

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
sustituyendo el cemento por 2%, 4 % y 6% de escoria de
soldadura de electrodos.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Bach. Moya Rojas, Samuel

Asesor

Ing. M.Sc. López Carranza Rubén

Huaraz – Perú

2018

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia del concreto con sustitución
Especialidad	Tecnología del concreto

KEY WORDS:

theme	Resistance of concrete with substitution
Speciality	Concrete technology

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub-área	2.1 Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería civil

TITULO

**Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
sustituyendo el cemento por 2%, 4 % y 6% de escoria de
soldadura de electrodos.**

RESUMEN

el propósito de la investigación fue conocer el efecto de la sustitución de cemento por escoria de soldadura al 2%, 4% y 6%, estudio que se realizó en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, 2018, con el fin de conocer si conseguíamos llegar a un $f'c=210$ kg/cm² y comparar la resistencia respecto al patrón.

Dentro de la metodología se determinó la composición química de la escoria de soldadura de electrodos, que se encuentra conformado por: Al₂O₃ 4.857%, SiO₂ 18.025%, ClO₂ 0.014%, k₂O 3.394%, CaO 36.801%, y otros óxidos. No existen problemas con el pH, puesto que la combinación al 2% es 12.12, la combinación al 4% es 12.10 y la combinación 6% es 12.07. La relación a/c del patrón es 0.572, sustitución al 2 % es 0.584, sustituciones al 4% es 0.596 y sustitución al 6% es 0.608 respecto al diseño de mezcla.

Con la presente investigación se determinó la resistencia del concreto de $f'c = 210$ kg/cm² sustituyendo el cemento por escoria de soldadura electrodos en 2%, 4% y 6% respectivamente obteniendo los siguientes resultados a los 28 días: patrón 105.83%, sustitución con escoria al 2% 108.58%, sustitución con escoria al 4% 109.55% y sustitución con escoria al 6% 108.47%. Obteniendo una diferencia de 6.78% entre el concreto patrón y el concreto con sustitución de escoria al 6%.

ABSTRACT

The purpose of the research was to know the effect of the substitution of cement by welding slag at 2%, 4% and 6%, a study that was conducted in the district of Huaraz, province of Huaraz, 2018, in order to know if we managed to reach a $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ and compare the resistance with respect to the pattern.

Within the methodology, the chemical composition of the electrode welding slag was determined, which is made up of: Al_2O_3 4.857%, SiO_2 18.025%, ClO_2 0.014%, K_2O 3.394%, CaO 36.801%, and other oxides. There are no problems with the pH, since the combination at 2% is 12.12, the combination at 4% is 12.10 and the combination 6% is 12.07. The ratio a / c of the pattern is 0.572, substitution to 2% is 0.584, substitutions to 4% is 0.596 and substitution to 6% is 0.608 with respect to the mix design.

With the present investigation the concrete strength of $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ was determined, replacing the cement by welding slag electrodes in 2%, 4% and 6% respectively, obtaining the following results at 28 days: pattern 105.83%, substitution with 2% slag 108.58%, replacement with slag at 4% 109.55% and substitution with slag at 6% 108.47%. Obtaining a 6.78% difference between the concrete and the concrete with 6% slag substitution.

ÍNDICE

PALABRAS CLAVE:	I
TITULO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	14
III. RESULTADOS	19
IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN	49
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
VIII. APENDICES Y ANEXOS	56

LISTA DE TABLA

<i>Tabla N° 01: Composición granulométrica del agregado fino.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla N°02: Composición granulométrica del agregado grueso</i>	<i>20</i>
<i>Tabla N°03: Contenido de humedad del agregado grueso.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla N°04: Contenido de humedad del agregado fino.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla N°05: Peso Unitario Del Agregado Fino</i>	<i>21</i>
<i>Tabla N°06: Peso unitario del agregado grueso.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla N° 07: Gravedad específica y % de absorción del agregado fino.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla N°08: Gravedad específica y % de absorción del agregado grueso.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 9: Peso específico del cemento, escoria de soldadura de electrodo y cemento sustituido en 2%,4% y 6% por escoria de soldadura de electrodo.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla N°10: Cantidad de materiales por probeta de concreto patrón $f'c=210$ kg/cm² .</i>	<i>36</i>
<i>Tabla N°11: Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 2% por escoria de soldadura.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla N°12: Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 4% por escoria de soldadura.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla N°13: Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 6% por escoria de soldadura.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla N°14: Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de edad.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla N°15: Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días de edad.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla N°16: ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de edad.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla N°17: Resumen de resistencia a la compresión.</i>	<i>45</i>
<i>Tabla N°18: Composición elemental de la muestra de escoria de soldadura de electrodos según frx.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla N°19: Análisis de pH de la escoria de soldadura, cemento y combinaciones.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla N°20: Fórmulas de análisis de varianza (anova).</i>	<i>47</i>
<i>Tabla N°21: análisis de varianza (anova).</i>	<i>48</i>

LISTA DE GRAFICOS

<i>Grafico N° 1: curva granulométrica del agregado fino.</i>	<i>19</i>
<i>Grafico N° 2: curva granulométrica del agregado grueso.....</i>	<i>20</i>
<i>Grafico N° 3: Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia 210kg/cm2 a los 7 días.....</i>	<i>40</i>
<i>Grafico N° 4: Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia 210kg/cm2 a los 14 días.....</i>	<i>42</i>
<i>Grafico N° 5: Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia 210kg/cm2 a los 28 días.....</i>	<i>44</i>
<i>Grafico N° 6: Comparación de las resistencias a la compresión a los 7. 14 y 28 días.....</i>	<i>45</i>

I. INTRODUCCIÓN

La industria del sector metalúrgico es una de los grandes productores de residuos de todo tipo, siendo particularmente, la industria metal mecánica produce grandes cantidades de desechos sólidos como la escoria de electrodo que se obtiene al soldar.

Estos desechos requieren de su almacenamiento en los talleres de metal mecánica para su posterior aprovechamiento. Por otro lado la industria de la construcción requiere cada vez más productos de menor costo y propiedades características para la fabricación de elementos, en este sentido se realizara la caracterización física de las escorias de soldaduras de electrodos y de las propiedades físicas-mecánicas del concreto con la sustitución de dicho material.

El cemento es un componente fundamental del concreto, por lo cual en el presente trabajo de investigación se pretende determinar el efecto en la resistencia del concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución de 2%,4% Y 6% de cemento por Escoria de soldadura de electrodo.

Se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón y concreto con sustitución al 2%,4% y 6% de cemento por la Escoria de soldadura de electrodo. Para lo cual se realizaron 36 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, determinando el diseño de mezcla para cada porcentaje por lo cual relación A/C será para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$. Se utilizó un cemento portland para dicho experimento.

En los antecedentes se aprecia que Gonzales. (2012), en su investigación titulada “caracterización de geo polímeros base ceniza volante y escoria granulada de alto horno” realizada en México, tuvo como objetivo general estudiar el comportamiento mecánico de las pastas geo polímeros base escoria granulada de alto horno y ceniza

volante, analizando además de su microestructura, su interacción química con los activadores empleados. Y concluyo que la escoria presento una estructura amorfa en su totalidad, y las faces cristalinas más abundantes en las cenizas volantes fueron el cuarzo y la mullita.

Hernández et al (2013), en su investigación titulada “Efecto de la escoria de níquel como sustituto parcial del cemento en la durabilidad de morteros expuestos a ambientes marinos” tuvo como objetivo general de elaborar morteros sustituyendo parte del cemento de su diseño de mezcla por su distintos contenidos de escoria de níquel (20, 30 y 40 %) con el fin de determinar su propiedades durables. Y concluyo que la escoria de níquel molida con sustituto parcial del cemento no aporta propiedades cementantes a la mezcla debido al a poca cantidad de calcio en su composición, respecto a la durabilidad tomando en cuenta las propiedades físicas, mecánicas y electroquímicas se puede sustituir el 20% de escoria de níquel en relación a/c igual a 0.4; reduciendo de esta forma parte del desecho industrial existente en la zona y disminuyendo los costos por m³ de mortero fabricado. Concluyendo también que las propiedades físicas de la mezcla con relación a/c igual a 0.4 mostraron que el 20% de sustitución de cemento por escoria mantiene una buena calidad de mortero. Y que el 0.6 con relación a/c no son aptos para usar en morteros expuestos a ambientes marinos.

Fernández, Carrasco (2012), en su investigación titulada “Efecto de la incorporación de ceniza volante y escoria de alto horno en el comportamiento electroquímico de concretos de cemento comercial”. Concluyó que la ceniza volante (FA) y la escoria granulada de alto horno (GBFS), a pesar de ser consideradas adiciones activas, no adquieren la capacidad suficiente de reacción con el agua en ambiente alcalino con el hidróxido de calcio disponible de la hidratación del cemento portland tipo I, para obtener mayores resistencias a las presentadas por las mezclas de solo cemento portland. En todos los casos se mostró pérdida en la resistencia mecánica.

Abanto (2000), en su investigación titulada “Efecto de la Incorporación de Ceniza Volante y Escoria de Alto Horno en el Comportamiento Electroquímico de Concretos de Cemento Comercial”, concluyó que la ceniza volante (FA) y la escoria granulada de alto horno (GBFS), a pesar de ser consideradas adiciones activas, no adquieren la capacidad suficiente de reacción con el agua en ambiente alcalino con el hidróxido de calcio disponible de la hidratación del cemento portland tipo I, para obtener mayores resistencias a las presentadas por las mezclas de solo cemento portland, en todos los casos se mostró pérdida en la resistencia mecánica.

Cruz, Pérez, Acosta y castillo et al (2013), en su proyecto titulada “Propiedades del concreto con sustitución de escorias de horno de cubilote como agregado fino y escoria granulada”, tuvo como objetivo principal el uso de escoria producida en un horno de cubilote para la fabricación de concreto aligerado, evaluar las propiedades de un concreto con sustitución del 30% de arena por escoria triturada de horno de cubilote (EHC) y agregado grueso por escoria granulada en diferentes proporciones. Y concluyendo que del ensayo a compresión realizado al concreto modificado la resistencia disminuye al aumentar el porcentaje de sustitución de agregado grueso por escoria granulada.

Díaz (2010), en su investigación titulada “Mezcla Ternaria de Cemento Portland, Escoria de Alto Horno y Piedra Caliza Resistente Mecánica y Durabilidad”, tuvo como objetivo principal el efecto en las propiedades de desempeño de un cemento portland cuando se incorpora adición de caliza hasta 20% y escoria siderúrgica de alto horno hasta 30% para generar una mezcla ternaria, concluyendo que las propiedades evaluadas fueron resistentes a la compresión, absorción, porosidad, succión capilar, permeabilidad a cloruros y resistencia químicas del mortero expuestos a sulfatos, también concluyó que al combinar su acción de tipo físico y químico con base a los resultados obtenidos recomienda el uso de bajo contenido de caliza (<10%), y

porcentaje de escoria inferior al 20%, para obtener resistencia mecánica a compresión del orden de 25 Mpa a 28 días.

La presente investigación se fundamenta científicamente en la tecnología del concreto, en los principios básicos de la resistencia de materiales, así como en los estudios científicos que se viene realizando sobre la resistencia del concreto con la sustitución del cemento por escoria de soldadura de electrodos.

La justificación de esta investigación tiene como finalidad determinar si existe algún efecto en la resistencia a compresión de un concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ al sustituir escoria de soldadura de electrodos en 2%, 4% y 6% en reemplazo del cemento.

En la dimensión económica, la utilización de concreto con sustitución parcial de escoria de soldadura en ciertos procesos de la construcción va a contribuir con la reducción de los costos ya que este tipo de concreto será más barato que el concreto tradicional

En el planteamiento de problema se recalca En Los países pobres y en vías de desarrollo hacen grandes esfuerzos para desarrollar tecnologías que les permitan aprovechar sus vastos recursos naturales y generar sus propios materiales de construcción. Con la escoria de soldadura de electrodos como sustituto del cemento en el concreto representa una alternativa de desarrollo para estos países, y nuestra región y porque no decirlo nuestra ciudad.

A fin de disminuir el impacto ambiental que genera la explotación de áridos naturales provenientes de canteras, como también el vertido de los restos industriales, en este caso la escoria de soldadura de electrodo.

En la actualidad, en nuestra región por tratar de economizar recursos recurren a agregar menos cemento de lo especificado en las construcciones, he ahí donde nuestro

trabajo de investigación se fundamenta porque buscamos sustituir parcialmente el cemento por escoria de soldadura que es una materia que se encuentra a un bajo costo en la ciudad de Huaraz.

Por estos motivos se dispondrá a elaborar un concreto utilizando escoria de soldadura de electrodos como sustitución parcial del cemento en un concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$; con lo cual se busca comprobar los efectos al sustituir la escoria en reemplazo del cemento. Se espera obtener una resistencia mayor o igual en la resistencia a la compresión comparado con el concreto testigo.

Por lo cual planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el efecto de la sustitución del cemento en 2%, 4% y 6% por escoria de soldadura de electrodos en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$?

Rodríguez (1998), lo define como una mezcla de dos componentes agregados y pasta, la pasta compuesto de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

Según Abanto (2000) sostiene que el concreto a la mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

El concreto es uno de los materiales más comunes en la construcción por gran variedad de aplicaciones, que van desde la estructura de un edificio hasta vías de ferrocarriles. También es usado en fundiciones, pavimentos, carreteras, tanques de

almacenamiento y muchas otras estructuras. De hecho es difícil encontrar una estructura en la que no se haya usado concreto de alguna manera para su construcción. Además es uno de los materiales de construcción más económicos y versátil (Somyaji, 1995).

Siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades usada en EEUU o en mega pascales (MPa) en unidades del Sistema Internacional (SI). Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más (Grudemo, 1975; Harmsen, 2005; Rivva, 2007).

Es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones o porcentajes de cementos, agua y proporcionalmente aditivos, que inicialmente denotada una estructura plástica y moldeada, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material resistente e ideal para la construcción Díaz (2010).

Composición química del cemento

Prato, (2007) menciona que el cemento está compuesto por:

- Oxido de calcio: CaO, cal, calcio. Se representa con “C”.

- Oxido de silicio: SiO_2 , sílica, sílice. Se representa con “S”.
- Oxido de aluminio: Al_2O_3 , alúmina. Se representa con “A”.
- Oxido de hierro: Fe_2O_3 . Se representa con “F”.

Cerca del 90 al 95% de un cemento Portland se compone de 4 minerales principales que son C3S, C2S, C3A y C4AF y el resto consisten en sulfato de calcio, sulfatos alcalinos sin reacciones como son CaO, MgO, y otros constituyentes menores que quedaron de la clinkerización y los pasos de molienda. Los cuatro minerales del cemento desempeñan papeles muy diferentes en el proceso de hidratación que convierte el cemento seco en la pasta de cemento endurecida. Los C3S y el C2S contribuyen prácticamente todas las propiedades beneficiosas mediante la generación del producto de hidratación principal, gel CSH. Sin embargo, el C2S hidrata mucho más rápidamente que los C3S y por lo tanto es responsable del desarrollo principal de resistencia inicial. Taylor (2014).

Según Rivva (2007), se denomina agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la norma NTP – 400.037. La granulometría del agregado fino empleado en un

trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla Neville (1999).

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto Hamsem, (2005).

La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades usada en EEUU o en mega pascales (MPa) en unidades del Sistema Internacional (SI). Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más (Mather & Ozyildirim, 2004).

Resistencia a la compresión del concreto

Algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades Neville (1999).

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto Hamsem (2005).

Cualquier tipo de vacíos llenos de aire reduce la resistencia del concreto en una proporción de 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de los vacíos llenos de aire Mather & Ozyildirim (2004).

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón o mortero de cemento, producido por la desecación y recristianización de los hidróxidos metálicos, procedentes de la reacción química del agua de amasado, con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que compone el cemento. Este método de prueba se refiere a la determinación del tiempo de fraguado de las pastas de cementantes hidráulicos, midiendo su resistencia con el aparato Vicat, este método de prueba es aplicable a cualquier tipo de Cemento Portland que se ocupe para la elaboración de concreto. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción (2006).

Harmsen (2005), en su libro “Diseño de estructuras de concreto”, afirma que el curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia afuera del concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta. La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia

Según Abanto (2000), lo define como una coalescencia unión de dos metales en uno, localizada de metal, en donde esa conglutinación se produce por calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin la aplicación de presión y con o sin la utilización de metal de aporte.

Harmsen, (2005) indica que soldar es el proceso de unir o juntar metales. Aunque los métodos antiguos para soldar tienen poca o ninguna semejanza con las técnicas modernas, tanto los procesos antiguos como los modernos se clasifican en las dos siguientes categorías. El primero consiste en calentar dos piezas de metal hasta que se derriten y se funden entre sí. Llamándolo a esto soldadura por fusión. Y el segundo consiste en calentar los metales hasta una temperatura inferior a su punto de fusión y unirlos con un metal de aporte fundido, o calentar los metales hasta que están blandos para martillarlos o unirlos a presión entre sí. A este se lo llama soldadura sin fusión.

El proceso de soldeo metálico por arco con electrodo revestido, también conocido por las siglas SMAW (Shielded Metal Arc Welding), es un proceso en el que la fusión del metal se produce por el calor generado en un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de una unión a soldar. Hernández (2013).

La escoria es la parte de la soldadura que no es metal, cuando la soldadura se aplica el metal se hace líquido en ese momento es muy susceptible al ataque de los elementos del aire como el oxígeno, azufre o nitrógeno, por esta razón, la escoria cubre al metal mientras este se enfría ya que en estado sólido es menos susceptible. También la escoria es el desecho del electrodo que ayuda a que el metal se funda más fácilmente, este recubrimiento del electrodo ayuda a elevar la temperatura en el arco eléctrico haciendo más fácil la transformación del electrodo y del metal base a líquidos. Hernández (2013).

Según Abanto (2000), el electrodo es una varilla metálica que se funde durante el proceso de soldadura y se solidifica sobre el metal base, aportando el metal suficiente para realizar la unión, este aporte ha de tener propiedades similares a las del metal base o mejores, con el fin de conseguir una soldadura homogénea. La varilla llamada núcleo o alma, está recubierta de una envoltura llamada recubrimiento o revestimiento, quedando la única zona desnuda en un extremo, que es donde se ajustaremos a la pinza porta-electrodos y por donde pasara la corriente eléctrica, que establecerá el arco al poner en contacto polo positivo con el negativo, o viceversa.

Electrodos para aceros de bajo carbono y sus propiedades físicas químicas:

Son electrodos revestidos de tipo celulósico, con penetración profunda, diseñado para uso con corriente alterna o continua. Su arco potente y muy estable produce depósitos de muy buena calidad. Es aconsejable para la ejecución de pases de raíces y multiplase en aceros de bajo contenido de carbono. Para la soldadura de unión en cualquier posición, en especial para vertical ascendente y sobre cabeza (Manual, OERLINKON).

Respecto a las variables consideradas en la presente investigación podemos mencionar que la variable dependiente es la resistencia a la compresión y la variable independiente que el tesista manipula la cantidad de escoria de soldadura.

A continuación, se presenta por separado los cuadros resumen de las variables dependiente e independiente considerando las definiciones: conceptual, operacional y su indicador.

Cuadro N°01: variable dependiente, resistencia a la compresión

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador
Resistencia a la compresión.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga capaz de cumplir con las condiciones indicadas en la norma N.T.P	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N°02: Variable Independiente ,Sustitución de cemento en 2%, 4% y 6% de escoria de soldadura de electrodos.

Variable Independiente	Definición Operacional	Indicador
Escoria de soldadura de electrodos como sustituto del cemento.	Sustitución del cemento en 2%, 4% y 6% por escoria de soldadura de electrodos en un diseño convencional de concreto.	0%, 2%, 4% y 6% de escoria de soldadura de electrodos.

Fuente: Elaboración Propia.

La hipótesis planteada indica que cuando se sustituye en 2%,4% y 6% de cemento por escoria de soldadura se mejorara la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

El objetivo principal es Determinar la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ cuando se sustituye el cemento en un 2%, 4% y 6% por escoria de soldadura de electrodos.

Entre los objetivos específicos tenemos:

- ✓ Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la escoria de soldadura de electrodo en el concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$.
- ✓ Determinar el pH de la escoria de soldadura de electrodos y combinación con el concreto.
- ✓ Determinación de la composición de óxidos por el Método de Fluorescencia de rayos X de la escoria de soldadura de electrodos.
- ✓ Realizar el análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos bajo las condiciones de la norma técnica peruana (NTP 400.037).
- ✓ Realizar el diseño de mezcla siguiendo el método del ACI.
- ✓ Determinar y comparar las resistencias a la compresión de las probetas de concreto con una sustitución del cemento en 0%, 2%, 4% y 6% por escoria de soldadura de electrodos, a los 7, 14 y 28 días de curado.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El tipo de investigación según el proceso es de tipo aplicada, puesto que la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer el efecto de sustitución de escoria de soldadura de electrodos al cemento en un 2%, 4% y 6% en la resistencia del concreto.

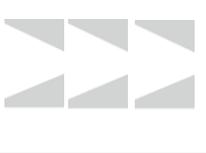
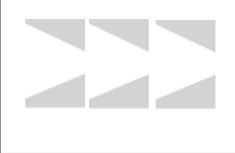
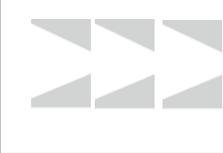
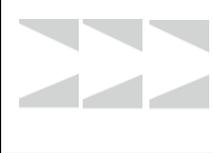
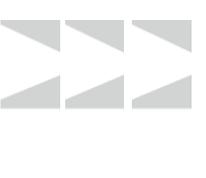
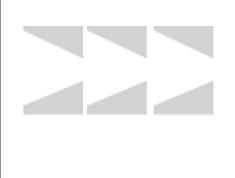
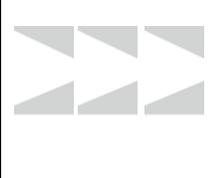
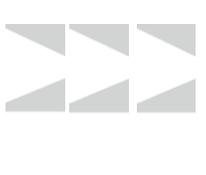
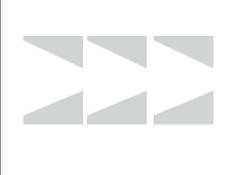
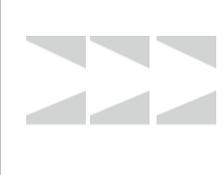
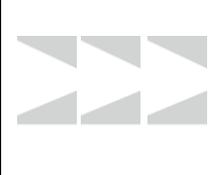
En coherencia con el fin de la ciencia es de nivel descriptivo y explicativo puesto que los datos de la investigación serán obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

Es un diseño experimental porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional del concreto ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$) en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución del cemento por escoria de soldadura de electrodos, el estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos, donde el investigador estuvo en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Siendo su diseño de investigación el diseño de bloque completamente al azar:

Para la realización de la presente investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de todas las probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para lo cual se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, escoria de soldadura de electrodos entre otros.

Cuadro N°03: Resumen de número de probetas sin sustitución de cemento y probetas con sustitución de cemento por escoria de soldadura de electrodos en 2%,4% y 6% vs. Los días de curado.

Días de curado	Probetas con adición de escoria de soldadura de electrodos			
	0% (patrón)	2%	4%	6%
7				
14				
28				

Fuente: Elaboración propia

El agregado fino y grueso se obtuvo en la cantera de Tacllan, ubicado al sur de la ciudad de Huaraz, a 910 m del centro de la ciudad.

La escoria de soldadura de electrodos se obtuvo de un taller ubicado en la ciudad de Huaraz, provincia de Huaraz - Ancash.

La muestra estuvo constituida por 36 probetas de concreto con un diseño de $F'c=210$ kg/cm². 9 probetas para 0% de escoria, 9 probetas para 2%, 9 probetas para 4% y 9 probetas para 6%.

Cuadro N°04: Técnica e instrumento usado.

Técnica	Instrumento
Observación	Guía de observación. Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas realizadas.

Fuente: Elaboración propia.

El instrumento utilizado fue una guía de observación para registrar las resistencias de las probetas patrón y experimentales y fichas de laboratorio para los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Los datos obtenidos del laboratorio respecto a las resistencias a la compresión del concreto fueron ingresados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se realizaron los cálculos matemáticos y en el Software estadístico SPSS versión 22.0 en español se realizó la prueba de hipótesis a través de la prueba estadística de la ANOVA.

MATERIALES Y PROCEDIMIENTO

Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- ✓ Cemento portland tipo I
- ✓ Escoria de soldadura de electrodos
- ✓ Agregado fino y grueso
- ✓ Agua
- ✓ Computadora
- ✓ Equipos de laboratorio de ensayo de suelos
- ✓ Mezcladora de concreto
- ✓ Impresora
- ✓ Calculadora
- ✓ Otros

Procedimiento

Se realizaron los siguientes procedimientos:

Material experimental: **escoria de soldadura**

- ✓ Se recogió cuidadosamente la escoria de soldadura de los electrodos con fines de evitar otras sustancias que puedan afectar en la resistencia del concreto obteniendo un promedio de 6 kg
- ✓ Luego se procedió a triturar dentro del mortero de granito con la ayuda del maso hasta llegar hasta un tamaño q se aproxima a la maya n° 200
- ✓ Se procedió al tamizado con la maya n°200 hasta obtener 4 a 5 kg

Agregados

- ✓ Se acopió el agregado fino y agregado grueso de la cantera de Tacllán ubicado a 900 m al sur de Huaraz, distrito y provincia de Huaraz.
- ✓ al azar se llenó 3 sacos de agregado fino y 4 sacos de agregado grueso previo cuarteo in situ, se trasladó el material al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro filial Huaraz.
- ✓ Se procedió a realizar los ensayos de laboratorio a los agregados, como son: granulometría, cálculo de peso unitario, gravedad específica y % de absorción tanto el agregado fino y grueso.
- ✓ Se realizó análisis de pH del cemento tipo I, así como la escoria de soldadura de electrodo y las combinaciones realizadas.
- ✓ Se realizó análisis FXRDE de la escoria de soldadura de electrodos en el laboratorio de Archeometría de la Universidad Nacional de San Marcos.

- ✓ Con los datos obtenidos se procedió a calcular la cantidad de material a usar por cada molde.
- ✓ Se procedió a realizar las probetas de concreto con la ayuda de una mezcladora de concreto, mezclando la escoria de soldadura en los porcentajes calculados.
- ✓ Se realizó el curado de las probetas Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro filial Huaraz.
- ✓ Se procedió a realizar las roturas de las probetas a los 7, 14 y 28 días. Cuidando que los procedimientos sean los indicados en la norma correspondiente.
- ✓ Con la ganancia de resistencias calculadas se procedió a realizar el cuadro ANOVA.
- ✓ Se realizó la redacción de tesis con todos los datos que se obtuvo.

III. RESULTADOS

Tabla N° 01: Composición granulométrica del agregado fino

Plg y #	ABERTURA mm	RETENIDO EN gr		% Retenido Acumulado	% Que pasa	Limite % Que Pasa ASTM C33	
		Parcial	Acumulado				
3/8'	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	95	100
8	2.36	138.00	138.00	9.38	90.62	80	100
16	1.18	201.00	339.00	23.05	76.95	50	85
30	0.60	344.00	683.00	46.43	53.57	25	60
50	0.30	495.00	1,178.00	80.08	19.92	5	30
100	0.15	201.00	1,379.00	93.75	6.25	0	10
200	0.08	44.00	1,423.00	96.74	3.26	0	5
FUENTE		48.00	1,471.00	100.00	0.00	-	-

Módulo de finura (MF): 2.53

Valor asumido este entre 2.35 a 3.15

Fuente: Elaboración Propia.

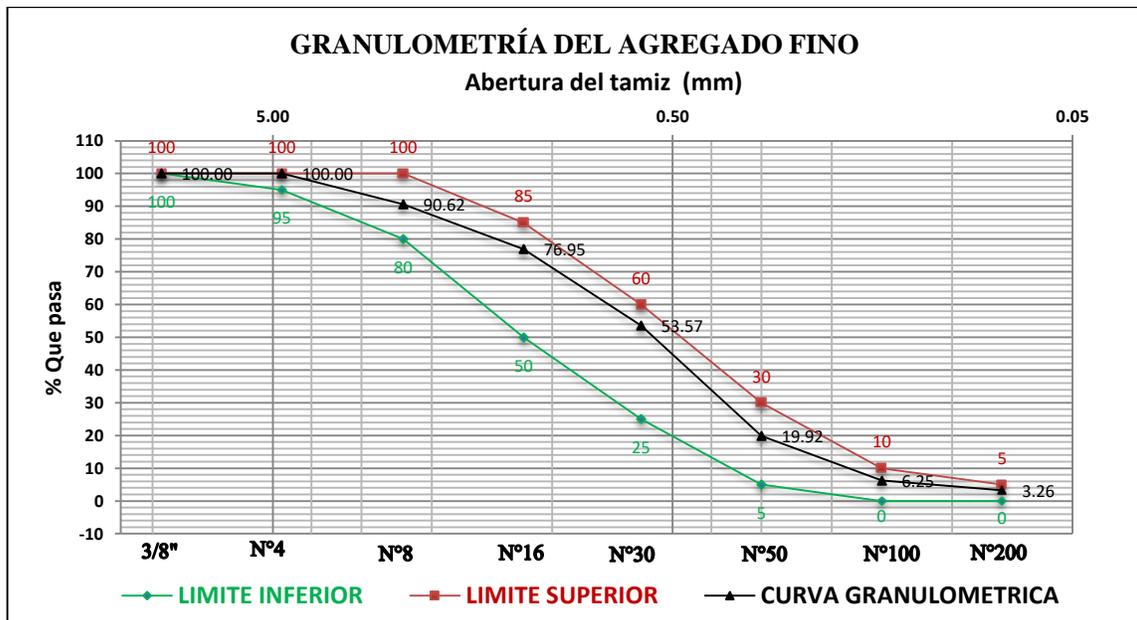


Gráfico N° 1: curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°02: Composición granulométrica del agregado grueso .

ABERTURA Plg y #	RETENIDO EN gr mm	RETENIDO EN gr		% Retenido Acumulado	% Que pasa	Limite % Que Pasa ASTM C33	
		Parcial	Acumulado				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
3/4"	19.00	6,004.20	6,004.20	44.51	55.49	40	85
1/2"	12.50	4,567.80	10,572.00	78.36	21.64	10	40
3/8"	9.50	1,715.00	12,287.00	91.08	8.92	0	15
N° 4	4.75	1,122.80	13,409.80	99.40	0.60	0	5
N° 8	2.36	81.20	13,491.00	100.00	0.00	-	-
Módulo de finura (MF):				7.35			

Fuente: Elaboración Propia.

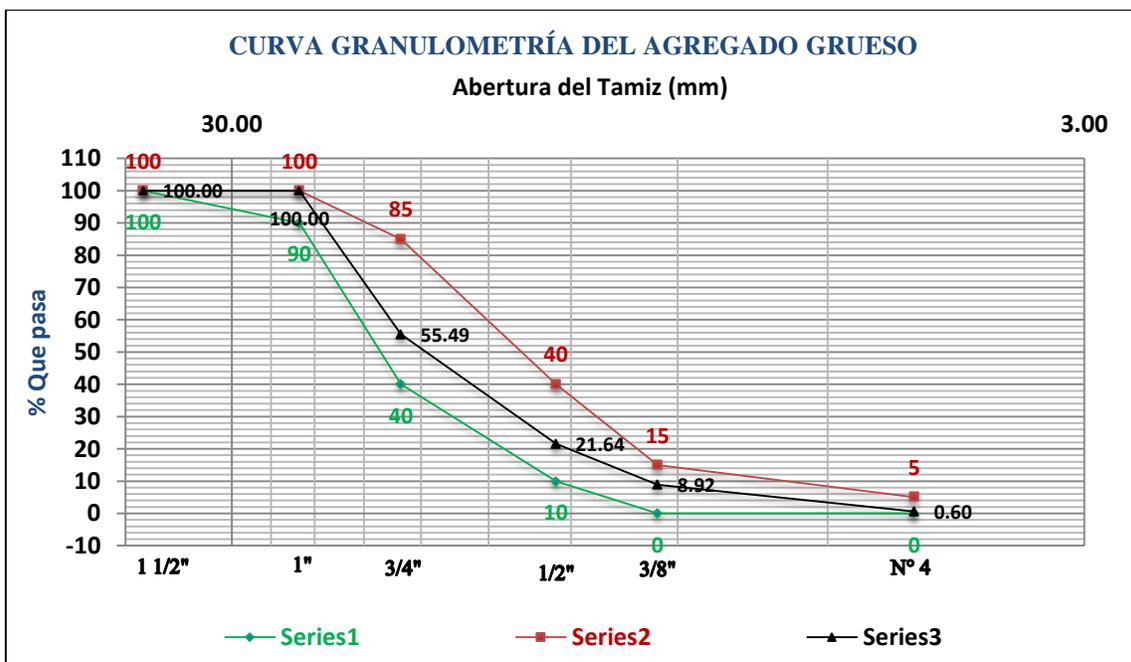


Grafico N° 2: curva granulométrica del agregado grueso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla N°03: Contenido de humedad del agregado grueso.

N° de Tazón	10	8
1 Peso de recp. + suelo húmeda.	1,240.00	1,326.00
2 Peso de recp. + suelo seco	1,236.00	1,320.00
3 peso de agua = (1)+(2)	4.00	6.00
4 peso de recipiente (gr)	169.70	167.30
5 peso de suelo seco	1,066.30	1,152.70
6 Humedad (3/5) x100 (%)	0.38	0.52
humedad promedio	0.45	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°04: Contenido de humedad del agregado fino.

N° de Tazón	7	4
1 Peso de recp. + suelo húmeda.	980.00	960.00
2 Peso de recp. + suelo seco	941.00	920.00
3 peso de agua = (1)+(2)	39.00	40.00
4 peso de recipiente (gr)	172.00	164.70
5 peso de suelo seco	769.00	755.30
6 Humedad (3/5) x100 (%)	5.07	5.30
humedad promedio	5.18	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°05: Peso Unitario Del Agregado Fino .

Tipo de Peso Unitario muestra N°	peso unitario suelto (gr/cm3)			peso unitario compactado (gr/cm3)		
	I	II	III	I	II	III
peso de material + molde	7,110.000	7,090.000	7,085.000	7,575.000	7,580.000	7,555.000
peso del molde	3,420.000	3,420.000	3,420.000	3,420.000	3,420.000	3,420.000
peso del material	3,690.000	3,670.000	3,665.000	4,155.000	4,160.000	4,135.000
volumen del molde	2,776.000	2,776.000	2,776.000	2,776.000	2,776.000	2,776.000
peso unitario	1.329	1.322	1.320	1.497	1.499	1.490
promedio	1.324			1.495		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°06: Peso unitario del agregado grueso.

Tipo de Peso Unitario muestra N°	peso unitario suelto (gr/cm3)			peso unitario compactado (gr/cm3)		
	I	II	III	I	II	III
peso de material + molde	18,440.000	18,460.000	18,450.000	19,210.000	19,240.000	19,180.000
peso del molde	5,310.000	5,310.000	5,310.000	5,310.000	5,310.000	5,310.000
peso del material	13,130.000	13,150.000	13,140.000	13,900.000	13,930.000	13,870.000
volumen del molde	9,341.000	9,341.000	9,341.000	9,341.000	9,341.000	9,341.000
peso unitario	1.406	1.408	1.407	1.488	1.491	1.485
promedio		1.407			1.488	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 07: Gravedad específica y % de absorción del agregado fino.

IDENTIFICACION	N°02
A Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	300.00
B peso frasco + agua	670.70
C Peso frasco + agua + peso mat. Sup seca (aire) = (A+B)	970.70
D Peso del material. + agua en el frasco	857.30
E Vol. De masa + vol. De vacios = C-D	113.40
F Peso de mat. Seco en estufa (105°C)	296.90
G Vol. De masa = E-(A-F)	110.30
pe bulk (base seca) = F/E	2.62
pe bulk (saturada) = A/E	2.65
pe aparente (base seca) =F/G	2.69
% de absorción	1.04

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°08: Gravedad específica y % de absorción del agregado grueso

IDENTIFICACION	21	1	5	PROMEDIO
A Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	1,005.00	944.00	1,005.00	984.67
B Peso mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	612.80	592.30	633.60	612.90
C Vol. De masa / vol. De vacíos = A-B	392.20	351.70	371.40	371.77
D Peso mat. Seco en estufa (105° C)	998.00	938.00	1,000.00	978.67
E vol. de masa =C-(A-D)	385.20	345.70	366.40	365.77
pe bulk (base seca) =D/C	2.54	2.67	2.69	2.63
pe bulk (base saturada) = A/C	2.56	2.68	2.71	2.65
pe aparente (base seca) = D/E	2.59	2.71	2.73	2.68
% de absorción = ((A-D)/D)x100	0.70	0.64	0.50	0.61

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 9: Peso específico del cemento, escoria de soldadura de electrodo y cemento sustituido en 2%,4% y 6% por escoria de soldadura de electrodo.

MATERIAL	Peso del material (gr)	Volumen desplazado (cm3)	Peso específico (gr/cm3)
Cemento Pórtland ASTM_C-150 TIPO I	500	158.8	3.15
escoria de soldadura de electrodos	500	135.4	3.69
Cemento con 2% sustitución de escoria de soldadura de electrodos	500	136.4	3.67
Cemento con 4% sustitución de escoria de soldadura de electrodos	500	136.8	3.65
Cemento con 6% sustitución de escoria de soldadura de electrodos	500	138	3.62

Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO DE MEZCLA

(PATRON)

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento:

- Pórtland ASTM_C-150 TIPO I
- Peso específico.....3.15gr/cm³

B.- Agua:

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- Peso específico de masa. 2.65
- Peso unitario suelto. 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado. 1495 kg/m³
- Contenido de humedad. 5.18 %
- Absorción . 1.04 %
- Módulo de fineza. 2.53

D.- Agregado grueso: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.65 gr/cm³
- Peso unitario suelto 1407 kg/m³
- Peso unitario compactado 1488 kg/m³
- Contenido de humedad 0.45 %
- Absorción 0.61%

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tengan una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 204 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

RELACIÓN AGUA - CEMENTO EFECTIVO

Se obtiene una relación agua - cemento efectivo de 0.572

FACTOR DE CEMENTO

F.C.: $204 / 0.684 = 298.25 \text{ kg/m}^3 = 7.02 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO SECOS

Cemento.....	298.246 Kg/m ³
Agua efectiva.....	204.000 lts/m ³
Agregado fino.....	842.760 Kg/m ³
Agregado grueso.....	962.740 Kg/m ³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	298.246 kg/m ³
Agua efectiva.....	170.650 lts/m ³
Agregado fino.....	886.410 kg/m ³
Agregado grueso.....	967.070 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{298.25}{298.25} \quad ; \quad \frac{842.760}{298.25} \quad ; \quad \frac{962.74}{298.25}$$

$$1 \quad ; \quad 2.83 \quad ; \quad 3.23 \quad ; \quad 29.07 \quad \text{lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN PESO CORREJIDOS

$$1 \quad ; \quad 2.97 \quad ; \quad 3.24 \quad ; \quad 24.31 \quad \text{lts / bolsa}$$

DISEÑO DE MEZCLA
(2% SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO)

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento:

- Pórtland ASTM_C-150 TIPO I
- Peso específico.....3.15gr/cm³

B.- Agua:

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- Peso específico de masa. 2.65 gr/cm³
- Peso unitario suelto. 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado. 1495 kg/m³
- Contenido de humedad. 5.18 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza. 2.53

D.- Agregado grueso: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.65
- Peso unitario suelto 1407 kg/m³
- Peso unitario compactado 1488 kg/m³
- Contenido de humedad 0.45 %
- Absorción 0.61%

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tengan una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 204 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

La relación agua - cemento + escoria de soldadura de 0.584

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	0.093 (m ³)
2 % de escoria de soldadura.....	0.002 (m ³)
Agua efectiva.....	0.204 (m ³)
Agregado fino.....	0.318 (m ³)
Agregado grueso.....	0.363 (m ³)
Aire.....	<u>0.020 (m³)</u>
	1.000m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	292.280 kg/m ³
2 % de escoria de soldadura.....	5.960 kg/m ³
Agua efectiva.....	204.000 lts/m ³
Agregado fino.....	843.500 kg/m ³
Agregado grueso.....	962.740 k g/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	292.280 kg/m ³
2 % de escoria de soldadura.....	5.960 kg/m ³
Agua efectiva.....	170.620 lts/m ³
Agregado fino.....	887.190 kg/m ³
Agregado grueso.....	967.070 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO CORREJIDO

$\frac{292.28}{292.28}$:	$\frac{5.960}{292.28}$:	$\frac{887.19}{292.28}$:	$\frac{967.07}{292.28}$	
1	:	0.02	:	3.04	:	3.31	24.82 lts / bolsa

DISEÑO DE MEZCLA
(4% SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO)

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento:

- Pórtland ASTM_C-150 TIPO I
- Peso específico.....3.15gr/cm³

B.- Agua:

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- -Peso específico de masa. 2.65 gr/cm³
- Peso unitario suelto. 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado. 1495 kg/m³
- Contenido de humedad. 5.18 %
- Absorción . 1.04 %
- Módulo de fineza. 2.53

D.- Agregado grueso: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.65 gr/cm³
- Peso unitario suelto 1407 kg/m³
- Peso unitario compactado 1488 kg/m³
- Contenido de humedad 0.45 %
- Absorción 0.61%

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tengan una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 204 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

La relación agua - cemento + escoria de soldadura 0.596

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	0.091 (m ³)
4 % de escoria de soldadura.....	0.003 (m ³)
Agua efectiva.....	0.204 (m ³)
Agregado fino.....	0.319 (m ³)
Agregado grueso.....	0.363 (m ³)
Aire.....	<u>0.020 (m³)</u>
	1.000 m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	286.320 kg/m3
4 % de escoria de soldadura	11.930 kg/m3
Agua efectiva.....	204.000 lts/m3
Agregado fino.....	844.230 kg/m3
Agregado grueso.....	962.740 kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	286.320 kg/m3
4 % de escoria de soldadura.....	11.930 kg/m3
Agua efectiva.....	170.589 lts/m3
Agregado fino.....	887.970 kg/m3
Agregado grueso.....	967.070 kg/m3

PROPORCIONES EN PESO CORREJIDO

$$\frac{286.32}{286.32} : \frac{11.930}{286.32} : \frac{887.97}{286.32} : \frac{967.07}{286.32}$$

1 : 0.04 : 3.10 : 3.38 25.33 lts / bolsa

DISEÑO DE MEZCLA
(6% SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO)

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento:

- Pórtland ASTM_C-150 TIPO I
- Peso específico.....3.15gr/cm³

B.- Agua:

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- Peso específico de masa. 2.65 gr/cm³
- Peso unitario suelto. 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado. 1495 kg/m³
- Contenido de humedad. 5.18 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza. 2.53

D.- Agregado grueso: CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.65 gr/cm³
- Peso unitario suelto 1407 kg/m³
- Peso unitario compactado 1488 kg/m³
- Contenido de humedad 0.45 %
- Absorción 0.61%

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tengan una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 204 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

La relación agua - cemento + escoria de soldadura 0.608

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	0.089 (m ³)
6 % de escoria de soldadura.....	0.005 (m ³)
Agua efectiva.....	0.204 (m ³)
Agregado fino.....	0.319 (m ³)
Agregado grueso.....	0.363 (m ³)
Aire.....	<u>0.020 (m³)</u>
	1.000m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	280.350kg/m3
6 % de escoria de soldadura.....	17.890kg/m3
Agua efectiva.....	204.000 lts/m3
Agregado fino.....	844.970kg/m3
Agregado grueso.....	962.740kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	280.350 kg/m3
6 % de escoria de soldadura.....	17.890 kg/m3
Agua efectiva.....	170.569lts/m3
Agregado fino.....	888.740kg/m3
Agregado grueso.....	967.070kg/m3

PROPORCIONES EN PESO CORREJIDO

$$\frac{280.35}{280.35} : \frac{17.890}{280.35} : \frac{888.74}{280.35} : \frac{967.07}{280.35}$$

$$1 : 0.06 : 3.17 : 3.45 \quad 25.857 \text{ lts / bolsa}$$

CÁLCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

(Patrón)

MEDIDA DE MOLDE

Diámetro:	15.240 cm
Altura:	30.480 cm
V. del molde:	5560.000 cm ³
Mas el 10% del vol.:	6116.000 cm ³
para 1 m ³ :	2322.376 kg
para: 0.00612 m ³	14.204 kg → 15.000 kg

Tabla N°10: Cantidad de materiales por probeta de concreto patrón $f'c=210$ kg/cm²

Materiales	Peso por m3	Para 1 probeta	para 9 probetas
-Cemento	298.246 kg/m3	1.926 kg	17.337 kg
-Agua efectiva	170.650 lt/m3	1.102 kg	9.920 kg
-Agregado fino húmedo	886.410 kg/m3	5.725 kg	51.527 kg
-Agregado Grueso húmedo	967.070 kg/m3	6.246 kg	56.216 kg
total	2322.376 kg/m3	15.000 kg	135.000 kg

Fuente: elaboración propia

(Porcentaje De Escoria De Soldadura De Electrodo Al 2%)

MEDIDA DE MOLDE

Diámetro:	15.240 cm
Altura:	30.480 cm
V. del molde:	5560.000 cm ³
Mas el 10% del vol:	6116.000 cm ³
para 1 m ³ :	2323.120 kg
para: 0.00612 m ³	14.208 kg → 15.000 kg

Tabla N°11: Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 2% por escoria de soldadura

Material	Peso Por M3	Para 1 Probeta	Para 9 Probetas
-Cemento	292.280 kg/m3	1.887 kg	16.985 kg
-Escoria de soldadura al 2 %	5.960	0.038 kg	0.346 kg
-Agua efectiva	170.620 lt/m3	1.102 kg	9.915 kg
-Agregado fino húmedo	887.190 kg/m3	5.728 kg	51.556 kg
-Agregado Grueso húmedo	967.070 kg/m3	6.244 kg	56.198 kg
total	2323.120 kg/m3	15.000 kg	135.000 kg

Fuente: elaboración propia.

(Porcentaje de escoria de soldadura de electrodo al 4%)

MEDIDA DE MOLDE

Diámetro:	15.240 cm
Altura:	30.480 cm
V. del molde:	5560.000 cm ³
Mas el 10% del vol:	6116.000 cm ³
para 1 m ³ :	2323.879 kg
para: 0.00612 m ³	14.213 kg → 15.000 kg

Tabla N°12: Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 4% por escoria de soldadura

Material	peso por m3	Para 1 probeta	Para 9 probetas
-Cemento	286.320 kg/m3	1.848 kg	16.633 kg
-Escoria de soldadura al 4 %	11.930 kg/m3	0.077 kg	0.693 kg
-Agua efectiva	170.589 lt/m3	1.101 kg	9.910 kg
-Agregado fino humedo	887.970 kg/m3	5.732 kg	51.584 kg
-Agregado Grueso humedo	967.070 kg/m3	6.242 kg	56.180 kg
total	2323.879 kg/m3	15.000 kg	135.000 kg

Fuente: elaboración propia.

(Porcentaje de escoria de soldadura de electrodo al 6%)

MEDIDA DE MOLDE

Diámetro:	15.240 cm
Altura:	30.480 cm
V. del molde:	5560.000 cm ³
Mas el 10% del vol.:	6116.000 cm ³
para 1 m ³ :	2324.609 kg
para: 0.00612 m ³	14.217 kg → 15.000 kg

Tabla N°13: *Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 6% por escoria de soldadura*

Material	Peso Por M3	Para 1 probetas	Para 9 Probetas
-Cemento	280.350 kg/m3	1.809 kg	16.281 kg
-Escoria de soldadura al 6%	17.890 kg/m3	0.115 kg	1.039 kg
-Agua efectiva	170.559 lt/m3	1.101 kg	9.905 kg
-Agregado fino húmedo	888.740 kg/m3	5.735 kg	51.613 kg
-Agregado Grueso húmedo	967.070 kg/m3	6.240 kg	56.162 kg
total	2324.609 kg/m3	15.000 kg	135.000 kg

Fuente: Elaboración propia

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla N°14: *Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de edad.*

Probetas	% de Ceniza	Ø cm	h cm	V m ³	Peso kg	Densidad del H° kg/m ³	Densidad Promedio kg/m ³	Área cm ²	Carga (P) Kg	Esfuerzo de Compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²
1		15.20	30	0.00544	12.995	2387.14		181.46	31480	173.48	
2	0%	15.00	30	0.0053	12.960	2444.62	2396.84	176.71	29480	166.82	169.68
3		15.30	30	0.00552	13.010	2358.76		183.85	31020	168.72	
4		15.00	30	0.0053	12.890	2431.42		176.71	31220	176.67	
5	2%	15.10	30	0.00537	13.080	2434.68	2432.51	179.08	32750	182.88	181.91
6		15.00	30	0.0053	12.890	2431.42		176.71	32900	186.18	
7		15.00	30	0.0053	13.005	2453.11		176.71	34020	192.51	
8	4%	15.00	30	0.0053	12.990	2450.28	2454.53	176.71	33040	186.97	192.86
9		15.01	30	0.00531	13.060	2460.20		176.95	35230	199.10	
10		15.00	30	0.0053	13.005	2453.11		176.71	34100	192.97	
11	6%	15.00	30	0.0053	12.990	2450.28	2454.53	176.71	36800	208.25	197.82
12		15.01	30	0.00531	13.060	2460.20		176.95	34020	192.26	

Fuente: Elaboración propia

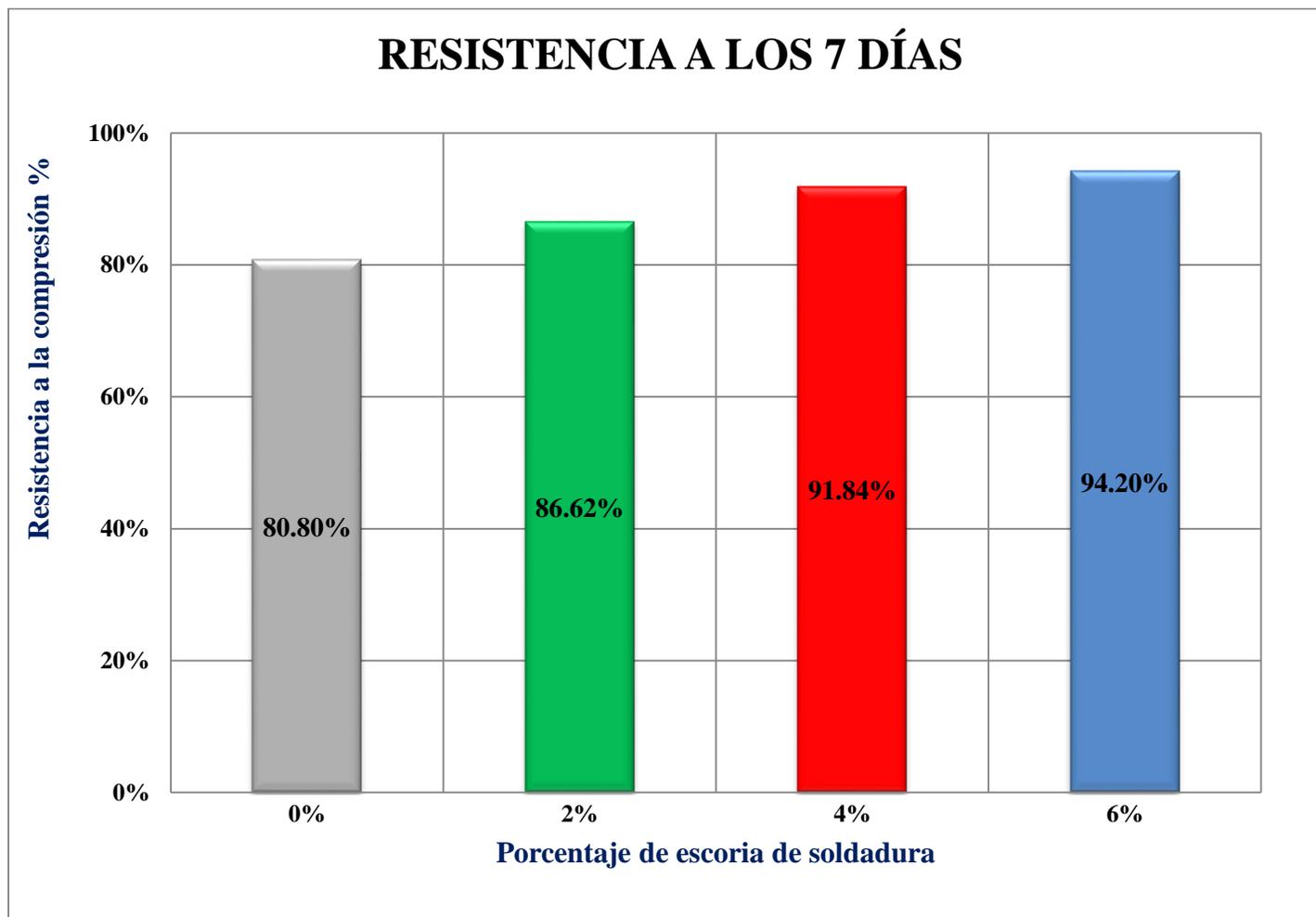


Grafico N° 3: *Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia 210kg/cm² a los 7 días.*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°15: Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días de edad.

Probetas	% de Ceniza	Ø cm	h cm	V m ³	Peso kg	Densidad del H° kg/m ³	Densidad Promedio kg/m ³	Área cm ²	Carga (P) Kg	Esfuerzo de Compresión kg/cm ²	f _c kg/cm ²
1		15.50	30	0.00566	13.050	2305.35		188.69	31990	169.54	
2	0%	15.20	30	0.00544	13.100	2406.43	2349.59	181.46	32640	179.88	175.94
3		15.30	30	0.00552	12.890	2337.00		183.85	32800	178.40	
4		15.50	30	0.00566	12.960	2289.45		188.69	33900	179.66	
5	2%	15.20	30	0.00544	13.040	2395.41	2346.06	181.46	33760	186.05	185.03
6		15.30	30	0.00552	12.980	2353.32		183.85	34820	189.39	
7		15.20	30	0.00544	13.005	2388.98		181.46	36450	200.87	
8	4%	15.30	30	0.00552	12.990	2355.13	2383.51	183.85	35120	191.02	199.04
9		15.20	30	0.00544	13.100	2406.43		181.46	37240	205.23	
10		15.10	30	0.00537	13.005	2420.72		179.08	39750	221.97	
11	6%	15.20	30	0.00544	12.990	2386.22	2383.76	181.46	38800	213.82	216.88
12		15.40	30	0.00559	13.100	2344.33		186.27	40020	214.86	

Fuente: Elaboración Propia.

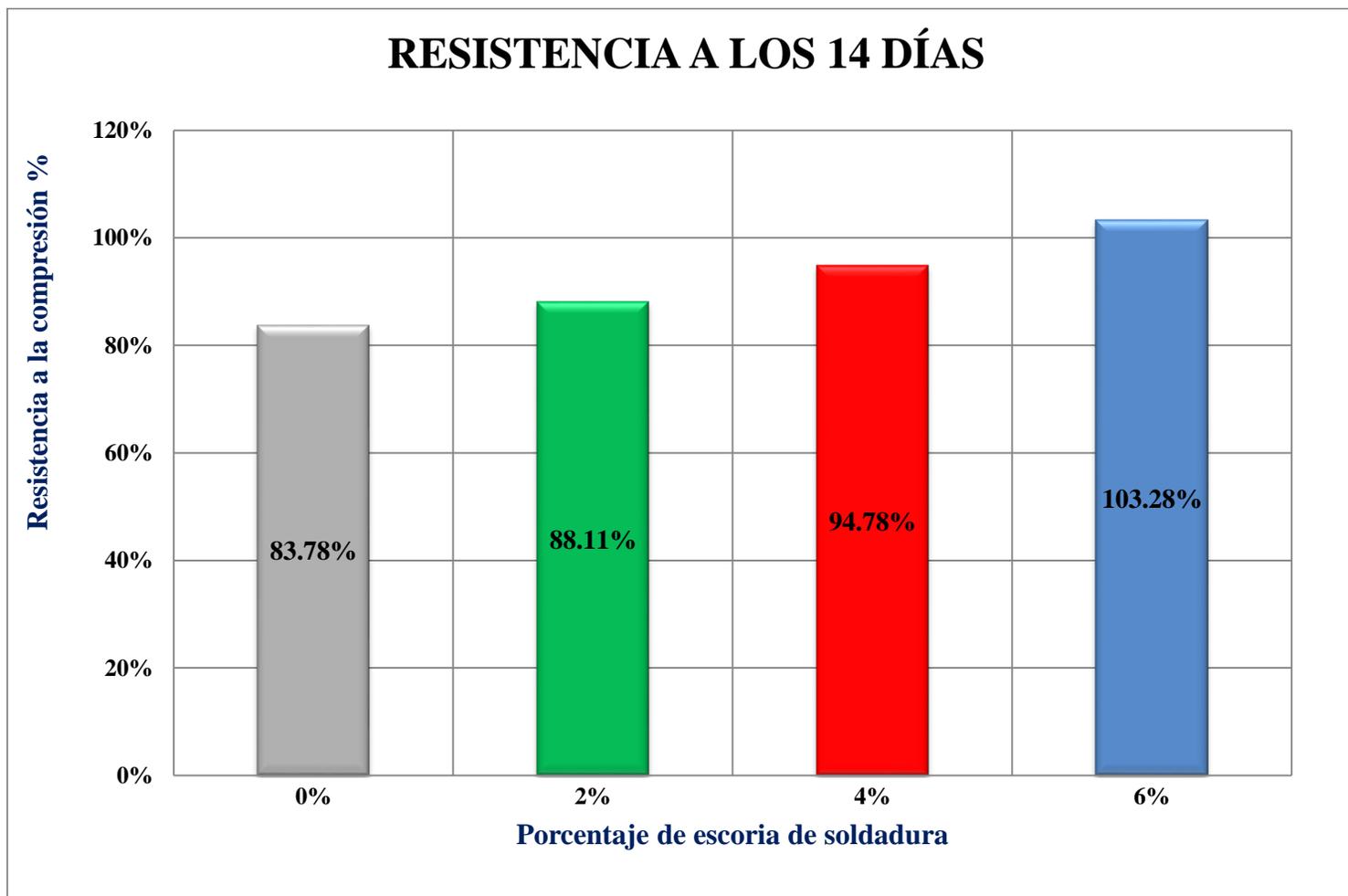


Grafico N° 4: *Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia 210kg/cm² a los 14 días*

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°16: ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

Probetas	% de Ceniza	Ø cm	h cm	V m ³	Peso kg	Densidad del H° kg/m ³	Densidad Promedio kg/m ³	Área cm ²	Carga (P) Kg	Esfuerzo de Compresión kg/cm ²	f _c kg/cm ²
1		15.20	30	0.0054	13.002	2388.43		181.46	39060	215.26	
2	0%	15.10	30	0.0054	12.998	2419.42	2387.96	179.08	40560	226.49	222.24
3		15.30	30	0.0055	12.995	2356.04		183.85	41360	224.96	
4		15.10	30	0.0054	12.998	2419.42		179.08	42240	235.87	
5	2%	15.20	30	0.0054	13.002	2388.43	2379.20	181.46	41750	230.08	228.02
6		15.30	30	0.0055	12.850	2329.75		183.85	40100	218.11	
7		15.40	30	0.0056	13.005	2327.33		186.27	42750	229.51	
8	4%	15.20	30	0.0054	13.120	2410.10	2365.28	181.46	43100	237.52	230.05
9		15.30	30	0.0055	13.008	2358.39		183.85	41020	223.11	
10		15.00	30	0.0053	13.005	2453.11		176.71	43650	247.01	
11	6%	15.20	30	0.0054	13.120	2410.10	2428.16	181.46	42120	232.12	236.47
12		15.10	30	0.0054	13.008	2421.28		179.08	41240	230.29	

Fuente: Elaboración Propia.

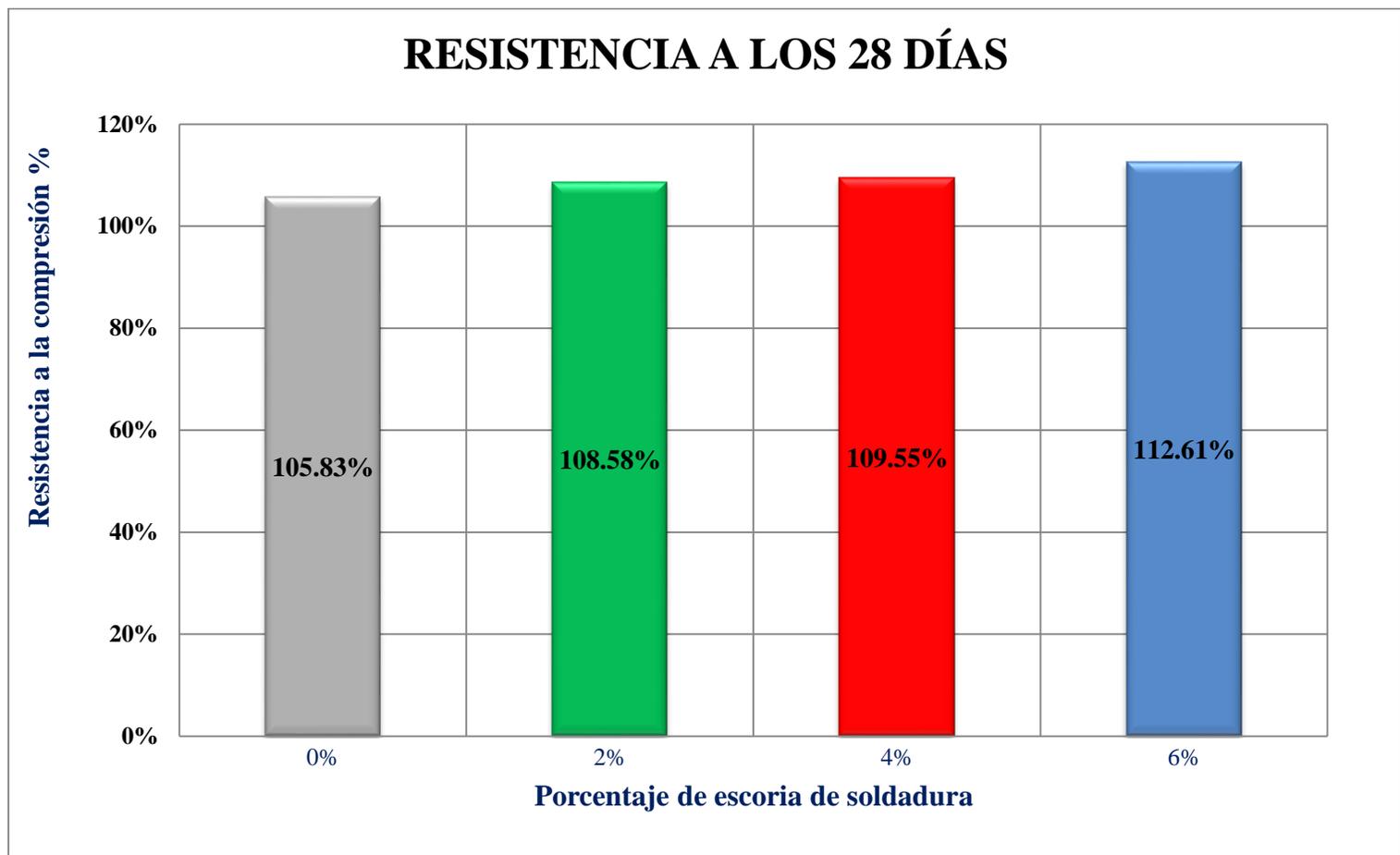


Grafico N° 5: *Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia 210kg/cm2 a los 28 días.*

Fuente: elaboración propia.

Comparación de las Resistencias a la Compresión del Concreto Patrón y Experimentales

Tabla N°17: Resumen de resistencia a la compresión.

DÍAS	Patron 0%	Experimental al 2%	Experimental al 4%	Experimental al 6%
7 días	169.68 kg/cm ²	181.91 kg/cm ²	192.86 kg/cm ²	197.82 kg/cm ²
14 días	175.94 kg/cm ²	185.03 kg/cm ²	199.04 kg/cm ²	216.88 kg/cm ²
28 días	222.24 kg/cm ²	228.02 kg/cm ²	230.05 kg/cm ²	236.47 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia.

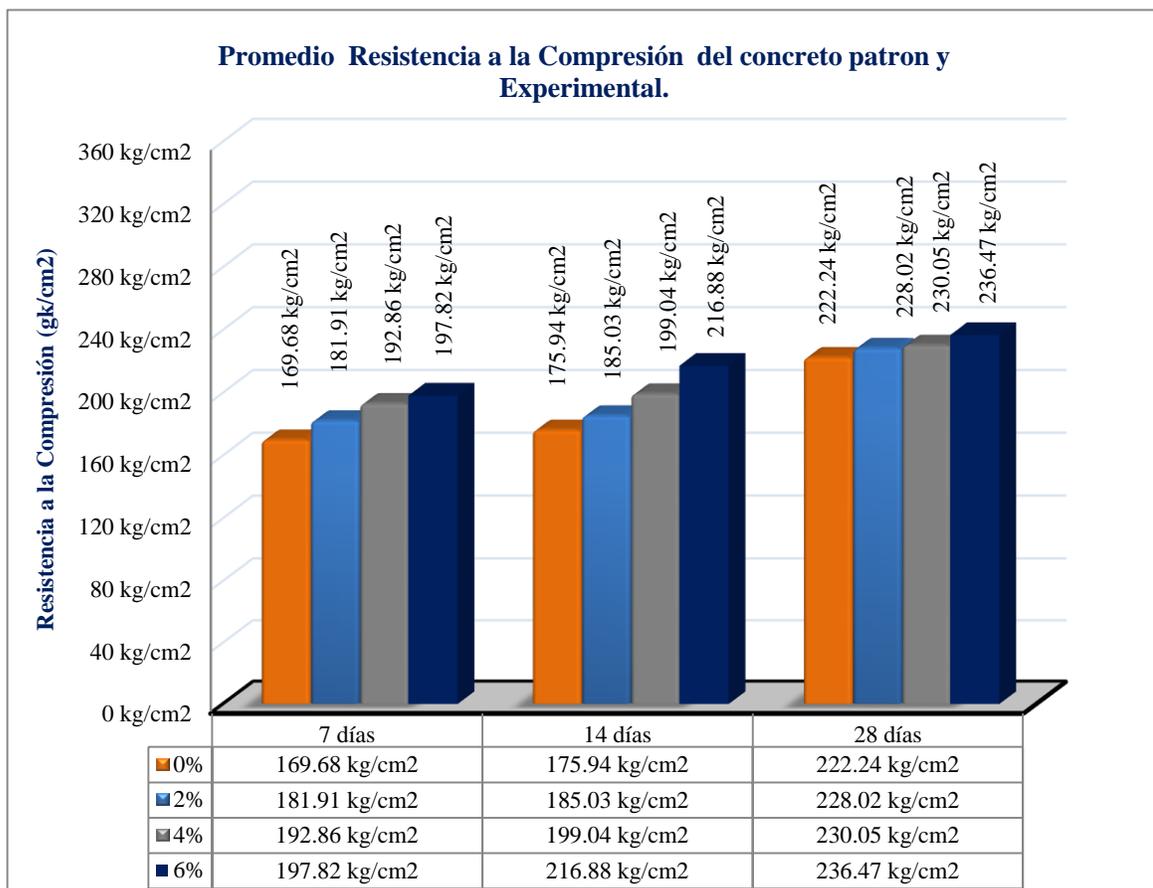


Grafico N° 6: Comparación de las resistencias a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ESCORIA DE SOLDADURA SEGÚN FRX

Tabla N°18: *Composición elemental de la muestra de escoria de soldadura de electrodos según FRX.*

Óxido	% masa	Normalizado
Al₂O₃	5.089	4.857
SiO₂	18.885	18.025
ClO₂	0.014	0.014
K₂O	3.556	3.394
CaO	38.556	36.801
TiO₂	10.379	9.907
V₂O₅	0.01	0.01
Cr₂O₃	0.075	0.072
MnO	4.759	4.542
Fe₂O₃	23.042	21.993
CuO	0.013	0.013
ZnO	0.045	0.043
SrO	0.044	0.042
ZrO₂	0.111	0.106
Nb₂O₅	0.025	0.024
MoO₂	0.004	0.003
BaO	0.151	0.145
Totales	104.769	100

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE pH DEL CEMENTO, ESCORIA DE SOLDADURA DE ELECTRODOS Y LAS COMBINACIONES.

Tabla N°19: *Análisis de pH de la escoria de soldadura, cemento y combinaciones.*

Parámetro	Valor obtenido pH	Método
Cemento tipo I	12.15	Colorímetro
Escoria de soldadura de electrodo	10.11	Colorímetro
Cemento + 2% de escoria de soldadura	12.12	Colorímetro
Cemento + 4% de escoria de soldadura	12.10	Colorímetro
Cemento + 6% de escoria de soldadura	12.07	Colorímetro

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE BLOQUES COMPLETO AL AZAR (DBCA)

Modelo Aditivo Lineal

$$\gamma_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- γ_{ij} : Valor observado en la unidad experimental
- μ : Efecto de la media general
- β_j : Efecto del j-esimo bloque $j:1,2,3$
- τ_i : Efecto del i-esimo tratamiento $i:1,2,3,4,5$.
- ϵ_{ij} : Efecto aleatorio del error experimental

Análisis de Varianza

Tabla N°20: Fórmulas de análisis de varianza (anova).

FV	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	(b-1)	$\sum x^2_{.j}/t - (\sum x)^2/bt$	$Sc_b/b-1$	CM_b/CM_e
Tratamientos	(t-1)	$\sum x^2_{i.}/b - (\sum x)^2/bt$	$Sct/t-1$	CMt/CM_e
Error Experimental	(b-1)(t-1)	$Sc_{total} - Sc_{bloque} - Sc_{tratamiento}$	$Sce/(b-1)(t-1)$	
Total	bt-1	$\sum x^2_{..} - (\sum x)^2/bt$		

Fuente: Elaboración propia

**Análisis De Varianza Para Determinar Las Diferencias De Las Resistencias De
Los Concretos Patrón Y Experimentales $F'c=210 \text{ Kg/Cm}^2$**

Tabla N°21: *análisis de varianza (anova).*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Prob	Valor crítico para F
Días	4950.684	2	2475.342	59.955	0.05	5.143
Tipos de concreto	1079.317	3	359.772	8.714	0.05	4.757
Error	247.720	6	41.287			
Total	6277.722	11				

Fuente: Elaboración propia.

Al ser los valores de la Probabilidad menores que 0.05 y la Fcalculada $> F_{\text{crítico}}$, tal como se puede observar en la presente Tabla ($59.955 > 5.143$ y $8.714 > 5.143$), indica que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la sustitución de cemento en un 2%, 4% y 6% por escoria de soldadura de electrodos.

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

- Hernández et al (2013), en su investigación titulada “Efecto de la escoria de níquel como sustituto parcial del cemento en la durabilidad de morteros expuestos a ambientes marinos” tuvo como objetivo general de elaborar morteros sustituyendo parte del cemento de su diseño de mezcla por su distintos contenidos de escoria de níquel (20, 30 y 40 %) con el fin de determinar su propiedades durables. Y concluyo que la escoria de níquel molida con sustituto parcial del cemento no aporta propiedades cementantes a la mezcla debido al a poca cantidad de calcio en su composición, respecto a la durabilidad tomando en cuenta las propiedades físicas, mecánicas y electroquímicas se puede sustituir el 20% de escoria de níquel en relación a/c igual a 0.4. Concluyendo también que las propiedades físicas de la mezcla con relación a/c igual a 0.4 mostraron que el 20% de sustitución de cemento por escoria mantiene una buena calidad de mortero. Y que el 0.6 con relación a/c no son aptos para usar en morteros expuestos a ambientes marinos. de la misma forma las propiedades de la escoria de soldadura de electrodo no aportan a las propiedades del cemento pero mantiene una buena calidad de concreto.
- los especímenes del concreto patrón tienen menores resistencias que los especímenes de los concretos experimentales con la sustitución del 2%, 4% y 6% de escoria de soldadura de electrodos.
- los especímenes de los concretos experimentales con sustitución del 2%, 4% y 6% del cemento por de escoria de soldadura de electrodos a mayor tiempo la resistencia a la compresión va en aumento.

- los especímenes con sustitución al 2%, 4% y 6% del cemento por de escoria de soldadura de electrodos, así como los especímenes del concreto patrón sobrepasaron su resistencia óptima.
- En los resultados del peso específico se puede ver que el cemento tiene un peso específico 3.15 gr/cm³ y el peso específico de la escoria de soldadura 3.69gr/cm³, mientras las combinaciones tienen 2%, 4% y 6% de escoria de soldadura tienen un peso específico 3.67 gr/cm³, 3.65 gr/cm³ y 3.62 gr/cm³ se puede observar que los pesos específicos de las combinaciones son mayores que el cemento.
- La composición química de la escoria de soldadura tiene entre sus componentes un porcentaje de óxido de potasio 3.394%, que no superar el 5% del total de los elementos que lo conforman. Esto nos quiere decir que no afecta directamente a la durabilidad del concreto.
- si es necesario indicar que la presencia del óxido de potasio en la mezcla produce reacciones químicas, denominadas genéricamente álcali-agregado, las que causan del deterioro prematuro de concreto. la reacción álcali-agregado (raa) es un agente o agentes que atacan al concreto endurecido, donde al transcurrir el tiempo y como consecuencia de la exposición al medio ambiente y ante la presencia de sodio y potasio, más humedad, presión ambiental y temperatura, alrededor de la partícula gruesa generan factores que dan origen a un expansión gradual de la pasta hasta se produce el fisuramiento y desintegración de la estructura, por lo tanto el concreto pierde resistencia y se disminuye el módulo de elasticidad del concreto, y los más grave del caso, el concreto disminuye sosteniblemente la durabilidad como lo señala Martínez ,L.(2012)

- la medición del pH del cemento, de la escoria de soldadura y de las 3 combinaciones de cemento-escoria de soldadura es de suma importancia. en la tabla n°19 se aprecia se puede apreciar el resultado de las muestras ensayadas y se observa que la escoria de soldadura tiene una alcalinidad de 10.11 por debajo del cemento que tiene 12.15 y de las combinaciones respectivas de 2%, 4% y 6% que tiene un pH de 12.12, 12.10 y 12.07 que se encuentra por encima 7

V. CONCLUSIONES

- ✓ A los 28 días el concreto patrón llega a alcanzar una resistencia de 222.24 kg/cm² mientras que la resistencia a la compresión con 6% de sustitución de cemento por escoria de soldadura de electrodos está por encima en un 6.78%.
- ✓ La composición química de la escoria de soldadura reafirma que este material **no** es puzolánico puesto que contiene SiO₂ 18.025% en y CaO en 36.801%, llegando a un 54.826% del 70% que debería tener para considerarse como tal, según la norma ASTM C- 618. No cumpliendo con dicho parámetro.
- ✓ Respecto al pH del cemento 12.15, de la escoria de soldadura es 10.11, el pH de la combinación del cemento más la escoria de soldadura al 2%,4% y 6% es 12.12,12.10 y 12.07, se puede decir que su alcalinidad es similar al del cemento
- ✓ La relación A/C (Agua-Cemento) para el concreto patrón es 0.572 y concretos experimentales al 2% es 0. 584, al 4% es 0. 596 y al 6% es 0.608, según nuestros diseños.
- ✓ Los concretos experimentales tienden a incrementar su resistencia a la compresión cuanto más tiempo transcurre debido a su composición química de la sustitución.
- ✓ En el cuadro ANOVA se puede ver que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la sustitución de cemento en un 2%, 4% y 6% de escoria de soldadura de electrodos.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Queda claro que es importante continuar con el estudio de la calidad de los agregados de la ciudad de Huaraz Ancash, para tener más información precisa la cual permitirá ampliar la investigación que se desea investigar. También se recomienda hacer investigaciones referidas al tema ya que no existen temas que pueda ayudar enriquecer la ciencia.
- ✓ Los datos obtenidos en esta investigación deben ser transmitidos para futuras investigaciones que sirva como línea de investigación, por lo que también deben ser transmitidos al propietario de la cantera de donde se extrajo los agregados para diseño de las probetas.
- ✓ A la universidad San Pedro implementar más equipos para los diferentes ensayos y pruebas en el laboratorio de la misma universidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM Internacional. (2014). ASTM INTERNATIONAL. Recuperado de <http://www.astm.org/>
- Cruz, R., Franco, D. & Pérez, L. (2014). Reemplazo del Agregado Fino por Escoria de Horno de Cubiote para la Fabricación de Concreto. *Inge CUC*, 10 (1), 83-84.
- Flores, R. , & Lozano, R. (2011). Efecto del Uso de Escorias de la Siderúrgica en Pavimentación de Chimbote y Nuevo Chimbote (tesis de pregrado). Universidad Del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Gonzales (1987). Cemento Portland. Recuperado de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana_7_cemento_tecnologia_2013.2.pdf
- Juárez, E. (2005). *Mecánica de Suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*
- Love, T. (1990). *El Concreto en la Construcción*. Colombia.
- Martínez, J. (2010). *Cementos y Morteros*. Colombia: Trillas.
- National Ready Mixed Concrete Association. (1991). Resistencia a la Compresión del Concreto. Recuperado de <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>
- Parra, L., & Sánchez, D. (2010). Análisis de la Valorización de Escorias Negras como material Agregado para Concreto en el marco de la Gestión Ambiental de la Siderúrgica Diaco. Municipio Tuta Bocaya (tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia.

- Rivera, L. (2010). Concreto Simple-Agua de Mezcla. Recuperado de <http://tecnologia17118.blogspot.pe/p/el-agua-de-mezcla.html>
- Salas, R. (2011). Curado de concreto en obra. Colombia: Trillas.
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero. Colombia: Bhandar Editores.
- Simeón (2005). Granulometría de Agregados Grueso y Fino. Recuperado de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/laboratorio_n%BA_7_eq.pdf
- Soto, R. (2008). Evaluación y Análisis de Mezcla de Concreto, elaboradas con Agregados de Origen Pétreo (Canto Rodado y Trituración) y Escoria de Acería (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
- Tacilla, Araujo y Cardozo (2004). Cemento. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento>
- Vélez, A. (2013). Hormigones con Escoria de Acero de Horno Eléctrico: Prestaciones Mecánicas, Físicas y Químicas (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Zuluaga, L. (2013). Agregados para el Concreto. Colombia: Trillas.

VIII. APENDICES Y ANEXOS



Fotografía N^o 01: Recolección de escoria de soldadura de electrodos.



Fotografía N^o 02: Proceso de trituración con la ayuda de un mortero de granito.



Fotografía N^o 03: Obtención del agregado grueso De la cantera el “TARMEÑO” que está Ubicado en Tacllan de la ciudad de Huaraz.



Fotografía N^o 04: Obtención del agregado fino De la cantera el “TARMEÑO” que está Ubicado en Tacllan de la ciudad de Huaraz



Fotografía Nª 05: Realización del peso unitario del agregado grueso.



Fotografía Nª 06: El vaciado de la mezcla en los moldes cilíndricos, con sustitución 0%, 2%, 4% y 6% de escoria de soldadura de electrodo por cemento.



Fotografía N^a 07: Colocación del plato Cilíndrica sobre la probeta para ser puesto en la prensa para obtener su resistencia a la compresión.



Fotografía N^a 08: La probeta ya lista en la prensa, esta recibe una carga axial para obtener su resistencia.



Fotografía N^o 09: La probeta ha sufrido una fisura de tipo corte como se puede observar en la imagen.