



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Concreto con escoria para zapata continua de edificio  
multifamiliar de 04 niveles, Ate, Lima, 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Yauri Salazar, Wilfredo Lalo ([orcid.org/0000-0001-8016-7975](https://orcid.org/0000-0001-8016-7975))

**ASESOR:**

Dra. Garcia Alvarez, Maria Ysabel ([orcid.org/0000-0001-8529-878X](https://orcid.org/0000-0001-8529-878X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

**LIMA — PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Con todo cariño para mis señores padres, que en su oportunidad pudo darme el camino real que me corresponde, con la celeridad que me caracteriza doy gracias a mis hijos quienes fueron el inicio de mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos por la oportunidad de permanecer con el cuidado que se me amerita, después de la pandemia, fuimos de mucho cuidado, a quienes les doy mi agradecimiento a Rosario, Gabriela; quienes me acompañan, gracias



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Concreto con escoria para zapatas continuas de edificio multifamiliar de 4 niveles, Ate, Lima, 2023", cuyo autor es YAURI SALAZAR WILFREDO LALO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 08 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ <b>DNI:</b> 21453567 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8529-878X	Firmado electrónicamente por: MGARCIALV el 01- 08-2023 18:32:34

Código documento Trilce: TRI - 0580706



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, YAURI SALAZAR WILFREDO LALO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Concreto con escoria para zapatas continuas de edificio multifamiliar de 4 niveles, Ate,Lima, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
YAURI SALAZAR WILFREDO LALO <b>DNI:</b> 20678524 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8016-7975	Firmado electrónicamente por: WYAUISA17 el 10-08- 2023 22:39:22

Código documento Trilce: INV - 1235833

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT: .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población y muestra .....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimiento:.....	17
3.6. Método de análisis de datos .....	17
3.7. Aspectos éticos .....	18
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIORAFICAS .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diagrama simbólico del diseño experimental. ....	13
<b>Tabla 2.</b> Peso seco y volumen absoluto de materiales por metro cúbico de concreto.....	20
<b>Tabla 3.</b> Resultados de la Resistencia Compresión con diferentes dosificaciones de escoria de cobre. ....	20
<b>Tabla 4.</b> Obtención del Módulo Elástico con diferentes proporciones de escoria de cobre .....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Resultados de ensayos a compresión a los 28 días de edad de concretos con escoria de cobre en porcentajes de 5, 10 y 15.....	21
<b>Figura 2.</b> Módulo elástico de concreto con diferentes porcentajes de escoria de cobre ...	22

## RESUMEN

Las escorias producidas por las plantas metalúrgicas en el Perú son componente potencialmente viable para su uso; como objetivo de recuperación en la presente investigación se relacionó con la alta demanda interna del cemento y concreto en Perú, así como la importancia en términos de aspectos ambientales y la importancia para el sector construcción. Los problemas observados por la escoria; la acumulación de escoria en grandes volúmenes sin uso secundario, no se dispone un segundo uso para las escorias, utilización de la escoria como material cementante en el concreto. Por lo tanto, se diseña un concreto con escoria para ser utilizado en zapatas continuas de viviendas multifamiliares, esta adición se procede con el remplazo en peso al cemento tipo I, por lo cual serán agregados al ensayo en valor de 5%, 10% y 15% con la finalidad de contrastar con la muestra patrón, deliberada sus periodos de los ensayos controlando rigurosamente podremos obtener los resultados. Debido a que la superestructura y la cimentación están conectados por las columnas y los tabiques la rigidez de la superestructura contribuye a limitar los asentamientos de la cimentación, por tanto, el aporte más significativo estará determinado por la rigidez de la superestructura. El comité ACI 338/88 propone estimar los asentamientos diferenciales en función del factor de rigidez.

**Palabras clave:** cementante, escoria, aislada y rigidez

## **ABSTRACT**

The slags produced by metallurgical plants in Perú are potentially viable components for use; As a recovery objective in the present investigation, it was related to the high internal demand for cement and concrete in Perú, as well as the importance in terms of environmental aspects and the importance for the construction sector. The problems observed by the scum; the accumulation of slag in large volumes without secondary use, there is no second use for slag, use of slag as a cementing material in concrete. Therefore, a concrete with slag is designed to be used in continuous footings of multi-family homes, this improvement proceeds with the replacement by weight of type I cement, for which the value of 5%, 10% and 15% will be added to the test. % to contrast with the standard sample, deliberate their test periods by rigorously controlling we will be able to obtain the results. Because the superstructure and the foundation are connected by the columns and the partitions, the rigidity of the superstructure contributes to limit the settlements of the foundation, therefore, the most significant contribution will be determined by the rigidity of the superstructure. The ACI 338/88 committee proposes estimating the differential settlements as a function of the stiffness factor.

**Keywords:** cementitious, slag, isolated and rigidity

## **I. INTRODUCCIÓN**

Una gran cantidad de personas identificadas con la industria del concreto pueden determinar buenas prácticas de calidad de este material compuesto. Medir con bastante regularidad la humedad de los agregados, corregir el agua del lote y verificar constantemente la precisión de los equipos de medición son algunas de las prácticas. Las empresas productoras de concreto en su mayoría están realizando grandes esfuerzos para mejorar la calidad. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de mejora (Obla, 2015). El uso de escorias se remonta al año 1800 cuando las escorias de alto horno se usaban para construir carreteras y balasto ferroviario. También se usaba como agregado y comenzó a integrarse en la industrialización del cemento como geopolímero (Grubeša, et al., 2016). Actualmente las escorias de alto horno granuladas molidas se utilizan en combinación con cemento Portland para crear “cemento de escoria” para producir propiedades cementantes que contribuyen principalmente a la posterior ganancia de resistencia del concreto, obteniendo concreto con permeabilidad reducida y mayor durabilidad (Ortega-López, et al., 2014). También se han utilizado para la estabilización de suelos en construcciones viales y ferroviarias (Juradin et al., 2021). La escoria granulada de alto horno se utiliza en la fabricación de concreto de altas prestaciones, particularmente los empleados en la construcción de puentes (Sobolev, et al. 2017).

De acuerdo con National Bureau of Statistics of China, en el año 2016, produjo 808.1 millones de toneladas de acero bruto y la producción de escoria de acero fue superior a 100 millones de toneladas; en 2002 de acuerdo a UK Office of the Deputy Prime Minister, el Reyno Unido produjo 4 millones de toneladas de escoria (98% se utiliza como agregados en mezclas de concreto y asfalto); de la misma forma 97% de escoria se utiliza en Alemania (Motz y Geiseler, 2001); en Italia se producen cada año 3 millones de toneladas de escoria metálica (Luciano et al., 2020). Las exportaciones de minerales, escorias y cenizas de Perú a Australia fueron de US \$ 26.9 millones en 2021, de acuerdo con la base de datos COMTRADE de las Naciones Unidas sobre comercio internacional, información actualizada a 2023. Las escorias de La Oroya (polimetálica) se ensayaron mediante ensayo al fuego y se identificaron los siguientes componentes, cobre (0.48 wt%), plomo (2.40 wt%) y zinc (7%) en peso (Caplan y Spiller, 2022).

Las escorias producidas por las plantas metalúrgicas en el Perú son un

componente potencialmente viable para la selección como objetivo de recuperación en la presente investigación y se relacionó con la alta demanda interna del cemento y concreto en Perú, así como la importancia en términos de aspectos ambientales y la importancia para el sector construcción. Entre los problemas observados se establecieron: i) la acumulación de escoria en grandes volúmenes sin uso secundario, ii) no se dispone un segundo uso para las escorias, iii) utilización de la escoria como material cementante en el concreto, por tanto, se propuso diseñar un concreto con escoria para ser utilizado en zapatas continuas de viviendas multifamiliares. El estudio se realizó en la urbanización Sol de las Viñas, distrito de Ate, departamento de Lima. La justificación de esta investigación se estableció en el principio de beneficio a la industria minera y metalúrgica, la industria de procesamiento químico, la ingeniería civil, la producción de agregados, la fabricación de materiales de construcción y las instituciones de investigación.

La viabilidad o factibilidad de la investigación se respalda con el conocimiento y la competencia requerida, disponibilidad de tiempo, recursos financieros, humanos y materiales que permitieron lograr los alcances del presente trabajo (Mertens, 2010 y Ellis y Levy, 2008) citados por Hernández y Mendoza, (2018, p. 46). Así mismo, la investigación se apoyó en los recursos económicos que se emplearon durante el proceso y la invitación de las instituciones públicas y privadas que promueven la utilización de los materiales subproductos disponibles como uso selectivo y eficiente, conservación, beneficio, nuevos materiales y métodos, aprovechamiento de residuos y subproductos, teniendo en consideración el medio ambiente, la sostenibilidad y la energía.

El problema general de esta investigación se estableció de la siguiente manera: ¿Cómo el concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023? Así mismo los problemas específicos propuestos fueron los siguientes: ¿Cómo el diseño de mezcla del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023?, ¿Cómo la deformación última del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023? y ¿Cómo el módulo elástico del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua para edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023?.

El objetivo general se propuso de la siguiente manera: Determinar como el concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023 y los objetivos específicos fueron: Determinar cómo el diseño de mezcla del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023. Determinar cómo la deformación última del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023. Determinar cómo el módulo elástico del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua para edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023

La hipótesis general especificada fue: El concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023. Las hipótesis específicas fueron: El diseño de mezcla de concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023. La deformación última del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023. El módulo elástico del concreto con escoria de cobre influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023.

## **II. MARCO TEÓRICO**

A la fecha se han realizado una gran cantidad de investigaciones relacionadas con la resistencia y las propiedades mecánicas del concreto con agregado de escorias de acero (Rojas y Rojas, 2004). Los procedimientos por lo general consisten en reemplazar el agregado natural, grueso y/o fino por escoria de acero (Sinha, 2014; Sumi y Malathy, 2013; Yi et al., 2012). Así mismo, Papayianni y Anastasiou (2010) emplearon la escoria de horno de arco eléctrico como agregado y escoria de horno de cuchara molida como material cementante para concreto y su posterior uso en pavimentos rígidos para carreteras de tráfico pesado. Zhang et al. (2022) indicaron que cada año se producen 4.5 millones de toneladas de escoria de cobre. A partir del año 2015 solo se utiliza entre el 15 y 20%. Debido a que es un residuo que no es muy utilizado las diferentes industrias están buscando formas para su utilización. La Escuela de Recursos e Ingeniería de Seguridad de la Universidad Central del Sur en Changsha, China, explora la escoria de cobre para ser utilizada como agregado de concreto. Así mismo, se propuso en la presente investigación el uso de escoria de cobre como material cementicio.

La escoria es un subproducto de la fundición de minerales y metales usados (Piatak et al. 2015). Se puede clasificar como ferroso, ferroaleaciones, o metales básicos no ferrosos (Stroup-Gardiner y Wattenberg-Komas, 2013). De acuerdo con el ACI el uso de escoria en el concreto posee beneficios que incluyen energía reducida, además mayores resistencia a la compresión y evita la contaminación ambiental.

(Islam & Shahjalal, 2021) Investigaron el desempeño del concreto al cual adicionaron polipropileno derivado de productos plásticos desechados, como agregado de piedra natural y agregado de ladrillo de arcilla, en porcentajes de 10%, 20% y 30%, relación agua-cemento 0.45 y 0.55. El tipo de estudio fue un estudio de caso. Los resultados se propusieron en la trabajabilidad, densidad endurecida, compresión, esfuerzo a la tracción, módulo de ruptura, rigidez de la elasticidad. La muestra con 10% de polipropileno presentó mayor durabilidad a la carga axial, y resistencia a la tensión.

(Rodsini 2021). Estudió los efectos de confinamiento del material consistente una matriz y adhesivos de dióxidos de silicio que se utilizaron con la fibra de vidrio en columnas circulares de concreto con incorporación de ladrillos de arcilla cocida como agregado grueso. Se realizó un estudio de caso. La población fue de 32

columnas circulares de concreto las cuales fueron sometidos a compresión axial. Los parámetros de estudio incluyeron la resistencia del concreto. Estas recomendaciones se basan en los resultados específicos de la investigación mencionada y están destinadas a proporcionar orientación para aquellos que consideren utilizar polímeros reforzados con fibra de vidrio en columnas circulares de concreto con ladrillos de arcilla como agregado grueso.

(Islam, et al., 2021) Investigaron el efecto del uso de escoria de ferrocromo como agregado fino en las propiedades de la resistencia y la durabilidad del concreto a temperatura ambiente y elevada (200 – 1000 °C. El trabajo fue un estudio de caso. Los resultados indicaron que mejoran las propiedades mecánicas del concreto con escoria de ferrocromo.

Fanijo, Temitope & Almakrab (2021). Revisaron la reacción del álcali-sílice en estructuras de concreto y los factores asociados, el mecanismo de reacción y la química y su efecto adverso en las estructuras de concreto. La revisión fue un estudio de caso. La conclusión fue el método de prueba de prisma del concreto es rápido fiable y determina la influencia la reactividad de los agregados, la disponibilidad de álcalis y condiciones de exposición.

Chatzopoulos, Sideris y Tassos (2021). Investigaron el uso de agregados de subproductos de horno de arco eléctrico y escoria de horno de cuchara en reemplazo de agregados de caliza convencional fino y grueso para la producción de mezclas de concreto de clases de resistencia C25/30 y C30/37 (compresión fuerza de 3625 psi y 4350 psi según ACI). Los áridos de escoria sustituyen a los áridos convencionales en un 30% y 50% de volumen. Los concretos producidos se ensayaron para determinar la prueba de revenimiento, compresión, contenido de aire y a la tracción, absorción de agua, resistencia a la carbonatación, resistencia a la penetración de cloruros y resistencia a heladas. Los resultados indicaron que los agregados de escoria se pueden utilizar para producir concretos convencionales con características mecánicas y de durabilidad mejoradas obteniendo mezclas ecológicas y duraderas.

Senani, Ferhoune, Guettala y Aguiar (2018). Estudiaron el uso de concreto con la incorporación de escoria de alto horno en columnas cortas de concreto. La arena natural fue sustituida total o parcialmente por escoria de arena en la composición del concreto. La caracterización de estos concretos se realizó en

consideración de sus propiedades físicas (densidad aparente y específica, porosidad y módulo de finura), propiedades mecánicas, resistencia a la tracción indirecta, resistencia a la flexión, la porosidad y la succión capilar y análisis de la microestructura por microscopía electrónica de barrido. Se comparó con concreto convencional. Los resultados fueron que los porcentajes de arena escoria sobre la composición del concreto tienen un efecto importante en la mejora de las propiedades mecánicas mostrando beneficios del uso de escorias de arena en la composición del concreto.

Flores y Fuentes (2021). Investigaron el empleo de escoria de bronce donde se podrá dar la calidad de resistencia del concreto. De acuerdo con los investigadores la investigación es aplicada de diseño experimental, tipo cuasiexperimental. La muestra fue de 36 especímenes de concreto. Los resultados fueron de 238.0 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón. Los concretos con: i) adiciones de 10%, obtuvieron una resistencia de 236.8 kg/cm<sup>2</sup>, ii) adiciones de 20%, la resistencia obtenida fue de 269.2 kg/cm<sup>2</sup>; iii) adiciones de 30%, la resistencia lograda fue de 272.5 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyeron que utilizando el subproducto de cobre incrementa notablemente la resistencia comparándolo con el concreto patrón.

Álvarez y Lozano (2021). Investigaron la escoria de acero como agregado alternativo. La metodología que utilizaron fue cuasi-experimental. De acuerdo con los investigadores la muestra tomada para el experimento la cantidad de 45 probetas normalizadas y 30 vigas rectangulares para someter a la compresión y flexión respectivamente. Los datos se recolectaron mediante guías de observación y se obtuvo un análisis estadístico. Los resultados fueron i) concreto E30 superó en 394.89 kg/cm<sup>2</sup> al concreto convencional, en compresión, ii) el concreto E40 fue superior en 71.86%, a la flexión, sobre el concreto convencional. Concluyeron que la inclusión de escoria de acero como material de concreto mejora su comportamiento la reducción del calor de hidratación refinamiento de los poros, resistente al ataque químico y resistencia a la flexión y compresión.

García y Ríos (2020). El objetivo de su investigación fue mejorar la resistencia del concreto y atenuar el paso de radiaciones ionizantes en ambientes con equipos de rayos X. La investigación fue del tipo cuasi-experimental. Los resultados indicaron que el concreto con 30% de escoria y 10 cm de espesor atenúa las radiaciones de los rayos X a una distancia de 5.0 cms. del foco del bloque de

concreto.

Melgarejo (2019). Su investigación tuvo como objetivo determinar la cantidad de la incorporación de escoria metálica en la muestra permeable, considerando la relación a/c de 0.30, 0.40 y 0.50, slump de 4" a 6". La muestra consistió en 27 diseños de mezclas. De acuerdo con los autores la investigación fue aplicada de nivel explicativo. Concluyeron que cuando incrementa el valor de permeabilidad disminuye el valor de la resistencia a la compresión del concreto y la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto es directamente proporcional en concreto permeable.

Bravo y Díaz (2018). El objetivo de su investigación fue determinar la influencia que produce la escoria de cobre en remplazo del agregado fino por el método de peso. Los resultados indicaron que el incremento de material subproducto de cobre como agregado fino incrementa linealmente el asentamiento de la mezcla.

El único esfuerzo importante en el concreto para la zapata corrida es el de cortante. El esfuerzo de compresión por flexión es, ocasionalmente, crítico, debido al diseño por resistencia a cortante y al objetivo de tener refuerzo transversal mínimo (Parker y Ambrose, 2008, p. 213). Las zapatas de concreto son también necesarias para soportar muros de mampostería, las zapatas de muros distribuyen las cargas del muro a un área más amplia y son continuas a lo largo del muro. La losa de la zapata se flexiona esencialmente en la dirección transversal al muro, es decir, en un solo sentido.

(Gambhir 2004, p. 236). Indica que la prueba del Slump o Asentamiento del concreto mide la consistencia del concreto fresco antes de que fragüe, comprueba la trabajabilidad del concreto recién elaborado y la facilidad para fluir. El módulo de finura (Gambhir, p. 62). es una cifra empírica que se obtiene sumando el porcentaje total de la muestra de un agregado retenido en cada una de las series especificadas de tamices.

De acuerdo con los criterios establecidos por la norma A.C.I. - 211, se considera que los agregados bien gradados con un mayor tamaño máximo tienden a tener menos vacíos y menor área superficial que los agregados con un tamaño máximo menor.

La selección del tamaño máximo del agregado debe tener en cuenta diversos

factores, como la trabajabilidad del concreto, la resistencia requerida, la durabilidad y la economía. En el caso mencionado, se menciona que se seleccionó el tamaño del agregado que era el mayor económicamente disponible y compatible con las dimensiones de la estructura.

El tamaño máximo del agregado, de acuerdo con los criterios indicados por la norma A.C.I. – 211, los agregados bien gradados con mayor tamaño máximo presentan menos vacíos y menor área superficial que los de menor tamaño máximo. Teniendo en consideración el asentamiento el tamaño del agregado seleccionado fue el mayor económicamente disponible y compatible con las dimensiones de la estructura.

En el diseño del concreto para la cimentación continua del edificio multifamiliar de 4 niveles, se seleccionó un tamaño máximo de agregado de 3 pulgadas. Este tamaño de agregado es adecuado para estructuras de edificación y proporciona la resistencia y la densidad necesarias. Es posible que la decisión de no incluir aire atrapado en el diseño de mezcla se haya basado en las condiciones y requerimientos específicos del proyecto, así como en las recomendaciones de normas y especificaciones aplicables. Es importante tener en cuenta que las decisiones de diseño y mezcla de concreto deben basarse en un análisis exhaustivo de los requisitos estructurales, las condiciones ambientales y las normas y especificaciones aplicables para garantizar la calidad y durabilidad del concreto utilizado en la construcción.

En el proceso de diseño de mezclas de concreto, se consideró el tamaño máximo del agregado. Los agregados bien gradados con un tamaño máximo adecuado tienen menos vacíos y una menor área superficial, lo que contribuye a la densidad y la resistencia del concreto. Además, se seleccionó el tamaño máximo del agregado en función de su disponibilidad económica y su compatibilidad con las dimensiones de la estructura. En el caso de estructuras de edificación o transporte, el tamaño del agregado se limita generalmente a un rango de 3/8 de pulgada a 3 pulgadas. En el diseño y producción del concreto, se buscó asegurar una resistencia de compresión promedio ( $f'_{cr}$ ) por debajo del valor especificado de resistencia a la compresión ( $f'_c$ ). Esto se hace para garantizar la confiabilidad y seguridad del concreto, teniendo en cuenta las variaciones inherentes en la producción y el comportamiento del material. En la presente investigación, se

estableció una correspondencia entre la resistencia del concreto y la relación agua-cemento para los diferentes grupos de materiales analizados. Esto permitió determinar las proporciones adecuadas de agua y cemento para lograr la resistencia deseada en el concreto.

Dado que los agregados pueden tener cierta porosidad, se considera que el agua de mezclado es absorbida por el cuerpo de los agregados, y que las partículas retienen cierta cantidad de agua en su superficie. Por lo tanto, se realiza una corrección de peso seco a peso húmedo para tener en cuenta esta absorción de agua. Una vez que se han determinado las cantidades de materiales estimadas, se prepara una mezcla de prueba utilizando dichas cantidades. Esto permite realizar ajustes y pruebas para evaluar las propiedades y características del concreto, y hacer los ajustes necesarios en la mezcla antes de su uso en la construcción. Este proceso de diseño y ajuste de mezclas de concreto es fundamental para asegurar la calidad y desempeño del concreto en las estructuras.

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación del presente trabajo fue de enfoque cuantitativo, de acuerdo a Hernández y Mendoza (2018, p. 5) se plantea de manera secuencial para comprobar las suposiciones cada procedimiento precede a la siguiente y el orden es riguroso, y de alcance descriptivo según explica Hernández y Mendoza (2018, p. 108) porque se especificaron las propiedades, características del concreto con adición de escoria y asimismo, las propiedades y características de las zapatas continuas de la edificación multifamiliar de 04 niveles. El diseño fue cuasi – experimental debido a que se trabajó con grupos ya formados, no aleatorizados, pero se pudo manipular la variable experimental (Hernández et al, 2006, p. 203). Así mismo, la investigación es explicativa porque estableció como influyen los indicadores de la variable independiente en la variable dependiente y como actuaron frente a ella.

**Tabla 1.** *Diagrama simbólico del diseño experimental.*

<b>Diseño con pre y pos – prueba con grupo de control no aleatorizado</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Preprueba</b>	<b>V. Independiente</b>	<b>Posprueba</b>
GE	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
GC	O <sub>1</sub>	--	O <sub>2</sub>

Nota: Datos tomados de Hernández\_et al\_(2006).

Podemos decir:

GE: Genero empírico.

GC: Grupo verificación.

X: Es el procedimiento, variado empírico.

O<sub>1</sub>: Inspección atrás del procedimiento.

O<sub>2</sub>: Inspección luego del procedimiento.

### 3.2. Variables y operacionalización

Las variables de investigación tenían atributos, características observables y que expresaban magnitudes que variaban de forma discreta y continua. Las variables de investigación del presente trabajo fueron empíricas, es decir, observables, entendibles y medibles. De la teoría de Ñaupás (p. 89)

se tiene que las variables se determinan por ser el lugar de unión entre la precisión y la comprobación, tal como se indica:

a) Variable dependiente: Es aquella que dentro de un modelo es explicada por otra variable (Hernández – Sampieri y Mendoza, 2018, p. 153) en consecuencia del efecto que se estudia para el presente caso son los edificios multifamiliares de 04 niveles.

b) Variable independiente: El tratamiento es aquella que influye en la variable dependiente y no depende de otra variable considerada dentro de una hipótesis (Hernández – Sampieri y Mendoza, 2018, p. 153). En la actual investigación se ha estimado la cimentación superficial de concreto empleando residuos fundidos de metales, donde la variable independiente es el diseño. Por su naturaleza las variables mencionadas son continuas. La operacionalización de variables es un procedimiento que consiste en transformar las variables teóricas en variables intermedias y estas en variables empíricas o indicadores y finalmente determinar los índices de acuerdo con lo expuesto por Ñaupás (2018, p. 191).

Este procedimiento se realizó mediante una matriz de operacionalización, la cual es una tabla que muestra el proceso de operacionalización. Las variables de la presente investigación fueron:

- Variable Independiente: Concreto con escorias.

- Definición conceptual.

Material granular, arena, grava, piedra triturada, concreto de cemento hidráulico u otro material, utilizado con un medio de cementación hidráulica para producir concreto o mortero (Mc Cormac y Brown, p. 1)

- Definición operacional.

El comportamiento del concreto bajo los estados de esfuerzo deriva de sus propiedades como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y resistencia al corte entre otras (Sánchez, D. p. 127)

Dimensiones: Resistencia a la tracción

Es la cualidad que altera la dimensiones y amplitud de las fisuras que se presentan y esta propiedad se obtiene con el módulo de ruptura, (Mc Cormac, et. al., 2017, p. 18).

- Módulo de elasticidad.

Es un módulo por secante con la línea dibujada del principio a un punto sobre la curva esfuerzo-deformación, (Mc Cormac, J. y Brown, R 2017, p. 13).

- Módulo de rotura.

Está relacionada con la flexión, es decir resiste el esfuerzo a flexión del espécimen, (Mc Cormac, et. al., 2017, p. 18).

- Tracción indirecta.

- Variable Dependiente: Diseño de cimentación continua.

Definición conceptual.

El diseño es un proceso que establece determinar el equilibrio entre las fuerzas aplicadas y los materiales que resisten estas fuerzas. Mediante el diseño se determina el tamaño físico y las proporciones de los elementos que se utilizarán en la estructura considerada (Onouye, B y Kane, K., 2012, p. 2)

Definición operacional

El procedimiento de diseño tiene las siguientes fases: i) Concepción de la forma estructural básica, ii) Diseño de la resistencia a la fuerza de gravedad lateral, iii) determinar las partes componentes, iv) Elaborar el esquema base, v) Identificar los materiales a utilizar, vi) Dosificación detallada de los componentes y vii) elaboración de una metodología de construcción (Onouye, B y Kane, K., 2012, p. 2)

La zapata continua es una prolongación menor de una pared cuyo propósito es repartir correctamente el peso sobre el terreno de fundación y su diseño está relacionado con el espesor efectivo (Mc Cormac, J. y Brown, R., 2017, p. 349).

Por tanto, podemos definir que el diseño de cimentación superficial con la finalidad de distribuir las cargas al terreno consiste en proporcionar a esta: i) la concepción básica, ii) determinar su resistencia, iii) Determinar sus partes, iv) Determinar su esquema, v) determinar los materiales, vi) determinar la dosificación.

Dimensiones:

- Espesor efectivo.

Es la distancia entre la parte superior de las varillas de acero que se encuentran en la parte inferior y la superficie de la zapata (Mc Cormac, et. al., 2017, p. 355).

Indicadores:

### 3.3. Población y muestra

La población es la fuente primaria de información para una investigación, ya que representa el conjunto completo de elementos que se desea estudiar o analizar en relación con el objetivo de investigación (Hernández – Sampieri y Mendoza, 2018, p. 197). En este caso, la población consiste en la zapata continua del edificio multifamiliar de 4 niveles en el distrito de Ate de la presente investigación

“La muestra es un subconjunto de los habitantes que es interés de la presente investigación del quien se obtuvieron la información correspondiente y fue representativo de la población de estudio” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 215). La muestra es el caso extraído de la población y fue la zapata continua de un edificio multifamiliar en el distrito de Ate.

La unidad de muestreo fue consistente con los planteamientos del problema, los alcances del estudio, objetivos y preguntas de análisis comprenden las probetas de concreto con escoria de cobre.

La estrategia de muestreo fue la muestra no probabilística, la elección de las unidades de estudio están relacionadas con el contexto y las características de la investigación y la decisión del investigador.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos estableció un plan detallado de procedimientos que condujeron a reunir datos para una investigación, por tanto, se aplicó las herramientas de medida para obtener la data pertinente de las variables de estudio en la muestra seleccionada como indican Hernández y Mendoza (2018, p. 226). Para la recolección de datos se consideraron las variables a medir las cuales son: concreto con escoria y diseño de zapata continua.; los recursos económicos disponibles fueron suficientes y el tiempo de recolección fue de cuatro meses.

“El mecanismo de acopio de la nota reconoce los datos observables que realmente representan las variables a investigar” (Grinnell, Williams y Unrau, 2009), fue el recurso que se utilizó para registrar los datos pertinentes sobre las variables de estudio y fueron los equipos de laboratorio de diseño

de concreto y las fichas correspondientes de pruebas estandarizadas de acuerdo con las normas internacionales y locales.

### 3.5. Procedimiento:

El hormigón estuvo combinado por diferentes tipos de agregados, además de agua, aire atrapado natural. El diseño de mezclas consistió en la separación de los materiales óptimos y establecer de las cantidades para producir, lo módico posible, con el grado requerido de manejabilidad que al endurecer adquirió los atributos de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia requerida (Sánchez, 2018, p. 221).

El procedimiento de diseño fue i) clasificación del asentamiento, ii) separación del tamaño máximo del agregado, iii) consideración del contenido de aire, iv) evaluación del contenido de agua de mezclado, v) valor de la resistencia de diseño, vi) clasificación de la relación agua cemento, vii) cálculo del contenido de cemento, viii) cálculo de las proporciones de agregados, ix) arreglo por humedad de los agregados, x) conciliación a las mezclas de pruebas.

### 3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos se realizó mediante una serie de mezclas de pruebas basadas en las interrelaciones tabuladas para realizar las estimaciones iniciales de las cantidades de los diferentes materiales empleadas en las diferentes mezclas de pruebas teniendo en consideración la interrelación aplicada con un alto grado de seguridad. Para determinar la mezcla adecuada de concreto se tuvieron tres consideraciones: i) determinar la variante del tipo de la muestra, ii) determinar la fortaleza del término medio a compactación obtenida y iii) dosificación de la liga para obtener, se suman todos los valores de resistencia obtenidos de las muestras y se divide entre el número total de muestras ensayadas. Esto proporcionará un promedio representativo de la resistencia del concreto utilizado en las mezclas de prueba.

### 3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo es original y propio del autor y se realizó en concordancia con las reglas del medio y el respeto a los derechos de autor y la ética la cual es un conjunto de principios o normas de conducta humana que rigen el comportamiento de las personas o instituciones. Debido a los estándares éticos, una persona o grupo de personas o institución regula su comportamiento para distinguir entre lo que está bien y lo que está mal tal como lo perciben los demás. Filosóficamente, “la ética, se ocupa de la ética lo que es bueno o malo en el campo de las actividades humanas” (Hernández – Sampieri y Mendoza, 2014, p. 47).

## **IV. RESULTADOS**

El concreto se considera como una roca artificial obtenida de una mezcla de materiales en proporciones determinadas con anterioridad al diseño de estructuras teniendo en consideración la cantidad de agregados, cemento, agua y materiales cementantes. Los resultados de la proporción de la mezcla de diseño de obtuvo de acuerdo con la normativa NTP 339.05, ACI 211.1-91, obteniendo la dosificación de concreto normal que se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** *Peso seco y volumen absoluto de materiales por metro cúbico de concreto*

Material	Peso seco kg/m <sup>3</sup>	Peso húmedo kg/m <sup>3</sup>	Peso húmedo para 100 l en kg
Cemento	329	329.00	<b>32.90</b>
Agua	169	115.86	<b>11.586</b>
Contenido de aire	0.00	0.00	<b>0.00</b>
Agregado grueso	1 278	1 329.12	<b>132.912</b>
Agregado fino	507	547.56	<b>54.756</b>
TOTAL	2 283	2 321.54	<b>232.154</b>

*Nota.* Las cantidades de materiales para ensayo de probetas están en negrita.

Fuente: Elaboración propia - 2023

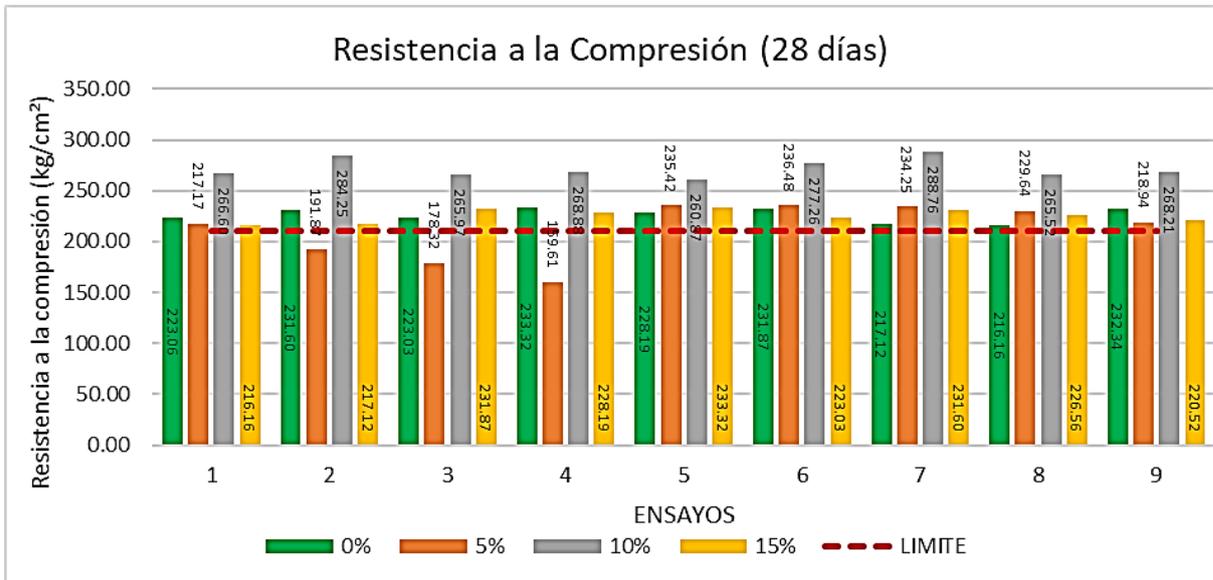
De acuerdo con la normativa NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO), ASTM C 39-39M-2005e2, AASHTO T 22-2005, se prepararon especímenes de concreto en moldes cilíndricos de acero y se ensayaron para obtener la resistencia a la compresión a la edad de 28 días los resultados de los concretos con diferentes proporciones de escoria de cobre se indican en la tabla 3 y en la figura 1.

**Tabla 3.** *Resultados de la Resistencia Compresión con diferentes dosificaciones de escoria de cobre.*

ENSAYOS	PROPORCIÓN			
	0%	5%	10%	15%
1	223.06	217.17	266.60	216.16
2	231.60	191.87	284.25	217.12
3	223.03	178.32	265.97	231.87
4	233.32	159.61	268.88	228.19
5	228.19	235.42	260.87	233.32
6	231.87	236.48	277.26	223.03
7	217.12	234.25	288.76	231.60
8	216.16	229.64	265.52	226.56
9	232.34	218.94	268.21	220.52

*Nota.* La Resistencia a Compresión de concreto con 10% de escoria en todos los ensayos realizados es mayor que otros tipos de concreto. Fuente: Elaboración propia - 2023

**Figura 1.** Resultados de ensayos a compresión a los 28 días de edad de concretos con escoria de cobre en porcentajes de 5, 10 y 15



Nota. La resistencia a Compresión de concreto con 10% de escoria en todos los ensayos realizados es mayor que otros tipos de concreto.

Fuente: Elaboración propia - 2023

Para el diseño de concreto simple o reforzado el módulo elástico es un parámetro que debe ser definido para satisfacer los requisitos de estados límites últimos como los de servicio. El análisis lineal elástico realizado con el valor adecuado  $E_c$  permitió la estimación de tensiones y deflexiones bajo las acciones de servicio.

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} \quad (Ec. 3)$$

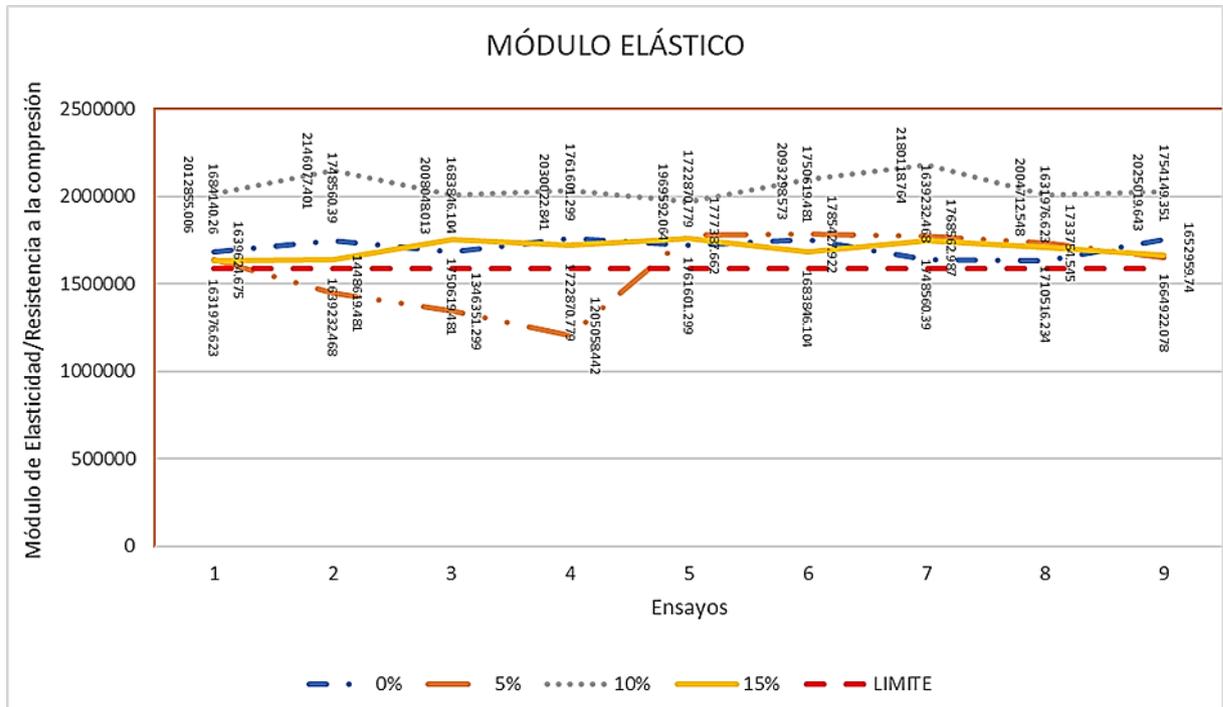
**Tabla 4.** Obtención del Módulo Elástico con diferentes proporciones de escoria de cobre

ENSAYO	MÓDULO ELÁSTICO			
	0%	5%	10%	15%
1	1684140.26	1639624.68	2012855.01	1631976.62
2	1748560.39	1448619.48	2146077.4	1639232.47
3	1683846.1	1346351.3	2008048.01	1750619.48
4	1761601.3	1205058.44	2030022.84	1722870.78
5	1722870.78	1777387.66	1969592.06	1761601.3
6	1750619.48	1785427.92	2093298.57	1683846.1
7	1639232.47	1768562.99	2180118.76	1748560.39
8	1631976.62	1733754.55	2004712.55	1710516.23
9	1754149.35	1652959.74	2025019.64	1664922.08

Nota. El módulo Elástico de concreto según datos\_obtenidos.

Fuente: Elaboración propia - 2023

**Figura 2.** Módulo elástico de concreto con diferentes porcentajes de escoria de cobre



Nota. El módulo Elástico de concreto con 10% de escoria en todos los ensayos realizados es mayor que otros tipos de concreto.

Fuente: Elaboración propia - 2023

La zapata continua para muros se base sobre el momento máximo calculado en la mitad de la distancia entre el centro y la cara del muro, debido a que la mampostería presenta menos rigidez que el concreto, la ecuación es:

$$M_u = q_u \frac{(b-a)^2}{8} \quad (\text{Ec. 1})$$

Debido a que la superestructura y la cimentación están conectados por las columnas y los tabiques la rigidez de la superestructura contribuye a limitar los asentamientos de la cimentación, por tanto, el aporte más significativo estará determinado por la rigidez de la superestructura. El comité ACI 338/88 propone estimar los asentamientos diferenciales en función del factor de rigidez ( $K_{rt}$ ) con:

$$K_{rt} = \frac{E_c I_b}{E_s B^3} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

$E_s$ : Módulo de elasticidad del suelo.

$E_c$ : Módulo de elasticidad del concreto.

$B$ : ancho de la zapata continua.

$I_b$ : Momento de Inercia de la estructura.

Para la presente investigación se obtuvo como resultado que para las cargas de servicio calculadas  $D = 6 \text{ ton/m}$  y  $L = 4.4 \text{ ton/m}$  y suelo de arcilla consolidada con capacidad portante igual a  $1 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de  $75 \text{ cms.}$  y concreto con  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se verificó el corte desarrollado a una distancia  $d$  del plano crítico a momento que para la zapata continua para muros es  $b/4$ , donde:

$$\tau_u = 0.71 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Phi V = 1.84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Donde:

$\tau_u$ : tensión última

$V$ : resistencia nominal al corte

$\Phi$ : factor de reducción de la resistencia.

Por tanto, es conforme.

En la presente investigación se determinó la influencia del concreto con escoria en zapatas continuas la intermediación de diseño de mezcla, la deformación última y el módulo elástico en un edificio multifamiliar de 04 niveles en Ate, Lima. Para ello se propusieron 04 objetivos:

OG: Determinar cómo el concreto con escoria de cobre influye en la zapata continua de un edificio multifamiliar de 04 niveles en el distrito de Ate, provincia y departamento de Lima.

- Determinar cómo el diseño de mezcla de concreto con escoria de cobre influye en la zapata continua de un edificio multifamiliar de 04 niveles en el distrito de Ate, provincia y departamento de Lima.
- Determinar cómo influye la deformación última del concreto con escoria de cobre en la zapata continua de un edificio multifamiliar en el distrito de Ate, provincia y departamento de Lima.
- Determinar cómo influye el módulo elástico del concreto con escoria de cobre en la zapata continua de un edificio multifamiliar en el distrito de Ate, provincia y departamento de Lima.

Resultados:

OG: Influencia del concreto con escoria en la zapata continua.

- o El concreto fresco es un material esencialmente heterogéneo, coexistiendo en él tres fases: sólida (agregados y cemento), líquida (agua) y gaseosa (aire).

O1: Influencia de la dosificación del concreto con escoria de cobre en zapata continua.

- o Se determinó las cantidades necesarias de los diferentes materiales para obtener un metro cúbico de concreto teniendo en consideración la contracción que experimenta el concreto fresco debido a la evaporación del agua, la absorción del agua por el agregado y la formación de la pasta de cemento. Los volúmenes absolutos de los distintos materiales para un metro cúbico fueron: cemento 106 l., agua 169 l., contenido de aire 0.00 l., agregado grueso 523 l. y agregado fino 202 l. Debido a que la escoria con cobre en reemplazo del

cemento en porcentajes de 5, 10 y 15.

O2: Influencia de la deformación última del concreto con escoria de cobre en zapata continua.

- A partir de la deformación última ( $\epsilon$ ) del concreto en masa, se determina la deformación del concreto reforzado ( $\epsilon_c$ ), llegando a lograrse deformaciones últimas del concreto normal en masa y concretos con escoria de cobre con los diferentes porcentajes de 0.0025 evitando deformaciones relativamente amplias.

O3: Influencia del módulo elástico del concreto con escoria de cobre en zapata continua.

- El concreto no es un cuerpo elástico, por tanto, se consideró no tomar el módulo elástico como propiedad del mismo y realizar la modificación por módulo de deformación longitudinal el cual tiene un valor constante en el diagrama esfuerzo deformación, distinguiendo tres valores diferentes: el módulo tangente, es un valor variable que disminuyó al aumentar la tensión y midió la inclinación de la curva en cualquier punto; módulo secante, disminuyó al incrementarse la tensión, su valor varió en cada punto llegando a un valor del medio al tercio inicial para tensión máxima y midió la inclinación de la recta y módulo inicial coincidiendo el módulo tangente y secante. La tensión deformación del concreto en compresión axial expresó el aumento de rigidez del concreto a medida que incrementaba la resistencia.

## **V. DISCUSIÓN**

Habiendo obtenido tres fuentes importantes de información para producir la discusión de resultados se indica la hipótesis propuesta para la siguiente investigación: el concreto con escoria de cobre influye en el diseño de la zapata continua de una edificación multifamiliar de 04 niveles en el distrito de Ate, provincia de Lima.

Los resultados de la presente investigación fueron obtenidos mediante la realización de pruebas de laboratorio, quedando registro de todas las actividades por medio de fotografías y formularios o fichas de información de resultados. Las herramientas y equipos utilizados para elaboración de materiales y los ensayos fueron calibrados y certificados sus usos por empresas calificadas y especializadas de acuerdo con las normativas correspondientes, con la finalidad de obtener los resultados más precisos posibles. Las técnicas empleadas permitieron realizar el análisis de fiabilidad correspondiente, certificando la validez de los resultados que se obtuvieron.

Los resultados obtenidos corresponden al estudio del área mencionada, pudiendo generalizarse al diseño de zapatas continuas para viviendas multifamiliares en la zona de estudio y en otras donde debido a la cantidad de escoria de cobre, procesos constructivos, al interés de empresas constructoras y obras públicas. La diferencia podría establecerse en la ubicación geográfica donde también pueden aplicarse en las obras de desarrollo.

Asimismo, no es certero afirmar que estos resultados puedan ser aplicados a estructuras diferentes a las estudiadas en la presente investigación, aun si las empresas constructoras se encuentren asociadas a esta área, debido a las diferentes solicitaciones estructurales, climas, requisitos y condiciones que cumplir.

Considero que podría generalizarse la metodología empleada en la investigación debido a que los equipos e instrumentos cumplen la función de determinar al detalle y otorgar la información necesaria sobre el diseño de concreto y las propiedades de este.

En cuanto a las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo de la presente investigación puedo indicar: horarios y accesibilidad a laboratorios certificados. La primera corresponde a la relación entre las actividades desempeñadas por el investigador y las visitas al laboratorio. Se tuvo que disponer de tiempo para encontrar el horario del laboratorio para realizar los ensayos.

Mediante los resultados indicados en el presente trabajo se ha observado que el uso de la escoria de cobre como material cementante ha alcanzado un alto grado de desarrollo sin que signifique la optimización al 100%. Entre los resultados obtenidos es necesario resaltar que la mayoría son similares a investigaciones de otros autores.

El trabajo desarrollado por Flores y Fuentes (2021), indicaron que sus resultados fueron de 238.0 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón. Los concretos con: i) adiciones de 10%, obtuvieron una resistencia de 236.8 kg/cm<sup>2</sup>, ii) adiciones de 20%, la resistencia obtenida fue de 269.2 kg/cm<sup>2</sup>; iii) adiciones de 30%, la resistencia lograda fue de 272.5 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyeron que utilizando el subproducto de cobre incrementa notablemente la resistencia comparándolo con el concreto patrón.

Álvarez y Lozano (2021). Investigaron la escoria de acero como agregado alternativo. Los resultados fueron i) concreto E30 superó en 394.89 kg/cm<sup>2</sup> al concreto convencional, en compresión, ii) el concreto E40 fue superior en 71.86%, a la flexión, sobre el concreto convencional. Concluyeron que la inclusión de escoria de acero como material de concreto mejora su comportamiento: resistencia a la flexión y compresión

Para Senani, Ferhoune, Guettala y Aguiar (2018), Estudiaron el uso de concreto con la incorporación de escoria de alto horno en columnas cortas. Los resultados fueron que los porcentajes de arena escoria sobre la composición del concreto tienen un efecto importante en la mejora de las propiedades mecánicas mostrando beneficios del uso de escorias de arena en la composición del concreto

La resistencia a la compresión y el módulo elástico se muestran en las tablas 2 y 3. Se observa que el concreto con 10% de escoria de cobre supera en resistencia a los 28 días a los concretos normales, con 5% y 15% de escoria. Logando obtener resultados similares a las investigaciones mencionadas. Aunque los resultados no difieren en gran medida podría optarse por otros porcentajes de incorporación de escoria de cobre.

## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo con los resultados de la investigación se puede afirmar que:

- El diseño de mezcla es de gran importancia para determinar las proporciones o cantidades de los materiales que se utilizarán para un concreto con resistencia específica. Debiendo tener en consideración que en el Perú contamos con diferentes geografías lo cual permite determinar los diseños con las diferentes temperaturas climáticas.
- La deformación unitaria es importante debido a que están determinados por los tipos de agregados utilizados, las proporciones de materiales propuestos en el diseño, la forma del agregado y su característica superficial,
- El módulo de elasticidad del concreto es importante para determinar la deformación de los elementos estructurales de una estructura. El módulo de elasticidad depende de la resistencia a la compresión del concreto, propiedades de los agregados gruesos, la cantidad de pasta de cemento y la adición de escoria de cobre.
- Se debe determinar el espesor efectivo  $d$  y compararlo con el espesor efectivo  $d$  por cortante hasta lograr una aproximación entre ambas propuestas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que el diseño de mezcla sea determinado en proporciones o cantidades de acuerdo a los materiales requeridos, teniendo en cuenta las diferentes geografías del territorio que hace que se cuente con diferentes temperaturas climáticas.
- Se recomienda tener en cuenta la deformación unitaria considerando los tipos de agregados a utilizar, con las proporciones de acuerdo a su diseño.
- Se recomienda se determine el módulo de elasticidad para los elementos estructurales en razón de la resistencia del concreto diseñado.
- Se recomienda considerar el peso específico durante el diseño de mezcla del concreto con escoria de cobre utilizada. Tener en cuenta la determinación del espesor efectivo para el logro propuesto.

## REFERENCIAS BIBLIORAFICAS

AL-JABRI, K.; SHOUKRY, H.; KHALIL, I. S. AND NASIR, S. Reuse of waste ferrochrome slag in the production of mortar with improved thermal and mechanical performance, *Journal of Materials in Civil Engineerin.* 30 (8), 2018.

[https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0002345](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002345)

ÁLVAREZ, P. J. y LOZANO, M. Diseño de concreto utilizando escoria de acero a partir de la sustitución del agregado fino y su impacto en la resistencia a compresión y resistencia a flexión, Lima – 2020. [tesis de Titulación]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Aggregates for Concrete* (Developed by Committee E-701, Materials for Concrete Construction), American Concrete Institute, 2016. [www.concrete.org](http://www.concrete.org).

AMERICAN Society of Civil Engineers. [History and Heritage of Civil Engineering](http://www.asce.org/history-and-heritage-of-civil-engineering). 2007. <https://www.asce.org/>

BRAVOS, M. A y DÍAZ, J. C. Análisis comparativo de la influencia de la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en porcentaje de peso, en la resistencia y consistencia de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cementos tipo IP y tipo V, mediante pruebas de esclerometría y compresión axial de testigos sometidos a curado por inmersión [tesis de Titulación]. Cusco: Universidad Andina Del Cusco, 2018.

CAPLAN, M.; SPILLER, E.; ANDERSON, C.; HUAMANÍ, R.; *Characterization of Peruvian Smelter Slags for the Determination of Potentially Economic Constituents*. <https://www.researchgate.net/publication/361059307>

COMMONLY Used Statistics: Worker fatalities. Occupational Safety and Health Administration. United States Department of Labor. Retrieved 1 March 2021.

CONSTRUCTION def. 1.a. 1.b. and 1.c. Oxford English Dictionary Second Edition on CD-ROM (v. 4.0) Oxford University Press 2009.

CONSTRUCTION. Online Etymology Dictionary

<http://www.etymonline.com/index.php?term=construction>

FANIJO, E. O. Alkali-silica reaction (ASR) in concrete structures: Mechanisms, effects and evaluation test methods adopted in the United States. *ScienceDirect*. 15, e00563. pp. 1-17, 2021.

FLORES, J. A. y FUENTES, J. Diseño de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando escoria de cobre para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2021. [tesis de Titulación]. Tarapoto: Universidad César Vallejo, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00563>

FARES, A. I.; SOHEL, K.; AL-JABRI, K.; AL-MAMUN, A. Characteristics of ferrochrome slag aggregate and its uses as a green material in concrete – *ScienceDirect*. 294 (2021), 123552, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123552>.

GAMBHIR, M. L. (2004). *Concrete technology*. Tata McGraw-Hill.

GARCÍA, T. y RÍOS, J. R. Diseño de concreto usando escoria de acero para el blindaje de las construcciones de ambientes hospitalarios que requieran la atenuación de rayos X en Lima. [tesis de Titulación]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.

GLOBAL Construction Report 2030. GCP DBA. Retrieved 28 abril 2023.

GRUBEŠA, I. N., BARISIC, I., FUCIC, A., & BANSODE, S. S. (2016). Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction. *ELSEVIER*. <https://shop.elsevier.com/books/characteristics-and-uses-of-steel-slag-in-building-construction/netinger-grubesa/978-0-08-100368-8>

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C. Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativa y mixta. Mc Graw Hill, 2018.

ISLAM, J. and SHAHJALAL. (2021). Effect of polypropylene plastic on concrete properties as a partial replacement of stone and brick aggregate. Elsevier. 15 (2021) e 00627. pp. 1-17, 2021. [www.elsevier.com/locate/cscm](http://www.elsevier.com/locate/cscm)

ISLAM, M. Z., SOHEL K.; AL-JABRI, K. and AL HARTHY, A. Properties of concrete with ferrochrome slag as a fine aggregate at elevated temperatures. Elsevier. 15 (2021) e00599. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00599>

JENA, S.; and PANIGRAHI, R. Performance assessment of geopolymer concrete with partial replacement of ferrochrome slag as coarse aggregate, Constr. Build. Mater. 220 (2019) 525–537, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.045>.

KNECHT B. Fast-track construction becomes the norm. Architectural Record. <https://www.architecturalrecord.com/>  
<https://doi.org/10.17515/resm2021.255ma0202>.

MAVROULIDOU, M. y SHAH, S. (2021). Alkali-activated slag concrete with paper industry waste. Waste Management & Research. 39(3), 466-472, 2021. <https://doi.org/10.1177/0734242X2098>

MAVROULIDOU, M. Use of paper sludge ash as a calcium-based stabilizer for clay soils. Waste Management and Research 36: 1066–1072, 2018. [https://openresearch.lsbu.ac.uk/download/45c7a8bfcf1a6d7f52971099c220004fe7c0a18edc69fc9dde421ede2106a7a4/5938269/system\\_appendPDF\\_proof\\_hi-10.pdf](https://openresearch.lsbu.ac.uk/download/45c7a8bfcf1a6d7f52971099c220004fe7c0a18edc69fc9dde421ede2106a7a4/5938269/system_appendPDF_proof_hi-10.pdf)

MELGAREJO, C. Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha – 2019. [tesis de Titulación]. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019.

PRUSTY, J. K.; Patro, S. K. and Mohanty, T. Structural behaviour of reinforced concrete beams made with ferrochrome slag as coarse aggregate. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22, 696–707, 2018.

<https://doi.org/10.1007/s12205-017-1294-2>

MOTZ, H.; GEISELER, J. Products of steel slags an opportunity to save natural resources. J. Waste Manag. 2001, 21, 285–293. [CrossRef]

[PubMed]

NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA 2016.  
<http://www.stats.gov.cn/english/>

PACHAMUTHU, S. and Thangaraju, P. Effect of incinerated paper sludge ash on fly ash-based geopolymer concrete. *Građevinar* 69(9): 851–859, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.14256/JCE.1864.2016>

PAPAYIANNI, I., & ANASTASIOU, E. (2010). Production of high-strength concrete using high volume of industrial by-products. *Construction and Building Materials*, 24, 1412–1417.

OBLA, K. H. (2015). *Improving Concrete Quality*. Silver Spring, MD: Taylor & Francis Group. <https://civiconcepts.com/wp-content/uploads/2019/01/Improving-Concrete-Quality-By-Karthikeyan-H.-Obla.pdf>

OJHA, P. N.; SINGH, A.; SINGH, B. and PATEL, V. (2021). Experimental investigation on use of ferrochrome slag as an alternative to natural aggregates in concrete structures, ScienceDirect.

ONOUYE, B. Y KANE, K., (2012) Statics and Strength of Materials for Architecture and Building Construction. Prentice Hall. Pearson.

ORTEGA-LÓPEZ, V., MANSO, J. M., CUESTA, I. I., & GONZÁLEZ, J. J. (2014). The long-term accelerated expansion of various ladle-furnace basic slags and their soil-stabilization applications. *ELSEVIER*, 455-464.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061814007387>

PIATAK, NADINE M.; PARSONS, MICHAEL B.; SEAL, ROBERT R. (2015). "Characteristics and environmental aspects of slag: A review". *Applied Geochemistry*. 57: 236–266. Bibcode:2015ApGC57236P. doi:10.1016/j.apgeochem.2014.04.009. ISSN 0883-2927.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. RAE Diccionario de la lengua española, 2022.  
<https://dle.rae.es/diccionario>.

ROJAS, M. F., & ROJAS, M. I. (2004). Chemical assessment of the electric arc furnace slag as construction material: Expansive compounds. *Cement and Concrete Research*, 34, 1881–1888.

SINHA, H. M. (2014). Experimental investigation in utilization of basic oxygen furnace steel slag in concrete. *International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences*, 2(2), 1–4.

SOBOLEV, K., KOZHUKHOVA, M., SIDERIS, K., & SANTHANAM, M. (2017). Alternative Supplementary Cementitious Materials. *Springer Link*.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-70606-1\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-70606-1_7)

SUMI, N., & MALATHY, R. (2013). Experimental investigation on effect of fly ash and steel slag in concrete pavements. *International Journal of Research in*

Engineering & Technology, 1(2), 117–124.

STROUP-GARDINER, MARY; WATTENBERG-KOMAS, TANYA (2013-06-24). Recycled Materials and Byproducts in Highway Applications—Summary Report, Volume 1. doi:10.17226/22552. ISBN 978-0-309-22368-3.

UK OFFICE OF THE DEPUTY PRIME MINISTER. Summary Sheet Covering Individual Materials; ODPM: London, UK, 2022.

YARAGAL, S. C., KUMAR, B. and JITIN, C. (2020). Durability studies on ferrochrome slag as coarse aggregate in sustainable alkali activated slag/fly ash-based concretes, *Sustain. Mater. Technol.* 23 (2020), e00137, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00137>.

XIE, T.; YANG, G.; ZHAO, X.; XU, J. and FANG, C. A unified model for predicting the compressive strength of recycled aggregate concrete containing supplementary cementitious materials, *ResearchGate*. 251(12), 119752, 2019.  
DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119752

ZHANG, Q., ZHANG, B., & WANG, D. (2022). Environmental benefit assessment of blended cement with modified granulated copper slag. *Materials*, 15(15), 5359.  
<https://doi.org/10.3390/ma15155359>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

### 1. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

En la tabla 1 se observa que para zapatas debe prepararse una mezcla de consistencia media con un asentamiento entre 5 y 10 cm. Se toma el promedio, aproximadamente 7.5 cm. (3"). Consolidación mecánica

**Tabla 5.** *Revenimientos Recomendados para varios tipos de construcción*

Construcción de concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

Fuente: Elaboración propia - 2023

### 2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL MÁXIMO AGREGADO

De acuerdo con la mínima dimensión de la estructura (65 cm), el tamaño máximo recomendado para zapatas continuas y aisladas varía entre 38.1 mm (1 ½") y 76.1 mm (3") (ver la tabla 2). El agregado del que se dispone es adecuado. Con tamaño máximo nominal de 38.1 mm (1 ½"), y un tamaño máximo de 50.8 mm (2").

**Tabla 6.** *Tamaño máximo de agregado*

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino <sup>(1)</sup>			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.50 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.50 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.00 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.50 (1 ½)	0.75	0.73	0.71	0.69
50.00 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75.00 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150.00 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Elaboración propia - 2023

### 3. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Debido a que la exposición no es severa, se usó concreto sin aire incluido. Se estimó que para un tamaño máximo nominal de 38 mm (1 ½") el contenido de aire naturalmente atrapado es del 1% del volumen (tabla 3). Sin embargo, para efectos de cálculo, se asumió este valor como cero.

**Tabla 7.** *Cantidad aproximada de aire esperado en concreto sin aire incluido y niveles de aire incluido para diferentes tamaños máximos de agregados*

Tamaño máximo nominal del agregado		Contenido de aire en porcentaje (por volumen)			
		Naturalmente atrapado	Exposición ligera	Exposición moderada	Exposición severa
mm	Pulg.				
9.51	3/8	3.00	4.50	6.00	7.50
12.70	½	2.50	4.00	5.50	7.00
19.00	¾	2.00	3.50	5.00	6.00
25.40	1	1.50	3.00	4.50	6.00
38.10	1 ½	1.00	2.50	4.50	5.50
50.80	2	0.50	2.00	4.00	5.00
76.10	3	0.30	1.50	3.50	4.50
152.00	6	0.20	1.00	3.00	4.00

Fuente: Elaboración propia - 2023

#### 4. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO

Los agregados tenían forma angular y textura lisa (triturada), el concreto no tenía aire incluido, el tamaño máximo del agregado grueso es de 50.8 mm, el asentamiento previsto fue 7.5 cm. De acuerdo con la tabla 4 el contenido de agua de mezclado por cada metro cúbico de concreto fue de aproximadamente 169 litros.

#### 5. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO

De acuerdo con la fórmula se tuvo que el coeficiente de variación  $V$  fue:

$$V = 100 \left( \frac{\sigma}{\bar{X}} \right)$$

$$V = 100 \left( \frac{34}{378} \right)$$

$$V = 8.99 \approx 9\%$$

Este valor indicó que el coeficiente de variación en la producción fue excelente según tabla 4 y hubo buen control.

La resistencia de diseño  $f'_{cr}$  se determinó sin necesidad de modificar la desviación estándar debido a que el análisis estadístico se realizó sobre más de 30 datos.

$$f'_{cr} = f'_c - 35 + (2.33 \sigma)$$

$$f'_{cr} = 210 - 35 + (2.33)34$$

$$f'_{cr} = 254 \text{ kg} * \text{cm}^2$$

$$f'_{cr} = f'_c + (1.34 \sigma)$$

$$f'_{cr} = 210 + (1.34)34$$

$$f'_{cr} = 255.60 \text{ kg/cm}^2$$

Se observó que para una resistencia estructural de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , la resistencia de diseño de la mezcla  $f'_{cr} = 255.60 \text{ kg/cm}^2 \approx 256 \text{ kg/cm}^2$

## 6. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Considerando las características del cemento disponible, se asumió que se trató de un cemento dentro del promedio de los cementos peruanos. Por tanto, para la resistencia de diseño  $f'_{cr} = 256.00 \text{ kg/cm}^2$  obtenida e interpolando en la línea media de la tabla 5. Por tratarse de concreto sin aire incluido, corresponde una relación agua cemento:

$$A/C = 0.514$$

## 7. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

$$C = \frac{169}{0.514} = 329 \text{ kg/m}^3$$

## 8. ESTIMACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE AGREGADOS (ACI)

Fueron agregados controlados cumpliendo con las normas NTP.

Se determinó primero el volumen seco y compactado de agregado grueso por volumen unitario de concreto ( $b/b_o$ ) de tabla para un módulo de finura de la arena de 2.60 y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 38.1 mm (1 1/2"), el valor de ( $b/b_o$ ) es igual a 0.73 m<sup>3</sup> de agregado grueso por metro cúbico de concreto. Por tanto, el peso seco del agregado grueso ( $P_g$ ) fue:

$$P_g = 0.73 (1750) = 1278.00 \text{ kg/m}^3$$

Y el volumen absoluto fue:

$$V_g = \frac{1278}{2.44} = 523 \text{ l/m}^3$$

**Tabla 8.** Estimación de las proporciones de materiales

Material	Peso seco kg/m <sup>3</sup>	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Volumen absoluto l/m <sup>3</sup>
Cemento	329	3.10	106
Agua	169	1.00	169
Contenido de aire	0.00	0.00	0.00
Agregado grueso	1278	2.44	523
Agregado fino	507	2.51	202
TOTAL	2 283		1 000

Fuente: Elaboración propia - 2023

## 9. AJUSTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Para pesar los agregados al dosificar la mezcla, se consideró la humedad de estos. La humedad del agregado grueso es 4% y del agregado fino (8 %). Los pesos húmedos fueron:

$$\text{Peso húmedo A. grueso} = 1\,278 (1 + 0.04) = 1\,329.12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo A. fino} = 507 (1 + 0.08) = 547.56 \text{ kg/m}^3$$

La absorción del agregado grueso es 2.5% y del agregado fino es 1.3%, el valor del agua libre  $A_a$  fue:

$$A_a = - 1\,278 (0.04 - 0.025) - 507 (0.08 - 0.013)$$

$$A_a = - 19.17 - 33.97 = 53.14 \text{ l/m}^3.$$

El requerimiento de agua de mezclado corregida para la dosificación fue:  
 $169 - 53.14 = 115.86 \text{ l/m}^3.$

## 10. AJUSTES A LA MEZCLA DE PRUEBA

Para realizar las mezclas de prueba en laboratorio, lo conveniente fue reducir a escala los pesos de los materiales para producir 100 litros de mezcla, lo cual se consideró para elaborar el ensayo de asentamiento, ensayo de peso volumétrico y aproximadamente 10 cilindros de prueba. Las cantidades quedaron se acuerdo a la tabla 7.

**Tabla 9.** *Peso seco y volumen absoluto de materiales por metro cúbico de concreto*

Material	Peso seco kg/m <sup>3</sup>	Peso húmedo kg/m <sup>3</sup>	Peso húmedo para 100 l en kg
Cemento	329	329.00	32.90
Agua	169	115.86	11.586
Contenido de aire	0.00	0.00	0.00
Agregado grueso	1 278	1 329.12	132.912
Agregado fino	507	547.56	54.756
TOTAL	2 283	2 321.54	232.154

Fuente: Elaboración propia - 2023

$$32.90 - 10\% = 29.61 \text{ C, } 3.29 \text{ ESC.}$$

**Tabla 10.** *Incorporación de aire*

Resistencia a compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación a/c	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Fuente: Elaboración propia - 2023

## ANEXO 2: DISEÑO DE ZAPATA CONTINUA

Zapatas continuas para albañilería

$$q = D + L$$

$$q = 6.00 \text{ tn/m} + 4.40 \text{ tn/m}$$

$$q = 104 \text{ kg/cm.}$$

Ancho de la zapata continua por metro de longitud.

$$B = 1.15 \frac{104 \text{ kg/cm}}{1 \text{ kg/cm}^2}$$

$$B = 120 \text{ cm}$$

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

$$U = 14.24 \text{ ton/m}$$

$$q_u = \frac{U}{B}$$

$$q_u = 11.87 \text{ ton/m}^2$$

Para zapatas continuas se recomienda que la altura útil debe ser:

$$d \geq \left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ cm} \\ \frac{B - b}{4} \end{array} \right\}$$

$$d \geq \left\{ \frac{120 - 13}{4} \right\}$$

$$d \geq \{26.75 \text{ cms}\}$$

Se adoptó una altura útil  $d = 35 \text{ cms}$  y altura total  $h = 40 \text{ cms}$ .

En el caso de zapatas continuas la verificación a corte se efectúa a una distancia  $d$  del plano crítico y en el caso de zapata continua para muros se produce a  $b/4$ .

$$c = \frac{120 \text{ cm}}{2} - \frac{13 \text{ cm}}{4} - 35 \text{ cm}$$

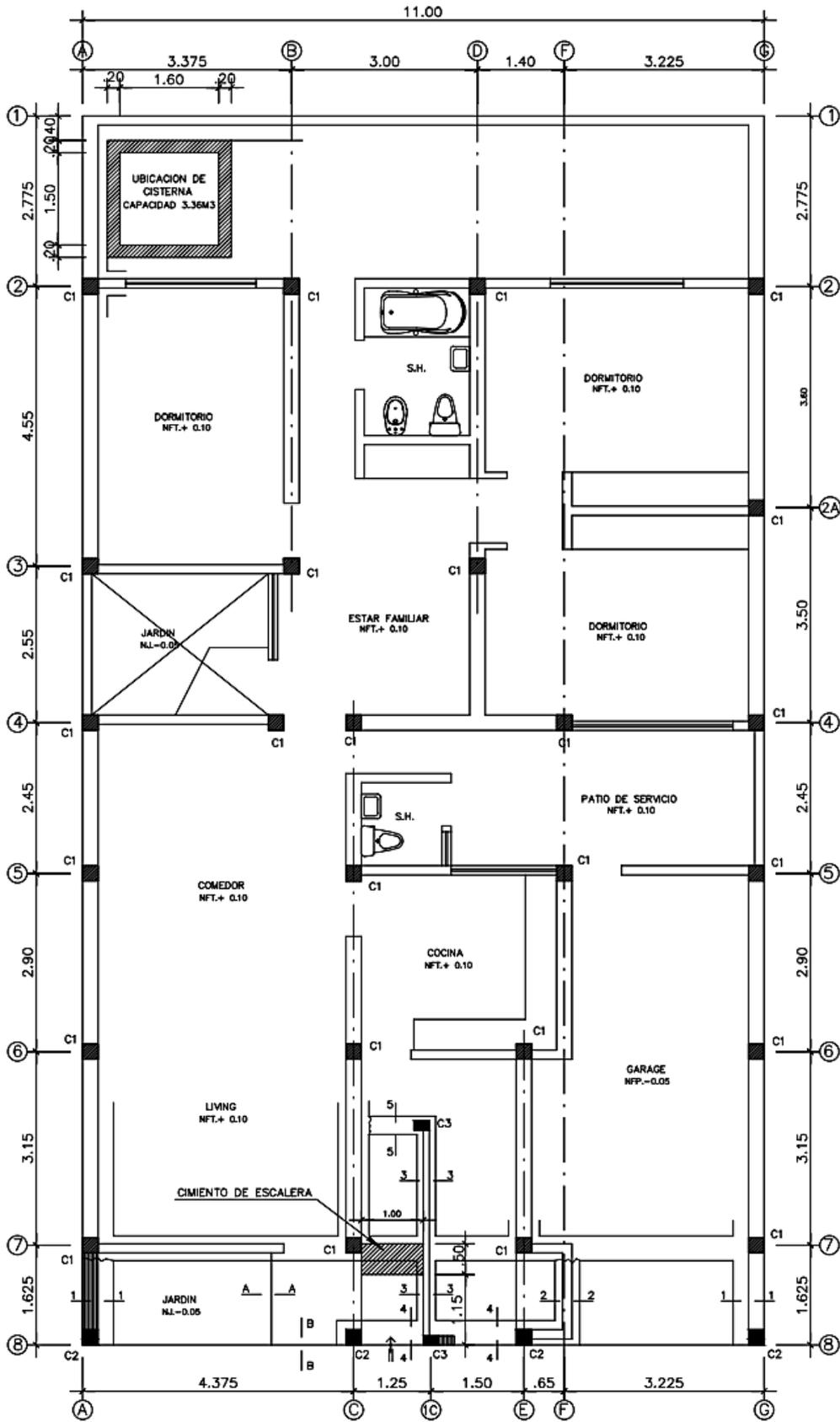
$$c = 21.75 \text{ cms}$$

$$\tau_u = q_u \frac{c}{d}$$

$$\tau_u = 0.74 \text{ kg/cm}^2$$

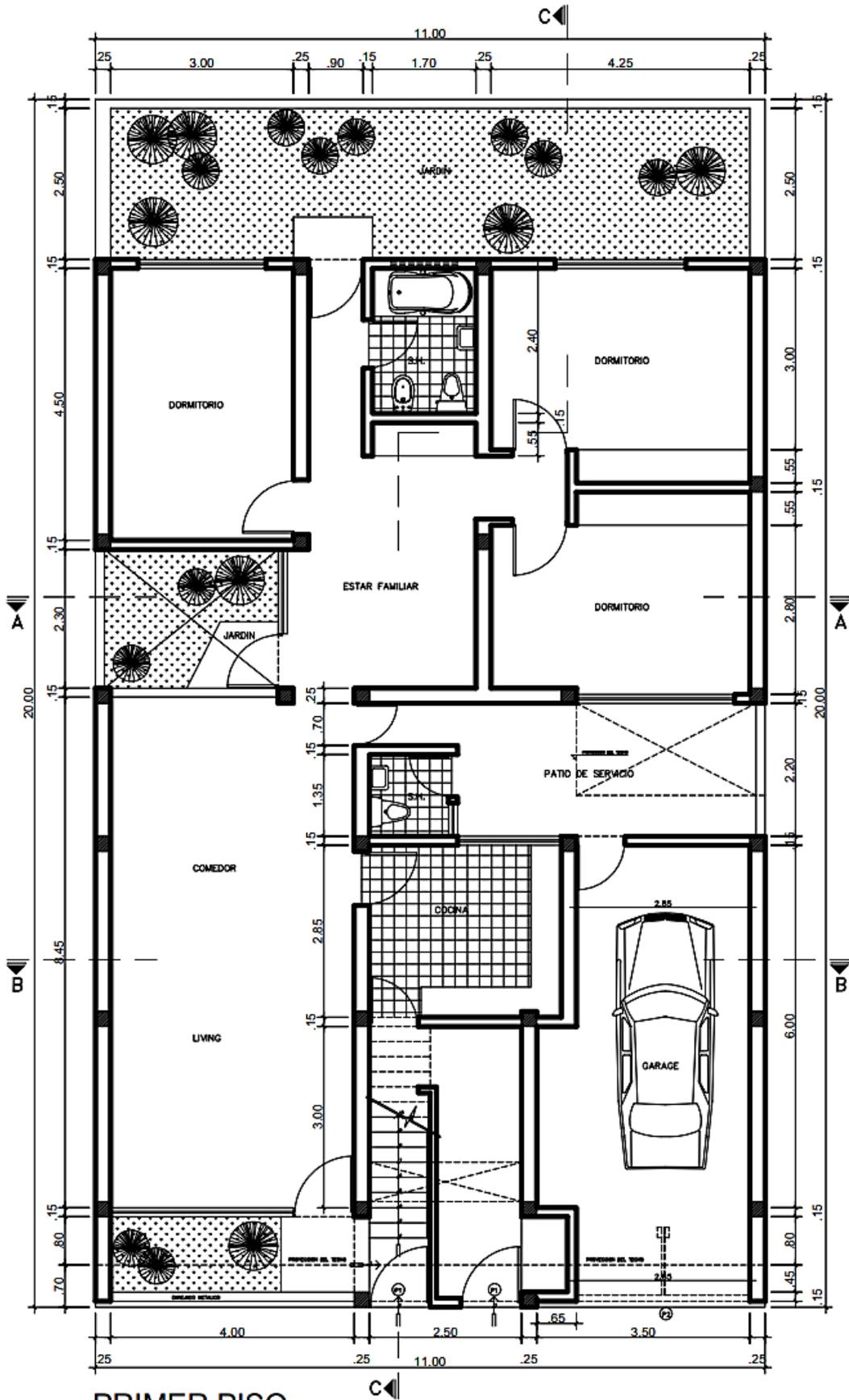
$$\phi V_c = 0.75 \frac{1}{6} \sqrt{f'_c}$$

$$\phi V_c = 1.81 \text{ kg/cm}^2$$

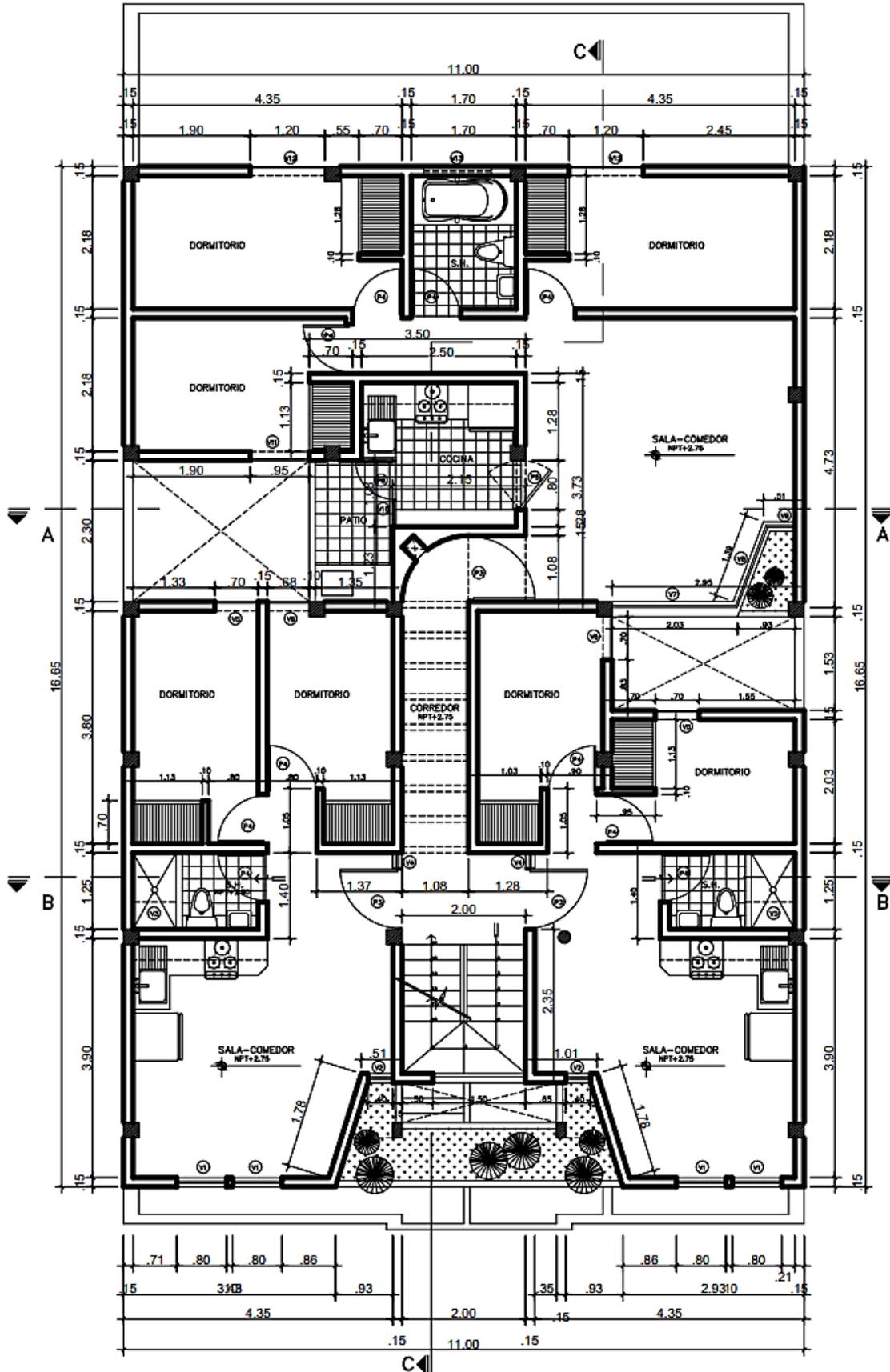


**CIMENTACION CONTINUA**

ESCALA : 1 / 100



**PRIMER PISO**  
 ESCALA: 1 / 100



**PISO TÍPICO**  
 ESCALA: 1 / 100

### ANEXO 3: IMÁGENES RELEVANTES DE LA INVESTIGACIÓN.



*Nota.* Panel superior: Versión de la escena del depósito de escoria de cobre. Panel inferior: Imagen de prueba del participante asociada a la imagen de estudio presentada en el panel superior utilizada en la investigación.

**INFORME** JCH 23-099  
**SOLICITANTE** Wilfredo Lalo Yauri Salazar  
**PROYECTO** Concreto con escoria en cimentaciones continuas de 02 edificios multifamiliares de 4 niveles .Ate 2023  
**UBICACIÓN** Lima  
**FECHA** Abril del 2023  
**ASUNTO** DISEÑO DE MEZCLA TEORICO f 'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

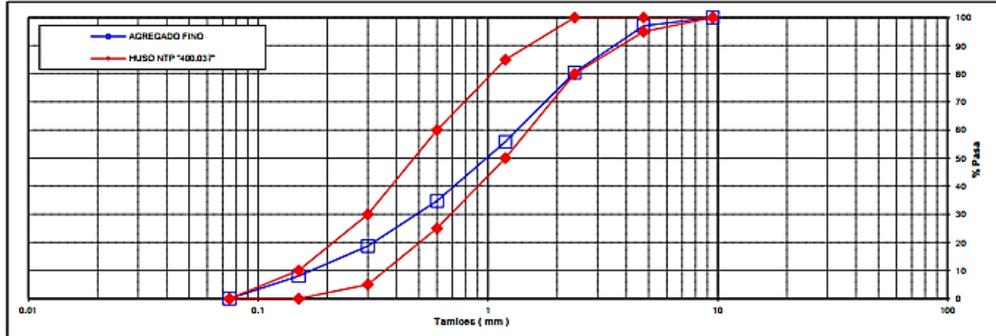
**CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO :**

ARENA GRUESA procedente de la cantera La Molina  
Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

**A) ANALISIS GRANULOMETRICO** TOTAL 1060.9

TAMIZ ( Pulg )	( mm )	% RET.	gr PESOS	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO NTP "400.037"
1"	25					
3/4"	19					
1/2"	12.5					
3/8"	9.5	0.0		0.0	100.0	100 - 100
N°4	4.75	3.0	38.7	3.0	97.0	95 - 100
N°8	2.38	16.6	175.0	19.6	80.4	80 - 100
N°16	1.19	24.7	259.9	44.2	55.8	50 - 85
N°30	0.6	21.0	220.9	65.2	34.8	25 - 60
N°50	0.3	16.1	169.7	81.3	18.7	5 - 30
N°100	0.15	10.6	111.7	91.9	8.1	0 - 10
FONDO		8.1	85.0	100.0	0.0	0 - 0

**B) CURVA DE GRANULOMETRIA**



**C) PROPIEDAS FISICAS**

Módulo de Fineza	3.05
Peso Unitario Suelto ( kg/m <sup>3</sup> )	1,469
Peso Unitario Compactado ( kg/m <sup>3</sup> )	1,650
Peso Especifico	2.60
Contenido de Humedad ( % )	2.0
Porcentaje de Absorción ( % )	1.75

# Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

## GEOFAL S.A.C.

### Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Río Marañón N° 763, Asociación Vecinal Peregrinos del Señor, distrito de Los Olivos, provincia y departamento de Lima.

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21P que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 23 de julio de 2022  
Fecha de Vencimiento: 22 de julio de 2025

Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA Alejandra FAU 2088283015  
Fecha: 2022.08.11 09:22:47  
Número de Acreditación

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 282-2022-INACAL/DA  
Contrato N° : 027-2022-INACAL/DA  
Registro N° : LE-184



Fecha de emisión: 01 de agosto de 2022

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y objeto de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/acreditados), y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter-Accreditación Cooperativas (IACC) e Internacional Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Múltiple con la Internacional Laboratory Accreditation Cooperator (ILAC).

DA-acr-06P-02M Ver 03



PERU

Presidencia del Consejo de Ministros

INDECOPI

Firmado digitalmente por  
CIVILIZACION SARGO ALAN PAUL  
FAU 2072848033  
Fecha: 2022.07.27 17:28:40:00

## Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00133220

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 025777-2021/DSD - INDECOPI de fecha 16 de septiembre de 2021, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación LAB SUELOS JCH S.A.C. y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Distintivo	:	Servicios de construcción
Clase	:	37 de la Clasificación Internacional.
Solicitud	:	0905566-2021
Titular	:	LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
País	:	Perú
Vigencia	:	16 de septiembre de 2031
Tomo	:	0667
Folio	:	034



Pág. 1 de 1

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2019-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 020-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web:

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: 024mp03gv

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL**  
Calle Ene la Prosa 104, San Martín, Lima 41 - Perú. Tel: 224-7800. Web: [www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)

	FORMULARIO	Código	CFE-12
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	01/02/23
		Página	5 de 6

INFORME JCH 23-099

SOLICITANTE Wilfredo Lalo Yauri Salazar

PROYECTO Concreto con escoria en cimentaciones continuas de 02 edificios multifamiliares de 4 niveles .Ate 2023

UBICACIÓN Lima

FECHA Abril del 2023

ASUNTO DISEÑO DE MEZCLA TEORICO f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

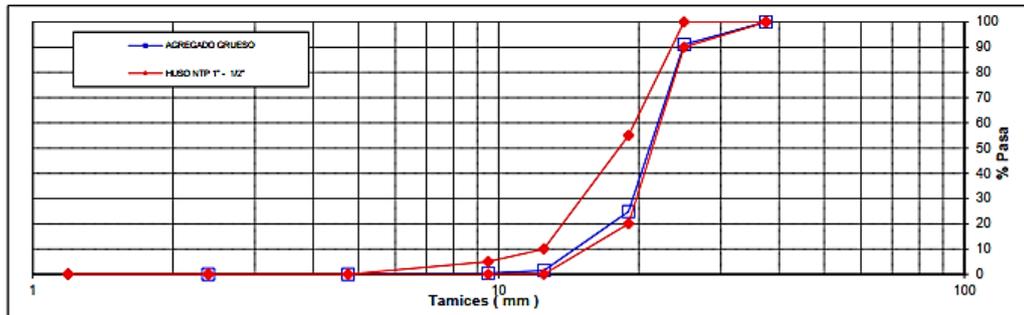
**CARACTERISTICAS DEL AGREGADO GRUESO :**

PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera Gloria  
Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO TOTAL 16958.0

TAMIZ ( Pulg )	( mm )	% RET.	GR PESOS	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO NTP 1" - 1/2"
2 1/2"	63					
2"	50					
1 1/2"	37.5	0.0		0.0	100.0	100 - 100
1"	25	9.0	1522.0	9.0	91.0	90 - 100
3/4"	19	66.2	11226.0	75.2	24.8	20 - 55
1/2"	12.5	23.4	3972.0	98.6	1.4	0 - 10
3/8"	9.5	0.9	154.0	99.5	0.5	0 - 5
N°4	4.75	0.5	84.0	100.0	0.0	-
N°8	2.38	0.0		100.0	0.0	-
N°16	1.19					-
FONDO						

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Fineza	6.75
Peso Unitario Suelto ( kg/m <sup>3</sup> )	1,407
Peso Unitario Compactado ( kg/m <sup>3</sup> )	1,538
Peso Especifico	2.72
Contenido de Humedad ( % )	0.18
Porcentaje de Absorción ( % )	1.26

 <b>LABORATORIO GEOTÉCNICO</b>	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 2 Fecha : 01/02/23 Página : 1 de 1

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM C566, NTP 339.185**

**INFORME N°** : JCH 23-099  
**SOLICITANTE** : Wilfredo Lalo Yauri Salazar  
**PROYECTO** : Concreto con escoria en cimentaciones continuas de 02 edificios multifamiliares de 4 niveles .Ate 2023.  
  
**UBICACIÓN** : Lima  
**FECHA** : Abril del 2023

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Cantera** : La Molina y La Gloria  
**Calicata** : -  
**Muestra** : -  
**Prof. (m)** : - **Fecha de Recepción** : 28/04/23  
**Progresiva** : - **Fecha de Ejecución** : 29/04/23  
**Coordenadas** : -

Recipiente N°	ARENA (Molina)	PIEDRA (Gloria)
Masa de suelo humedo + recipiente g	646.2	2522.0
Masa de suelo seco + recipiente g	638.5	2518.0
Masa de recipiente g	256.6	265.9
Masa de agua g	7.7	4.0
Masa de suelo seco g	381.9	2252.1
Contenido de agua %	2.02	0.18
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>2.02</b>	<b>0.18</b>

**Observacion :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. J.Ch

Equipos	Código
Balanza	BAL-001
Horno	HOR-002

**FORMULARIO**

Código : C-08  
Revisión : 1  
Fecha : 01/02/2023  
Página : 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS****GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO  
ASTM C-128 - NTP 400.022 - MTC E-205**

Informe : JCH 23-099  
Solicitante : Wilfredo Lalo Yauri Salazar  
Proyecto : Concreto con escoria en cimentaciones continuas de 02 edificios multifamiliares de 4 niveles .Ate 2023

Ubicación : Lima  
Fecha : Abril del 2023

Cantera : La Molina  
Calicata : -  
Muestra : Arena  
Prof. (m.) : -  
Progresiva : -  
Coordenadas : -

Muestra N°	1	2	3	
Masa Mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (g)	500.0			
Masa de Frasco + H2O (g)	690.5			
Masa de Frasco + H2O + A (g)	1190.5			
Masa del mat. + H2O en el frasco (g)	1001.6			
Vol. De Masa + Vol de Vacío=C-D	188.9			
Masa del mat. Seco en estufa (g)	491.4			
Vol. De Masa=E-(A-F)	180.3			
P.e. BULK (BASE SECA)	2.60			
P.e. BULK (BASE SATURADA)	2.65			
P.e. APARENTE (BASE SECA)	2.73			
% DE ABSORCIÓN	1.75			

Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante  
Ejecución : Tec. J.TR.

Equipos Usados	Código
Balanza	BAL-001
Horno	HOR-002







*Nota.* Panel superior: Ubicación de zona de excavación para excavar la calicata. Panel inferior: Calicata identificando los tipos de estratos del suelo. Prueba del participante asociadas a las imágenes



*Nota.* Panel superior: Selección de material granular para tamizado. Panel inferior: Procedimientos para tamizado. Imagen de prueba del participante asociada a la imagen de estudio presentada en los paneles superior e inferior utilizada en la investigación.



*Nota.* Panel superior: Slump del concreto fresco. Panel inferior: Probetas después de 28 días de curado. Imagen de prueba del participante asociada a la imagen de estudio presentada en los paneles superior e inferior utilizada en la investigación.



*Nota.* Panel superior: Equipo de ensayo de Resistencia a Compresión del concreto. Panel inferior: Probetas ensaadas. Imagen de prueba del participante asociada a la imagen de estudio presentada en los paneles superior e inferior utilizada en la investigación.

## ANEXO 4: MATRIZ OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 11. Cuadro de Operacionalización

### VARIABLE 1 : CONCRETO CON ESCORIA

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Concreto con escoria de cobre	Material granular, arena, grava, piedra triturada, concreto de cemento hidráulico u otro material, utilizado con un medio de cementación hidráulica para producir concreto o mortero (Mc Cormac y Brown, p. 1)	El comportamiento del concreto bajo los estados de esfuerzo deriva de sus propiedades como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y resistencia al corte entre otras (Sánchez, D. p. 127)	D1VI: Diseño de mezcla de concreto	Asentamiento	Razón
				Tamaño máximo del agregado	Razón
				Contenido de aire	Razón
				Agua de mezclado	Razón
				Resistencia de diseño	Razón
				Relación agua-cemento	Razón
				Proporciones de agregado	Razón
				Ajuste por humedad de agregados	Razón
			Ajustes a las mezclas de prueba	Razón	
			D2VI: Deformación Última	Máxima deformación unitaria en fibra extrema	Razón
			D3VI: Módulo elástico	Densidad (Wc)	Razón
Resistencia a la compresión	Razón				

Fuente: Elaboración propia - 2023

VARIABLE 2: DISEÑO DE ZAPATA CONTINUA

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: Diseño de zapata continua	El diseño es un proceso que establece determinar el equilibrio entre las fuerzas aplicadas y los materiales que resisten estas fuerzas. Mediante el diseño se determina el tamaño físico y las proporciones de los elementos que se utilizarán en la estructura considerada (Mc Cormac y Brown, p. 344)	El procedimiento de diseño tiene las siguientes fases: i) Concepción de la forma estructural básica, ii) Diseño de la resistencia a la fuerza de gravedad lateral, iii) determinar las partes componentes, iv) Elaborar el esquema base, v) Identificar los materiales a utilizar, vi) Dosificación detallada de los componentes y vii) elaboración de una metodología de construcción (Onouye y Kane, 2012, p. 2)	D1VD: Ancho de zapata	Carga	Razón
				Capacidad admisible del suelo	Razón
			D2VD: Espesor de zapata	Diseño por flexión	Razón
				Diseño por corte	Razón

Fuente: Elaboración propia - 2023

Tabla 12. Matriz de Consistencia

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
¿Cómo el concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023?	Determinar como el concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023	El concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023	VARIABLE INDEPENDIENTE: Concreto con escoria	D1VI: Diseño de mezcla de concreto	Asentamiento	Razón
					Tamaño máximo del agregado	Razón
					Contenido de aire	Razón
					Agua de mezclado	Razón
					Resistencia de diseño	Razón
					Relación agua-cemento	Razón
					Proporciones de agregado	Razón
					Ajuste por humedad de agregados	Razón
					Ajustes a las mezclas de prueba	Razón
					¿Cómo el diseño de mezcla del concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023?	Determinar la influencia del diseño de mezcla del concreto con escoria en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023
D3VI: Módulo elástico	Densidad (Wc)	Razón				
	Resistencia a la compresión	Razón				

Fuente: Elaboración propia - 2023

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
¿Cómo la deformación última del concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023?	Determinar la influencia en la deformación última del concreto con escoria en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023	La deformación última del concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023	VARIABLE DEPENDIENTE: Diseño de zapata continua	D1VD: Ancho de zapata	Carga	Razón
					Capacidad admisible del suelo	Razón
¿Cómo el módulo elástico del concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua para edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023?	Determinar la influencia del módulo elástico del concreto con escoria en el diseño de zapata continua para edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023	El módulo elástico del concreto con escoria influye en el diseño de zapata continua, de edificio multifamiliar de 04 niveles, Ate, 2023		D2VD: Espesor de zapata	Diseño por flexión	Razón
					Diseño por corte	Razón

Fuente: Elaboración propia - 2023