m³	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
Proporcion en peso - Diseño de mezclas f'c=280 kg/cm²											
elemento	unidad	Cemento yura IP					Cemento wari IP				
		280 - y - 0%	280 - y - 10%	280 - y - 20%	280 - y - 30%	280 - y - 40%	280 - w - 0%	280 - w - 10%	280 - w - 20%	280 - w - 30%	280 - w - 40%
Cemento	kg	439.914	439.914	439.914	439.914	439.914	439.914	439.914	439.914	439.914	439.914
bls cemento	bls	10.351	10.351	10.351	10.351	10.351	10.351	10.351	10.351	10.351	10.351
Agregado fino	kg	600.307	545.762	491.218	434.083	375.729	613.514	557.649	501.784	443.328	383.653
Agregado grueso	kg	1046.948	1040.342	1032.086	1025.480	1018.875	1046.948	1040.342	1032.086	1025.480	1018.875
Escoria de cobre	kg	0.000	81.698	165.449	250.637	337.468	0.000	83.477	169.008	255.975	344.586
Agua	lt	227.12	226.27	225.42	224.53	223.62	227.40	226.53	225.65	224.75	223.82

Tabla 96 Proporción en peso del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm²
(Fuente propia)

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Analisis de costo unitario - Diseño de mezclas f'c=280 kg/cm² con cemento yura IP						
0% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	20.60	213.23	246.30	0.00
Agregado fino	kg/m³	0.2378	45.70	10.87		
Agregado grueso	kg/m³	0.3828	55.04	21.07		
Escoria de cobre	kg/m³	0.0000	42.28	0.00		
Agua	lt/m³	0.2050	5.50	1.13		
10% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	20.60	213.23	246.19	-0.04
Agregado fino	kg/m³	0.216	45.70	9.88		
Agregado grueso	kg/m³	0.380	55.04	20.94		
Escoria de cobre	kg/m³	0.024	42.28	1.02		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
20% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	20.60	213.23	246.08	-0.09
Agregado fino	kg/m³	0.195	45.70	8.89		
Agregado grueso	kg/m³	0.377	55.04	20.77		
Escoria de cobre	kg/m³	0.049	42.28	2.06		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
30% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	20.60	213.23	245.97	-0.13
Agregado fino	kg/m³	0.172	45.70	7.86		
Agregado grueso	kg/m³	0.375	55.04	20.64		
Escoria de cobre	kg/m³	0.074	42.28	3.12		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
40% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	20.60	213.23	245.86	-0.18
Agregado fino	kg/m³	0.149	45.70	6.80		
Agregado grueso	kg/m³	0.373	55.04	20.50		
Escoria de cobre	kg/m³	0.099	42.28	4.20		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		

Tabla 97 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm²con cemento Yura IP (Fuente propia)

Para el análisis de costo unitario del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm² con cemento Yura IP se puede observar en la tabla 97 que el mayor costo es el diseño patrón, a su vez es inversamente proporcional a la cantidad de reemplazó de escoria de cobre, dado que mientras mayor sea el aumento de reemplazó en peso de escoria de cobre va costar menos el m³ de producción de concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Analisis de costo unitario - Diseño de mezclas f'c=280 kg/cm² con cemento wari IP						
0% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	19.80	204.95	238.25	0.00
Agregado fino	kg/m³	0.2431	45.70	11.11		
Agregado grueso	kg/m³	0.3828	55.04	21.07		
Escoria de cobre	kg/m³	0.0000	42.28	0.00		
Agua	lt/m³	0.2050	5.50	1.13		
10% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	19.80	204.95	238.15	-0.04
Agregado fino	kg/m³	0.221	45.70	10.10		
Agregado grueso	kg/m³	0.380	55.04	20.94		
Escoria de cobre	kg/m³	0.025	42.28	1.04		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
20% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	19.80	204.95	238.03	-0.09
Agregado fino	kg/m³	0.199	45.70	9.09		
Agregado grueso	kg/m³	0.377	55.04	20.77		
Escoria de cobre	kg/m³	0.050	42.28	2.10		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
30% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	19.80	204.95	237.92	-0.14
Agregado fino	kg/m³	0.176	45.70	8.03		
Agregado grueso	kg/m³	0.375	55.04	20.64		
Escoria de cobre	kg/m³	0.075	42.28	3.18		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		
40% de reemplazo de escoria de cobre						
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Costo total (S/.)	Diferencia (%)
Cemento	bls	10.35	19.80	204.95	237.81	-0.19
Agregado fino	kg/m³	0.152	45.70	6.95		
Agregado grueso	kg/m³	0.373	55.04	20.50		
Escoria de cobre	kg/m³	0.101	42.28	4.28		
Agua	lt/m³	0.205	5.50	1.13		

Tabla 98 Análisis de costos unitarios del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm²con cemento Wari IP (Fuente propia)

Para el análisis de costo unitario del diseño de mezclas f'c=280 kg/cm² con cemento Yura IP se puede observar en la tabla 98 que el mayor costo es el diseño patrón, a su vez es inversamente proporcional a la cantidad de reemplazó de escoria de cobre, dado que mientras mayor sea el aumento de reemplazó en peso de escoria de cobre va costar menos el m³ de producción de concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Podemos observar en el análisis de costo unitario que para los diferentes diseños de mezclas f'c=280 kg/cm² con cemento Yura IP que hay un parámetro de 0.04% a 0.05% que va reduciendo el costo por m³ mientras vaya aumentando el reemplazo en 10% la escoria de cobre.

Podemos observar en el análisis de costo unitario que para los diferentes diseños de mezclas f'c=280 kg/cm² con cemento Wari IP que hay un parámetro de 0.04% a 0.05% que va reduciendo el costo por m³ mientras vaya aumentando el reemplazo en 10% la escoria de cobre.

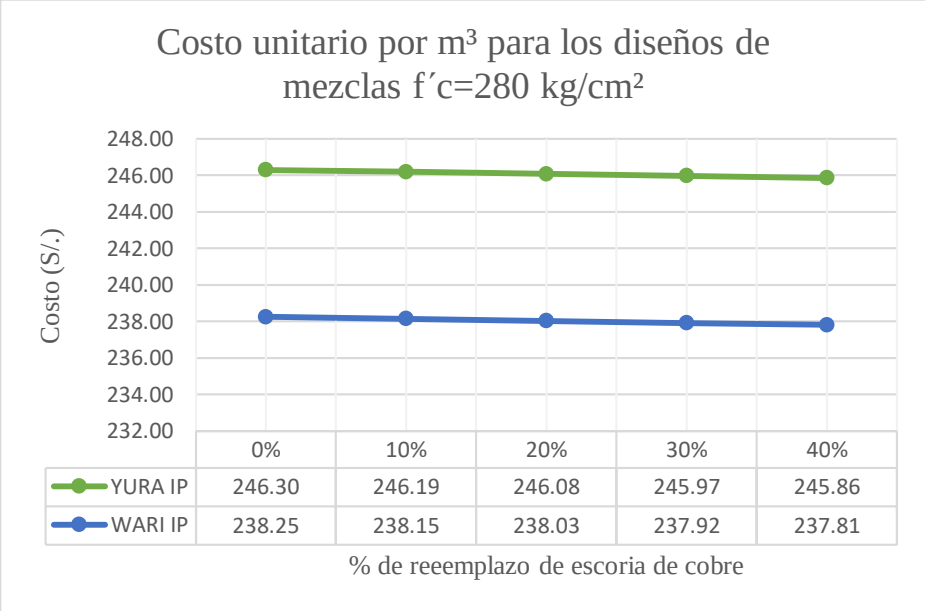


Figura 119 Comparativa del Costo unitario por m³ para los diseños de mezclas f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

En la figura 119 podemos observar claramente que a medida que aumenta el porcentaje de reemplazó de la escoria de cobre para reduciendo el costo por m³ para los diseños de mezclas f´c=280 kg/cm². Además, que la producción de un m³ de concreto usando cemento Wari IP presenta costos más bajos a comparación del uso del cemento Yura IP, esto es porque la bolsa de cemento Wari IP es más económica.

El uso del cemento Wari IP en promedio es 3.27% más bajo en costo a comparación del uso del cemento Yura IP para la elaboración de un concreto f´c=280 kg/cm², de tal forma que mientras mayor sea el uso de escoria de cobre como material de reemplazó del agregado fino nos permite elaborar concretos con un mayor ahorro a comparación del diseño patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7.2. Análisis Costo-Beneficio

Para el análisis costo-beneficio se tomó en cuenta el costo total para la elaboración de un m³ de concreto y el beneficio donde se consideró el asentamiento, la resistencia a compresión y la resistencia a tracción, donde el 100% es el beneficio esperado y dependerá de las propiedades de resistencia y el asentamiento que aumente o disminuya el beneficio sea para un concreto f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm².

El beneficio para los diferentes diseños de mezclas f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP y cemento Wari IP se calculó dependiendo de su importancia de las propiedades, se dio un factor de 0.1 para el asentamiento, 0.15 para la resistencia a tracción y para la resistencia a compresión de 0.75

7.2.1. Análisis costo-beneficio para los diseños de mezclas de f´c=210 kg/cm2

Costo-Beneficio para los diseños f´c=210 kg/cm²					
Codigo	Costo (S/.)	Slump	Resistencia a compresión (kg/cm²)	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Beneficio (%)
210 - Y - 0%	212.30	2.250	291.40	23.76	107.22
210 - Y - 10%	212.19	2.375	315.89	25.65	115.64
210 - Y - 20%	212.07	3.125	333.20	28.22	128.20
210 - Y - 30%	211.95	3.125	353.52	31.92	142.45
210 - Y - 40%	211.83	3.500	344.96	30.09	136.73
210 - w - 0%	205.59	2.500	388.72	29.83	134.70
210 - w - 10%	205.47	2.375	415.22	32.50	145.17
210 - w - 20%	205.35	2.750	443.46	33.48	151.36
210 - w - 30%	205.23	3.000	485.86	41.36	182.50
210 - w - 40%	205.11	3.000	453.53	38.20	169.57

Tabla 99 Comparativa del costo-beneficio para los diseños f´c=210 kg/cm²
(Fuente propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

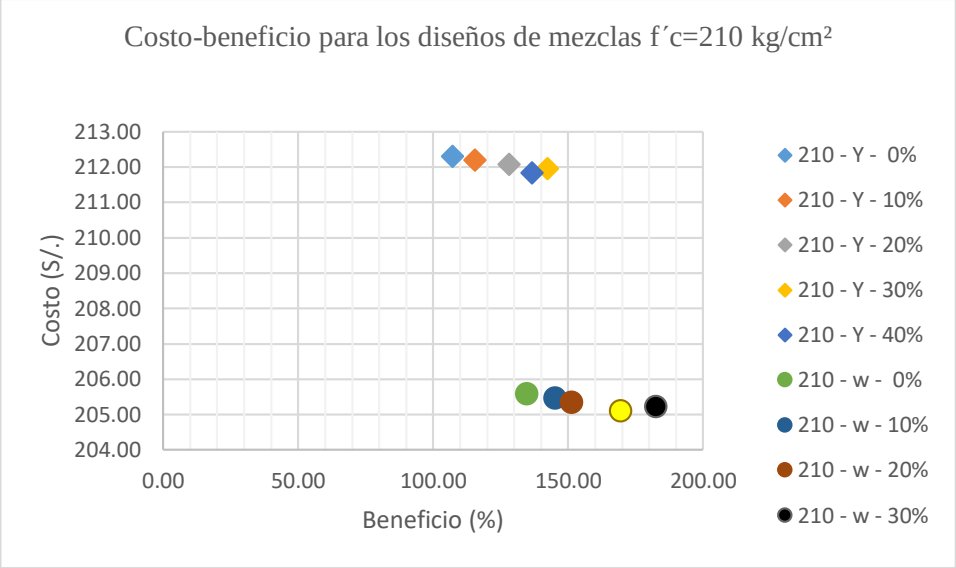


Figura 120 Comparativa del costo-beneficio para los diseños de mezclas f´c=210 kg/cm² (Fuente propia)

Para lo diferentes diseños de mezclas f´c=210 kg/cm² se puede observar que en todos los diseños supera el beneficio esperado del 100% y se puede ver claramente que con 30% de reemplazó de escoria de cobre usando cemento Wari IP se obtiene el máximo beneficio a un bajo costo; dado que el beneficio depende del tipo del cemento a utilizarse y la cantidad de porcentaje de reemplazó de escoria de cobre.

Además, el concreto f´c=210 kg/cm² usando cemento Yura IP con 0% de reemplazó de escoria de cobre resulta ser el más costoso y menos beneficioso, aun así, supera el beneficio esperado y todo los concretos con el uso de escoria superan este; por lo que se puede determinar que para un concreto f´c=210 kg/cm² el uso de escoria de cobre es factible porque reduce los costos y aumenta el beneficio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7.2.2. Análisis costo-beneficio para los diseños de mezclas de f´c=280 kg/cm².

Costo-Beneficio para los diseños f´c=280 kg/cm²					
Código	Costo (S/.)	Slump	Resistencia a compresión (kg/cm²)	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Beneficio (%)
280 - Y - 0%	246.30	2.625	358.91	33.26	112.63
280 - Y - 10%	246.19	2.900	386.35	35.00	119.34
280 - Y - 20%	246.08	3.050	410.47	36.59	125.09
280 - Y - 30%	245.97	3.125	449.03	41.00	138.74
280 - Y - 40%	245.86	2.750	432.13	38.41	129.86
280 - w - 0%	238.25	2.375	483.18	34.79	121.02
280 - w - 10%	238.15	2.750	493.52	35.85	125.53
280 - w - 20%	238.03	2.500	509.98	37.38	129.47
280 - w - 30%	237.92	2.750	541.08	48.39	161.08
280 - w - 40%	237.81	2.875	521.08	40.49	139.51

Tabla 100 Comparativa del costo-beneficio para los diseños f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

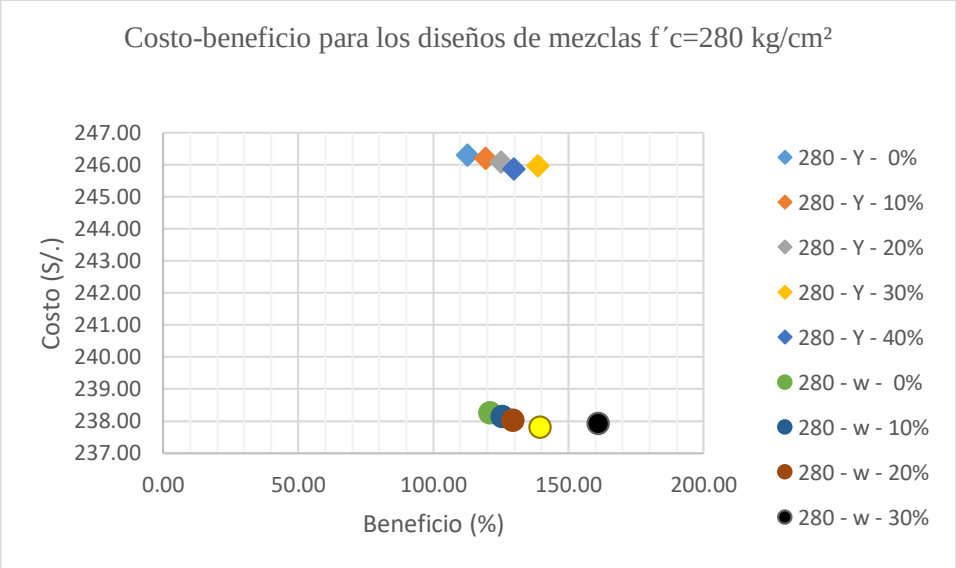


Figura 121 Comparativa del costo-beneficio para los diseños de mezclas f´c=280 kg/cm² (Fuente propia)

Para lo diferentes diseños de mezclas f´c=280 kg/cm² se puede observar que en todos los diseños superan el beneficio esperado del 100% y se puede ver claramente que con 30% de reemplazó de escoria de cobre usando cemento Wari IP se obtiene el máximo beneficio a bajo costo; dado que el beneficio depende del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

tipo del cemento a utilizarse y la cantidad de porcentaje de reemplazó de escoria de cobre.

Además, el concreto f´c=280 kg/cm² usando cemento Yura IP con 0% de reemplazó de escoria de cobre resulta ser el más costoso y menos beneficioso, aun así, supera el beneficio esperado y todo los concretos con el uso de escoria superan este; por lo que se puede determinar que para un concreto f´c=280 kg/cm² el uso de escoria de cobre es factible porque reduce los costos y aumenta el beneficio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a compresión, resistencia a tracción, resistencia a la flexión y resistencia a la abrasión) mejoraron al reemplazar parcialmente la escoria de cobre como agregado fino a nuestros diseños de mezclas a comparación de un concreto convencional, donde se obtuvieron mejores resultados utilizando cemento Wari IP a comparación del cemento Yura IP para los concretos f´c=210 kg/cm² y f´c=280 kg/cm²,ademas se determinó que el diseño óptimo es con un 30% de reemplazo de escoria de cobre tanto para concretos con cemento Wari IP como para concretos con cemento Yura IP.

2. DE LOS AGREGADOS

2.1. En el caso de la granulometría se puede observar que en ciertas mallas hay mayor presencia de material retenido (malla N°16, N°30) en este caso el material retenido de la escoria de cobre en la malla N°16 respecto al agregado fino posee una diferencia de 101.72%, generando que la escoria de cobre sea un material con mayor presencia de finos en esta malla.

2.2. Para el caso del módulo de finesa se puede observar que el agregado fino posee un valor promedio de 2.66 mientras que la escoria de cobre posee un valor de 3.10, según los diseños se hace una ponderación del módulo de finesa, lo cual nos lleva a que el módulo de finesa vaya aumentando correlativamente lo que conlleva a que el volumen del agregado grueso sea menor, es decir a mayor módulo de finesa del agregado fino, el volumen del agregado grueso disminuye.

2.3. En el caso del peso específico se puede ver que la escoria de cobre respecto al agregado fino posee una variación de 34.92% esto quiere decir que la escoria de cobre es más pesada que el agregado fino, lo que hace que nuestro concreto posea cierto porcentaje adicional de peso respecto a la muestra patrón, es decir nuestro concreto sería más denso.

2.4. Para el caso de la absorción se puede ver que el agregado fino posee una absorción promedio de 2.22%, mientras que la escoria de cobre una absorción de 0.44%, esto nos muestra que la escoria de cobre no posee mucha absorción, siendo la diferencia entre ambos un valor de 404.54% aproximadamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5. Para el contenido de humedad se puede ver que el agregado fino posee un valor de 0.134%, mientras tanto la escoria de cobre posee un valor de 0.013% esto nos indica que la escoria de cobre posee un valor muy inferior al del agregado fino, siendo un factor muy importante para nuestro diseño de mezclas.

2.6. El peso unitario suelto de la escoria de cobre tiene un valor promedio de 2068.35 kg/m³, mientras que el agregado fino posee un valor promedio de 1525.86 kg/m³, ambos valores poseen una variación de 35.55% esto debido a que la escoria de cobre es un material más pesado a comparación del agregado fino.

2.7. El peso unitario compactado de la escoria de cobre tiene un valor promedio de 2251.23 kg/m³, mientras que el agregado fino posee un valor promedio de 1643.73 kg/m³, ambos valores poseen una variación de 36.96%.

2.8. En el caso de la abrasión del agregado grueso, se puede observar que este posee un porcentaje promedio de desgaste de 18.46%.

3. DISEÑO DE MEZCLAS

3.1. Para los diseños 210 kg/cm² y 280 kg/cm², el uso del cemento Wari IP aumenta la dosificación del agregado fino en un promedio de 1.63% y 2.15% respectivamente en comparación del uso del cemento Yura IP debido a que el cemento Wari IP presenta mayor peso específico que el cemento Yura IP, para la dosificación del agregado grueso es igual porque es independiente del tipo de cemento cuando se diseña por el método ACI.

3.2. Con el uso de la escoria de cobre disminuye la dosificación del agregado fino dependiendo de la cantidad de porcentaje de reemplazo, además que a medida que aumenta el nivel de reemplazo, reduce la cantidad de agua debido al bajo porcentaje de absorción que tiene la escoria de cobre 0.44%, generando una menor demanda de agua.

3.3. Para el diseño 210 kg/cm² las mezclas que utilizaron escoria de cobre con cemento Wari IP y cemento Yura IP en promedio hay una reducción de agua efectiva de 1.07% y 1.05% respectivamente con respecto del diseño patrón, pero hay un aumento promedio de 0.09% de agua efectiva del cemento Yura IP con respecto del cemento Wari IP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4. Para el diseño 280 kg/cm² las mezclas que utilizaron escoria de cobre con cemento Wari IP y cemento Yura IP en promedio hay una reducción de agua efectiva de 0.97% y 0.95% respectivamente con respecto del diseño patrón, pero hay un aumento promedio de 0.10% de agua efectiva del cemento Yura IP con respecto del cemento Wari IP.

3.5. La dosificación más óptima según los concretos con mayor beneficio y bajo costo son usando cemento Wari IP con 30% de reemplazo de escoria de cobre, una proporción óptima para un diseño 210 kg/cm² es 1 C, 1.32 AF, 2.79 AG, 0.77 EC y 26.12 lt/m³ A (proporción por bolsa de cemento) y para un diseño de 280 kg/cm² es 1 C, 1.01 AF, 2.33 AG, 0.58 EC y 21.71 lt/m³ (proporción por bolsa de cemento).

4. CONCRETO FRESCO

4.1. En el caso de la variación del Slump se puede observar que el asentamiento que posee el concreto con cemento Yura IP es mayor al asentamiento que posee concreto con cemento Wari IP, dándole más trabajabilidad al concreto teniendo una diferencia de aproximadamente 15%, se puede ver que a medida que el concreto tiene más porcentaje de reemplazo, el concreto tiende a elevar su Slump.

4.2. Para el caso del peso unitario se puede observar que el concreto con cemento Wari IP es mayor al concreto que posee cemento Yura IP, dándole un peso unitario mayor, con una variación de 0.44% respecto a los resultados promedio.

4.3. En referencia a la temperatura se puede ver que el cemento el cual reacciona con más notoriedad a la temperatura es el concreto con cemento Wari IP, ya que varía un 4.30% respecto a los valores promedio del concreto entre cementos, se puede concluir que al usar cemento Wari IP se tendrá concretos con mayor temperatura, así como también el porcentaje de mayor temperatura es el de 30% tanto para el concreto f'c=210 kg/cm² como para el concreto f'c=280 kg/cm² llegando a un valor máximo de 22.7°C.

4.4. Para la exudación se puede observar que el concreto que presenta mayor exudación es el de f'c=210 kg/cm² con cemento Wari IP con un valor de 8.69% de exudación con un reemplazo de escoria de cobre del 30%, el promedio de exudación entre porcentajes de adición de escoria de cobre con cemento Wari IP es de 6.89% mientras tanto el concreto con cemento Yura IP posee un valor promedio entre porcentajes de 4.04%, logrando una diferencia de 2.85%, por ende se puede

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

concluir que el concreto con cemento Wari IP posee una exudación mayor a comparación del concreto con cemento Yura IP.

5. CONCRETO ENDURECIDO ENSAYO A COMPRESION

Para los diferentes diseños de mezclas con un 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre se obtuvo:

5.1. Para un diseño de mezclas 210 kg/cm² usando el cemento Wari IP hubo un aumento promedio de 48.76% de la resistencia a compresión con respecto del diseño de mezclas patrón y usando el cemento Yura IP hubo un aumento promedio de 11.49% de la resistencia a compresión con respecto del diseño de mezclas patrón.

5.2. Para un diseño de mezclas 280 kg/cm² usando el cemento Wari IP hubo un aumento promedio de 40.05% de la resistencia a compresión con respecto del diseño de mezclas patrón y usando el cemento Yura IP hubo un aumento promedio de 11.92% de la resistencia a compresión con respecto del diseño de mezclas patrón.

5.3. Se obtuvo mejores resistencias usando el cemento Wari IP para un diseño de mezclas 210 kg/cm² y 280 kg/cm² en comparación usando cemento Yura IP, a medida que aumenta el nivel de reemplazo de 10%, 20% hasta un 30% de reemplazo aumenta la resistencia a compresión y empieza a reducir la resistencia con un 40% de reemplazo de escoria de cobre, con lo cual podemos concluir que la resistencia a compresión depende del tipo de cemento y la cantidad de porcentaje de reemplazo donde el 30% de reemplazo de escoria de cobre es el diseño más óptimo por lo cual podrían ser usados como hormigones de altas resistencias iniciales en obras de gran envergadura.

6. CONCRETO ENDURECIDO ENSAYO A TRACCION

Para los diferentes diseños de mezclas con un 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre se obtuvo:

6.1. Para un diseño de mezclas 210 kg/cm² usando el cemento Wari IP hubo un aumento promedio de 67.02% de la resistencia a tracción con respecto del diseño de mezclas patrón y usando el cemento Yura IP hubo un aumento promedio de 32.99% de la resistencia a tracción con respecto del diseño de mezclas patrón.

6.2. Para un diseño de mezclas 280 kg/cm² usando cemento Wari IP hubo un aumento promedio de 40.64% de la resistencia a tracción con respecto del diseño de mezclas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

patrón y usando cemento Yura IP hubo un aumento promedio de 31.61% de la resistencia a tracción con respecto del diseño de mezclas patrón.

6.3. Al igual que la resistencia a compresión se obtuvieron mejores resistencias a tracción usando el cemento Wari IP para un diseño de mezclas 210 kg/cm² y 280 kg/cm² en comparación usando cemento Yura IP, a medida que aumenta el nivel de reemplazo de 10%, 20% hasta un 30% de reemplazo aumenta la resistencia a tracción y empieza a reducir la resistencia con un 40% de reemplazo de escoria de cobre, con lo cual podemos concluir que la resistencia a tracción depende del tipo de cemento y la cantidad de porcentaje de reemplazo donde el 30% de reemplazo de escoria de cobre es el diseño más óptimo.

7. CONCRETO ENDURECIDO ENSAYO A FLEXIÓN

Para los diferentes diseños de mezclas con un 0%, 20% y 40% de reemplazo de escoria de cobre se obtuvo:

7.1. Para un diseño de mezclas 210 kg/cm²:

- Con el cemento Yura IP con 0% de reemplazo hubo un aumento de 10.01% de la resistencia a flexión a comparación del concreto con cemento Wari IP.
- Con el cemento Yura IP con 20% de reemplazo hubo un aumento de 7.93% de la resistencia a flexión a comparación del concreto con cemento Wari IP.
- Con el cemento Yura IP con 40% de reemplazo hubo un aumento de 13.61% de la resistencia a flexión a comparación del concreto con cemento Wari IP.

7.2. Para un diseño de mezclas 280 kg/cm²:

- Con el cemento Yura IP con 0% de reemplazo hubo un aumento de 12.50% de la resistencia a flexión a comparación del concreto con cemento Wari IP.
- Con el cemento Wari IP con 20% de reemplazo hubo un aumento de 0.75% de la resistencia a flexión a comparación del concreto con cemento Yura IP.
- Con el cemento Yura IP con 40% de reemplazo hubo un aumento de 11.36% de la resistencia a flexión a comparación del concreto con cemento Wari IP.

7.3. Se obtuvieron mejores resistencias usando el cemento Yura IP para un diseño de mezclas 210 kg/cm² con un porcentaje de reemplazo de 20% de escoria de cobre con 28 días de curado, por lo que se puede concluir que este porcentaje de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

reemplazo de escoria de cobre es el más óptimo para este diseño de concreto f'c=210 kg/cm²,

7.4. Se obtuvieron mejores resistencias usando el cemento Wari IP para un diseño de mezclas 280 kg/cm² con un porcentaje de reemplazo de 20% de escoria de cobre con 28 días de curado, por lo que se puede concluir que este porcentaje de reemplazo de escoria de cobre es el más óptimo para este diseño de concreto f'c=280 kg/cm²,

8. CONCRETO ENDURECIDO ENSAYO A LA ABRASION (DESGASTE)

En el caso de la resistencia al desgaste cubos de concreto se obtuvo:

8.1. Para un diseño de mezclas 210 kg/cm² usando cemento Wari IP con 40% de reemplazo de escoria de cobre, le dio un incremento de 11.38% de resistencia al desgaste en comparación al diseño patrón y usando cemento Yura IP con 40% de reemplazo de escoria de cobre, le dio un incremento de 10.69% de resistencia al desgaste en comparación al diseño patrón.

8.2. Para un diseño de mezclas 280 kg/cm² usando cemento Wari IP con 40% de reemplazo de escoria de cobre, le dio un incremento de 4.98% de resistencia al desgaste en comparación al diseño patrón y usando cemento Yura IP con 40% de reemplazo de escoria de cobre, le dio un incremento de 5.03% de resistencia al desgaste en comparación al diseño patrón.

8.3. Se obtuvo mejores resistencias usando el cemento Wari IP para un diseño de mezclas 210 kg/cm² y 280 kg/cm² en comparación usando cemento Yura IP, a medida que aumenta el nivel de reemplazo de 10%, 20% hasta un 40% de reemplazo de escoria de cobre, aumenta la resistencia al desgaste con lo cual podemos concluir que la resistencia al desgaste depende del tipo de cemento y la cantidad de porcentaje de reemplazo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

9. COSTO BENEFICIO

Para el análisis de costos unitarios de los diferentes diseños de mezclas con un 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo de escoria de cobre se obtuvo:

9.1. Para un diseño de mezclas 210 kg/cm² usando cemento Wari IP hubo una reducción promedio de 0.87% en el costo con respecto del diseño de mezclas patrón y usando cemento Yura IP hubo una reducción promedio de 0.83% en el costo con respecto del diseño de mezclas patrón.

9.2. Para un diseño de mezclas 280 kg/cm² usando el cemento Wari IP hubo una reducción promedio de 0.69% en el costo con respecto del diseño de mezclas patrón y usando el cemento Yura IP hubo una reducción promedio de 0.65% en el costo con respecto del diseño de mezclas patrón.

9.3. Se obtuvo costos más bajos usando el cemento Wari IP para un diseño de mezclas 210 kg/cm² y 280 kg/cm² en comparación usando cemento Yura IP, a medida que aumenta el nivel de reemplazo de escoria de cobre aumenta el ahorro para la producción de concreto, por lo que podemos concluir que el costo depende del tipo de cemento, el porcentaje de reemplazo y la resistencia a compresión requerida debida a que mientras aumente la resistencia va disminuir el ahorro para su producción.

9.4. Para el análisis de costo-beneficio de los diferentes diseños de mezclas con un 10%, 20%, 30% y 40% de reemplazo, todos los diseños tuvieron un beneficio mayor al esperado, dado que para un diseño de mezclas 210 kg/cm² y 280 kg/cm² usando cemento Wari IP y cemento Yura IP el beneficio aumenta para ambos hasta un 30% de reemplazo de escoria de cobre y luego va reduciendo, por lo que se concluye que se obtienen mejores beneficios utilizando cemento Wari IP, se reduce el beneficio mientras se aumenta la resistencia del diseño de mezclas e influye el porcentaje de reemplazo de escoria de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir las instrucciones paso a paso de las normas NTP, ASTM, manual de ensayo de materiales (MTC), para así obtener resultados óptimos de los agregados, ensayos de concreto fresco y endurecido.
2. Se recomienda trabajar con otras canteras a fin de conocer las diferencias que estas poseen al ser combinados con la escoria de cobre para poder determinar un diseño más óptimo para el concreto.
3. Es recomendable realizar los ensayos de agregados una vez que se cambie de tanda si bien la procedencia es la misma, pero las condiciones de uso, almacenaje, transporte son diferentes por ende pueden alterar el concreto de cierta manera indirecta.
4. Se recomienda realizar un estudio del efecto de la oxidación (reacción química) que la escoria de cobre produce cuando está en contacto con el concreto.
5. Es recomendable realizar en las investigaciones futuras pruebas con intervalos más pequeños, sea cada 5% de reemplazo de escoria de cobre para determinar mejor su comportamiento como uso parcial del agregado fino y con reemplazos mayores al 40% de escoria de cobre para así poder determinar un comportamiento total de este elemento como material de construcción.
6. Se recomienda el uso de aditivos los cuales puedan mejorar aún más las propiedades mecánicas del concreto con adición de escoria de cobre los cuales hagan de un concreto especial que pueda ser usado en obras de gran envergadura para ver la influencia y los beneficios que brindaría al concreto para la reducción de costos.
7. Se recomienda realizar el análisis de costos unitarios de manera más detallada en la producción de concreto frente al uso del cemento Wari IP debido a que alcanza resistencias altas a temprana edad de curada, las cuales puedan ser utilizados en losas de concreto, lo cual podrían reducir el tiempo de alquiler de encofrado.
8. Se recomienda utilizar como material de reemplazo parcial de la escoria de cobre como agregado fino en un 30% para obtener resistencias altas con beneficios muy altos y darle uso como hormigón de alta resistencia inicial.
9. Se propone realizar investigaciones para determinar la influencia de la escoria de cobre con inclusión de acero para la elaboración de vigas de concreto a gran escala.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

10. Se recomienda realizar el proceso de trituración de la escoria de cobre en la obra, para disminuir el costo y no generar pérdidas del mineral debido al transporte y al polvillo que se genera al triturarlo.
11. Elaborar un plan de gestión de residuos completo de la escoria de cobre completo que son generados como el subproducto de la fabricación del cobre para disminuir las grandes cantidades de almacenes donde son vertidas y darle una reutilización para poder disminuir la contaminación ambiental.
12. Se recomienda hacer uso de la escoria de cobre como material de reemplazo parcial o total tanto del agregado grueso y agregado fino para determinar la influencia y el beneficio que presentan a comparación del uso de agregados tradicionales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abanto, F. (1996). *Tecnología del concreto.* Lima: Editorial San Marcos.

Anicama Acosta, G. A. (2010). *ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EMPLEO DE MATERIALES DE DESECHO DE PROCESOS MINEROS EN APLICACIONES PRÁCTICAS CON PRODUCTOS CEMENTICIOS.* Lima –Perú.

Aparicio López, C. A. (2014). *USO DE MATERIAL RECICLADO DE LA INDUSTRIA DEL COBRE EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO* (Tesis de Postgrado ed.). Santiago de cali – Colombia.

Biswas, A. &. (1993). *El cobre: metalurgia extractiva.* Mexico: Editorial Limusa.

Cáceres Vilca, E. &. (2018). *ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL TIPO Y PORCENTAJE DE REEMPLAZO DE LOS AGREGADOS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, PARA DISEÑOS DE F'C 175, 210 Y 280 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE AREQUIPA* (Tesis de Pregrado ed.). Arequipa: Universidad Católica de Santa María.

Carpio Fernández, E. &. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES CANTERAS DE PUZOLANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA PARA CONCRETOS DE RESISTENCIAS f'c = 210 kg/cm2, 280 kg/cm2 y 350 kg/cm2 EN EL AÑO 2017.* Arequipa: Universidad Católica de Santa María.

Carrasco Correa, P. (2017). *PROPUESTA DE RECICLAJE DE LA ESCORIA DE COBRE DE LA FUNDICIÓN VENTANAS DE CODELCO, PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL* (Tesis de Titulacion ed.). Chile: Universidad técnica Federico Santa María sede Viña del Mar - José Miguel Correa.

Cendoya, P. (2009). EFECTO EN LA RESISTENCIA DE LAS ESCORIAS DE FUNDICIÓN DE COBRE COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO RESISTENTE DEL HORMIGÓN. *Revista chilena de ingeniería*, 85-94.

Chaiña Muñoz, A. L., & Paz Martínez., S. D. (2015). *"UTILIZACIÓN DE MATERIAL ESTÉRIL DE LA MINA CERRO VERDE, PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO CON RESISTENCIAS DE 175 kgf/cm2 210 kgf/cm2 Y 280 kgf/cm2 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA".* Arequipa.

Consuelo Alejandra , S. E. (2006). *Utilización de escorias de fundición para la producción de compuestos de hierro.* Santiago de Chile.

Correa, P. C. (2017). *PROPUESTA DE RECICLAJE DE LA ESCORIA DE COBRE DE LA FUNDICIÓN VENTANAS DE CODELCO, PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL* (Tesis ed.). Viña del Mar: UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA.

Hernández, R. F. (2006). *Metodología de la investigación* (Cuarta ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.

ICG. (2010). *Materiales de la construcción* (Segunda ed.). Lima: Fondo Editorial ICG.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Lopez Rivva, E. (1999). *Diseño de Mezclas.* Lima: Fondo Editorial ICG.

Lora, J. (2016). TRASNACIONALES MINERAS: IGNORANCIA Y ECOCIDIO COLONIAL EN PERÚ. *INSTITUTO DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES-BUAP*.

Ministerio de energia y Minas. (1997). Anuario Minero del Perú 1997. *Anuario Minero*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.* Lima: MTC.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.* Lima.

Moron Lavado, J. E. (2018). *MODELO DE GESTIÓN DEL USO DE ESCORIA DE COBRE PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN LA REGIÓN MOQUEGUA* (Tesis de Postgrado ed.). Tacna – Perú.

Nazer, O. (2010). *UNA REVISIÓN DE LOS USOS DE LAS ESCORIAS DE COBRE*. CHILE: IBEROMET XI.

Neville, A. M. (2010). *Concrete Technology* (Segunda ed.). Inglaterra: Pearson.

OYARZUN KNEER, I. A. (2013). *INFLUENCIA DE LAS ESCORIAS DE COBRE EN LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN* (Tesis de Pregrado ed.). Valdivia – Chile.

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú (CIP).

Produccion minera de la region Moquegua decae 2015, 2016, 2017 y 2018. (2019). Obtenido de Prensa Regional: https://prensaregional.pe/analisis-opinion/produccion-minera-de-la-region-moquegua-decae-2015-2016-2017-y-2018/

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto.* Lima: Capítulo peruano ACI.

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (Quinta ed.). Colombia: Bhandar Editores LTDA.

Suarez, J. (2018). Perú y su liderazgo dentro de los 3 principales productores en cobre, zinc y plata en 2017. *Gerens*.

Tejada Bedoya, G. S. (2019). Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto. *Ciencia & Desarrollo*, 67-70. Obtenido de https://doi.org/10.33326/26176033.2008.12.254

Wari, C. (2019). *Ficha técnica – Cemento WARI SUPERIOR Puzolánico Portland Tipo IP*. Obtenido de http://www.cementowari.com/

Yura, C. (2019). *Ficha técnica – Cemento Portland Puzolanico YURA IP*. Obtenido de https://www.yura.com.pe/productos/

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-18-07579

Fecha de emisión:26/11/2018

Señores: RONALD ANDERSON CUBA ASTRULLA
Dirección: CALLLE MADRE DE DIOS 511 CERRO COLORADO AREQUIPA
Atención: RONALD ANDERSON CUBA ASTRULLA
Recepción: 21/11/2018
Realización: 21/11/2018
Observación El Laboratorio no realiza la toma de muestra

Métodos ensayados

*566 Método de Ensayo para Cloruros Digestión Específica - Volumetría
*571 Método de ensayo para sales solubles en agua por digestión especifica - Gravimetría
*583 Método de Ensayo para Sulfatos por Digestión Especifica - Gravimetría
*598 Método de ensayo Multi-elemental por ICP-OES digestión multi-ácida

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*566	*571	*583	*598						
				Cl-	Sales Sol	SO4=	Ag	Al	B	Ba	Be	Bi	Ca
				ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MN18014033	Escoria de Cobre	No proporcionado por el cliente.	Mineral Gran	865	0,5	2,46	3,08	>10 000	729,9	251,4	a<0,64	a<2,0	>10 000

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598								
				Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	In	K	Li
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MN18014033	Escoria de Cobre	No proporcionado por el cliente.	Mineral Gran	14,55	116,38	308,58	5 460	>10 000	38,02	13,36	>10 000	a<3,2

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598									
				Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MN18014033	Escoria de Cobre	No proporcionado por el cliente.	Mineral Gran	3 596	140,3	861,29	3 725	9,64	364,13	206,24	44,05	a<0,64	a<16

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598					
				Sr	Te	Ti	Tl	V	Zn
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MN18014033	Escoria de Cobre	No proporcionado por el cliente.	Mineral Gran	192,39	a<0,80	1 608	a<0,64	59,88	2 572

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

"a"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "b"<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 Nº 7131

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Arequipa - Perú

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

El que suscribe, **Dr. Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia** Coordinador de Laboratorio de Suelos y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR
Que el (los) Señor(es) Bachiller(es) en Ingeniería Civil:

RONALD ANDERSON CUBA ASTRULLA **(COD - 2012242661)**
RICARDO HUMPIRE VIZA **(COD - 2012100501)**

Han realizado los ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA UN CONCRETO f'c=210kg/cm² Y f'c=280kg/cm² USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERU, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Los ensayos efectuados por los señores Bachilleres fueron los siguientes:

DESCRIPCIÓN	C.U al 25%	CANTIDAD	TOTAL
Contenido de Humedad de Agregados	5.00	9	45.00
Análisis Granulométrico de Agregados Grueso y Finos - Incluye Módulo de Fineza	12.50	9	112.50
Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso	11.30	3	33.90
Peso Específico y Absorción de Agregado Fino	11.30	7	79.10
Peso Unitario Suelto	6.30	9	56.70
Peso Unitario Varillado	8.80	9	79.20
Abrasión Los Angeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados de Tamaños (se hizo desgaste de dados de concreto de 5cm x 5cm x 5cm.)	27.50	20	550.00
Abrasión Los Angeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Mayores a 3/4"	32.50	3	97.50
Compresión de Probetas de Concreto de 4" y 6 " (Tracción indirecta - Método brasileño)	3.00	300	900.00
Compresión de Probetas de Concreto de 4" y 6 " (para cada vaciado se realizaron los ensayos de temperatura, slump, peso unitario y exudación del concreto)	3.00	300	900.00
		TOTAL	2853.90

El costo total de los ensayos realizados asciende a: S/. 2853.90
El costo considerado dentro del tarifario como USO EQUIPOS TESIS OPCION C siendo la disposición la siguiente, se cobra el 35% según total resultante de la tabla costo tesistas, dando como resultado de: S/. 998.87* (Comprobante BO17-00002088)
*Según autorización de la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, se llevaron a cabo entre **el 09/11/2018 y el 09/05/2019**.
Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 13 De mayo Del 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
Ing. JUAN MANUEL CHOQUE CALDERON
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
EPIC-FAICA-CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
Dr. Ing. ALEJANDRO VICTOR HIDALGO VALDIVIA
COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL
EPIC- FAICA - CAMPUS-PARQUE INDUSTRIAL

Cayetano Arenas N°152 - Parque Industrial - Arequipa – Perú Telf : 054 382038 anexo 1465 email: labcivil@ucsm.edu.pe

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierias

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: FLEXION DE VIGAS

SOLICITA RICARDO HUMPIRE VIZA - RONALD ANDERSON CUBA ASTRULLA

OBRA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA UN CONCRETO f'c=210 kg/cm2 y f'c=280 kg/cm2 USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERÚ, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA.

UBICACIÓN AREQUIPA

MUESTRA VIGAS DE CONCRETO 15x15x70 cm

NORMA ASTM C-78, NTP 339.078

EXPEDIENTE 033-294

FECHA AREQUIPA, 2019 FEBRERO 25.

FECHA DE VACIADO	ESPECIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	Longitud cm.	L cm.	b cm.	d cm.	CARGA kg	MODULO DE ROTURA (kg/cm2)	MODULO DE ROTURA (MPa)
15/01/2019	Viga #1 YURA 210-0%	15/02/2019	31	70.00	60.00	15.00	15.00	2041	36.0	3.53
16/01/2019	Viga #2 YURA 210-20%	15/02/2019	30	70.00	60.00	15.00	15.00	2381	42.0	4.12
17/01/2019	Viga #3 YURA 210-40%	15/02/2019	29	70.00	60.00	15.00	15.00	2336	42.0	4.12

NOTA
- Las muestras fueron colocadas en el Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Lucio Gamero Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 48873

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierias

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: FLEXION DE VIGAS

SOLICITA RICARDO HUMPIRE VIZA - RONALD ANDERSON CUBA ASTRULLA

OBRA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA UN CONCRETO f'c=210 kg/cm2 Y f'c=280 kg/cm2 USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERÚ, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA.

UBICACIÓN AREQUIPA

MUESTRA VIGAS DE CONCRETO 15x15x70 cm

NORMA ASTM C-78, NTP 339.078

EXPEDIENTE 033-294-2

FECHA AREQUIPA, 2019 FEBRERO 25.

FECHA DE VACIADO	ESPECIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	Longitud cm.	L cm.	b cm.	d cm.	CARGA kg	MODULO DE ROTURA (kg/cm2)	MODULO DE ROTURA (MPa)
15/01/2019	Viga #4 YURA 280-0%	15/02/2019	31	70.00	60.00	15.00	15.00	2245	40.0	3.92
16/01/2019	Viga #5 YURA 280-20%	15/02/2019	30	70.00	60.00	15.00	15.00	2495	44.0	4.31
17/01/2019	Viga #6 YURA 280-40%	15/02/2019	29	70.00	60.00	15.00	15.00	2472	44.0	4.31

NOTA

- Las muestras fueron colocadas en el Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Lucio Gamero Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 48873

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierias

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: FLEXION DE VIGAS

SOLICITA RICARDO HUMPIRE VIZA - RONALD ANDERSON CUBA ASTRULLA

OBRA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA UN CONCRETO f'c=210 kg/cm2 Y f'c=280 kg/cm2 USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERÚ, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA.

UBICACIÓN AREQUIPA

MUESTRA VIGAS DE CONCRETO 15x15x70 cm

NORMA ASTM C-78, NTP 339.078

EXPEDIENTE 91-

FECHA AREQUIPA, 2019 MAYO 03.

FECHA DE VACIADO	ESPECIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	Longitud cm.	L cm.	b cm.	d cm.	CARGA kg	MODULO DE ROTURA (kg/cm2)	MODULO DE ROTURA (MPa)
3/04/2019	Viga #1 WARI 210-0%	3/05/2019	30	68.60	60.00	15.00	15.00	1837	33.0	3.24
3/04/2019	Viga #2 WARI 210-20%	3/05/2019	30	69.60	60.00	15.00	14.95	1950	35.0	3.43
4/04/2019	Viga #3 WARI 210 - 40%	3/05/2019	29	69.80	60.00	14.95	15.00	2018	36.0	3.53

NOTA

- Las muestras fueron colocadas en el Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingenieria Civil
Ing. Lucio Gamero Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 48873

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierias

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: FLEXION DE VIGAS

SOLICITA RICARDO HUMPIRE VIZA - RONALD ANDERSON CUBA ASTRULLA

OBRA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA UN CONCRETO f'c=210 kg/cm2 Y f'c=280 kg/cm2 USANDO CEMENTO YURA TIPO IP Y CEMENTO WARI TIPO IP, CON LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE DE LA MINERA SOUTHERN PERÚ, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA.

UBICACIÓN AREQUIPA

MUESTRA VIGAS DE CONCRETO 15x15x70 cm

NORMA ASTM C-78, NTP 339.078

EXPEDIENTE 91-1

FECHA AREQUIPA, 2019 MAYO 03.

FECHA DE VACIADO	ESPECIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	Longitud cm.	L cm.	b cm.	d cm.	CARGA kg	MODULO DE ROTURA (kg/cm2)	MODULO DE ROTURA (MPa)
4/04/2019	Viga #4 WARI 280-0%	3/05/2019	29	69.90	60.00	15.00	14.95	2200	39.0	3.82
5/04/2019	Viga #5 WARI 280-20%	3/05/2019	28	69.70	60.00	15.00	14.95	2155	39.0	3.82
5/04/2019	Viga #6 WARI 280-40%	3/05/2019	28	69.90	60.00	15.00	15.01	2490	44.0	4.31

NOTA

- Las muestras fueron colocadas en el Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Lucio Gamero Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 48873

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

ASENTAMIENTO (SLUMP)



CEMENTO WARI IP



CEMENTO YURA IP

PESO UNITARIO



CEMENTO WARI IP



CEMENTO YURA IP

EXUDACION



CEMENTO WARI IP



CEMENTO YURA IP

TEMPERATURA



CEMENTO WARI IP



CEMENTO YURA IP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

RESISTENCIA A COMPRESION 210 kg/cm²



C210-W-IP-30%E.C.



C210-Y-IP-30%E.C.

RESISTENCIA A COMPRESION 280 kg/cm²



C280-W-IP-30%E.C.



C280-Y-IP-30%E.C.

RESISTENCIA A TRACCION 210 kg/cm²



C210-W-IP-30%E.C.



C210-Y-IP-30%E.C.

RESISTENCIA A TRACCION 280 kg/cm²



C280-W-IP-30%E.C.



C280-Y-IP-30%E.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

RESISTENCIA A FLEXION 210 kg/cm²



C210-W-IP-20%E.C.



C210-Y-IP-20%E.C.

RESISTENCIA A FLEXION 280 kg/cm²



C280-W-IP-20%E.C.



C280-Y-IP-20%E.C.

RESISTENCIA A LA ABRASION 210 kg/cm²



C210-W-IP-40%E.C.



C210-Y-IP-40%E.C.

RESISTENCIA A LA ABRASION 280 kg/cm²



C280-W-IP-40%E.C.



C280-Y-IP-40%E.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis