

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONCRETO
LANZADO CON CEMENTO TIPO IP Y TIPO HE EN
EL REVESTIMIENTO DE TUNELES DE LA MINA
ORCOPAMPA – AREQUIPA**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. BETSY PIERINA CERVANTES ABARCA

Bach. LIZ KATHERINE VILLA MEZA

ASESOR: Mg. /Ing. LILIANA JANET CHAVARRÍA REYES

LIMA – PERÚ

AÑO: 2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a DIOS que me ha enseñado de su amor y gracia para concluir esta meta, a mis padres que me aman y apoyan e impulsan siempre, a mi hermana que es una alegría en mi vida, a mi hermano que me anima y quiere mucho, a mi aliada Betsy que sin su ayuda he insistencia no se hubiera concluido este sueño, a mis familiares y amigos, ONE, por su comprensión y apoyo, ti que aunque no estas, estarás por siempre en mi corazón.

Liz Katherine Villa Meza.

DEDICATORIA

Estoy agradecida a Dios, por cada persona que decide poner en mi camino, a mis padres por sus enseñanzas y apoyo incondicional; mi hermano por ser una de mis más grandes inspiraciones; mis familiares más cercanos y amigos, por su paciencia; a mi amiga y compañera Liz por su confianza, empeño y determinación; a Yasin por su entero apoyo y comprensión en esta etapa de mi vida.

Betsy Pierina Cervantes Abarca

RECONOCIMIENTO

Para la presente investigación
a Dios por que estuvo con nosotras en cada momento,
a mi padres por su apoyo incondicional y amor,
a mis hermanos por su compañía y ayuda,
a Betsy por su esfuerzo y perseverancia en este camino,
a la Ing. Liliana Chavarría por todo su apoyo y guía para concluir
esta etapa de nuestras vida,
a la empresa INPECON por todo el apoyo brindado
a la Universidad Ricardo Palma por formarme como profesional.

Liz Katherine Villa Meza

RECONOCIMIENTO

Dios por iluminar mis días y los propósitos que destinado para mí,
A mis padres por el amor y los cuidados que me brindan día a día,
A mi hermano por la confianza que día a día me demuestra,
A mi abuelita por la fe y el gran amor hacia mi persona,
A Kathy por el esfuerzo y la paciencia para este proyecto,
A la Ing. Liliana por ser nuestra guía en esta etapa de nuestra vida.

Betsy Pierina Cervantes Abarca

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación del Problema	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos	4
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.3.3. Conveniencia	5
1.3.4. Relevancia social	5
1.3.5. Implicancias prácticas	5
1.3.6. Alcances	6
1.5. Limitaciones de la investigación	6
1.6. Viabilidad de la investigación	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
En el ámbito Internacional	7
En el ámbito Nacional	10
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1 Concreto Lanzado	12
2.2.1.1. Método de Aplicación	14
2.2.1.2. Técnica de Lanzado	18
2.2.1.3. Requerimiento del concreto proyectado	19
2.2.1.4 Propiedades del concreto proyectado	20
2.2.1.5 Seguridad en aplicación	23
2.2.1.6. Equipos	24
2.2.2 Cemento Portland	29
2.2.3 Los agregados	55
2.2.3.1 Propiedades de los agregados	57
2.2.4 El agua	57

2.2.5. Aditivos	59
2.2.6. Fibras	63
2.2.7. Perfil Geológico	69
2.3. Formulación de la Hipótesis	70
2.3.1 Hipótesis general	70
2.3.2 Hipótesis específicas	71
2.3.3. Variables	71
2.3.4 Definición Conceptual de las variables	72
2.3.5 Operacionalización de las variables	73
CAPITULO III: METODOLÓGIA	74
3.1. Diseño, Tipo y nivel de la investigación	74
3.2. Población y Muestras	75
3.2.1 Diseño de mezcla	75
3.2.2 Tandas de prueba	77
3.2.2.1 Tandas de prueba en el laboratorio del concreto lanzado vía húmeda	77
3.2.2.2 Tandas de prueba in situ del concreto lanzado vía húmeda	80
3.3 Ensayos realizados	81
3.3.1 Referencias de ensayos	81
3.3.2 Determinación de las propiedades físicas del agregado	82
3.3.3 Determinación de la trabajabilidad	89
3.3.4 Determinación de la resistencia a la compresión	90
3.3.4.1 Determinación de la resistencia a la compresión en el laboratorio	91
3.3.4.2 Determinación de la resistencia a la Compresión en campo	92
3.3.4.3. Determinación de la tenacidad del shotcrete	93
3.4. Técnicas del procedimiento y recolección de los datos	97
3.4.1. Descripción de los instrumentos	97
3.4.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos	98
3.5. Aspectos éticos	98
CAPÍTULO IV : PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	99
4.1 Análisis e interpretación de los resultados	99
4.1.1 Análisis previos	99

4.1.2 Análisis de resultados a edades tempranas	99
4.1.2.1 Ensayos realizados en el laboratorio:	99
4.1.2.2 Ensayos realizados en campo (robot de lanzado)	100
4.1.3. Análisis de Resultados a Edades Finales:	102
4.1.3.1 Ensayos realizados en el laboratorio	102
4.1.3.1 Ensayos realizados en campo (robot lanzado)	103
4.2. Resultados de la investigación;	105
4.3. Contrastación de Hipótesis	107
4.4. Discusiones	135
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	138
FUENTES DE INFORMACIÓN	140
Referencias bibliográficas	140
Referencias electrónicas	143

ANEXO 01: MATÍZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 02: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANEXO 03: ENSAYO DE TENACIDAD

ANEXO 04: DISEÑO DE MEZCLA UTILIZADA EN LA UNIDAD MINERA DE
REFERENCIA (ORCOPAMPA – AREQUIPA) MATRIZ DE
CONSISTENCIA

ANEXO 05: ENSAYOS DE AGREGADOS

ANEXO 06: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO YURA TIPO IP

ANEXO 07: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO YURA TIPO HE

ANEXO 08: FICHA TECNICA DE FIBRA WIRAD

ANEXOS 09: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO VISCONCRETE

ANEXOS 10: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO SIGUNIT

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1	Características físicas del cemento Tipo Yura IP y IPM	33
Tabla 2	Requisitos físicos: Ficha técnica Cemento Tipo HE y Tipo IP	34
Tabla 3	Composición química de cada componente.	38
Tabla 4	Aplicaciones de acuerdo a la clasificación del cemento según las Normas ASTM C150, C 595 y 1157	42
Tabla 5	Requisitos químicos para el cemento Tipo IP	46
Tabla 6	Requisitos químicos para el cemento Tipo IP marca Yura	47
Tabla 7	Requisitos Físicos del cemento Tipo IP marca Yura	48
Tabla 8	Composición química del cemento tipo IP marca Yura	49
Tabla 9	Valores promedio típicos de la composición de cemento Portland	50
Tabla 10	Características de cemento según ASTM C 1157	52
Tabla 11	Requisitos físico opcionales del cemento	53
Tabla 12	Requisitos físico normalizados para el cemento	54
Tabla 13	Límites Máximos Permisibles de Sustancias en el agua	58
Tabla 14	Propiedades de los acelerantes	62
Tabla 15	Características del aditivo acelerante Sigunit®AF Liquido	62
Tabla 16	Características Superplastificante Sika Viscocrete	63
Tabla 17	Valores de resistencia mecánica y módulo de elasticidad para diversos tipos de fibra y matrices	68
Tabla 18	Indicadores y métricas.	73
Tabla 19	Cuadro de Gradación de los agregados para el Shotcrete	75
Tabla 20	Dosificación de mezcla con Cemento Tipo IP relación a/c 0.52	78
Tabla 21	Dosificación de mezcla con Cemento Tipo IP relación a/c 0.55	78
Tabla 22	Dosificación de mezcla con Cemento Tipo HE relación a/c 0.52	79
Tabla 23	Dosificación de mezcla con Cemento Tipo HE relación a/c 0.55	79
Tabla 24	Husos Granulométricos	84
Tabla 25	Granulometría del agregado de la cantera Chilcaymarca	85
Tabla 26	Contenido de humedad de la arena de la cantera Chilcaymarca	88
Tabla 27	Peso Unitario Suelto y Compactado	89
Tabla 28	Peso Unitario Suelto y Compactado	89
Tabla 29	Comparativo de Slump con cemento Tipo IP y HE relación a/c 0.52	99

Tabla 30 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP en laboratorio	100
Tabla 31 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE en laboratorio	100
Tabla 32 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP	101
Tabla 33 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE	101
Tabla 34 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP	102
Tabla 35 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE	102
Tabla 36 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP	103
Tabla 37 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE	103
Tabla 38 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP	103
Tabla 39 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE	104
Tabla 40 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE	104
Tabla 41 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE	104
Tabla 42 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP y HE	105
Tabla 43 Tabla de resultados del ensayo de tenacidad a los paneles de shotcrete con cemento Tipo IP y HE	106
Tabla 44 Tabla de resumen del ensayo de resistencia a la compresión con cemento Tipo IP y HE	137

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1	Ubicación: Mapa de ubicación de la mina	2
Figura 2	Concreto proyectado o shotcreteFuente: http://www.kpmindustries.com/KingShotcreteSolutions/	13
Figura 3	Colocación vía húmeda en condiciones adversas	16
Figura 4	Colocación vía húmeda	17
Figura 5	Manejo de la manguera. (Mediante pequeños movimientos circulares)	19
Figura 6	Manipulación automatizada del Robot en colocación de Shotcrete,	20
Figura 7	Método de penetración con Aguja – Resistencia Muy Temprana,	21
Figura 8	Método de proyectil – Resistencia Temprana	22
Figura 9	Robot de lanzado SPM 4210 – Putzmeister	25
Figura 10	Equipo de mezclado y transporte de concreto (Mixkret 5 Putzmeister)	27
Figura 11	Detalle del equipo lanzado por vía seca	28
Figura 12	Esquema del equipo de lanzado por vía seca	29
Figura 13	Proceso del cemento,	31
Figura 14	Comparativo de cemento Holcim Tipo He	41
Figura 15	Presentación del cemento Yura IP	45
Figura 16	Composición Química del cemento Yura IP	47
Figura 17	Presentación del cemento Yura HE	51
Figura 18	Agregado a utilizar para la muestra	55
Figura 19	Apariencia de la Fibra de Acero a utilizar,	64
Figura 20	Shotcrete sin fibra	65
Figura 21	Shotcrete sin fibra	66
Figura 22	Adición de fibra en la mezcla de laboratorio,	66
Figura 23	Tridimensional fibra de acero Wirdand Red tridimensional Maccaferri	67
Figura 24	Grafico de esfuerzos en tunelería	69
Figura 25	Prueba de slump en planta	80
Figura 26	Agregado a ensayar.	82
Figura 27	Agregado a ensayar.	83
Figura 28	Tamices Fino.	84
Figura 29	Saturación del agregado por 24 horas.	86

Figura 30 Secado al aire.	86
Figura 31 Inmersión de agregado dentro de la Fiola	87
Figura 32 Eliminación de Vacíos	87
Figura 33 Peso final.	88
Figura 34 Medición del Slump	90
Figura 35 Equipo de ensayo del laboratorio INPECON,	91
Figura 36 Ensayo a compresión de los testigos	93
Figura 37 Prensa de ensayo a compresión	93
Figura 38 Procedimiento de ensayo de tenacidad.	94
Figura 39 Proceso de toma de muestra robotizado.	95
Figura 40 Ensayo tenacidad	96
Figura 41 Muestra ensayada con falla radial.	96

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1	Diagrama de caja de resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento IP y tipo HE.	108
Gráfico 2	Diagrama de caja de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con tipo IP y tipo HE. Fuente propia.	109
Gráfico 3	Diagrama de caja de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento tipo IP y tipo HE.	110
Gráfico 4	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE	112
Gráfico 5	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE	113
Gráfico 6	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP	115
Gráfico 7	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP	116
Gráfico 8	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP	118
Gráfico 9	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE	119
Gráfico 10	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 7 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE	121
Gráfico 11	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE	122
Gráfico 12	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE	124
Gráfico 13	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE	126
Gráfico 14	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE	128
Gráfico 15	Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE	130

Gráfico 16	Tendencia parabólica de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo HE a/c 0.52.	131
Gráfico 17	Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo HE a/c 0.52.	132
Gráfico 18	Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP a/c 0.52.	132
Gráfico 19	Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP a/c 0.52.	133
Gráfico 20	Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP y HE a/c 0.52.	133
Gráfico 21	Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP y HE a/c 0.52.	134

RESUMEN

Se viene buscando optimizar la elaboración del concreto lanzado, pero en el proceso se deja de lado el control de calidad por lo cual es indispensable comparar la influencia de un componente primario como el cemento tipo IP y HE.

La presente tesis tiene por objetivo realizar el estudio comparativo de concreto lanzado con cemento portland puzolanico tipo IP vs tipo HE en el revestimiento del túnel de la mina Orcopampa–Arequipa.

Nos ha impulsado a investigar la necesidad de obtener la relevancia en el desempeño y las implicancias del cemento para shotcrete desde una visión técnica, a través de ensayos de campo y laboratorio.

Considerando el enfoque técnico al determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a tenacidad y resistencia a la compresión. Realizando un tipo de Investigación básica, cuantitativa, descriptivo, aplicada, de campo con un diseño experimental, según el estudio es cuasi experimental, prospectivo por la cronología de observación, transversal según el número de mediciones, descriptiva, comparativa y explicativa.

Los resultados estadísticos nos demuestran que si existen diferencias significativas de 62 % entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado cemento Tipo HE sobre el concreto lanzado con cemento Tipo IP en su totalidad de edades ensayadas.

En el análisis estadístico de los ensayos de tenacidad se observa que el cemento Tipo HE tiene una mejor capacidad para absorber energía ya que tiene la característica de desarrollar resistencias a edades tempranas.

Palabras claves: Cemento IP: Cemento Portland tipo I con adición de puzolana; Cemento HE: Cemento portland Hidráulico modificados con especificación de resistencias tempranas; Shotcrete: concreto neumáticamente lanzado.

ABSTRACT

It has sought to optimize the development of the shotcrete, but in the process neglects quality control so it is essential to compare the influence of a primary component such as cement type IP and HE.

This thesis aims to conduct a comparative study of shotcrete with IP pozzolanic Portland cement type HE vs kind in the lining of the tunnel Arequipa Orcopampa mine.

It has prompted us to investigate the need for relevance in the performance and the implications of cement shotcrete from a technical view, through field and laboratory tests.

Whereas the technical approach to determine the differences between the shotcrete cement type HE type IP and from the analysis of toughness and resistance to compression. He made a type of Basic, quantitative, descriptive research, applied field with an experimental design, the study is quasi-experimental, prospective timeline for observation cross as the number of measurements, descriptive, comparative and explanatory.

The statistical results show that if there are significant differences between the results 62% of the compressive strength of cement Type HE shotcrete shotcrete on cement type IP fully tested age.

In the statistical analysis of toughness tests it shows that the cement type HE has a better ability to absorb energy and which has the characteristic of developing resistance at early ages.

Keywords: IP Cement: Portland Cement Type I with the addition of pozzolan;
HE Cement: Portland cement modified specification Hydraulic early strength;
Shotcrete: Concrete pneumatically released.

INTRODUCCIÓN

Por esta coyuntura actual en la minería, se requiere conocer, evaluar y estudiar la respuesta del cemento en el concreto lanzado (shotcrete) para poder formular y proponer la manera de optimizar con calidad el shotcrete, utilizando como herramienta la dosificación del cemento puzolanico (tipo HE y tipo IP)

La presente investigación, busca proporcionar el nivel de influencia del cemento en el shotcrete basándonos en ensayos comparativos, con el fin de dar las diferencias de 2 tipos de cemento.

Obtener las diferencias de las características significativas del shotcrete con cemento Tipo IP y cemento HE en el concreto lanzado y su proceso de colocación. El objetivo principal es determinar las diferencias del concreto lanzado elaborado con el cemento Tipo IP frente al Tipo HE para evaluar cual garantiza la resistencia, trabajabilidad y tenacidad adecuada sin afectar la resistencia final a los niveles requeridos por el proyecto del revestimiento del túnel de la mina Orcopampa –Arequipa. Los dos primeros capítulos se proporciona de manera desglosada los parámetros de comparación y características teóricas. En el capítulo tres se proporciona la información del diseño metodológico y el proceso de los ensayos.

En el capítulo cuatro se presentan los resultados de los ensayos realizados con una relación a/c 0.52. Además de contar con los resultados a la compresión de los testigos de shotcrete, también se realizaron ensayos de tenacidad sobre paneles circulares. Dicha propiedad está ligada principalmente a la cantidad de fibra de refuerzo que se utilice en la mezcla, pero la resistencia a la compresión tiene un factor determinante en la ocurrencia de la primera fractura sobre el concreto. Los resultados obtenidos de los ensayos de compresión indican que pese, que los dos cementos en estudio logran cumplir con las Especificaciones Técnicas del proyecto, el cemento HE es el que logra optimizar con los parámetros técnicos por metro cubico de shotcrete.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En nuestra actualidad nacional se viene buscando optimizar la elaboración del concreto, pero en el proceso no se debe dejar de lado el control de calidad por lo cual es indispensable comparar la influencia de un componente primario como el cemento.

Por esta coyuntura actual en el concreto lanzado se requiere conocer, evaluar y estudiar la respuesta del shotcrete para poder formular y proponer la manera de optimizar con calidad el shotcrete, utilizando como herramienta la dosificación del cemento puzolánico (Tipo HE y Tipo IP)

Como es el caso de la unidad minera de Orcopampa ubicada en la Provincia de Castilla, Departamento de Arequipa a 1,350Km de Lima entre 3,800 y 4,500 msnms, referenciado en la Figura 1.



Figura 1 Ubicación: Mapa de ubicación de la mina

Fuente página web Compañía Buenaventura

Se tiene una amplia gama de cementos en el mercado, y dentro de ello los cementos que se utilizan para la elaboración del concreto lanzado, los que son utilizados en unidades mineras, las que en su mayoría consumen cemento Tipo I, pero dado que no todas las unidades mineras se encuentran con facilidad de acceso y distancias cortas a las ciudades principales se opta por adquirir de los puntos de fabricación más cercanos.

Para realizar los ensayos contando con las instalaciones necesarias para realizar los trabajos se ensayar, evaluar y comparar in situ, para determinar las repuestas para el shotcrete, ello nos permite establecer una estrategia clara y definir para el porcentaje de influencia de dichos elementos en el concreto lanzado de forma ascendente y mecanizado utilizando el shotcrete como medio de sostenimiento en tunelería; donde se presenta condiciones adversas en interior de mina como la alta temperatura, el poco control de presiones de aire, la presencia continua de aguas sulfatadas, sales, contenido de sales solubles lo cual afecta el rendimiento negativamente.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son las diferencia entre el concreto lanzado con el cemento Tipo IP y el cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión y tenacidad para revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de tenacidad, para revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa?
- ¿Cuáles son las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, para revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar las diferencias del concreto lanzado con el cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión y tenacidad en el revestimiento del túnel de la mina Orcopampa–Arequipa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de tenacidad, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa.
- Determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Conveniencia

La presente investigación, busca proporcionar los criterios de la influencia en el shotcrete basados en ensayos, con el fin de dar a conocer en qué grado se aplica la dosificación de cemento Tipo HE y Tipo IP dependiendo del caso proponer la mejora de los aspectos deficientes; teniendo en cuentas los factores de importancia para concreto de calidad.

1.4.2. Relevancia social

La presente investigación trae beneficios en la calidad del concreto lanzado, lo cual mejorara el control de la dosificación de cemento, que ayudara a una optimización y seguridad frente a la falla en el shotcrete para la minera Buenaventura, lo cual podrá asegurar una mejor estabilidad en la tunelería reflejándose en la seguridad del personas que laboran ahí, y una propuesta de cementos más amigables con el medio ambiente.

1.4.3. Implicancias prácticas

Dada la investigación aplicando los conocimientos de tecnología de concreto y control de calidad aplicados a un concreto lanzado con cementos adicionados y con propiedades especiales.

1.4.4. Alcances

El presente estudio explorará el comparativo del shotcrete con cemento Tipo IP y Tipo HE, para el sostenimiento en tunelería minera. El desarrollo del estudio pretende evaluar el comparativo técnico, respecto al análisis de resistencia de la trabajabilidad, tenacidad, resistencia a la compresión, el cual es utilizado en proyectos mineros.

1.5. Limitaciones de la investigación

En la presente investigación no se considerara el estudio Geológico ni Geotécnico en Mecánica de suelos más que para una referencia.

Se limitara a presentar el proceso de revestimiento con concreto lanzado del macizo rocoso, no especificando el análisis de diseño geológico de la unidad. El trabajo de investigación del concreto lanzado se enfocara al método de lanzado vía húmeda y se presenta la vía seca de forma puntual.

1.6. Viabilidad de la investigación

La presente investigación cuenta con información bibliográfica como la Norma ACI 506 R 90, tesis de concreto y concreto lanzado, datos recopilados en el campo, facilidad de acceso por parte de empresa INPECON y Compañía Buenaventura, se cuenta con los recursos económicos para la investigación, el tiempo es adecuado para la elaboración y culminación de nuestra investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En el ámbito Internacional

Vásquez E. (2007) Concreto de Alto desempeño con elevado consumo de ceniza volante. México, UNAM, Instituto de Ingeniería, Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ingeniería.

Se investiga el comportamiento de concretos en los que el cementante está integrado por cemento pòrtland y ceniza volante procedente de la carboeléctrica de Río Escondido, Coahuila. El estudio se realiza mediante la comparación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, se comparan mezclas de control, en donde el cementante utilizado es únicamente cemento Portland; y mezclas de concreto en donde se utilizan cemento Portland y ceniza volante como cementante.

Para la elaboración de las mezclas se utilizan agregados disponibles en la ciudad de México. Se emplean dos tipos distintos de agregado grueso, andesítico y calizo; un tipo de agregado fino, arena andesítica; un tipo de cemento, CPO 30R; un tipo de ceniza, clase F, dos tipos de aditivos, fluidificante y súper fluidificante.

En el diseño de las mezclas se considera el tener mezclas comparables en donde la única variación entre las mezclas de control y las de ceniza volante sea el reemplazo del 50%del cemento Portland por ceniza volante. En el estado endurecido se comparan las propiedades mecánicas como la resistencia a compresión, la resistencia a tensión indirecta por compresión diametral, el módulo de elasticidad y la relación de Poisson, el flujo plástico y la contracción por secado; y propiedades de durabilidad como la permeabilidad a los cloruros, y la resistencia al ataque de sulfatos.

Martínez, J. (2011).Análisis del Concreto Lanzado como revestimiento definitivo para túneles. Colombia, Bogotá D. C, PUJ, Facultad de Ingeniería Civil. En la actualidad, el concreto lanzado es un elemento indispensable en la construcción de túneles alrededor del mundo. Si bien su uso es generalizado como elemento de soporte, su uso como revestimiento definitivo es nuevo en Colombia. El uso de fibras sintéticas le brinda características de ductilidad y tenacidad permitiéndole obtener condiciones más seguras junto con aumentos en los índices de seguridad y reducción de costos.

En Colombia, con la construcción de nuevos túneles como los de la ruta del sol o los de la segunda calzada a Villavicencio, se busca construir proyectos con mejores características a menores costos. Un aspecto importante del concreto lanzado es su reforzamiento con fibras el cual ha demostrado ofrecer beneficios substanciales en comparación con el refuerzo arcos o mallas de acero. La aceptación del uso del concreto lanzado como revestimiento enfrenta obstáculos por parte de algunos diseñadores que no saben de sus ventajas y usos. En la actualidad lo que se cree, es el que concreto lanzado trabaja más en el reforzamiento de la roca que en el soporte de la misma. Una forma de aproximarse a un buen diseño es basándose en las experiencias de distintos países los cuales hacen uso de ecuaciones o modelos tales como el de Barton Q o el uso de la experiencia del diseñador. En estos casos, los resultados han brindado reducciones de espesores de la capa de recubrimiento de 1 m hasta los 10 o 15 cm, sin comprometer la integridad.

El siguiente trabajo busca demostrar las ventajas que brinda el uso del concreto lanzado como revestimiento en los túneles viales. También pretende ofrecer oportunidades a nuevos trabajos de investigación donde se estudie más afondo esta tecnología.

Alvarado B, Arteaga H., Antonio L. (2004).Aplicación del concreto lanzado en estabilización de taludes anclados y revestimiento de

elementos estructurales. El salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

Con el propósito demostrar la alternativa de uso del concreto lanzado por el método de la vía húmeda, en obras ingenieriles en El Salvador; con la finalidad de mejorar los procesos constructivos y reducir el tiempo de ejecución de las obras, en la estabilización de taludes mostrando los sistemas de anclajes más utilizados en nuestro país; concluyendo que la aplicación del concreto lanzado sirve como una alternativa para recubrimiento de estructuras para prolongar su vida útil. Se presenta el anteproyecto, el cual está constituido por: Los Antecedentes, Planteamiento del Problema, Objetivos, Alcances, Limitaciones y la Justificación del Trabajo de Graduación.

En el segundo capítulo se presenta el “Marco Teórico”, el cual esta constituido por una reseña histórica del Concreto Lanzado, sus aplicación en El Salvador y el equipo necesario utilizado para la aplicación de éste; los diferentes tipos de falla más comunes en los taludes; las partes del ancla y Revestimiento de Elementos como columnas vigas y losas. “Las Pruebas de Laboratorio y Diseño de Mezclas”, constituyen el Tercer capítulo, en el que se presentan pruebas a los componentes del concreto lanzado, además las pruebas hechas a este concreto en estado fresco y en estado endurecido.

En el cuarto capítulo se presenta el “Análisis de Resultados”; en éste se realiza el análisis de los diferentes resultados obtenidos en base a las pruebas realizadas, entre algunas tenemos: el análisis de pruebas a compresión y flexión del concreto lanzado.

El quinto capítulo está constituido por la “Estabilización de Taludes Anclados”; en éste se presentan los diferentes tipos de anclajes más utilizados en el país; el diseño de anclas y de la pantalla; el proceso constructivo para la estabilización de taludes; además la evaluación de costo-tiempo de un proyecto en particular.

En el sexto capítulo “Revestimiento de Elementos Estructurales”; en este capítulo se detallan los daños más comunes en las estructuras, el proceso constructivo para el revestimiento con concreto lanzado de elementos estructurales por el método de la vía húmeda y la evaluación de costo-tiempo de un proyecto en particular.

El séptimo capítulo consta de las “Conclusiones y Recomendaciones” obtenidas del estudio desarrollado en el presente Trabajo de Graduación.

En el ámbito Nacional

Tengan, Sh. (2011). Análisis comparativo de aditivos acelerantes de fragua libres de álcalis para concreto proyectado o Shotcrete. Perú, UNI, Facultad de Ingeniería. Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

El tipo de investigación de la tesis fue experimental del tipo aplicativo, y tiene como objetivo obtener un diseño de mezcla para shotcrete óptimo balanceado con aditivo acelerante de fragua existente en el mercado.

Se realizaron los estudios necesarios para el comparativo de dichos productos: desde la recepción, almacenamiento y estudio de agregados enviados directamente de campo (Cuzco), hasta la elaboración de las probetas para medir el desarrollo de la resistencia a la compresión del shotcrete diseñado, pasando por las tandas de prueba para lograr un diseño de mezcla que cumpla con las dosificaciones requeridas del proyecto.

Los resultados obtenidos de los ensayos de compresión indican que, a pesar de que los 3 aditivos utilizados en el estudio logran cumplir con las especificaciones técnicas del proyecto, el aditivo Meyco SA 160 logra optimizar los costos por metro cubico del shotcrete.

Beresovsky De las C. (2008). Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas. Perú, PUCP, Facultad de Ingeniería. Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

El tipo de investigación de la tesis fue experimental el objetivo principal de la investigación realizar un comparativo del concreto lanzado o “shotcrete”, mortero neumáticamente proyectado a alta velocidad sobre una superficie que contiene fibras discontinuas y separadas. Este material tiene como propiedad característica la capacidad para deformación sin presentar colapso, a diferencia de los concretos convencionales.

Hechos los análisis de absorción de energía (paneles circulares) y módulo de rotura (vigas prismáticas), se determinaron factores representativos en función a la característica evaluada, deformación, módulo de rotura, energía absorbida y carga máxima. Dichos factores se denominan: factor de carga, factor de deflexión, factor residual y factor de energía.

El análisis de los factores, tanto de forma individual como comparativo, permite concluir, entre otras tesis, que no existe un comportamiento lineal aplicable a todos los tipos de fibras metálicas analizadas, sino por el contrario que cada tipo define un comportamiento característico en función de la dosis de fibra, que en algunos casos se tendrán tendencias lineales en tanto que en otros dichas tendencias serán incluso parabólicas.

Las tablas y coeficientes hallados en el presente estudio constituyen herramientas de evaluación para los concretos lanzados reforzados con fibras metálicas, cuyos conceptos son aplicables para cualquier comparación entre diversos tipos de fibras y fabricantes.

Así mismo los parámetros generados en el método de análisis permiten que el constructor “tamice” todas las opciones que tiene disponible y seleccione la alternativa que satisfaga las necesidades del proyecto en función de su propia definición de “parámetros óptimos” de acuerdo al balance técnico y económico con el cual ajuste su evaluación.

Guzman Z. (2008) Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda en la mina cobriza, Perú, URP, Facultad de Ingeniería. Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

El tipo de investigación de la tesis fue experimental el objetivo principal de la investigación determinar el uso del shotcrete con fibras como un método seguro para el sostenimiento a corto plazo.

Esta especificación se refiere al concreto o mortero colocado por medios neumáticos sobre una superficie. El término concreto proyectado se refiere tanto al proceso por vía seca y como húmeda.

El concreto proyectado puede clasificarse en las siguientes categorías:

- Estructural
- Soporte de roca
- Soporte temporal
- Mejoramiento de superficie

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Concreto Lanzado

En el código ACI 506R- 05, define al shotcrete como “concreto o mortero neumáticamente proyectado a alta velocidad sobre una superficie”. Además, el concreto lanzado es colocado y a su vez compactado debido a la velocidad con la que es lanzado contra la superficie. Esta colocación y compactación puede ser realizada sobre cualquier posición de superficie, ya sea vertical o invertida.

En ningún momento el concreto lanzado se debe tratar como un elemento estructural independiente, sino como un elemento de un sistema integral de soporte. Es relevante que la capa de concreto sea lo suficientemente delgada para que sea flexible y se acomode a los cambios de forma sin presentar grietas. Se sugiere que el concreto lanzado se aplique reforzado con mallas, fibras metálicas o fibras sintéticas, con el objeto de lograr una resistencia adicional a la flexión, ver Figura 2.

En el libro de Túneles y Obras subterráneas (2010) se menciona que en algunos países al concreto proyectado se le denomina de la siguiente forma:

- “Shotcrete / sprayed concrete” en USA y UK
- “BetonProjecté” en Francia y Bélgica
- “Spritzbeton” en Alemania y países germánicos
- “Mortero y Hormigón Proyectado” en España

En los últimos años el uso del shotcrete como soporte para excavaciones subterráneas en el ámbito minero ha ido en aumento, Sin embargo, todavía existen aspectos en los cuales se pueden realizar investigaciones para aumentar y facilitar su uso, ya que restricciones como accesos difíciles o condiciones inusuales de carga necesitan aun de mayor profundización para poder ser resueltos.



Figura 2 Concreto proyectado o shotcreteFuente:

<http://www.kpmindustries.com/KingShotcreteSolutions/>

Como componentes básicos del concreto lanzado tenemos al cemento, agregado fino y agua, adicionando una dosis de aditivo acelerante debido a que el shotcrete debe ganar una resistencia temprana alta para poder estabilizar la porción de roca que ha sido desequilibrada debido a la excavación. Se le puede adicionar fibra de acero para aumentar su

resistencia a la flexión y/o micro sílice para aumentar su resistencia a la compresión.

2.2.1.1. Método de Aplicación

2.2.1.1.1. Aplicación por vía Seca

En el libro de Túneles y Obras subterráneas (2010) se menciona que el sistema de proyección por vía seca consta de una serie de fases y requiere la utilización de una serie de equipos especializados. Las diferentes fases de este sistema son las siguientes:

- El cemento y el agregado se mezclan adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad de la mezcla. Lo normal es utilizar un cemento Portland tipo I 42.5 R / I 52.5 R aunque en ocasiones se emplean cementos especiales de otro tipo, junto con diferentes clases de áridos (artificiales o naturales, o de río).
- La mezcla de cemento/agregado en seco se introduce en la máquina de proyección a través de la tolva de alimentación.
- La mezcla entra en la manguera de transporte mediante una rueda o distribuidor (rotor). En esta fase se puede añadir el aditivo acelerante de fraguado en polvo a la mezcla para conseguir resistencias iniciales altas y favorecer la disminución de rebote.
- La mezcla se transporta mediante aire comprimido hasta una boquilla o pistola especial. Esta boquilla va equipada con un distribuidor múltiple perforado a través del cual se pulveriza el agua a presión y/o el aditivo acelerante de fraguado líquido, que se mezcla con el conjunto cemento/áridos.
- La mezcla ya húmeda se proyecta desde la boquilla sobre la superficie del soporte.
- Generalmente se utiliza cuando se van a realizar trabajos con volúmenes pequeños de shotcrete, o en casos en que el acceso a

la excavación sea de dimensiones limitadas y es muy difícil el acceso de maquinarias de grandes proporciones. También es utilizado cuando es importante que la resistencia inicial sea alta, como por ejemplo cuando se utiliza para sellar filtraciones de agua, obras de impermeabilización o cuando se realizan trabajos de reparación en concreto, referenciado en la Figura 12.

2.2.1.1.2. Aplicación por vía Húmeda

El hormigón proyectado posee propiedades específicas que se manifiestan especialmente a través de la naturaleza del método de colocación. Las máquinas de proyección por vía húmeda existentes en el mercado pueden ser de dos tipos: Flujo diluido y Flujo denso, (transporte por aire comprimido o transporte por bombeo respectivamente). Dichas máquinas proporcionan unos elevados rendimientos, superiores en todos los casos a los ofrecidos por los equipos de vía seca. El sistema más utilizado en la actualidad es el método de proyección por vía húmeda y flujo denso. Dichas máquinas se limitan a un bombeo de la mezcla de hormigón a través de mangueras especiales hasta una boquilla de proyección en la que se incorpora el aire comprimido y el aditivo acelerante líquido de fraguado. Con el empleo de este sistema de proyección, y los recientes desarrollos de aditivos superplastificantes, aditivos acelerantes, maquinaria, bombas dosificadoras, etc., se ha conseguido un sistema de altas prestaciones en cuanto a rendimientos, mínima formación de polvo y de rebote de proyección, así como un mayor control de la relación agua/cemento referenciado en la Figura 3.



Figura 3 Colocación vía húmeda en condiciones adversas

Fuente: Elaboración Propia.

El sistema de proyección por vía húmeda requiere de una serie de equipos especializados, y consta de las siguientes fases:

- El cemento, los áridos, el agua y los aditivos y las adiciones se mezclan en la planta de concreto adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad de la mezcla resultante. Lo normal es utilizar un cemento Portland tipo I 42.5 R / I 52.5 R aunque en ocasiones se emplean cementos especiales de otro tipo, junto con diferentes clases de agregados. Además, es conveniente estudiar el cono de salida del concreto así como el tiempo de transporte para conseguir en el momento de la alimentación a la máquina una consistencia adecuada durante toda la operación (Conos 12-18 cm). Se suelen aditivarsuperplastificantes o estabilizadores, según las propiedades requeridas.
- La mezcla húmeda se introduce en la tolva de alimentación de la máquina de proyección.

- La mezcla entra en la manguera de transporte mediante una rueda o distribuidor/rotor (flujo diluido), o en los pistones de la bomba (flujo denso).
- La mezcla se transporta mediante aire comprimido (flujo diluido) o por bombeo (flujo denso) hasta la boquilla de proyección. Los aditivos acelerantes de fraguado líquidos se adicionan en dicha boquilla de proyección, con el fin de conseguir resistencias iniciales altas y favorecer la disminución del rebote de proyección. La boquilla va equipada con un distribuidor de aire, para favorecer el mezclado y la proyección como se observa en la figura 4
- La mezcla se proyecta desde la boquilla sobre la superficie que se debe cubrir con concreto.



Figura 4 Colocación vía húmeda

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.1.2. Técnica de Lanzado

Según Jürgen Höfler y Jürg Schlumpf (2004) El concreto proyectado se aplica por capas, ya sea mediante la misma operación mediante lanzado repetitivo sobre la misma, área o en una operación siguiente.

Después de una larga pausa la superficie debe limpiarse y remojar. La cantidad de material a aplicar en cada operación depende de varios factores:

- Adherencia de la mezcla de concreto proyectado
- Naturaleza del sustrato
- Proceso de lanzado
- Volumen de lanzado
- Dirección de lanzado
- Obstrucciones (refuerzo/agua)

Hay que tener diferentes consideraciones para las diversas direcciones de lanzado:

- Al lanzar hacia abajo, es posible aplicar capas de cualquier espesor. Solo hay que asegurar de que el rebote sea desechado para que no se quede sobre la superficie.
- Al lanzar horizontalmente se puede ir aumentando el espesor paulatinamente en capas delgadas, o el espesor completo puede ser lanzado de abajo hacia arriba en dirección inclinada. Nuevamente, se debe retirar el material que rebota en el fondo antes de aplicar otra capa.
- Al lanzarse verticalmente hacia arriba, el peso propio del material y la adherencia del shotcrete se anulan entre sí de manera que se debe trabajar con capas más delgadas. Como una regla a tener en cuenta, a menor volumen de lanzado y capas más delgadas, se genera un menor rebote.

El concreto debe ser aplicado en ángulo recto con respecto al sustrato o al concreto colocado. Esto maximiza la adherencia y la

compactación, y a su vez minimiza el rebote como se observa en la figura 5.

La distancia óptima para lanzar es de 1.2 a 1.5 m de distancia, pero a menudo se hace dentro del rango de 1 a 2 m. A distancias mayores se aumenta el rebote y la generación de polvo, con lo que se reduce la eficiencia de aplicación.



Figura 5 Manejo de la manguera. (Mediante pequeños movimientos circulares)

Fuentes: Tesis de Martínez, J. (2011). Colombia, Bogotá D. C, PUJ.

2.2.1.3. Requerimiento del concreto proyectado

Básicamente, los requerimientos principales de la mezcla se centran en manejabilidad (bombeabilidad, proyección del concreto) y en la durabilidad como se observa en la figura 6:

- Alta resistencia a temprana edad.
- Buena bombeabilidad.
- Adecuadas características de fraguado de concreto.
- Diseño de mezcla adecuado para lanzar.
- Manejabilidad adecuada para el operario
- Mínimo rebote.



Figura 6 Manipulación automatizada del Robot en colocación de Shotcrete,

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.1.4 Propiedades del concreto proyectado

Conceptos utilizados por Alvarado, B.- Arteaga, H.- Coreas, L. (2004) Dentro de las propiedades más importantes del concreto proyectado se puede citar:

• Tiempo de Fragua

En el caso del shotcrete, el tiempo de fragua no pasa de unos cuantos minutos, a diferencia del concreto vaciado convencionalmente, que suele ser aproximadamente 2 horas. Se le puede definir como el inicio del proceso del endurecimiento del concreto, ya que ambos estados (de fraguado y de endurecimiento), son eventos separados por nombre, ya que el proceso de hidratación es uno solo.

- **Resistencia muy temprana**

El shotcrete, como material utilizado para la estabilidad de túneles y taludes, debe desarrollar una adherencia adecuada entre la superficie sobre la cual se aplica el shotcrete y el shotcrete en sí, ya que este es un factor decisivo en el proceso del lanzado del concreto.

Gran responsabilidad tiene la presión de aire con la cual es proyectado el concreto sobre la superficie a recubrir: una menor cantidad de aire tiene como consecuencia una baja adherencia y a su vez una disminución en la resistencia final alcanzada; mientras que una mayor cantidad de aire produce mayor cantidad de polvo y rebote.

Es posible realizar una medición de la resistencia a edades muy tempranas a los minutos de lanzado el shotcrete, a diferencia del desarrollo de resistencia temprana que es cuantificable al medirlo luego de cierta cantidad de horas pasado el momento del lanzado del concreto como se observa en la figura 7



Figura 7 Método de penetración con Aguja – Resistencia Muy Temprana,

Fuente: II Curso Internacional en tecnología del Shotcrete, Ing. Herbert Rojas,Sika.

Este tipo de resistencia es medida propiamente en campo utilizando una aguja a presión sobre el concreto recién proyectado. La resistencia es deducida por la resistencia que el concreto ofrece a la penetración.

Resistencia Temprana

Como se mencionó, la resistencia temprana es medible después de horas del lanzado (generalmente después de la primera hora de lanzado). Esta resistencia determina, en la perforación de túneles, la posibilidad de continuar con el avance del frente como se observa en la figura 8.



Figura 8 Método de proyectil – Resistencia Temprana

Fuente: Il Curso Internacional de actualización en tecnología del Shotcrete, Ing. Herbert Rojas, Sika.

- **Resistencia Final**

Así como existen requerimientos mecánicos a cumplir para las resistencias muy tempranas y tempranas, la resistencia final (a los 28 días) es el nivel de resistencia que se basa según los requerimientos de diseño.

- **Tenacidad**

La capacidad para el shotcrete de absorber la energía mediante la deformación está ligada principalmente a la fibra de refuerzo que lleve, ya que una vez llegada a la rotura, es la fibra de refuerzo la encargada de trabajar asumiendo la carga. La dosificación de la fibra de refuerzo y el tipo (ya sea de acero o sintética) determinan la capacidad de absorción de energía.

2.2.1.5 Seguridad en aplicación

Según Jürgen Höfler y Jürg Schlumpf (2004) La seguridad es un concepto básico en la construcción. Especialmente en la colocación del concreto proyectado, ya que emplea maquinaria altamente eficiente (hidráulicas/neumáticas/electrónicas) con un método de aplicación en el cual el concreto se lanza junto con el aire. Sus empleadores y toda aquella persona cerca de la zona de aplicación deben estar protegidos.

Los riesgos son:

- **Transporte**

La mezcla de concreto proyectado es transportado mediante vehículos grandes, usualmente en espacios pequeños y con poca luz. Las precauciones que deben tomarse en cuenta son: vestir ropa protectora de alta visibilidad, contar con una buena iluminación en el vehículo y contar con una señal de alarma audible para dar reversa.

- **Transferencia del concreto**

Contar con la vigilancia para prevenir el acceso a la unidad transportadora y con equipo de protección personal (gafas protectoras contra salpicaduras).

- **Acarreo**

Tanto del concreto proyectado, los acelerantes de fragua y aire hasta el sitio de aplicación: mantenimiento frecuente del equipo (de acuerdo a un plan, verificando principalmente los tubos y mangueras), entrenamiento apropiado del personal técnico y de los mecánicos, iluminación y protección personal adecuada.

- **En la aplicación**

El equipo del personal (debe ser a prueba de impacto, gafas protectoras, casco, guantes, mascarillas de respiración, protectores de oídos, botas de seguridad y vestimenta que proteja todo el cuerpo), entrada prohibida a áreas desprotegidas o recientemente proyectadas.

- **Personal no activo**

Deberán permanecer fuera del área de lanzado. Si están presentes, deben portar el mismo equipo de protección que el personal activo.

2.2.1.6. Equipos

2.2.1.6.1 Vía Húmeda

En el libro de Túneles y Obras subterráneas (2010) se menciona que en el lanzado de concreto proyectado en húmedo, se emplean métodos manuales y mecánicos, pero tradicionalmente se aplica con máquina. Los grandes volúmenes y las enormes secciones transversales que se elaboran, requieren que el trabajo sea mecanizado.

Cuando se trabaja con mezclas húmedas, se usan principalmente sistemas de concreto proyectado con bombas dúplex. A diferencia de las bombas de concreto tradicionales, estos sistemas deben satisfacer el requerimiento adicional de mantener el flujo de

concreto tan constante como sea posible y por lo tanto continuo, a fin de garantizar una aplicación homogénea del lanzado.

- **Robot de lanzado**

La aplicación del concreto lanzado con sistemas de control lanzado se realiza en casos de alto volumen, específicamente donde se requieran un control óptimo de las cantidades de material. Estos sistemas permiten largas jornadas de trabajo, sin la posible fatiga de un operario y con mayores niveles de seguridad, referenciado en la Figura 9.

Estos sistemas, por lo general, consisten en:

- Brazo proyector con boquilla
- Bomba de concreto
- Computadora abordo
- Control remoto
- Unidad de control del aditivo
- Tanque de almacenamiento para el acelerante
- Compresor de aire
- Tanque de agua de alta presión
- Luces de trabajo



Figura 9 Robot de lanzado (SPM 4210 – Putzmeister

Fuente: Putzmeister Ibérica.

El brazo proyector permite movimientos de la boquilla en la dirección deseada. Generalmente, el brazo está disponible en longitudes de 1, 2 o 3 metros. La boquilla está conectada a la bomba por una manguera que permite un movimiento en cualquier dirección y a la longitud deseada. Esta es controlada por el control remoto.

El objetivo de estos equipos controlados por computador no es el de automatizar todo el trabajo de lanzado, pero si el de simplificar la tarea y permitir al operador utilizar el robot como una herramienta inteligente y trabajar de manera eficiente con un alto nivel de calidad. Gracias al ángulo correcto y a una distancia constante de lanzado en todo momento, puede lograrse una reducción notable en el rebote y, por ende, disminución en costos de material.

- **El equipo de mezclado y transporte de concreto**

En función de la tipología de la obra (distancia, tipo de vía, sección del túnel, etc.) se debe seleccionar el medio de transporte más adecuado, siendo el equipo de mezclado el más usual.

Tanto en la vía seca como en la vía húmeda, se deberán respetar las normas establecidas (estado y control de las aspas interiores de mezclado), no adicionar nunca agua en su recorrido, salvo en casos extremos, ya que se puede producir una reducción apreciable en las resistencias a compresión, y mantener constantemente en movimiento durante su traslado a la obra, referenciado en la Figura 10.

El tiempo de transporte total (mezclado + transporte + aplicación), se tendrá en cuenta tanto en el diseño de la dosificación, conviene

efectuar un remezclado rápido durante 1 minuto por metro cubico transportado, antes de ingresarlo al equipo de proyección.

Si se detectase una manejabilidad inferior a la requerida por dicha máquina, se deberá corregir mediante remezclado rápido intenso con la corrección del cono mediante la adición de aditivo superplastificante.



Figura 10 Equipo de mezclado y transporte de concreto (Mixkret 5 – Putzmeister),

Fuente: Pagina Putzmeister Ibérica

2.2.1.6.1 Vía Seca

El proceso de lanzado vía seca puede hacerse de manera mecánica o manual. Debido a que, puede utilizarse concreto proyectado vía seca para bajos volúmenes de lanzado, la aplicación manual es mucho más importante que en el caso del concreto proyectado vía húmeda. Comose describió, se aplican mezclas secas con maquina a rotor, que difieren en:

- Rendimiento (m³/h)
- Usos (en seco /en húmedo/ambos).
- Fuerza de propulsión (neumática/eléctrica).
- Tamaño de la unidad de lanzado (dimensiones/peso/conveniencia).

- Control (manual/parcialmente automatizado).
- Operación (en la unidad/control remoto).
- Instalaciones adicionales (dosificadores/equipo de limpieza).

La mezcla seca es agregada dentro de la tolva de alimentación (1), y a medida que el rotor gira, la mezcla va cayendo por gravedad dentro de la cámara del rotor (2).

A medida que la cámara se llena con mezcla, otra comprime el aire. La mezcla se ubica en la cámara se salida (3), donde la acción del aire, a una presión de 6.3 bares, es lanzada a través de la manguera hacia la boquilla, donde el agua es adicionada, referenciado en la Figura 11.

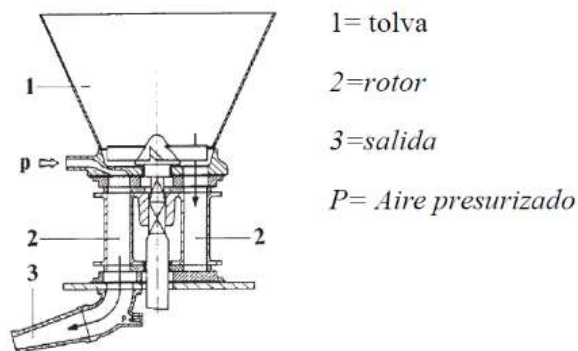


Figura 11 Detalle del equipo lanzado por vía seca

Fuente: Tesis de Martínez, J. (2011). Colombia, Bogotá D. C, PUJ.

Las máquinas tipo rotor son las más usadas para el transporte del concreto lanzado. El material pasa a través de una tolva a las cámaras de rotor. El material seco se sopla en porciones mediante aire comprimido y se transporta a alta velocidad a través de manguera y tubos referenciados en la Figura 12.

El acelerante es incorporado por un dosificador, mediante mangueras conectadas por separado, hasta la boquilla.

La dosificación se sincroniza con la cantidad de concreto, de manera tal que el acelerante de fraguado se agregue constantemente. En el proceso de lanzado por vía seca pueden reemplazarse los acelerantes con cementos rápidos especiales, que fraguan en muy corto tiempo tras ser humedecidos con agua.

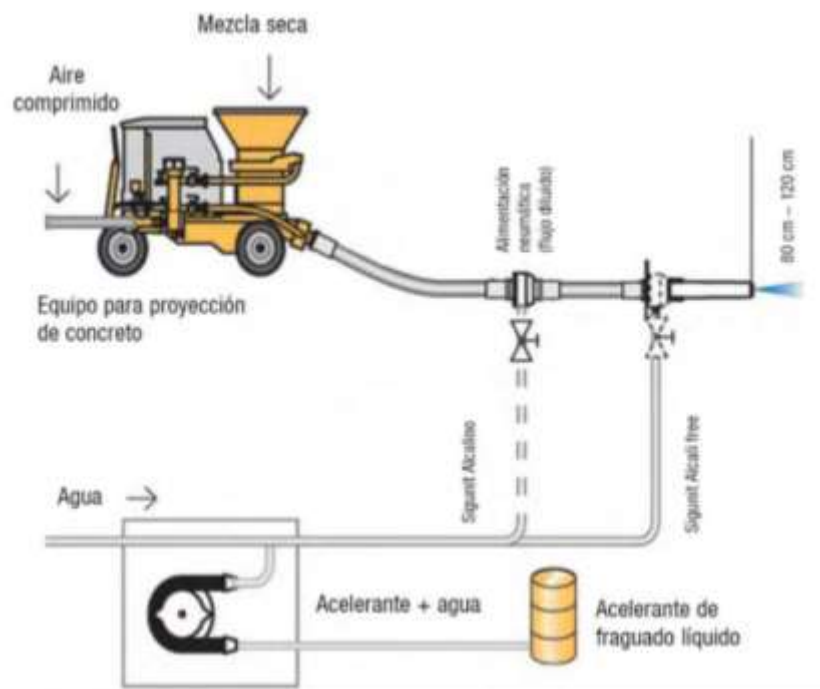


Figura 12 Esquema del equipo de lanzado por vía seca

Fuente: Sistema Sika para Concreto Proyectado Tecnología y concreto

2.2.2 Cemento Portland

Según la norma ACI el cemento es el aglomerante en forma de un polvo muy fino que en presencia del agua se endurece, dando lugar a una mezcla uniforme y rígida, logrando propiedades resistentes y adherentes. Los principales componentes del cemento son la caliza (cal), sílice, alúmina y el óxido férrico.

Estos son mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión en un horno rotatorio, donde adquiere una consistencia pastosa que al enfriarse se convierte en fragmentos de coloración

obscura, compactos y duros dando creación al Clínquer. Este posteriormente será sometido a molinos tubulares, provistos de bolas de acero, donde se le agrega aproximadamente un 3% de yeso para regular el tiempo del fraguado, convirtiéndolo en polvo finísimo.

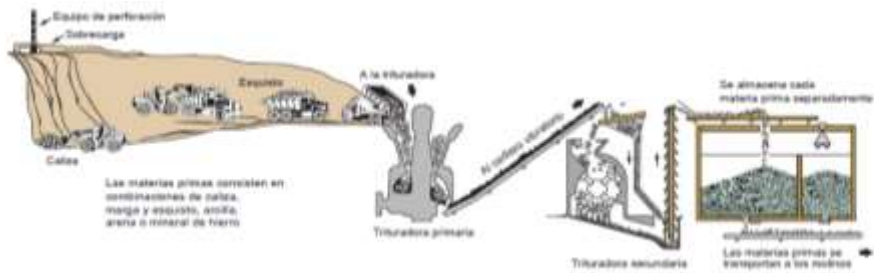
Su utilización viene dando en pasta de cemento al mezclarse con agua, mortero, tanto para ligar unidades de albañilería como para el tarrajeo, y en el concreto, al mezclar con agregados gruesos, finos, agua y aditivos.

En el año 1845, Isaac Johnzon logra corregir lo que se conoce como el prototipo del cemento moderno, logrando conseguir temperaturas lo superficialmente altas para Clinkerizar la mezcla de arcilla y caliza empleada como materia prima.

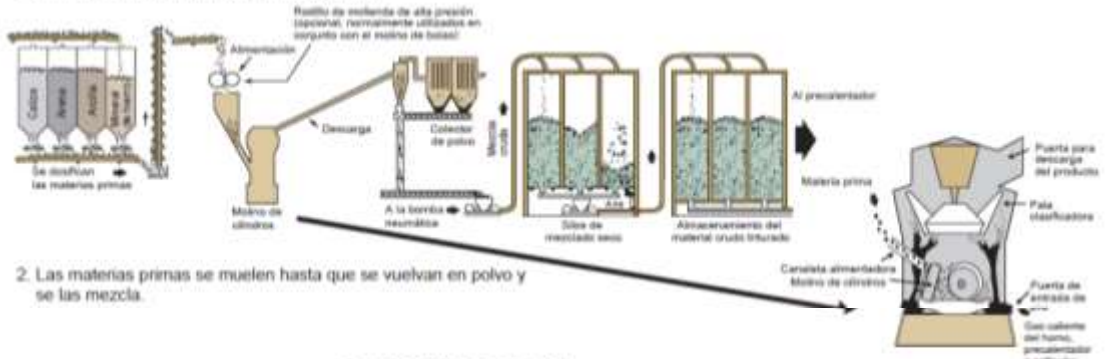
Se menciona en Diseño y control de mezclas de concreto (2004) que a partir de la mitad del siglo XIX, el cemento tomo una gran importancia y la producción de cemento se empieza a expandir.

En la actualidad, el cemento ha llegado a ser uno de los materiales industrializados de consumo más utilizado, ya que este constituye la parte principal del concreto, un material resistente y duro que trabaja en forma líquida, dando una gran versatilidad en la obtención de formas y figuras para exteriores.

Cemento Portland La NTP define el cemento Portland como el producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de calcio, admitiéndose la edición de otros productos que no exceda el 1% en peso del total, siempre y cuando la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante referenciado en la Figura 13.



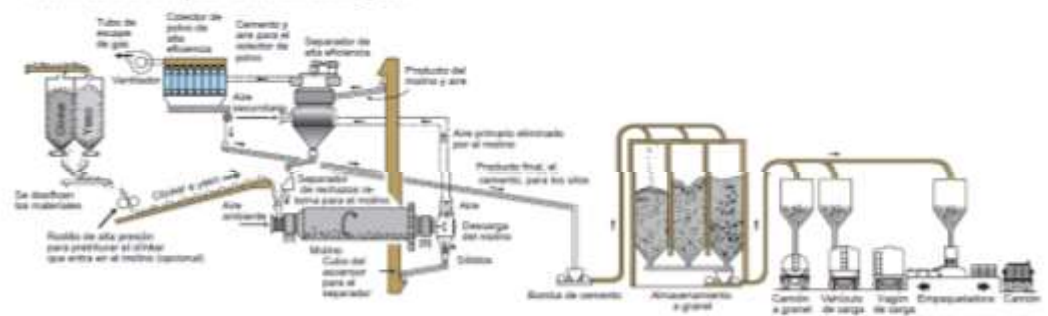
1. La roca se reduce primero hasta un tamaño de 125 mm (5 pulg.) y después a un tamaño de 20 mm (3/4 pulg.) para entonces almacenarla.



2. Las materias primas se muelen hasta que se vuelvan en polvo y se las mezcla.



3. La calcinación transforma químicamente las materias primas en el clinker de cemento. Observe el precalentador de cuatro etapas, el horno instantáneo y el horno con menor longitud.



4. Se muele el clinker junto con el yeso para convertirlos en cemento Portland y se lo despacha.

Figura 13 Proceso del cemento,

Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Concreto ♦ EB201

Características Físicas

Finura: Es una característica íntimamente ligada al valor hidráulico del cemento, ya que influye decisivamente en la velocidad de las relaciones químicas que tiene lugar durante su fraguado y primer endurecimiento.

La finura de molienda se determina usualmente por el método del permeabilímetro Blaine se calcula a partir de la permeabilidad al aire de una capa de cemento, compactada en condiciones precisas. El estrato de polvo de cemento con determinado volumen de poros, opone al paso del aire una resistencia que es tanto mayor cuando más elevada es la superficie del propio polvo, referenciado en la tabla 1.

Peso Específico (NTP 334.005)

Se define como la relación de la masa de un volumen unitario de un material a una temperatura, determinada, a la misma masa del mismo volumen de agua destilada libre de aire. Su determinación es importante en el control y diseño de mezcla. El ensayo para determinar el peso específico, se emplea el frasco volumétrico de la Chatelier. El peso específico no es una medida de la calidad del concreto.

Fraguado (NTP 334.006)

Es el paso del estado fluido al estado sólido, se entiende que la pasta de cemento ha fraguado cuando está lo suficientemente rígida como para soportar una presión arbitraria definida.

El tiempo de fraguado se puede determinar con la aguja de Vicat.

Los cementos ricos en C3A tienen un fraguado rápido que puede regularse por la adición de yeso en la molienda.

Dentro de los valores usuales de fineza cuando más fino es el cemento más rápido es la fragua, teniendo los cementos demasiado finos a desarrollar una fragua casi instantánea.

La meteorización aumenta la duración de fraguado en relación a la fineza de cemento y al contenido de agua como se especifica en la tabla 2.

CLINKER Se llama Clinker al producto que resulta de la cocción hasta la fusión parcial de caliza y arcilla, dosificada y homogenizada, que se compone de cal (CaO), sílice (SiO₂) y Alúmina (Al₂O₃).

Tabla 1 Características físicas del cemento Tipo Yura IP y IPM

ELEMENTO	Yura Tipo IP	Yura Tipo IPM
P. específico (gr/cm ²)	2.86	2.95
S.espe Blaine(cm ² /gr)	4,086	3.848
Expan Autoclave(%)	0.11	0.26
Fraguado inicial Vicat	2 hr.	2h10´
Fraguado final Vicat	4hr	4hr 10´
f´c a 3 dias(kg/cm ²)	140	240
f´c a 7 dias(kg/cm ²)	222	299
f´c a 28 dias(kg/cm ²)	316	367

Fuente: Tópicos de Tecnología del concreto Ing. Enrique Pasquel Carbajal

Consistencia Normal (NTP 334.006)

Se considera que una pasta tiene una consistencia normal cuando, para un porcentaje dado de agua se obtiene una penetración de 10 mm en 10 seg con la varilla del aparato de Vicat

Estabilidad de Volumen (NTP 334.004)

Es la medida de la expansión potencial, que indica la existencia de agentes expansivos en el cemento, generalmente debido a la cal libre no determinadas en el análisis.

Tabla 2 Requisitos físicos: Ficha técnica Cemento Tipo HE y Tipo IP

REQUISITOS FISICOS	Tipo IP (ASTM C 595/NTP 34.090)	Tipo IP YURA	Tipo HE YURA
NORMA ASTM			
NTP	Tipo HE (ASTM C 1157/NTP334.082)		
Resistencia a la compresión			
1 día, kg/cm ² , min	122		145
3 días, kg/cm ² , min.	130 /244	200	272
7 días, kg/cm ² , min.	200	265	366
28 días, kg/cm ² , min	250	353	435
Tiempo de fragua, minutos			
Inicial, min.	45	185	170
Final, máx.	375	214	210
Expansión en autoclave, %			
máximo	0.80	0.00	0.00
Resistencia a los sulfatos, %			
máximo de expansión.	0.10 (6meses)	0.04	-
Calor de hidratación,			
7 días, máx., kj/kg	290	281	-
28 días, máx., kj/kg	330	310	-

Fuente: Ficha técnica del cemento.

Resistencia a la compresión (NTP 334.051)

Es la propiedad física que define la capacidad del cemento para soportar esfuerzo sin fallar. La velocidad del desarrollo de la resistencia es mayor durante el periodo inicial de endurecimiento y tiende a disminuir gradualmente en el tiempo.

El ensayo se hace en cubos de mortero de proporciones prefijadas de arena Standard de acuerdo a la norma NTP 334.051. El valor de la resistencia a los 28 días como la resistencia de diseño.

Características químicas

Las materias primas empleadas para la elaboración del cemento portland son principalmente cal, sílice y aluminato con dichos componentes y cocidos en un horno se producen compuestos más complejos.

Es importante conocer la química del cemento ya que las propiedades del cemento obtienen las características que desarrolla al realizar la mezcla de cemento con agua.

Los minerales más importantes identificados con los estudios de Le Chatelier dentro del cemento son el silicato tricalcico, el silicato bicalcico y aluminato tricalcico. Además podemos citar también el aluminato tetracalcico, los cuales serán mencionados a continuación como se especifica en la tabla 3.

-SILICATO TRICÁLCICO. C₃S

También conocido Alita

Uno de los componentes mayoritarios en el cemento.

Genera un rápido endurecimiento al cemento, contribuye en gran parte a las resistencias iniciales.

Libera una gran cantidad de calor al hidratarse, lo cual es perjudicial al manejar con grandes volúmenes de cemento.

Obtención del silicato tricalcico.



La presencia del silicato tricalcico en el cemento mejora el comportamiento de este en los sitios de hielo y deshielo, y su uso es recomendable en climas fríos.

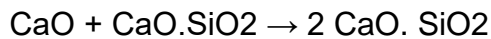
- SILICATO BICÁLCICO: C₂S

También conocido como Belita

El segundo componente de mayor presencia en el cemento portland.

Desarrolla agente en la resistencia posterior en el concreto.

Desarrolla a su vez un bajo calor de hidratación.



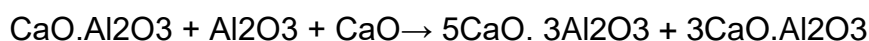
Se puede decir que el silicato bicalcico es químicamente estable, por lo que su uso es recomendado para producir concreto de alta resistencia al ataque de los sulfatos.

- ALUMINATO TRICÁLCICO: C₃A

Presente en menor proporción que los silicatos.

Susceptible a los ciclos de hielo y deshielo, así como a la acción de los sulfatos y cloruros, debido a la formación de sales (del tipo sulfoaminatos y cloroaminatos, los cuales son expansivos).

La reacción más rápida en las primeras horas, al mezclar el cemento con agua es la del aluminato tricalcico. El ataque por los sulfatos se produce en la formación de sulfoaluminato de calcio, la cual puede causar fisuramiento.



- ALUMINATO FÉRRICOTETRACÁLCICO: C₄AF

Presente en una cantidad muy pequeña.

No influye significativamente en el comportamiento del cemento.

Reacciona con el yeso para formar sulfato de calcio y puede acelerar la hidratación de los silicatos.

Dentro de los otros compuestos importantes en el cemento encontraremos.

- ÓXIDO DE MAGNESIO: MgO

El óxido de magnesio procede al carbonato de magnesio que está mezclándolo con las materia prima, especialmente con la caliza. Al enfriarse el Clinker se puede convertirse en periclasa, y esta al hidratarse aumenta su volumen, pudiendo generar agrietamiento sobre el concreto endurecimiento. Es por ello que el contenido de óxido de magnesio debe ser mínimo para controlar este problema.

- ÓXIDO DE CALCIO LIBRE: CaO

El óxido de calcio se puede hidratar como el óxido de magnesio, aumentando lo mismo con este componente y generando los mismos efectos no deseados, ya que también puede producir aumento en volumen y rajaduras.

- TRIOXIDO DE AZUFRE: SO₃

Procedimiento de los combustible que se al horno giratorio, pueden tener una determinada riqueza de azufre, y al producir la combustión puede generar este compuesto. Este puede escapar como gas, en zonas con altas temperatura, pero si no se encuentran en zonas de altas temperatura como en el horno, estas producen sulfato de calcio.

- OXIDO DE POTASIO Y OXIDODE SODIO : K₂O Y Na₂O

Las arcillas pueden tener cierta cantidad de potasio y sodio, y es conveniente de que sean eliminados por volatización si es que no son eliminados totalmente, mediante la cocción se puede mezclar con el CO₂, atmosférico y genera carbonato, los cuales generan el riesgo de que ocurra una falsa fragua.

Tabla 3 Composición química de cada componente.

Cal, CaO	Hierro Fe ₂ O ₃	Sílice SiO ₂	Alúmina Al ₂ O ₃	Yeso o Sulfato, CaSO ₄ 2H ₂ O
Desechos industriales	Polvo de humo de horno de fundición	Silicato de calcio	Mineral de aluminio	Anhidrita
Aragonita	Arcilla*	Roca calcárea	Bauxita	Sulfato de calcio
Calcita*	Mineral de hierro*	Arcilla*	Roca Calcarea	Yeso *
Polvo de horno de cemento	Costras de laminado*	Ceniza volante	Arcilla	
Roca calcárea	Lavaduras de mineral	Greda	Escoria de cobre	
Creta	Cenizas de pirita	Caliza	Ceniza volante	
Arcilla	Esquisto	Loes	Greda	
Greda		Marga*	Granodiorita	
Caliza		Lavaduras de mineral	Caliza	
Mármol		Cuarcita	Loes	
Coquilla		Ceniza de arroz	Lavaduras de mineral	
Esquisto*		Arena*	Esquisto*	
Escoria		Arenisca	Escoria	
		Esquisto	Estauroлита	
		Escoria		
		Basalto		

Fuente: Diseño y control de mezcla de concreto (2004)

Tipos de Cemento y sus aplicaciones

Los cementos portland al ser hidratados pueden desarrollar propiedades particulares (debido a diferentes composiciones químicas) Por lo tanto es posible seleccionar proporciones de materias prima para la producción de varios tipos de cemento según los requerimientos que se tenga.

La normativa internacional ASTM C-595 y NTP 334.009 son los encargados de enunciar los requisitos para los cementos portland hidráulico.

Actualmente existe tipo distintos de cemento portland que se diferencien por su composición química; mas no por los materiales, sino por la proporción y cantidad de cada compuesto distinto del cemento.

La ASTM C 150, Especificaciones de Norma para el Cemento Portland (Standard Specification for Portland Cement), designa ocho tipos de cementos, usando los números romanos, como sigue:

Tipo I Normal

Tipo IA Normal con aire incluido

Tipo II Moderada resistencia a los sulfatos

Tipo IIA Moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido

Tipo III Alta resistencia inicial (alta resistencia temprana)

Tipo IIIA Alta resistencia inicial con aire incluido

Tipo IV Bajo calor de hidratación

Tipo V Alta resistencia a los sulfatos

La AASHTO M 85, Especificaciones para el Cemento Portland (Specification for Portland Cement), también usa cinco designaciones para el cemento portland del I al V. Los requisitos de la M 85 son casi idénticos a los de la ASTM C 150.

La ASTM C 595 establece cinco clases principales de cementos adicionados:

Tipo IS Cemento portland alto horno

Tipo IP y Tipo P Cemento portland puzolánico

Tipo I (PM) Cemento portland modificado con puzolana

Tipo S Cemento de escoria o siderúrgico

Tipo I (SM) Cemento portland modificado con escoria

CEMENTOS HIDRÁULICOS

Los cementos hidráulicos se fraguan y se endurecen por su reacción química con el agua. También se mantienen duros y estables bajo el agua. Se usan en todos los aspectos de la construcción con concreto. Todos los cementos portland y los cementos mezclados son cementos hidráulicos.

“Cemento Hidráulico” es meramente un término más genérico. El ASTM C 219 para los términos relacionados a los cementos hidráulicos.

La ASTM C 1157, Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos (Performance Specification for Hydraulic Cements). Esta especificación se indica genéricamente para los cementos hidráulicos que incluyen cemento portland, cemento portland modificado y cemento hidráulico mezclado. Los cementos en acuerdo con los requisitos de la C 1157 satisfacen a los requisitos de ensayos (pruebas) de desempeño físico, oponiéndose a restricciones de ingredientes o de composición química del cemento, las cuales se pueden encontrar en otras especificaciones.

La ASTM C 1157 presenta seis tipos de cementos hidráulicos:

- Tipo GU Uso general
- Tipo HE Alta resistencia inicial
- Tipo MS Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HS Alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH Moderado calor de hidratación
- Tipo LH Bajo calor de hidratación

Además, estos cementos pueden también tener la opción R–baja reactividad con agregados álcali-reactivos – especificados para ayudar en el control de la reactividad álcali-agregado. Por ejemplo, el cemento tipo

GU-R sería un cemento hidráulico de uso general con baja reactividad con agregados álcali-reactivos referenciado en la Figura 14.

Al especificar un cemento C 1157, el especificador usa la nomenclatura de “cemento hidráulico”, “cemento portland”, “cemento portland con aire incluido”, “cemento portland modificado” o “cemento hidráulico mezclado” conjuntamente con la designación del tipo.

La ASTM C 1157 define un cemento adicionado como aquél que tiene más de 15% de adición mineral y el cemento portland modificado aquél con un contenido de hasta 15% de adiciones minerales. La adición mineral normalmente aparece al final de la nomenclatura del cemento portland modificado, por ejemplo, cemento portland modificado con escoria.

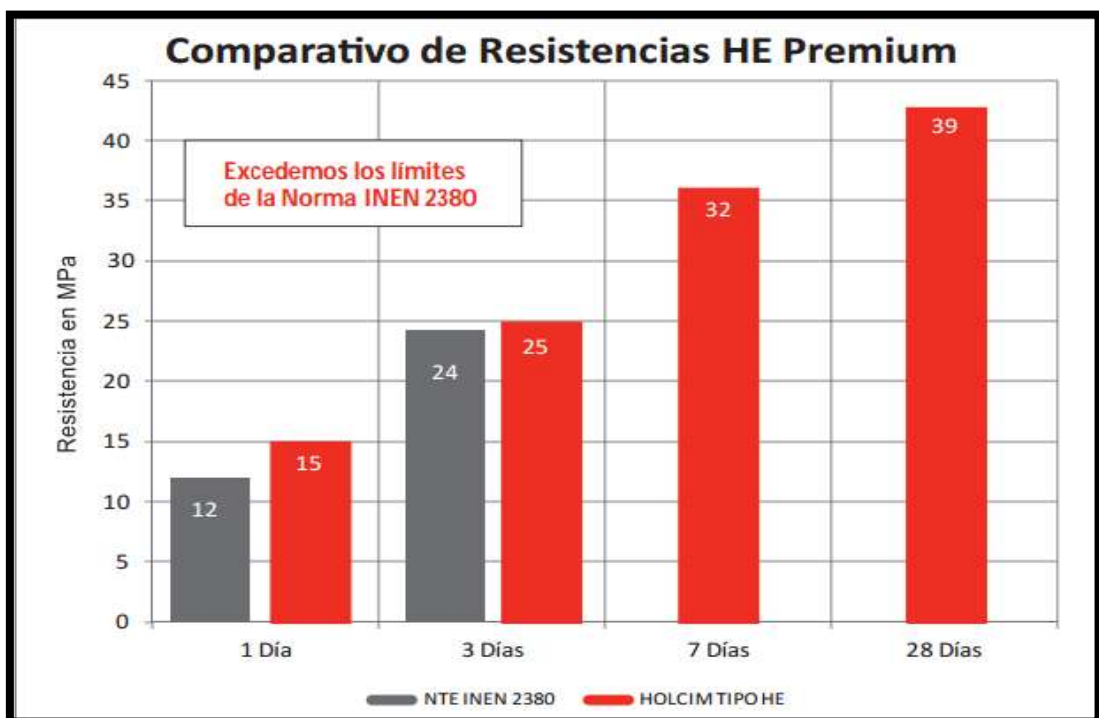


Figura 14 Comparativo de cemento Holcim Tipo He

Fuente: <http://www.holcim.com.ec/>

Según la ASTM las diferencias entre estos tipos de cemento son bastante sutiles. Todos los cinco tipos contienen aproximadamente 75% en peso de minerales de silicato de calcio, y las propiedades de los hormigones maduros hechos con los cinco son bastante similares. Así, estos cinco tipos se describen a menudo por el término "cemento portland ordinario", u OPC detallando en la tabla 4

Tabla 4 Aplicaciones de acuerdo a la clasificación del cemento según las Normas ASTM C150, C 595 y 1157

Especificación del cemento	Aplicaciones						
	Uso general	Moderado calor de hidratación	Alta resistencia inicial	Bajo calor de hidratación	Moderada resistencia a los sulfatos	Alta resistencia a los sulfatos	Resistencia a la reacción álcali-sílice (RAS)**
ASTM C 150 (AASHTO M 85) cementos portland	I	II (opción de moderado calor)	III	IV	II	V	Opción de bajo álcalis
ASTM C 595 (AASHTO M 240) Cementos hidráulicos mezclados	IS IP I(PM) I(SM) S,P	IS (MH) IP (MH) I(PM)(MH)) I(SM)(MH))		P(LH)	IS(MS) IP(MS) P(MS) I(PM)(MS) I(SM)(MS)		Opción de baja reactividad
ASTM C 1157 Cementos hidráulicos ***	GU	MH	HE	LH	MS	HS	Opción R

Fuente: Diseño y control de mezclas de concreto (2004)

El Cemento en el shotcrete actúa como aglutinante en la mezcla de concreto lanzado, que une y fija las partículas de agregado a través de la mezcla. También interviene como lubricante principal del concreto y tiene un fraguado hidráulico que lo hace parcialmente responsable de las propiedades mecánicas del concreto endurecido. El cemento para el concreto lanzado debe tener un desarrollo rápido de fraguado inicial y muy alta resistencia temprana.

El concreto lanzado requiere de acelerante y aditivos, razón por la cual el cemento que no reaccione bien al combinarse con éstos, no es apropiado para la producción y estabilización del terreno.

Según el libro de Túneles y Obras subterráneas (2010) Los cementos a emplear en el hormigón proyectado serán preferentemente del tipo CEM I, categorías 52,5 R ó 42,5 R. En el caso de que las condiciones locales lo aconsejaran, se podrán utilizar otros cementos, previamente aprobados y ensayados. Si el shotcrete va a ser expuesta a la acción de suelos o aguas subterráneas con alta concentración de sulfatos, deberá emplearse cemento sulforresistente. (Sulforesistente SR).

En los tratamientos para revestimientos refractarios, se deberá emplear cemento aluminoso (endurecimiento rápido), que confiera resistencia al calor y proporcione una mayor resistencia a determinados ácidos. Sin embargo, su empleo requiere una serie de precauciones, debido a su elevado calor inicial de hidratación.

Estas precauciones incluyen una limitación del volumen de la carga y la limpieza frecuente de la maquinaria, equipo y mangueras.

En la mezcla de concreto proyectado, el cemento actúa como un “pegamento” que aglutina y embebe a los áridos dentro de la matriz del cemento. El cemento también es el principal lubricante para un correcto bombeo del concreto proyectado. Además el cemento será el principal responsable de las características resistentes finales del concreto proyectado una vez colocado.

Sin embargo, aquí existe un requerimiento adicional fundamental que no existe en el hormigón tradicional, y es que el cemento que se emplee en el concreto proyectado deberá tener un fraguado extremadamente rápido y proporcionar unas resistencias iniciales muy elevadas.

Un cemento que no reaccione bien con los aditivos acelerantes de fraguado o con las posibles adiciones que se puedan incluir, o un cemento lento, con adiciones, no sería adecuado para la fabricación de un concreto proyectado a aplicar en el frente de excavación para realizar un sostenimiento correcto.

La situación actual de disponibilidad de cementos, debida en parte a las exigencias del Protocolo de Kyoto y a las fluctuaciones en la demanda del mercado, se ha convertido en una variable más en el proceso.

El comportamiento del concreto proyectado en los primeros segundos es crítico desde el punto de vista de su puesta en obra.

La menor oferta de cementos del tipo CEM I (ricos en Clinker), el suministro desde diferentes centros de producción y la proliferación de cementos CEM II 42,5 A para la elaboración de hormigones proyectados producen variaciones en el comportamiento del hormigón proyectado a esas edades muy tempranas.

Estas variaciones provocan en muchos casos, un ajuste de la fórmula de trabajo, especialmente en meses de clima frío en los que se retrasa el inicio y final de fraguado debido a la baja temperatura de la mezcla.

Puzolana-. Puzolanas es el nombre genérico que se le da a los materiales silicios o silicos aluminoso, los cuales en sí mismos poseen poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividida y en presencia del agua, reaccionan químicamente con el HIDROXIDO DE CALCIO a temperatura ambiente para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

La puzolana debe cumplir con ciertos requisitos mínimos, que están establecidos en la Norma ASTM C311, se prueba la actividad puzolanica de un material, en forma similar a como va a actuar durante el proceso de hidratación del cemento.

Cemento Tipo IP

El cemento Tipo IP, se obtiene mediante el mezclado y molienda de puzolanas con cemento portland se designan como tipo IP o tipo P. El tipo IP se lo puede usar para la construcción en general.

Se fabrican estos cementos a través de la molienda conjunta del Clinker de cemento portland, o por el mezclado de cemento portland o cemento de alto horno con puzolana. La norma ASTM C-618 describe la puzolana a todo material silicoso o silicoso y aluminoso. El contenido de puzolana de estos cementos está entre 15% y 40% de la masa del cemento. Los ensayos (pruebas) de laboratorio indican que el desempeño de los concretos preparados con el cemento tipo IP es similar al concreto del cemento tipo I. referenciado en la figura 15.



Figura 15 Presentación del cemento Yura IP

Fuente: Ficha técnica del cemento Yura IP

Cemento adicionado binario con 85% de cemento Portland y 15 % de puzolana= Tipo IP

Según ficha técnica es fabricado a base de Clinker, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos, logrando un alto grado de finura.

Sus propiedades especiales como alta durabilidad, permiten que su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, acidas,

desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro como detalla la Tabla 5.

Tabla 5 Requisitos químicos para el cemento Tipo IP

Requisitos químicos	Método de ensayo aplicable	Tipos de cemento			
		IS (<70) IT(P<S<70) IT(L<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP,I(PM) IT(P≥S) IT(P≥L)	ICo IL IT(L≥S) IT(L≥P)
Oxido de magnesio (MgO), máx. %	334.086	6.0	...
Azufre como trióxido de azufre (SO ₃) máx. %	334.086	3.0	4.0	4.0	3.0
Azufre (S), máx. %	334.086	2.0	2.0
Residuo insoluble, máx. %	334.086	1.0	1.0
Perdida por ignición, máx. %	334.086	3.0	4.0	5.0	10.0

Fuente: NTP 334.090

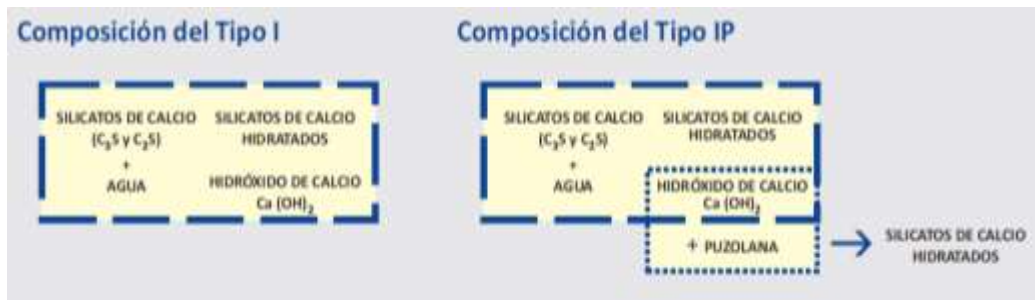
Contenido C3A:7-11% en masa

Superficie específica: 3200 a 4000 cm²/gr.

La ficha técnica del cemento Yura IP tiene como composición: molienda de Clinker portland tipo I, una pequeña porción de yeso y según la norma ASTM C-595 y NTP 334.090, puzolana natural de origen volcánico de alta actividad, especificado en las Tablas 6 y 7

Esta mezcla molida industrialmente hasta el grado de finura óptima conforma un cemento de alta resistencia para uso general en estructuras de concreto.

La puzolana de origen volcánico, es un material silicoso o silico aluminoso, que es dividido finamente y en presencia de agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio, liberado por la hidratación de silicatos de calcio contenidos con cemento, para formar posteriormente compuestos con propiedades cementicias. Referenciado en la figura 16.



"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

Figura 16 Composición Química del cemento Yura IP

Fuente: Ficha técnica del cemento Yura IP

Tabla 6 Requisitos químicos para el cemento Tipo IP marca Yura

Requisitos químicos	Cemento Portland puzolánico Yura Tipo IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C - 595
MgO (%)	1.99	6.00 Max.
SO ₃	1.75	4.00 Max
Perdida por ignición	2.14	5.00 Max.

Fuente: Ficha técnica del cemento Yura IP.

Tabla 7 Requisitos Físicos del cemento Tipo IP marca Yura

Requisitos físicos	Cemento Portland Puzolánico Yura Tipo IP		Norma NTP 334.090 ASTM C-595		Comparativo con Norma Tipo I y Tipo V Requisitos Norma Técnica NTP 334.009 / ASTM C-150	
Peso específico (gr/cm ³)	2.85		-		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Max.		-	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Min.		-	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Max.		-	
Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa	Cemento Tipo I	
					Kgf/cm ²	MPa
1 días	104	10	-	-	-	-
3 días	199	20	133 Min.	13	122	12
7 días	247	24	204 Min.	20	194	19
28 días	342	34	255 Min.	25	-	-
60 días	397	39	-	-	-	-
Resistencia a los sulfatos	Cemento IP				Cemento Tipo V	
% Expansión a los 14 días	0.018		-		0.04 Max.	

Fuentes: Ficha técnica del cemento Yura IP

Influencia de las Puzolanas -. Por adición de las puzolanas a los componentes de los cementos Portland normales se obtienen entre los siguientes beneficios.

Acción Física.

Al reemplazar la puzolana una parte del Clinker entre el 15% y 40 % según normas que es el que aporta el cemento el aluminado tricalcico que forma la Etringita expansiva y dañina para el concreto, disminuye su presencia en forma proporcional a su dosificación, referenciado en Tabla 8.

Con la presencia de la puzolana y la tendencia de producir finos durante la molienda, los cementos puzolanicos mejoran a trabajabilidad de los

concretos pues estas partículas de fibras actúan como lubricantes para la masa de concreto.

En igual de concentración de sólidos, las pastas que contienen en suspensión partículas más finas, como es del caso de los cementos puzolanicos, presentan mayor viscosidad, la cual es beneficiosa para el concreto pues minimiza la tendencia a la segregación de los agregados.

Debido también a la mayor viscosidad de los cementos puzolanicos se disminuye notablemente la exudación en los morteros a concretos puzolanicos. Cuando la masa es más fluida ósea cuando contienen cementos más gruesos, tiende a incrementarse notablemente el fenómeno de la exudación, que se identifica por la presencia de agua.

Debido a la mayor plasticidad, consecuencia de la mayor finura de los cementos puzolanicos, sus concretos tienen una más alta compacidad que la de los que provienen de cementos portland normales y por lo tanto garantiza una mayor protección a los ataques por los sulfatos y cloro, por acción del medio ambiente y aguas agresivas, al ser más impermeables.

Tabla 8 Composición química del cemento tipo IP marca Yura

ELEMENTO	YURA TIPO IP
CaO	46.30
SiO ₂	43.51
A ₂ O ₃	3.36
Fe ₂ O ₃	1.98
SO ₃	1.42
MgO	1.30
P. Ignición	1.60
R. Insoluble	26.70

Fuente: Tópicos de Tecnología del concreto Ing. Enrique Pasquel Carbajal

Cemento Tipo HE

El cemento Yura Alta resistencia inicial, clasificado como cemento tipo HE según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los estándares de la industria cementera.

Es un producto fabricado a base de Clinker, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente hasta lograr un alto grado de finura. El cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III, referenciado en Tabla 9.

Dentro de los tipos de cementos portland, encontramos las siguientes proporciones de compuestos:

Tabla 9 Valores promedio típicos de la composición de cemento Portland

Cemento	C3S	C2S	C3A	C3AF	CaSO4	CaO Libre	MgO
Tipo I	59	15	12	8	2.9	0.8	2.4
Tipo II	46	29	6	12	2.8	0.6	3
Tipo III	60	12	12	8	3.9	1.3	2.6
Tipo IV	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7
Tipo V	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6

Fuente, Neville, Adam. "Tecnología del cemento", México, 1998)

Según la norma ASTM el cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III, especificado en la tabla 10.

Según la norma ASTM C1157 el cemento HE equivale a un Cemento Tipo III el que está diseñado para desarrollar resistencia inicial más

rápidamente que un cemento tipo I. Esto es útil para mantener un ritmo acelerado de la construcción, ya que permite el hormigón colado in situ para soportar cargas más rápido y reduce el tiempo que los prefabricados elementos de hormigón deben permanecer en sus formas. Estas ventajas son especialmente importantes en el clima frío, lo que reduce significativamente la tasa de hidratación (y por lo tanto el aumento de la fuerza) de todos los cementos portland. Las desventajas de los cementos-rápidos reaccionar son un corto periodo de trabajabilidad, mayor calor de hidratación y una resistencia máxima ligeramente inferior referenciado en la Figura 17 y Tabla 11.

Según la NTP 334.082 su composición química del cemento no está especificada. Sin embargo el cemento y los constituyentes individuales o las adiciones deberán ser analizados.



Figura 17 Presentación del cemento Yura HE

Fuente: Ficha técnica.

Tabla 10 Características de cemento según ASTM C 1157

	Clasificación	Características	Aplicaciones
TIPO I	Propósito general	Contenido bastante alto de C3S para el buen desarrollo de resistencia inicial	Construcción general (la mayoría de los edificios, puentes, aceras, unidades prefabricadas, etc.)
TIPO II	Resistencia moderada a los sulfatos	Bajo contenido de C3A (<8%)	Estructuras expuestas a iones sulfato de suelo o agua que contiene.
TIPO III	Alta resistencia inicial	Planta más finamente, puede tener un poco más C3S	Para construcción rápida, hormigonado en clima frío
TIPO IV	Bajo calor de hidratación (reacción lenta)	Bajo contenido de C3S (<50%) y C3A	Estructuras masivas como las presas.
TIPO V	Alta resistencia al sulfato	Muy bajo contenido de C3A (<5%)	Estructuras expuestas a altos niveles de iones de sulfato
BLANCO	De color blanco	No C4AF, bajo MgO	Decorativo (de lo contrario tiene propiedades similares a las de tipo I)

Fuente ASTM C 157.

Tabla 11 Requisitos físico opcionales del cemento

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Opción R. Baja reactividad con áridos reactivos álcali-sílice F. Expansión a: 14 días, % máximo 56 días, % máximo	INEN 867	0,020 0,060	0,020 0,060	0,020 0,060	0,020 0,060	0,020 0,060	0,020 0,060
Falso fraguado, penetración final, % mínimo	INEN 875	50	50	50	50	50	50
Resistencia a la compresión 28 días, Mpa, mínimo	INEN 488	-	-	28,0	-	22,0	-
Contracción por secado	INEN 1 508	-G	-G	-G	-G	-G	-G
<p>F No se debe solicitar el cumplimiento de este requisito a menos que el cemento vaya a ser utilizado con áridos reactivos con los álcalis.</p> <p>G A pedido del comprador, se debe suministrar datos sobre la contracción por secado.</p>							

Fuente Norma Técnica Ecuatoriana

La ASTM ha designado cinco tipos de cemento portland, designado Tipos IV. Física y químicamente, estos tipos de cemento difieren principalmente en su contenido de C3A y en su finura. En términos de rendimiento, se diferencian principalmente en la velocidad de hidratación temprana y en su capacidad para resistir el ataque de sulfato. Las características generales de estos tipos se enumeran en la Tabla 12. Las composiciones de óxidos y minerales de un típico cemento portland tipo I.

Según la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2380:2011, referencia en la tabla 12.

Tabla 12 Requisitos físico normalizados para el cemento

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Finura	INEN 196	A	A	A	A	A	A
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	INEN 200	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Tiempo de fraguado, método de Vicat	INEN 158						
Inicial, no menos de, minutos		45	45	45	45	45	45
Inicial, no más de, minutos		420	420	420	420	420	420
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	INEN 195	C	C	C	C	C	C
Resistencia a la compresión, Mpa, mínimo	INEN 498	-	12	-	-	-	-
1 día		13	24	11	11	5	-
3 días		20	-	18	18	11	11
7 días		28	-	-	25	-	21
28 días							
Calor de hidratación	INEN 199						
7 días, kJ/kg (Kcal/kg), máximo		-	-	-	-	290 (70)	250 (60)
28 días kJ/kg (Kcal/kg), Máximo		-	-	-	-	-	290 (70)
Expansión en barra de concreto	INEN 2 529						
14 días % máximo		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Expansión por sulfatos (resistencia a sulfatos)	INEN 2 503						
6 meses, % máximo		-	-	0,10	0,05	-	-
1 año, % máximo		-	-	-	0,10	-	-

Fuente Norma Técnica Ecuatoriana

2.2.3 Los agregados

Según Diseño y control de mezclas en el concreto (2004) los agregados se definen como los elementos inertes del concreto, los cuales son aglomerados por la pasta de cemento produciendo una estructura resistente.

La importancia del uso del tipo y de la calidad correcta del agregado (árido) no se puede subestimar. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto referenciado en la figura 18.

Es importante tener en cuenta de que cada agregados posee características particulares, las cuales dependen principalmente de la roca se han formado. Es decir, dependen de cual haya sido la roca madre y de qué manera se convirtió dicha roca en el agregado suelto.



Figura 18 Agregado a utilizar para la muestra

Fuente: Elaboración propia - Mina Orcopampa

Sin embargo así como los agregados heredan ciertas características de la roca madre (tales como la dureza, peso específico, características de la petrografía y porosidad), también difieren en ciertas otras características como el tamaño y la forma de la partícula, son características que van a afectar directamente en las propiedades del concreto, tanto fresco como endurecido.

El código del comité del ACI 506R-90, expresa que los agregados para el concreto lanzado deben cumplir con la norma ASTM C-33, norma la cual indica los requerimientos de los agregados para poder clasificar a los agregados en finos, gruesos, etc.

En el código del ACI 506R-90 también se contempla la utilización de agregados ligeros para su utilización en la elaboración de shotcrete, derivando al lector a la normativa ASTM C-330 sobre agregados ligeros para shotcrete, especificando las características físicas que deberán cumplir los agregados ligeros.

Dentro de la terminología utilizada según la ASTM C-125, se le conoce como agregado a cualquier material granular, tal como arena fina, gravas o roca chancada utilizada con un cementante para crear concretos hidráulicos o morteros.

El agregado es comúnmente procedente de la desintegración, ya sea por causas naturales o medios artificiales. Las rocas de peso normal tienen un peso específico de aproximadamente 2.4 a 2.8, de manera que al ser utilizados para producir concreto se logra un peso unitario del concreto de 2100 kg/m³ a 2550 kg/m³.

Existen varias formas de clasificar a los agregados, entre los cuales encontramos:

2.2.3.1 Propiedades de los agregados

Dentro de las propiedades de los agregados, podemos mencionar los siguientes:

- Granulometría: distribución de los tamaños de las partículas de un agregado al ser tamizado mediante el análisis de los tamices (según las norma ASTM C-136). La granulometría y los tamaños máximos del agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos del agua y cemento.
- Contenido de finos: Esta propiedad no se refiere a los finos o polvos, sino a la suciedad que presentan los agregados.
- Módulo de fineza: Establecido por Duff Abrams, es posible definir fineza promedio del agregado mediante la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos}(1 \frac{1}{2} \text{ "}, \frac{1}{4} \text{ "}, \frac{3}{8} \text{ "}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

2.2.4 El agua

En la construcción, el agua es utilizada principalmente para que cumpla dos funciones específicas: la primera es la de ser parte de la mezcla de concreto a preparar, en la cual cumple la función de la hidratación del cemento; y la segunda es la de curar el concreto para garantizar la continua ganancia de resistencia.

El primer uso del agua, para la mezcla del concreto, es conocido como para uso interno, mientras que el agua utilizada para el curado es conocida como de uso externo. Aunque ambos usos del agua producen efectos diferentes y tienen diferentes importancias, es usual que las

especificaciones indiquen que se utilice agua de la misma calidad para ambos usos.

El agua utilizada para la mezcla es en realidad la de mayor importancia, y en la mayoría de casos, los requerimientos están dirigidos a cumplir este requerimiento, mientras que el agua para curado se recomienda sea la misma que en el caso del mezclado, para evitar que se subestime la aplicación del curado y se utilice una calidad de agua que no sea la adecuada.

El comité ACI 506R sobre el Shotcrete indica: que el agua de mezclado debe estar libre de cualquier sustancia que pueda ser perjudicial para el concreto o para el acero. También recomienda que se utilice agua potable.

Mientras, sobre el agua para curado, el ACI 506R recomienda, además de lo mencionado anteriormente, que el agua para curado de shotcrete no deje manchas.

La norma N.T.P 338-088 recomienda los siguientes límites permisibles de concentración de sustancias en el agua que se detallan en la Tabla 13:

Tabla 13 Límites Máximos Permisibles de Sustancias en el agua

SUSTANCIAS Y PH	LIMITE MAXIMO
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de Magnesio	125 ppm
Sales Solubles	300 ppm
Sólidos en Suspensión	10 ppm
Materia orgánica	0.001 ppm
pH	6-8

Fuente N.T.P 338-088

La calidad de agua para la elaboración de mezcla en el shotcrete está centrada en las características físico-químicas y sus efectos sobre las propiedades del concreto.

Dentro de los efectos indeseados que puede causar el agua sobre las propiedades del concreto, existen las de corto, mediano y largo plazo. Las de corto plazo están relacionadas al tiempo de fragua y las resistencias iniciales; las de mediano plazo se refieren a las resistencias posteriores a los 28 días o más; y finalmente los relacionados con el largo plazo se refieren a los ataques de sulfatos, corrosión del acero de refuerzo y la reacción álcali agregado.

2.2.5. Aditivos

Se conoce como aditivos a aquellos productos que al ser introducidos en la mezcla del concreto logran modificar ciertas propiedades en una forma controlada. Estos aditivos son capaces de disolverse en agua y son administrados como porcentaje del peso del cemento. Los aditivos para concreto hacen que el concreto sea un sistema complejo de múltiples materiales.

Las propiedades que pueden alterar los aditivos pueden darse tanto en el estado fresco como en el endurecido del concreto, dentro de estas propiedades modificables por los aditivos encontramos:

Dentro del concreto fresco:

- **Asentamiento:**

Relacionado directamente con la trabajabilidad del concreto, aumentar el asentamiento significa un concreto más fluido. En el Perú, está regido por la NTP 339.035 y se mide tradicionalmente con el cono de Abrahams.

Tiempo de fragua:

Se refiere al tiempo que requiere la mezcla en ganar resistencia determinada desde que se da la mezcla agua – cemento. Estas resistencias están definidas por: fragua inicial cuando el concreto alcanza

una resistencia de 500 lb/pulg², o 35 kg/cm²; y fragua final cuando el concreto alcanza una resistencia de 4000 lb/pulg², o 250 kg/cm².

Esta propiedad de tiempo de fragua esta normada en nuestro país por la NTP 339.082, e internacionalmente por la ASTM C-403.

Concreto Endurecido:

Resistencia a la compresión: se reconoce que el concreto logra alcanzar su máxima resistencia luego de un periodo de 28 días. Además, al conocer el valor de la resistencia a los 7 días es posible proyectar cuanto será la resistencia al final de los 28 días. Algunos aditivos son capaces de acelerar la ganancia inicial del concreto.

Los aditivos contribuyen a estas y otras propiedades más en el concreto, mejorando la calidad del concreto pero aumentando el costo por metro cubico de mezcla. Sin embargo, este aumento de costo se ve reflejado en las facilidades de manipuleo y calidad que se obtiene al utilizar los aditivos.

La normativa internacional ASTM y la Norma Técnica Peruana N.T.P clasifican a los aditivos de acuerdo a los efectos que producen en el concreto, como ejemplo encontramos a los reductores de agua o los acelerantes de fragua. Sin embargo, la Comunidad Europea de Normas CEN, clasifica a los aditivos de acuerdo a su aplicación, ya sea en pastas, morteros, concreto o concreto proyectado.

La norma ASTM –C-1141 está dirigida a los aditivos utilizados en concreto lanzado o shotcrete, dividiéndolas en grupos y especificando que normas ASTM deben cumplir para que puedan ser utilizados en el shotcrete.

Clasifica los aditivos en los siguientes grados, debiendo ser identificados primero si es que son líquidos o no líquidos:

Tipo A: Reductor de agua.

Tipo B: Retardadores de fraguado.

Tipo C: Aceleradores de fraguado.

Tipo D: Reductores de agua y retardadores de fraguado.

Tipo E: Reductores de agua y aceleradores de fraguado.

Tipo F: Alta capacidad de reducción de agua y retardadores de fraguado.

Tipo F y G: Aditivos Superplastificantes.

Actualmente, los aditivos son utilizados como parte esencial del concreto. Al utilizarse se produce un aumento de costos en materiales e insumos, pero se puede lograr un concreto de mejor performance, con lo cual podemos satisfacer los requerimientos de los clientes, al cumplir tanto con la calidad como con los plazos establecidos.

Los aditivos para el concreto proyectado se utilizan para poder lograr propiedades adecuadas sobre dicho concreto para que puedan lograr cumplir su objetivo de sostenimiento del sustrato.

Acelerante

Los acelerantes controlan el tiempo de fraguado del concreto proyectado después de su aplicación, se utilizan en forma líquida o en polvo. Un factor importante para el control del tiempo de fraguado del concreto lanzado es la estabilidad en la dosificación del acelerante, razón por la cual la utilización de estos aditivos debe hacerse desde unidades dosificadoras que garanticen baja variabilidad de la dosis acorde con el flujo de concreto (sincronización).

En términos de calidad, la única excepción, es en aplicaciones menores. Los acelerantes de fraguado se clasifican según su composición química y por consiguiente con su manera individual de acción y efecto en el fraguado del concreto. Se detallan las propiedades en la Tabla 14:

Tabla 14 Propiedades de los acelerantes

Propiedad	Tipo de acelerante		
	Alcalino Base Aluminato	Alcalino Base Silicato	Libres de álcalis
Rango de dosificación	3-6%	12-15%	4-7%
Valor de pH	13-14	12-13	3
Equivalente Na ₂ O	20%	12%	<1%
Resistencia muy temprana a la misma dosis	++++	++++	+++
Resistencia final	+	—	+++
Impermeabilidad del agua	++	—	+++
Lixiviación	--	--	-
Salud ocupacional	---	-	+++
Seguridad ocupacional y transporte	--	-	+++

Fuente: Jürgen Höfler y Jürg Schlumpf - Sika

El acelerante que utilizaremos para nuestro diseño de mezcla tiene las siguientes características referidas en la Tabla 15:

Tabla 15 Características del aditivo acelerante Sigunit®AF Líquido

Tipo	Producto	Uso/efecto	Observaciones
Acelerante de fraguado líquido, libre de álcalis	Sigunit®AF Líquido	Estabilización sobre cabeza en túneles	Para el proceso de proyectado vía seca o húmeda
		Estabilización de roca y taludes.	No corrosivo
		Revestimiento final de alta calidad	Baja reducción de resistencia final comparado con concreto original no acelerado
		Muy alta resistencia temprana	No compatible con acelerantes alcalinos
		Incrementa la impermeabilidad del agua	Partes metálicas en contacto con este acelerante deben ser de acero inoxidable
		Reducción de álcalis	
		Mejor seguridad ocupacional	

Fuente: Jürgen Höfler y Jürg Schlumpf - Sika

Agentes de control de fluidez.-

Mejor conocidos como plastificantes y superplastificantes. Los superplastificantes se emplean para controlar el contenido de agua especificado (relación a/c) mientras que se garantiza simultáneamente la consistencia requerida del concreto fresco (plasticidad).

Dos intereses diametralmente opuestos en apariencia:

Un contenido bajo de agua (relación a/c) que garantice la calidad.

Una consistencia plástica del concreto fresco para una buena manejabilidad de la mezcla.

El aditivo superplastificante que usaremos para el diseño tiene las siguientes características referidas en la Tabla 16:

Tabla 16 Características Superplastificante Sika Viscocrete

Tipo	Producto	Uso/Efecto	Observaciones
		Alta reducción de agua	Efectos óptimos cuando
		Mejor manejabilidad	se adiciona después del
		Manejabilidad con tiempo controlado	agua de la mezcla.
		Rápido aumento de resistencia	La dosis óptima depende del tipo de cemento.
		Mejores propiedades de retracción y fluencia plástica	Para propiedades específicas, son esenciales pruebas preliminares con el
Superplastificante	SikaViscocrete	Mayor impermeabilidad	cemento y los agregados a ser usados.

Fuente: Jürgen Höfler y Jürg Schlumpf – Sika

2.2.6. Fibras

Este tipo de refuerzo, a diferencia de los demás, no se coloca antes de proceder a lanzar la mezcla de concreto sino que se incluye, con una dosificación específica, dentro de ésta antes de ser introducida en la máquina lanzadora. Las fibras de acero se usan en el concreto lanzado para reducir la propagación del agrietamiento, para incrementar la resistencia a la flexión, la ductilidad, la rigidez y la resistencia al impacto.

La longitud de las fibras de acero varía entre 1/2 y 1 1/2 pulgada (12 a 40 mm) y se usan en cantidades menores al 2% en volumen de concreto lanzado. El refuerzo de fibras de acero presenta el inconveniente de que desgasta rápidamente las piezas de la máquina lanzadora

Como bien se sabe, la relación entre la resistencia a la tracción del concreto y su resistencia a la compresión es muy baja. Además, el concreto también es incapaz de absorber energía antes de la rotura. Estas fibras metálicas fueron introducidas a partir de los años sesenta, y principalmente las fibras de acero, para fabricar un concreto consolidado de elementos discontinuos y distribuidos aleatoriamente. A partir de los años setenta se inician las primeras investigaciones orientadas hacia el uso de las fibras de concreto., referenciado en la figura 19.



Figura 19 Apariencia de la Fibra de Acero a utilizar,

Fuente: Elaboración Propia.

Desde ese momento dichas fibras han sido parte esencial del diseño de mezclas para el concreto lanzado. La razón a preferir las fibras metálicas antes de las mallas, para empezar, el tamaño de las fibras de acero, los cuales son más pequeños que las mallas, por lo tanto es posible incorporar un mayor número de fibras en un mismo espacio. La otra razón es que la distribución de las fibras metálicas es tridimensional, a diferencia de las mallas, las cuales trabajan esencialmente en un espacio bidimensional (son planos). Esta distribución brinda una mejor performance en el concreto lanzado, referenciado en la figura 20 y 21.

Los requerimientos de las fibras de acero están especificadas en la norma ASTM A-820, incluyendo su clasificación y sus requerimientos de tracción. En cuanto a la función que desempeña dentro del shotcrete, la ASTM C-1550 la cual refiere a un ensayo de flexión sobre un panel de forma circular.

La proporción de la fibra de acero a utilizar dentro de la mezcla del shotcrete varía de acuerdo a las presiones que debe soportar del macizo rocoso referenciado en la figura 22.

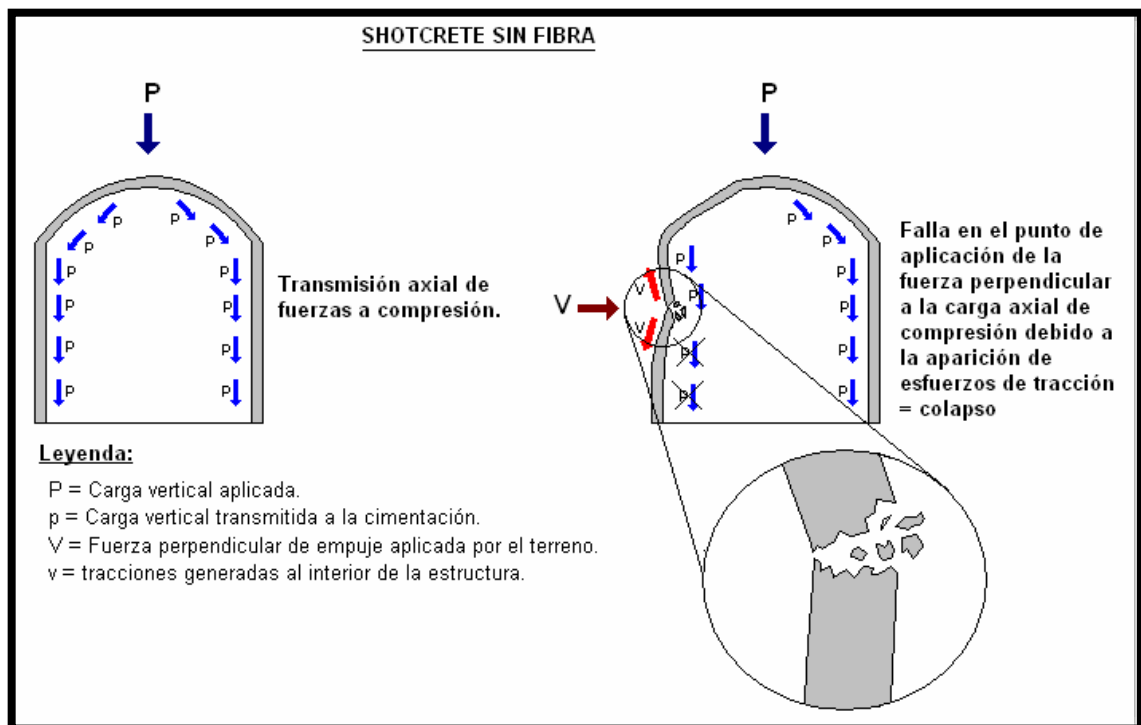


Figura 20 Shotcrete sin fibra

Fuente: Beresovsky, A. Estudio experimental del concreto lanzado con fibras metálicas

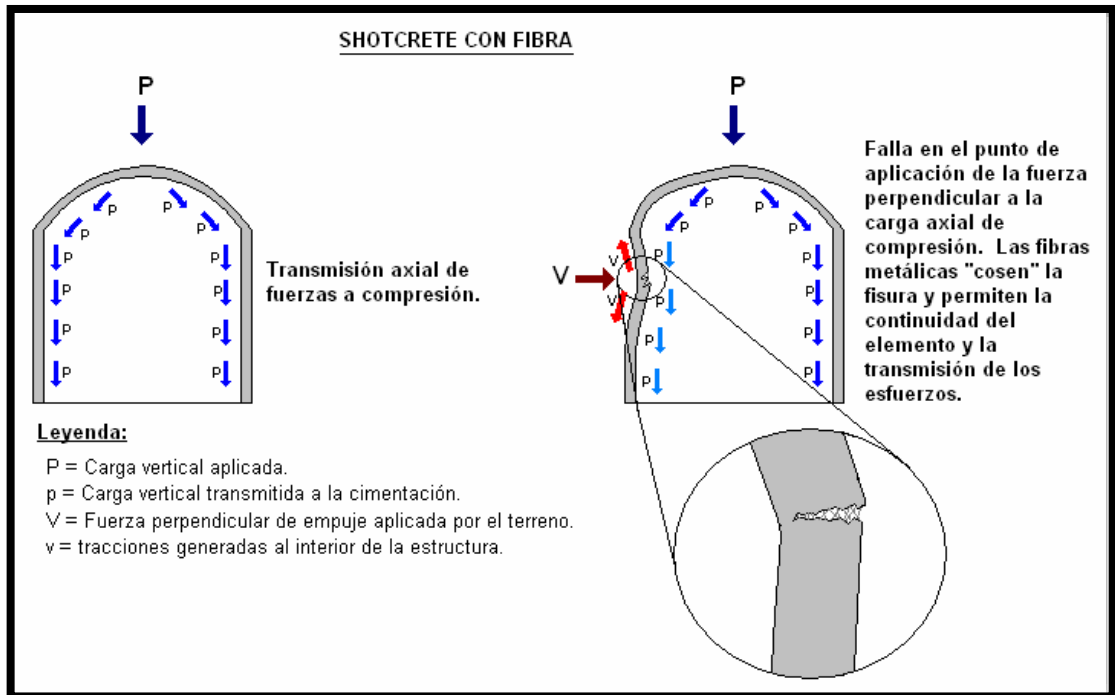


Figura 21 Shotcrete sin fibra

Fuente: Beresovsky, A. Estudio experimental concreto lanzado con fibras metálicas



Figura 22 Adición de fibra en la mezcla de laboratorio,

Fuente: Elaboración Propia.

El principal beneficio en el uso de concreto reforzado con fibras metálicas en vez de malla soldada, en ambientes severos, es que la oxidación sufrida por la malla genera expansiones, mientras que la corrosión sufrida por las fibras no ocasiona aumentos o expansión en el concreto. Adicional a lo anterior, las fibras están protegidas por una matriz alcalina. Por tanto, no existe una continuidad entre las fibras para que la corrosión se propague a lo largo del refuerzo, según lo expuesto por numerosos casos históricos, donde el refuerzo ha sido expuesto a procesos de congelamiento y altos niveles de salinidad referenciada en la figura 23.

Los valores de resistencia mecánica y módulo de elasticidad para diversos tipos de fibras y matrices, se detallan en la Tabla 17.



Figura 23 Tridimensional fibra de acero Wirdand Red tridimensional Maccaferri

Fuente: Ficha técnica Wirdand

Tabla 17 Valores de resistencia mecánica y módulo de elasticidad para diversos tipos de fibra y matrices

Material	Diámetro (um)	Densidad (g/cm ³)	Módulo de elasticidad (Gpa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Deformación en ruptura (%)
Acero	5 - 500	7,84	190 - 210	0,50 - 2,00	0,50 - 3,50
Vidrio	9 - 15	2,60	70 - 80	2,40	2,00 - 3,50
Amianto	0,02 - 0,40	2,60	160 - 200	3,00 - 3,50	2,30
Polipropileno	20 - 200	0,90	5,00 - 7,70	0,50 - 0,75	8,00
Kevlar	10	1,45	65 - 133		
Carbono	9	1,90	230		
Nylon	-	1,10	4,00		
Celulosa	-	1,20	10		
Acrílico	18	1,18	14,00 - 19,50		
Polietileno	-	0,95	0,30	0,70 x 10 ⁻³	
Fibra de madera	-	1,50	71	0,90	
Sisal	10 - 50	1 - 50	-	0,80	
Matriz de cemento (para comparación)	-	2,50	10 -45	3,7 x 10 ⁻³	

Fuente: Bentur & Mindess, 1990.

Las propiedades cualitativas del concreto fibroreforzado:

- Ductilidad y tenacidad
- Resistencia a fatiga
- Resistencia al impacto
- Permeabilidad
- Control de microfisuración
- Resistencia a la abrasión
- Retracción a largo plazo
- Resistencia al fuego

2.2.7. Perfil Geológico

Factores que influyen para producirse los estallidos de rocas.

- Los factores relevantes antes del minado, básicamente comprenden: El medio geológico, las propiedades de comportamiento mecánico de ese medio geológico y el campo de esfuerzo original.
- El medio geológico: La presencia de plegamientos, en algunas minas metalíferas y mayormente en minas carboníferas, el mina, en sistemas de plegamientos principales, crean zonas muy susceptibles a la ocurrencia de los estallidos de rocas referenciado en la figura 24.

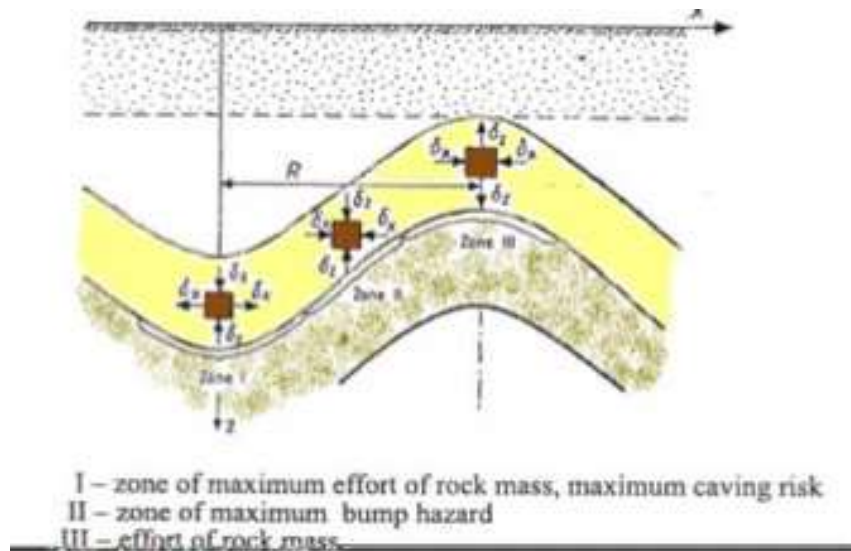


Figura 24 Grafico de esfuerzos en tunelería

Fuente: Pág. Compañía Buenaventura.

Propiedades del comportamiento mecánico del medio geológico.

- Así, se ha establecido que generalmente los estallidos ocurren en rocas que tienen resistencias compresivas en el rango de 100 a 400 Mpa.
- Las rocas con módulos de elasticidad de 40 a 100 GPa son propensas a estallidos.

Según la compañía peruana de uso minero ecológico y técnico.

Capacitación para trabajadores

Estallidos de roca, derrumbes y sostenimiento de labores.

El método de explotación es subterráneo en las minas Nazareno, Prometida, Lucy Piso y Prosperidad con un método de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado

- Limpieza con Scoop de 0.5, 1.0, 2.2 y 3.5 Yd³
- Extracción de Mineral hacia el Pique se realiza con Camiones de bajo perfil y locomotoras trolley,
- El mineral es izado a nivel superficie por el Pique Nazareno,
- Transporte de mina a Planta con volquetes Volvo de 24 Tn.

Elementos de sostenimiento

- Concreto lanzado vía húmeda
- Concreto lanzado vía seca
- Malla romboidal de alta resistencia

Se encuentra en la página web de Buenaventura referencia en la bibliografía electrónica.

2.3. Formulación de la Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

Al determinar las diferencias del concreto lanzado con el cemento Tipo IP y Tipo HE respecto a la resistencia a la compresión y tenacidad en el revestimiento del túnel de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente.

2.3.2 Hipótesis específicas

- Al determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de tenacidad, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente.
- Al determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente.

2.3.3. Variables

PRIMERA HIPOTESIS

Variable independiente

Concreto lanzado con cemento tipo IP

Variable dependiente

- Análisis de resistencia a la compresión
- Análisis de tenacidad

SEGUNDA HIPOTESIS

Variable independiente

Concreto lanzado con cemento tipo HE

Variable dependiente

- Análisis de resistencia a la compresión
- Análisis de tenacidad

2.3.4 Definición Conceptual de las variables

El análisis de resistencia a la compresión: Es el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c .

El análisis de resistencia a la tenacidad: Prueba de punzonado en un panel circular del cual resulta la tabulación de las lecturas en la deformación vs la fuerza absorbida en Jules, según ASTM C 1550 o cuadrados según la EFNARC para un concreto de 28 días de edad. Los cuales se condicionara la valides del panel Circula acorde a las 3 fisuras radiales en forma consistente según ASTM 1550.

La operacionalización de nuestras variables en mención, se detallan en la Tabla 18.

2.3.5 Operacionalización de las variables

Tabla 18 Indicadores y métricas.

VARIABLE	INDICADORES	INDICES	METRICAS	ITEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE Cemento Tipo IP	Resistencia a la Compresión	Realizar el muestreo y el ensayo para evaluar la resistencia a la compresión del Shotcrete a 3, 7 y 28 días.	Kg/cm2	15
	Evaluación de Tenacidad	Realizar el muestreo del ensayo para evaluar la tenacidad del Shotcrete a 28 días.	Kg/cm2	4
Cemento Tipo HE	Resistencia a la Compresión	Realizar el muestreo y el ensayo para evaluar la resistencia a la compresión del Shotcrete a 3, 7 y 28 días.	Kg/cm2	15
	Evaluación de Tenacidad	Realizar el muestreo del ensayo para evaluar la tenacidad del Shotcrete a 28 días.	Kg/cm2	4
VARIABLES DEPENDIENTE Análisis de resistencia a la compresión	Resistencia a la Compresión	Realizar el muestreo y el ensayo para evaluar la resistencia a la compresión del Shotcrete a 3, 7 y 28 días.	Kg/cm2	15
Análisis de tenacidad	Evaluación de Tenacidad	Realizar el muestreo del ensayo para evaluar la tenacidad del Shotcrete a 28 días.	Kg/cm2	4

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLÓGIA

3.1. Diseño, Tipo y nivel de la investigación

La investigación realizada busca comparar el nivel de influencia de 2 tipos de cemento en el concreto lanzado desde la visión técnica por lo cual se realiza una Investigación básica, del tipo de investigación cuantitativa, descriptiva, aplicada y empírica.

Cuantitativo, ya que se trata de cuantificar en frecuencias, porcentajes y pruebas estadísticas la medición de las variables así como su eficiencia para la toma de decisiones del proyecto.

Descriptivo, porque describe el comportamiento del shotcrete utilizando cemento Tipo I y cemento Tipo HE, respecto a la resistencia, tenacidad y trabajabilidad

Aplicada, ya que se podrá aplicar y desarrollar en diversas minas teniendo en cuenta parámetros similares.

Investigación de Campo porque los datos fueron recolectados en campo (lugar donde se aplica)



El tipo de diseño de la investigación según el estudio es cuasi experimental, prospectivo por la cronología de observación, transversal según el número de mediciones, descriptivo comparativo, explicativo.

Es de diseño casi experimental ya que se realizaran ensayos de laboratorio y campo, en el proceso de la recolección de datos.

Prospectivo ya que se planifico la investigación, para la cual se determinó la necesidad de muestrear y ensayar en laboratorio.

Transversal, porque recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único y su propósito es analizar las diferencias entre la utilización del cemento Tipo I y Tipo HE en el concreto lanzado.

3.2. Población y Muestras

3.2.1 Diseño de mezcla

Para la elaboración de los diseños de mezcla, se utilizó como base las especificaciones técnicas de la Mina Orcopampa – Arequipa. Las especificaciones técnicas de dicha obra indicaban los siguientes límites:

En la Tabla 19 se detalla la gradación de los agregados, la gradación a utilizar será la N°2 indica en la norma del shotcrete ACI 506R-90, el cual indica los siguientes límites:

Tabla 19 Cuadro de Gradación de los agregados para el Shotcrete

Tamiz	Porcentaje que pasa por peso		
	Gradación N° 1	Gradación N°2	Gradación N°3
¾"	-	-	100
½"	-	100	80-95
⅜"	100	90-100	70-90
N°4 (4.75 mm)	95-100	70-85	50-70
N° 8 (2.40 mm)	80-100	50-70	35-55
N° 16 (1.2 mm)	50-85	35-55	20-40
N° 30 (600 mm)	25-60	20-35	10-30

Fuente Norma ACI 506

Adicionalmente, el shotcrete a utilizar deberá alcanzar una resistencia de 18 MPa a los 7 días y de 27MPa a los 28 días de acuerdo a las especificaciones.

Para lograr esto, los componentes correspondientes a la mezcla para el shotcrete deberán estar comprendidos en las siguientes proporciones: (cantidades en kg de material por metro cubico de concreto lanzado)

Contenido de cemento	350 – 425
Fibra de Acero:	20 – 30
Relación Agua/Cemento	0.45 – 0.55
Proporción Agregado/Cemento	3 – 5

El concreto lanzado al igual que el concreto convencional necesita de una práctica adecuada para su dosificación, que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso.

El objeto de diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone.

Necesita también de un estricto control de calidad para asegurar que cumplirá la función para la que fue diseñado. Una de las formas de controlar la calidad del concreto lanzado es hacer pruebas que constaten su capacidad de servicio. Para el diseño de mezcla, usaremos el proceso de aplicación vía húmeda, teniendo en cuenta el diseño base dispuesto en las especificaciones técnicas del proyecto. En la aplicación del concreto lanzado por vía húmeda, el Slump trabajado es de 5", el cual es un slump adecuado para el bombeo del concreto.

La medición del slump de la mezcla se realizó mediante lo especificado en la normativa internacional ASTM C-143, la cual especifica los equipos, la mezcla y el procedimiento.

Para el diseño por trabajabilidad del concreto debemos considerar que la fibra de acero disminuye en parte la trabajabilidad en una proporción pequeña.

3.2.2 Tandas de prueba

3.2.2.1 Tandas de prueba en el laboratorio del concreto lanzado vía húmeda

La mezcla de concreto se elaboró de acuerdo a las dosificaciones mencionadas en las Tablas 20, 21, 22 y 23; en tres tandas del mismo volumen cada una, para obtener dos especímenes como mínimo por cada edad (3, 7 y 28 días).

Para esto se utilizó una mezcladora con capacidad de 30 Kg. Primero se colocó la arena junto con el agua de absorción y se mezcló por 1 minuto, después se agregó el cemento Tipo IP o cemento Tipo HE, y el agua restante, el aditivo superplastificante (Viscocrete – Sika) , la fibra metálica, y se mezcló por tres minutos. Inmediatamente después de terminado el mezclado se procedía a realizar las pruebas del concreto en estado fresco. Las propiedades del concreto en estado fresco que se midieron fueron la trabajabilidad y la temperatura de la mezcla.

Para estudiar las propiedades del concreto en estado endurecido, se fabricaron probetas cilíndricas de 15 x 30 cm. para ensayos de resistencia a compresión diametral.

Tabla 20 de dosificación de mezcla con Cemento Tipo IP relación a/c 0.52

CEMENTO TIPO YURA IP

TANDA DE PRUEBA – DISEÑO a/c: 0.52

MATERIALES	1 m3	Tanda 30 kgs.
Cemento	425 kg	12,75 kg
Arena	1429 kg	43,41 kg
Agua	220 kg	6,06 kg
Visconcrete 110	6.38 kg	0.191 kg
Fibra Dramix	20 kg	0,60 kg
Sigunit L60	28 kg	0,84 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21 de dosificación de mezcla con Cemento Tipo IP relación a/c 0.55

CEMENTO TIPO YURA IP TANDA DE PRUEBA – DISEÑO a/c: 0.55		
MATERIALES	1 m3	Tanda 30 kgs.
Cemento	425 kg	12,75 kg
Arena	1391 kg	42,79 kg
Agua	235 kg	6,00 kg
Viscocrete 1110	6.38 kg	0,19 kg
Fibra Dramix	20 kg	0,6 kg
Sigunit L60	28 kg	0,84 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22 de dosificación de mezcla con Cemento Tipo HE relación a/c 0.52

CEMENTO TIPO YURA HE TANDA DE PRUEBA – DISEÑO a/c: 0.52		
MATERIALES	1 m3	Tanda 30 kgs.
Cemento	425 kg	12,75 kg
Arena	1442 kg	44,1 kg
Agua	220kg	5,71 kg
Viscocrete 110	6.38 kg	0.19 kg
Fibra Dramix	20 kg	0,6 kg
Sigunit L60	28 kg	0,84 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23 de dosificación de mezcla con Cemento Tipo HE relación a/c 0.55

CEMENTO TIPO YURA HE TANDA DE PRUEBA – DISEÑO a/c: 0.55		
MATERIALES	1 m3	Tanda 30 kgs.
Cemento	425 kg	12,75 kg
Arena	1404 kg	42,99 kg
Agua	235 kg	6,19 kg
Viscocrete 110	6.38 kg	0,19 kg
Fibra Dramix	20 kg	0,60 kg
Sigunit L60	28 kg	0,84 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.2 Tandas de prueba in situ del concreto lanzado vía húmeda

La mezcla de concreto se elaboró en la planta dosificadora de la unidad minera, iniciando el proceso de mezclado en el mixer (mixcret) siendo el primer componente el agua de absorción, después se introduce el agregado, seguido del cemento, luego se introduce el agua restante, luego se agrega el aditivo superplastificante (Viscocrete – Sika), luego la fibra metálica; continuando con el proceso de mezcla constante.

Las propiedades del concreto en estado fresco que se midieron fueron la trabajabilidad y la temperatura de la mezcla, antes de desplazarse hacia la zona de labor de la unidad minera.

El tiempo que demora en llegar el mixcret al punto donde se lanzara el concreto, es un factor importante ya que influye en la trabajabilidad del concreto, por ello se debe medir el Slump in situ para verificar que la mezcla este dentro de los parámetros para el lanzado con el robot, referenciado en la figura 25.



Figura 25 Prueba de slump en planta

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Ensayos realizados

3.3.1 Referencias de ensayos

Actualmente, el concreto lanzado o shotcrete es usado como medida de sostenimiento de túneles. Una de las obras en las que está siendo utilizado es una unidad minera en el departamento de Arequipa.

Las normas del American Society of Testing Materials (ASTM), establecen que los ensayos que se deben realizar al shotcrete se realizan mediante la obtención de paneles de concreto lanzado, cuyas dimensiones y método de llenado está especificado en dichas normas (ASTM C – 1140).

Este diseño de mezcla está destinado para llegar a una resistencia a los 28 días de 210 kg/cm².

La dosificación de las relaciones agua cemento queda definido por los límites que nos establece la norma, siendo usado para los tipos de cementos en estudio. Estos ensayos si se pudieron realizar en campo, en condiciones reales (menor temperatura y mayor altitud) y con la maquinaria de campo, el cual es el método óptimo debido a que las condiciones de laboratorio generalmente no se parecen a las condiciones reales, dentro de las labores en mina.

Este diseño de mezcla es el que se viene utilizando actualmente en las labores de la mina, en lo que en cantidades de cemento, agregado, agua, fibra de acero, superplastificante y acelerante de fragua de mezcla. La variación es el cemento a utilizar.

El agregado utilizado fue obtenido de la cantera Chilcaymarca, al igual que el agua, que es proporcionada por la unidad misma. Como se ve en la tabla anterior ambos cementos son de la marca Yura, principalmente debido a la facilidad de transporte en la zona.

Es bueno mencionar, que los materiales fueron los mismos para las pruebas en ambos casos de cementos, tanto en el Tipo IP como para el Tipo HE. Sin embargo, tanto el equipo de lanzado como el operador son

factores determinantes para obtener un shotcrete de buena calidad, por ello, se deberá mantener dichos factores constantes.

La temperatura de la zona de aplicación fue de 29°C, en la misma labor de aplicación. Luego de la toma de los paneles de mezcla del shotcrete, las pruebas fueron ensayadas en el laboratorio de INPECON que se encuentra dentro de la unidad minera, para la extracción de diamantinas y posteriormente los ensayos a compresión de los testigos obtenidos de dichos paneles. Se enviaron también los paneles circulares a Lima, para realizarle el ensayo de Tenacidad.

3.3.2 Determinación de las propiedades físicas del agregado

Los materiales a utilizar en los ensayos, especialmente los agregados, son objeto de estudio en un primer momento debido a que deben cumplir con ciertos requisitos de tamaño y granulometría para poder garantizar un comportamiento adecuado dentro de la mezcla del concreto lanzado referenciado en la figura 26 y 27.



Figura 26 Agregado a ensayar.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 27 Agregado a ensayar.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los ensayos que requieren ser aplicados a los agregados tenemos:

Granulometría: según los husos recomendados por el ACI 506R-90, de acuerdo a los parámetros que se muestran en la Tabla 24.

Determinación del Peso Específico de Masa. (Según la NTP 400.22)

Determinación del Peso Unitario suelto y Peso Unitario compactado. (Según la NTP 339.046). Referenciado en la figura 28.

Determinación del Contenido de Humedad y Absorción. (Según la NTP 400.22 para la absorción y la NTP 339.185 para el contenido de humedad).

El procedimiento de ensayo de granulometría está regulado por la normativa peruana NTP 400.012 y utilizando los husos granulométricos recomendados por el ACI 506R-90, la cual menciona los siguientes límites:

Tabla 24 Husos Granulométricos

Malla	Tamaño / Tamiz	Grad. N°1	Grad. N°2	Grad. N°3
3/4"	19 mm.			100
1/2"	12 mm.		100	80 – 95
3/8 "	10 mm.	100	90 – 100	70 – 90
N° 4	4.75 mm.	95 – 100	70 – 85	50 – 70
N° 8	2.4 mm.	80 – 100	50 – 70	35 – 55
N° 16	1.2 mm.	50 – 85	35 – 55	20 – 40
N° 30	0.06 mm.	25 – 60	20 – 35	10 – 30
N°50	0.03 mm.	10 – 30	8 – 20	5 – 17
N°100	0.015 mm.	2 – 10	2 – 10	2 – 10

Fuente: Comité ACI 506R-90



Figura 28 Tamices Fino.

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el tamizado de estos agregados, se siguió el siguiente procedimiento:

Primero, se pesa unos 30 kg de material y se separa los materiales gruesos de los finos utilizando la malla N° 4, logrando así dos grupos de agregados a ensayar: los gruesos y los finos.

Los agregados gruesos son tamizados en su totalidad en la zaranda para los agregados gruesos. El zarandeo se realiza durante 1 minuto, procediendo luego a obtener los pesos retenidos en las mallas.

Para el agregado fino el procedimiento es similar, con excepción de que se obtiene primero una muestra representativa de 500 gr mediante el cuarteo del agregado fino. Una vez obtenida la muestra representativa, procedemos a realizar el tamizado de material fino. Al igual que el material grueso, la zaranda se realiza durante 1 minuto y luego se procede a pesar el material retenido en cada malla.

Conociendo el peso total de la muestra (30 kg.) y el peso total del material grueso, podemos conocer cuánto es el peso del material fino. Con este peso logramos ajustar los porcentajes retenidos en las mallas del material fino para poder obtener el total del tamizado en el agregado global u hormigón.

Al haber calculado los pesos retenidos en las mallas y su porcentaje con respecto al total de la muestra, se procede a la comparación con los husos granulométricos y el cálculo de módulo de finura.

Debido a que el requerimiento de calidad específica que la gradación ACI a utilizar será la N° 2, el material debió primero ser tamizado por la malla 1/2" para poder cumplir con este requerimiento, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25 Granulometría del agregado de la cantera Chilcaymarca

TAMIZ		% RET	%RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1/2"	12 mm.			
3/8 "	10 mm.	2,0	2,0	98,0
N° 4	4.75 mm.	11,8	13,8	86,2
N° 8	2.4 mm.	17,4	31,2	68,8
N° 16	1.2 mm.	16,4	47,6	52,4
N° 30	0.06 mm.	18,9	66,5	33,5
N°50	0.03 mm.	12,8	79,3	20,7
N°100	0.015 mm.	10,2	89,5	10,5
FONDO	0.075	10,5	100,0	0,0

Fuente: Elaboración Propia

El Peso Específico y Absorción se realiza de la siguiente manera:

Para este ensayo debemos hallar el peso de la muestra seca y el volumen que ocupa la muestra saturada superficialmente seca (s.s.s). Se separa 2 kg de muestra para ser ensayadas.

Para poder obtener la muestra en estado saturado superficialmente seco (s.s.s). Debemos dejar la muestra sumergida en agua durante 24 horas. Pasado ese tiempo la muestra es retirada y se procede a esperar a que se seque y llegue al estado superficialmente saturado referenciado el proceso del ensayado en las figuras 29, 30,31, 32 y 33.



Figura 29 Saturación del agregado por 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 30 Secado al aire.

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el estado saturado superficialmente seco, se procede a medir su volumen, usaremos la fiola:



Figura 31 Inmersión de agregado dentro de la Fiola

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32 Eliminación de Vacíos

Fuente: Elaboración propia



Figura 33 Peso final.

Fuente propia.

Se puede aprovechar este ensayo para determinar tanto el contenido de humedad como la absorción. Para que se logre esto se debe pesar el material en el estado saturado superficialmente seco antes de que se mida el volumen de la muestra, como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26 Contenido de humedad de la arena de la cantera Chilcaymarca

ARENA CANTERA CHILCAYMARCA		MUESTRA		PROMEDIO
		1	2	
A	Peso de Mat. Sat. Sup. Seco (gr.)	500.00	500.00	
B	Peso frasco + agua (gr.)	642.00	642.00	
C	Peso frasco + agua + A (gr.)	1142.00	1180.00	
D	Peso Pic + Mat. Sss + agua del frasco (gr.)	943.00	981.00	
E	Volumen en agregado SSS= C-D (cc.)	199	199	
F	Pe. de Material seco en horno (gr.)	481.00	481.00	
G	Vol. de masa = E – (A – F) (cc.)	180	180	
	PE Masa (Base seca) = F/E (gr/cc)	2.417	2.417	2.417
	PE Masa (SSS) = A/E (gr/cc)	2.513	2.513	2.513
	PE Aparente (Base Seca) = F/G (gr/cc)	2.672	2.672	2.672
	% de Absorción = ((A-F)/ F) * 100 (%)	3.950	3.950	3.950

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, obtenemos el peso unitario suelto y compactado tal como se muestran en la Tabla 27 y 28.

Tabla 27 Peso Unitario Suelto y Compactado

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso Muestra + Molde	7,65	7,70
Peso Molde	2,75	2,75
Peso Muestra	4,90	4,95
Volumen Molde m ³	0,00276	0,00276
Peso Volumétrico kg/m ³	1775,36	1 793,48
Promedio Peso vs Suelto(kgm ³)	1784	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28 Peso Unitario Suelto y Compactado

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso Muestra + Molde	8,00	8,05
Peso Molde	2,75	2,75
Peso Muestra	5,25	5,30
Volumen Molde m ³	0,00276	0,00276
Peso Volumétrico kg/m ³	1903,36	1921,68
Promedio Peso vs Suelto(kgm ³)	1913	

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Determinación de la trabajabilidad

Se evaluó la trabajabilidad con base en el ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. (NTP 339.035 1999).

Se define como la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto del concreto.

Malhotra y Mehta describen el mecanismo por el cual las adiciones mejoran la trabajabilidad de las mezclas de concreto. Dicen que generalmente las mezclas de concreto no tienen una óptima distribución del tamaño y esto favorece a un indeseable requerimiento alto de agua para lograr la trabajabilidad deseada, se muestra en la figura 34 en ensayo de cono realizado en mina.



Figura 34 Medición del Slump

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Determinación de la resistencia a la compresión

Las variables a tomar en cuenta para este estudio serán:

- Dosificación de la mezcla a/c
- Tipo de cemento
- Método para mezclar

Como se mencionó en capítulos anteriores, las normas de shotcrete (tales como la ASTM C-1140 sobre paneles de shotcrete y ASTM C-42 para obtención de testigos prismáticos y la norma europea EFNARC) mencionan de que los análisis de shotcrete deben ser realizados sobre paneles de shotcrete y testigos obtenidos de dichos paneles; tanto para las pruebas de compresión como las de paneles de tenacidad.

Sin embargo es necesario tener una idea de cómo se comportara el diseño de mezcla realizando una tanda para ensayos a compresión en el laboratorio.

De esta manera, podemos asegurarnos de que será posible alcanzar la resistencia requerida en campo, resistencia la cual está influenciada por el hecho de que al realizar el lanzamiento del concreto el contenido de aire de la mezcla se reduce prácticamente a cero debido a la fuerza de compactación del lanzamiento, la cual también es razón de un aumento de resistencia (fuerza de impacto al chocar contra el estrato).

Los ensayos a compresión son muy comunes en todos los laboratorios, y se realizan de la misma manera para testigos vaciados en moldes o para testigos prismáticos obtenidos de los paneles de lanzamiento.

3.3.4.1 Determinación de la resistencia a la compresión en el laboratorio

Tanto los moldeados como los ensayos de las probetas se realizaron en el Laboratorio que se encuentra dentro de la unidad minera (INPECON).

En la siguiente figura 35, se muestran algunos de los materiales y herramientas de medida, de acuerdo a los pesos establecidos por la dosificación de la mezcla.



Figura 35 Equipo de ensayo del laboratorio INPECON,

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.2 Determinación de la resistencia a la Compresión en campo

Debido a que los ensayos realizados en condiciones de laboratorio no son las mismas condiciones bajo las cuales se aplicara el shotcrete (tanto en condiciones ambientales como metodología de la aplicación), es necesario realizar ensayos en campo para determinar si la metodología utilizada en el laboratorio es una buena aproximación de la realidad.

En el ensayo de resistencia a compresión en campo se utilizara el robot designado para continuar con las labores dentro de la unidad minera Orcopampa.

El procedimiento para la obtención de paneles lanzados de shotcrete se encuentra especificada en la norma ASTM C – 1140 “Standart Practicefor Preparing and Testing Specimens from shotcrete Panels” (Procedimiento estándar para la preparación y ensayo de especímenes de paneles de shotcrete), apoyándose a su vez en las normas ASTM C-42 “Standart Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete” (Método de ensayo estándar para la obtención de núcleos y vigas de concreto). Estas dos normas estandarizan el procedimiento a seguir para la preparación de los paneles que recibirán el shotcrete (incluyendo desde las dimensiones y material de fabricación de los paneles, hasta la elaboración del reporte de resultados) y la forma de obtener los testigos cilíndricos para su posterior ensayo en el laboratorio con la presan, se muestra en la figura 37.

En este caso se ensayaran testigos cilíndricos obtenidos de la extracción con diamantina de los paneles prismáticos, en el tramo del túnel de acceso para la rampa RP211, se muestran algunas probetas de ensayo en la figura 36.



Figura 36 Ensayo a compresión de los testigos

Fuente: Elaboración propia.



Figura 37 Prensa de ensayo a compresión

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.3. Determinación de la tenacidad del shotcrete

Los paneles circulares a ensayar se moldearon de acuerdo a lo requerido en el acápite 7.1 de la norma ASTM C 1550,

considerando las dimensiones del molde, la forma del vaciado, el curado y la ejecución del ensayo.

Los moldes fueron ubicados dentro de la zona de labor, con una inclinación de 45°. Se aplicó desmoldante a las superficies interiores a fin de evitar que el espécimen se adhiriera al molde y se provoquen daños al mismo durante el desencofrado.

De acuerdo a lo anterior el desempeño del hormigón reforzado con fibra se determina de acuerdo a ensayos de panel normados, se muestra en la figura 38; para el caso del shotcrete, en los cuales se mide la absorción de energía del material en Joules frente a una dosis de fibra y resistencia del shotcrete especificada. Para cualquier proyecto de túneles la especificación del shotcrete reforzado con fibra debe estar dada en Joules, nunca en kilos por metro cúbico de fibra y tipo de fibra.

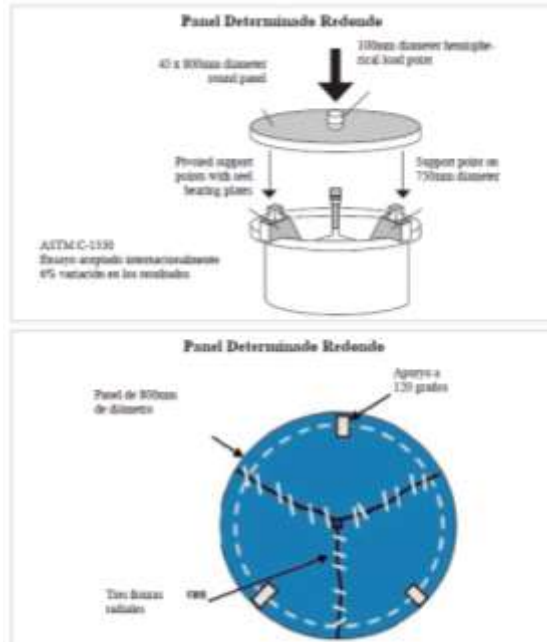


Figura 38 Procedimiento de ensayo de tenacidad.

Fuente: PPT de fibra de acero Wirad.

El vaciado de los moldes se realizó con un equipo de concreto lanzado se muestra en la figura 39, proyectando la mezcla de concreto sobre los moldes siguiendo una espiral desde el centro hacia fuera.

Esta metodología se empleó a fin de obtener, en la medida de lo posible, una masa uniforme en toda la extensión del panel. Una vez moldeados se les da el acabado final, antes que el endurecimiento del concreto lo impida. El la figura 40 se muestra el panel ensayándose y en la figura 41.



Figura 39 Proceso de toma de muestra robotizado.

Fuente: Área de calidad INPECON.



Figura 40 Ensayo tenacidad Fuente:
Elaboración propia.

En la figura 41, observamos ya el resultado del panel ensayo, de acuerdo a los procedimientos normalizados.



Figura 41 Muestra ensayada con falla radial.
Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas del procedimiento y recolección de los datos

La técnica del análisis documental, utilizado como instrumento de recolección de datos de las fuentes documentales, fichas textuales y de resumen, recurriendo como fuentes a libros especializados, documento de los fabricantes de cementos, aplicaremos ensayos normados para obtener los datos, de los dominios de las variables.

La técnica de observación de campo utilizando como instrumento un protocolo de observación y participando como informante la propia investigación, aplicaremos para obtener datos del dominio de la variable del entorno.

Análisis Estadístico de la dosificación de concretos lanzados con cemento tipo IP y concreto lanzado con cemento tipo HE. Para analizar los resultados de resistencia a la compresión de ensayos realizados en laboratorio, se consideró que es indispensable seleccionar los materiales, respetando la normativa de los mismos para un adecuado procedimiento, elaboración de mezcla y control de calidad más riguroso, para ello tuvimos en cuenta la los procesos reales de la operación, de esta forma minimizar los riesgos de distorsión de los criterios de selección de proporciones de materiales, componentes del shotcrete, el porcentaje de aditivo optimizo la trabajabilidad sin afectar nuestra relación a/c.

Para realizar la comparación de los 2 tipos de cemento y observar las diferencias existentes usaremos la prueba estadística “LA U DE MANN WHITNEY” que se utiliza para muestras independientes.

Esta comparación se realiza a través de la media aritmética de las muestras.

3.4.1. Descripción de los instrumentos

La técnica del análisis documental, utilizado como instrumento de recolección de datos de las fuentes documentales, fichas textuales y de resumen, recurriendo como fuentes a libros especializados, documento de

los fabricantes de cementos, aplicaremos ensayos normados para obtener los datos, de los dominios de las variables.

La técnica de observación de campo utilizando como instrumento un protocolo de observación y participando como informante la propia investigación, aplicaremos para obtener datos del dominio de la variable del entorno.

3.4.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos

Para analizar los resultados de resistencia a la compresión de hormigones de alta resistencia con adiciones y aditivos, se consideró que es indispensable la selección de las proporciones de los materiales.

3.5. Aspectos éticos

En la siguiente investigación se tomó como parámetro base la NTP 339.203 2006 ya que es la normativa actual de nuestro país resto tema concreto proyectado, también considerando directamente la norma de EEUU , ASTM C 1157, y en contraste con la normativa EFNARC, considerando toda normativa que aplique a concreto para inspeccionar nuestros agregados.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de los resultados

4.1.1 Análisis previos

En el caso de la dosificación de mezclas la trabajabilidad, es uno de los factores fundamentales, representa la resistencia que pone el concreto al experimentar las deformaciones, se llama también consistencia y mediante el cono de Abrams que es una prueba sencilla que se hace a nivel de campo y de laboratorio, los resultados se muestran la Tabla 29.

Tabla 29 Comparativo de Slump con cemento Tipo IP y HE relación a/c 0.52

IP			HE		
Realizado	Relación a/c	SLUMP(")	Realizado	Relación a/c	SLUMP(")
LABORATORIO	0.52	4.5	LABORATORIO	0.52	5.5
LANZADO	0.52	4.5	LANZADO	0.52	5

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Análisis de resultados a edades tempranas

4.1.2.1 Ensayos realizados en el laboratorio:

Como primera observación de acuerdo a la Tabla 30 y 31, notamos que los valores de resistencia a la compresión de los especímenes realizados en el laboratorio con el cemento Tipo HE nos arrojan valores mayores a los especímenes ensayados con cemento Tipo IP.

También notamos que con respecto a la relación a/c, los valores de resistencia a la compresión varían, ya que a mayor cantidad de relación a/c la resistencia disminuye.

Tabla 30 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP en laboratorio

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-10	3	4.5	177.2	17700	100
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-11	3	4.5	177.2	17366	98
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-12	3	4.5	177.2	12404	70
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-13	3	4.5	177.2	13999	79
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-14	3	4.5	177.2	15771	89
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-15	3	4.5	177.2	12270	69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE en laboratorio

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-10	3	5.5	177.2	25560	144
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-11	3	5.5	177.2	25694	145
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-12	3	5.5	177.2	26226	148
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-13	3	5.5	177.2	27289	154
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-14	3	5.5	177.2	27998	158
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-15	3	5.5	177.2	28260	159

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2 Ensayos realizados en campo (robot de lanzado)

Estos resultados que se muestran en la Tabla 32 y 32, reflejan la ganancia de resistencia temprana debido a la aceleración de la fragua, observamos ese resultado en los especímenes ensayados en los paneles prismáticos hechos en la labor de mina.

Tabla 32 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-1	3	4.5	44.18	1679	38
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-2	3	4.5	44.18	1856	42
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-3	3	4.5	44.18	1635	37
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-4	3	4.5	44.18	1811	41
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-5	3	4.5	44.18	1679	38
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-6	3	4.5	44.18	1767	40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-1	3	5	44.18	6930	157
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-2	3	5	44.18	6930	157
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-3	3	5	44.16	6930	157
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-4	3	5	44.18	6980	158
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-5	3	5	44.18	7025	159
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-6	3	5	44.18	6980	158

Fuente: Elaboración propia

La resistencia que debe alcanzar el shotcrete a edades tempranas proviene de un estudio cuidadoso del macizo rocoso, determinando cuanto será la presión ejercida y en cuanto tiempo se desestabilizaran las presiones internas que deben ser compensadas por el shotcrete.

Los valores más importantes a edades tempranas, el valor a 3 días nos sirve principalmente para controlar la ganancia de resistencia en el tiempo y el valor a los 7 días para poder proyectar el valor de resistencia final a los 28 días.

4.1.3. Análisis de Resultados a Edades Finales:

4.1.3.1 Ensayos realizados en el laboratorio

Los valores para la resistencia final a compresión más importantes y significativos son a los 7 días mostrados en la Tabla 34 y 35.

Tabla 34 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f _c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-16	7	4.5	177.2	24280	137
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-17	7	4.5	177.2	23922	135
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-18	7	4.5	177.2	24099	136
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-19	7	4.5	177.2	23745	134
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-20	7	4.5	177.2	23568	133
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-21	7	4.5	177.2	23580	133

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f _c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-16	7	5.5	177.2	51290	289
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-17	7	5.5	177.2	51034	288
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-18	7	5.5	177.2	51388	290
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-19	7	5.5	177.2	50502	285
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-20	7	5.5	177.2	50856	287
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-21	7	5.5	177.2	50720	286

Fuente: Elaboración propia

A los 28 días se muestran en la Tabla 36 y 37. El diseño de shotcrete debe alcanzar una resistencia a los 28 días de 25 Mpa.

Tabla 36 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-22	28	4.5	177.2	47260	267
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-23	28	4.5	177.2	47312	267
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-24	28	4.5	177.2	47135	266
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-25	28	4.5	177.2	47312	267
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-26	28	4.5	177.2	46958	265
IP	0.52	1.5	09/08/2015	210	BI-27	28	4.5	177.2	47100	266

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-22	28	5.5	177.2	71970	406
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-23	28	5.5	177.2	72298	408
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-24	28	5.5	177.2	72652	410
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-25	28	5.5	177.2	73184	413
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-26	28	5.5	177.2	72120	407
HE	0.52	1.5	09/08/2015	210	KI-27	28	5.5	177.2	73370	414

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1 Ensayos realizados en campo (robot lanzado)

Tabla 38 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo IP

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-7	7	4.5	44.18	3932	89
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-8	7	4.5	44.18	4330	98
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-9	7	4.5	44.18	4285	97
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-10	7	4.5	44.18	4197	95
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-11	7	4.5	44.18	4109	93
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-12	7	4.5	44.18	4153	94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-7	7	5	44.18	11210	254
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-8	7	5	44.18	11470	206
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-9	7	5	44.18	11730	264
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-10	7	5	44.18	10161	230
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-11	7	5	44.18	10824	245
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-12	7	5	44.18	11752	266

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-13	28	4.5	44.18	7599	172
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-14	28	4.5	44.18	7732	175
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-15	28	4.5	44.18	7776	176
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-16	28	4.5	44.18	7687	174
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-17	28	4.5	44.18	7776	176
IP	0.52	1.5	16/09/2015	210	BI-18	28	4.5	44.18	7908	179

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Ensayo de rotura de probetas con cemento Tipo HE

CEMENTO	a/c	Aditivo %	FECHA DE VACIADO	f'c	IDEN TESTIGOS	EDAD (días)	SLUMP (")	AREA	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-13	28	5	44.18	12680	287
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-14	28	5	44.18	12459	282
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-15	28	5	44.18	12635	286
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-16	28	5	44.18	12635	286
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-17	28	5	44.18	12547	284
HE	0.52	1.5	13/09/2015	210	KI-18	28	5	44.18	12459	282

Fuente: Elaboración propia

4.2. Resultados de la investigación;


A continuación se muestran los resultados de Ensayo a Compresión en la Tabla 40 y en la Tabla 41 se muestran los resultados del ensayo de Tenacidad.

Tabla 42 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP y HE

Edades	Cemento Tipo IP	Cemento Tipo HE
3	38	157
3	42	157
3	37	157
3	41	158
3	38	159
3	40	158
7	89	254
7	98	206
7	97	264
7	95	230
7	93	245
7	94	266
28	172	287
28	175	282
28	176	286
28	174	286
28	176	284
28	179	282

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43 Tabla de resultados del ensayo de tenacidad a los paneles de shotcrete con cemento Tipo IP y HE

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Laboratorio de Resistencia de Materiales			
	Unida : Minera Buenaventura - Orcopampa Tipos de cemento: Cemento HE vs Cemento IP			
CEMENTO HE			CEMENTO IP	
PANELES A-1 DE 28 DIAS a/c 0.52			PANEL B-1 DE 28 DIAS a/c 0.52	
Deformación	Energia Absorbida		Deformación	Energia Absorbida
$\delta=40$ mm	231.60	joules	$\delta=40$ mm	186.74 joules
$\delta=30$ mm	217.18	joules	$\delta=30$ mm	161.97 joules
$\delta=20$ mm	185.21	joules	$\delta=20$ mm	129.50 joules
$\delta=10$ mm	126.12	joules	$\delta=10$ mm	80.28 joules
Max carga	34.54	joules	Max carga	19.26 joules
Carga de Falla	27.30	KN	Carga de Falla	17.44 KN

Fuente: Elaboración propia

4.3. Contrastación de Hipótesis

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión en shotcrete patrón A/C 0.52 IP vs HE 3 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Como nuestros datos son pocos usamos la prueba de Normalidad Shapiro-Wilk

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.323 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 3 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.305 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 3 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días”, se muestran en la gráfica 1.

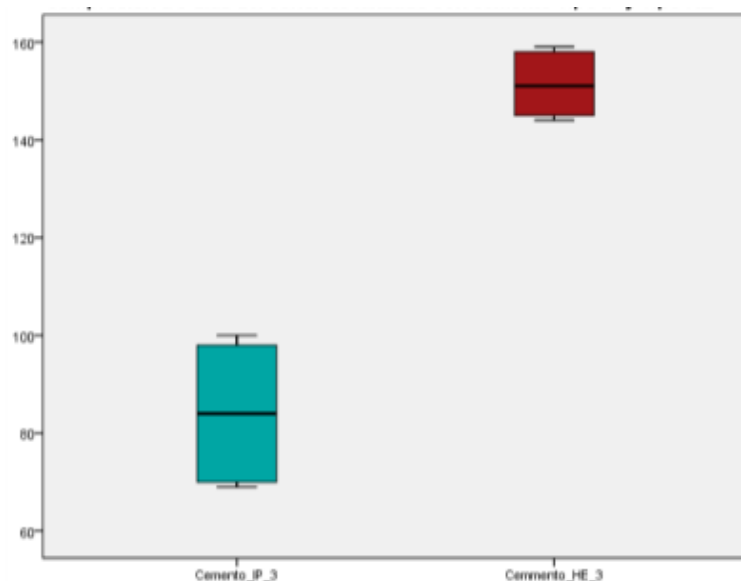


Gráfico 1 Diagrama de caja de resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento IP y tipo HE.

Fuente: Elaboración Propia

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión en shotcrete patrón en 7 días de los cementos IP Y HE

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Como nuestros datos son pocos usamos la prueba de Normalidad Shapiro-Wilk

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.505 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 7 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.961 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 7 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días”, se muestran en la gráfica 2.

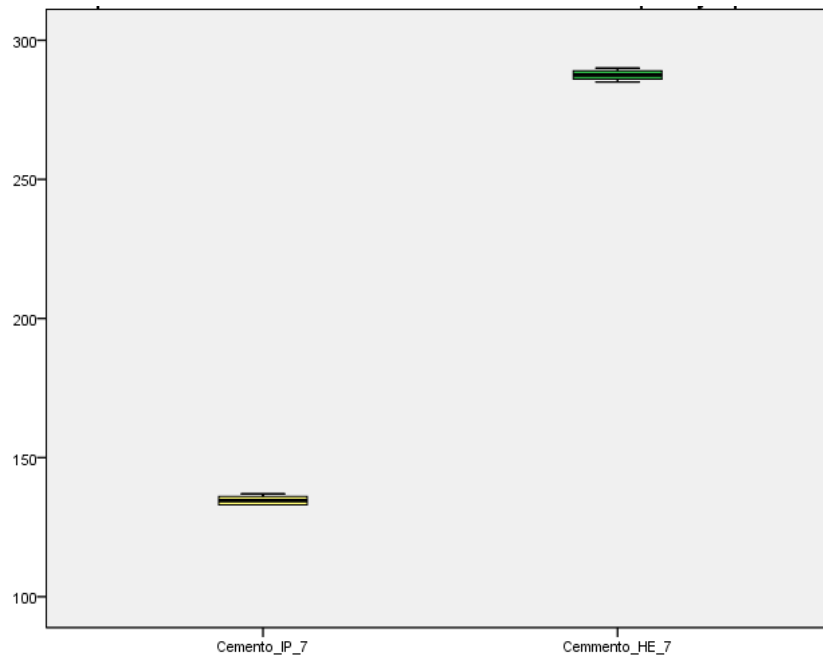


Gráfico 2 Diagrama de caja de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con tipo IP y tipo HE.

Fuente propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión en shotcrete lanzado a/c 0. 0.52 IP vs HE 3 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.557 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo

a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 3 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.091 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 3 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días”, se muestra en el grafico 3.

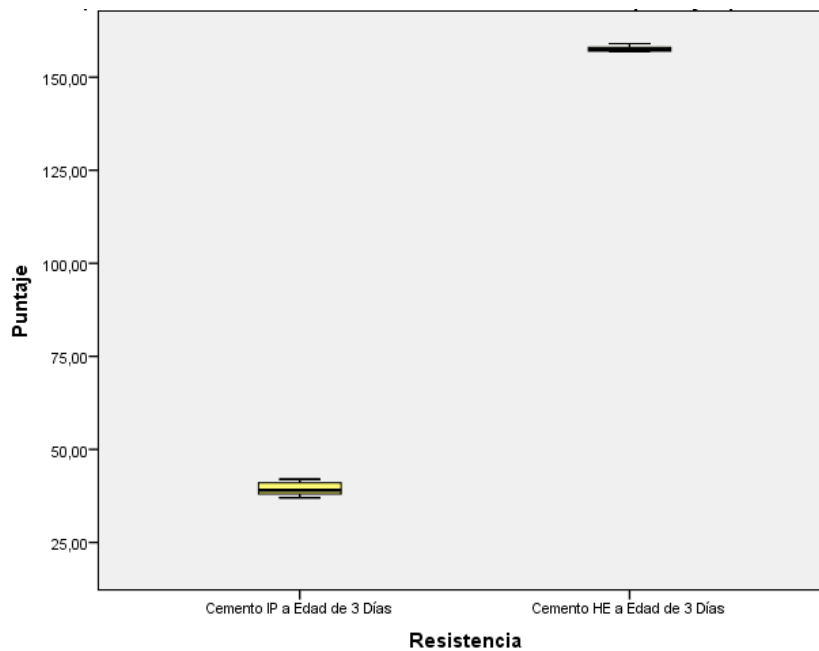


Gráfico 3 Diagrama de caja de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento tipo IP y tipo HE.

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión en shotcrete lanzado a/c 0. 0.52 IP vs HE 7 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Como nuestros datos son pocos usamos la prueba de Normalidad Shapiro-Wilk

Teniendo el valor de p-valor $0.772 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 7 días tiene una distribución normal”

Teniendo el valor de p-valor $0.447 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 7 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días”, se muestra en la grafica 4.

Aquí podemos ver la diferencia que existe entre los tipos de Cemento.

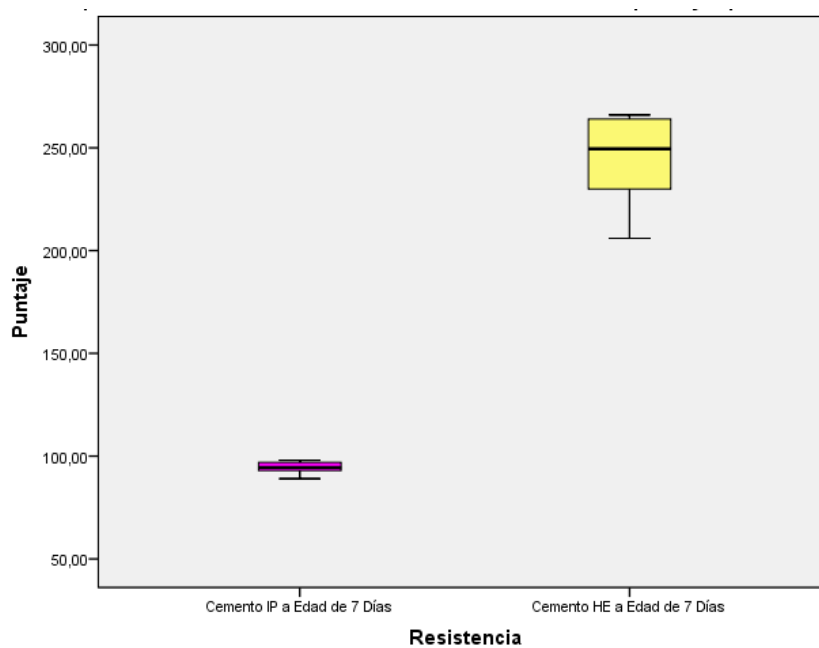


Gráfico 4 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión en shotcrete lanzado a/c 0. 0.52 IP vs HE 28 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.896 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 28 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.215 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 28 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS V22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 28 días”, se muestran en el gráfico 5.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de cada Tipo de Cemento Tenemos:

La media Aritmética del Cemento Tipo IP es 175,3333

La media Aritmética del Cemento Tipo HE es 284,5000

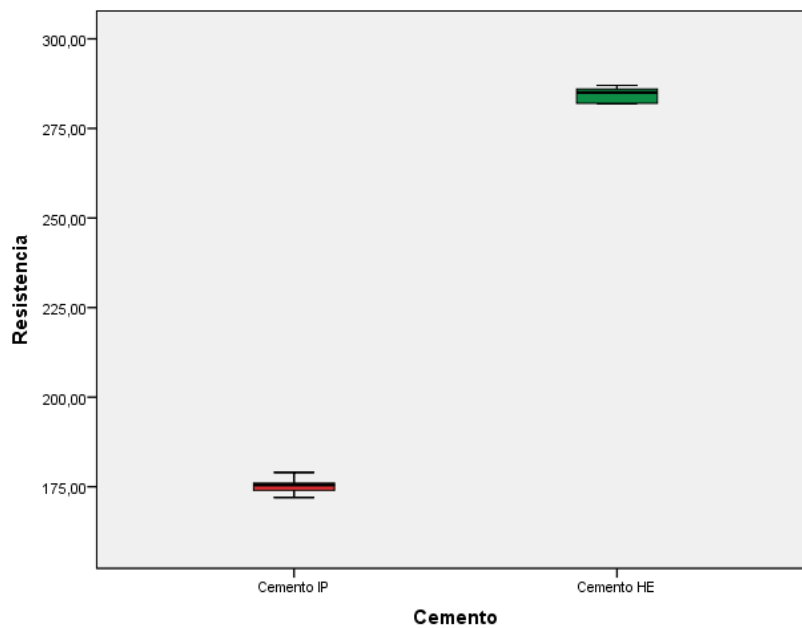


Gráfico 5 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión lanzado y patrón con cemento IP a 3 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP, a edad de 3 días: el p-valor $0.557 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP, a edad de 3 días: el p-valor $0.323 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS V22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días”

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3 días, se muestra en el gráfico 6.

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo IP a edad de 3 días es: 39,3333

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo IP a edad de 3 días es: 84,1667

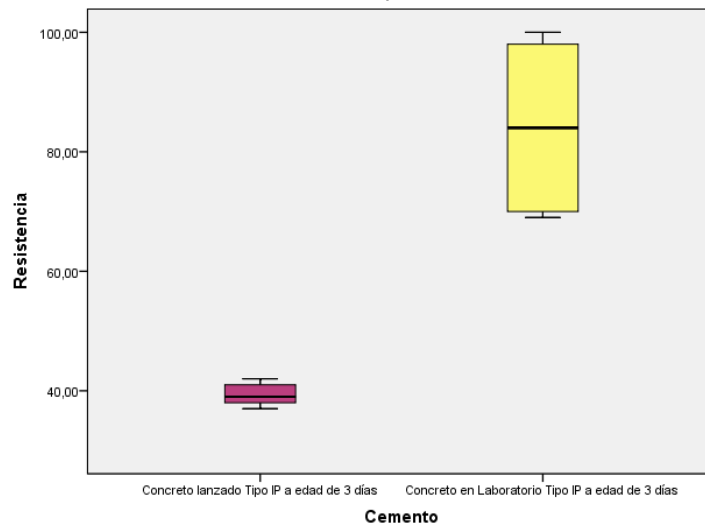


Gráfico 6 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión lanzado y patrón IP 7 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP, a edad de 7 días: el p-valor $0.772 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 7 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP, a edad de 7 días: el p-valor $0.505 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 7 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS V22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 7 días”, se muestra en el grafico 7.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo IP a edad de 7 días es: 94,3333

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo IP a edad de 7 días es: 134,6667

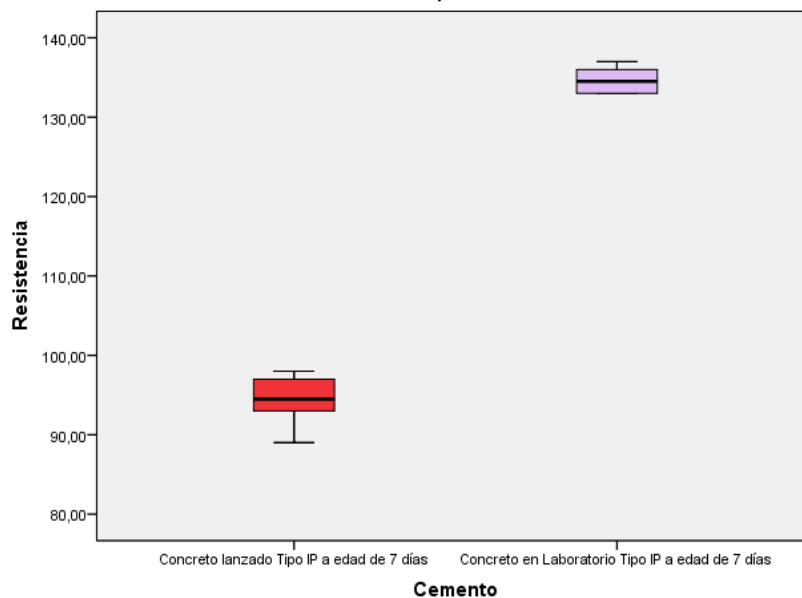


Gráfico 7 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP

Fuente: Elaboración Propia.

Aanálisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión
Lanzado y Patrón IP 28 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP, a edad de 28 días: el p-valor $0.896 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 28 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP, a edad de 28 días: el p-valor $0.091 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 28 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS V22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 28 días”, se muestra en el gráfico 8.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 28 días

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo IP a edad de 28 días es:
175,3333

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo IP a edad de 28 días es: 266,3333.

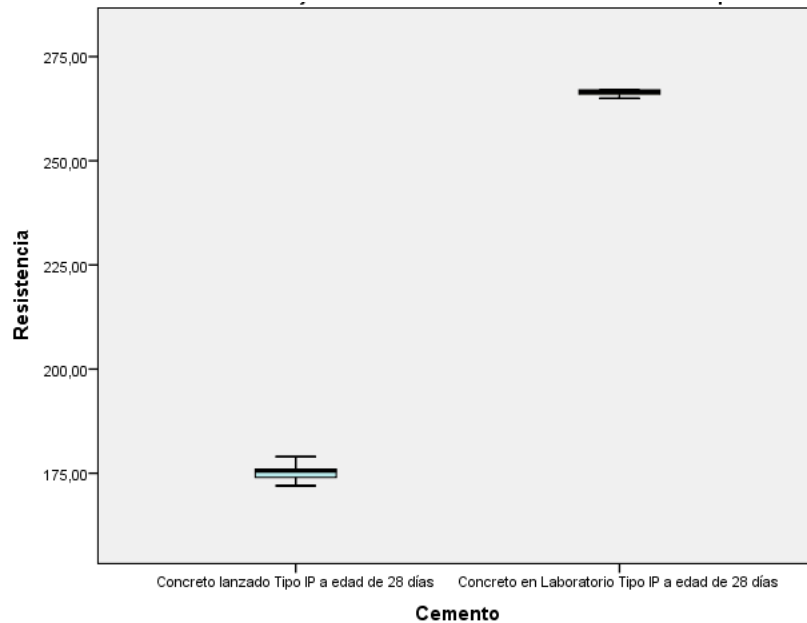


Gráfico 8 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión lanzado y patrón con cemento HE 3 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE, a edad de 3 días: el p-valor $0.305 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE, a edad de 3 días: el p-valor $0.091 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del

ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3 días tiene una distribución normal

Prueba T de Student

El SPSS V22 nos da un p-valor de $0.041 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días”, se muestra en el gráfico 9.

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 3 días es: 157,6667

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 3 días es: 151,3333

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

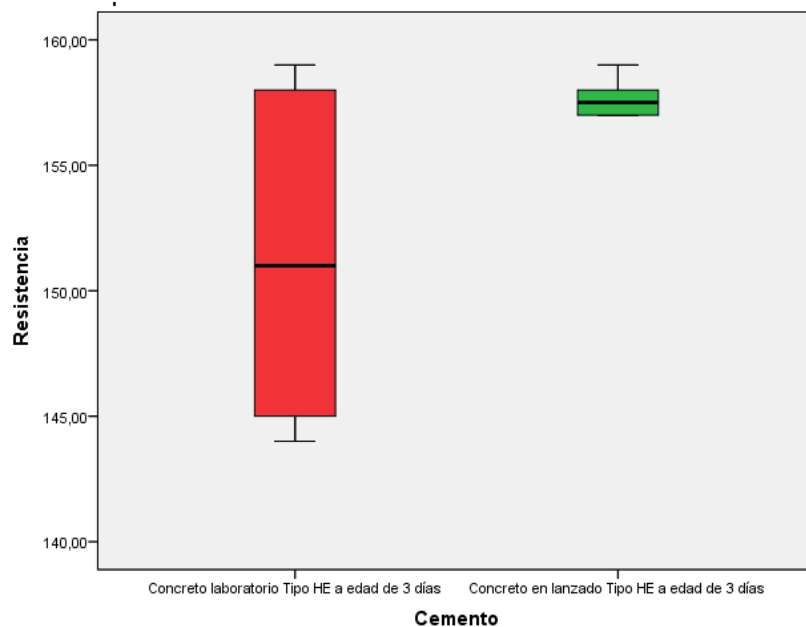


Gráfico 9 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión lanzado y patrón a HE 7 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE, a edad de 7 días: el p-valor $0.961 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 7 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE, a edad de 7 días: el p-valor $0.447 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 7 días tiene una distribución normal

Prueba T de Student

El SPSS V22 nos da un p-valor de $0.001 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 7 días” ”, se muestra en el gráfico 10.

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 7 días es:
244,1667

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 7 días es: 287,5000

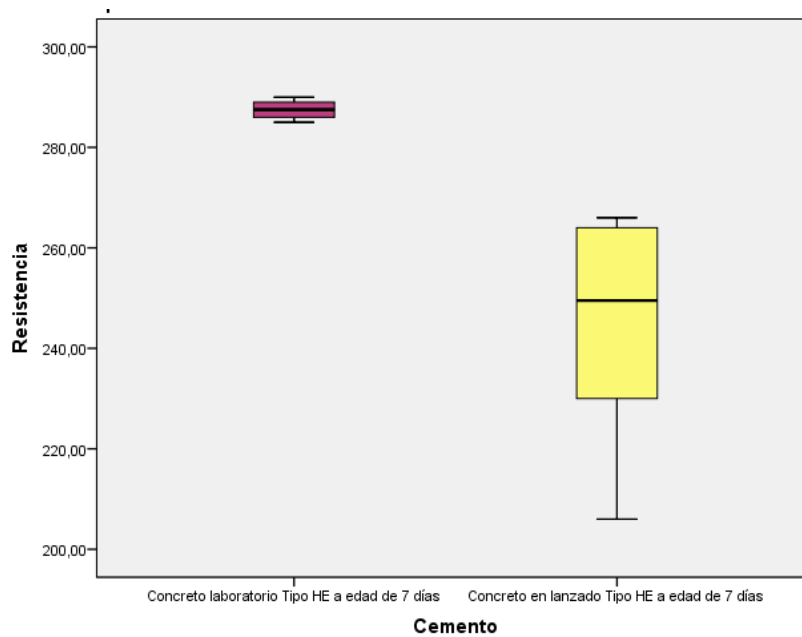


Gráfico 10 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 7 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión lanzado y patrón 0.52 HE 28 días

Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE, a edad de 28 días: el p-valor $0.505 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 28 días tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE, a edad de 28 días: el p-valor $0.215 > 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del

ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 28 días tiene una distribución normal”

Prueba T de Student

El SPSS V22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 28 días”, se muestra en el gráfico 11.

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 28 días es: 284,5000

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 28 días es: 409,6667

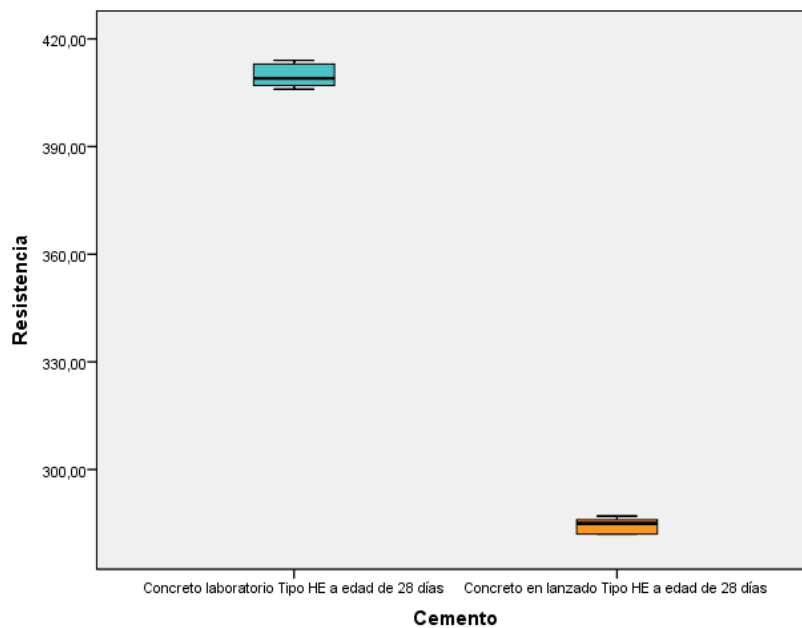


Gráfico 11 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión
concreto patrón relación a/c 0.52 cemento Tipo IP y Tipo HE

Concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión en análisis global.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente.

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP no tiene una distribución normal.”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.004 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE no tiene una distribución normal”

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la “t” de student.

Análisis estadístico de cada dimensión de la investigación

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de cada Tipo de Cemento Tenemos:

La Mediana del Cemento Tipo IP es 134,5000

La Mediana del Cemento Tipo HE es 287,5000

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas, se muestra en el gráfico 12.

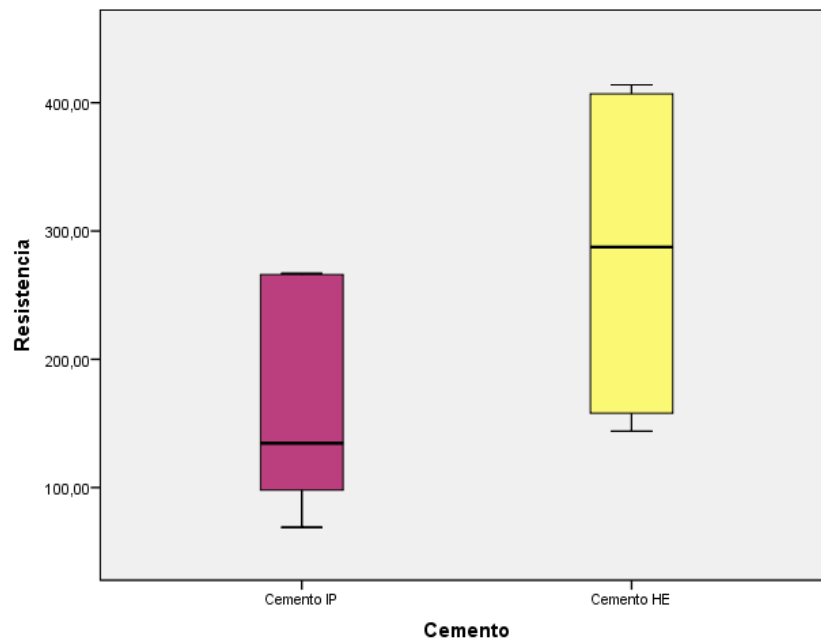


Gráfico 12 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión concreto lanzado relación a/c 0.52 cemento Tipo IP y Tipo HE

Concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión en análisis global.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la

compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente.

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

La normalidad la probamos usando Shapiro-Wilk

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.003 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP no tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE no tiene una distribución normal”

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la “t” de student.

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días”

La mediana del Cemento Tipo IP es 94,5000

La mediana del Cemento Tipo HE es 249,5000

Se observa que hay diferencias significativas entre las dos medidas, se muestra en el gráfico 13.

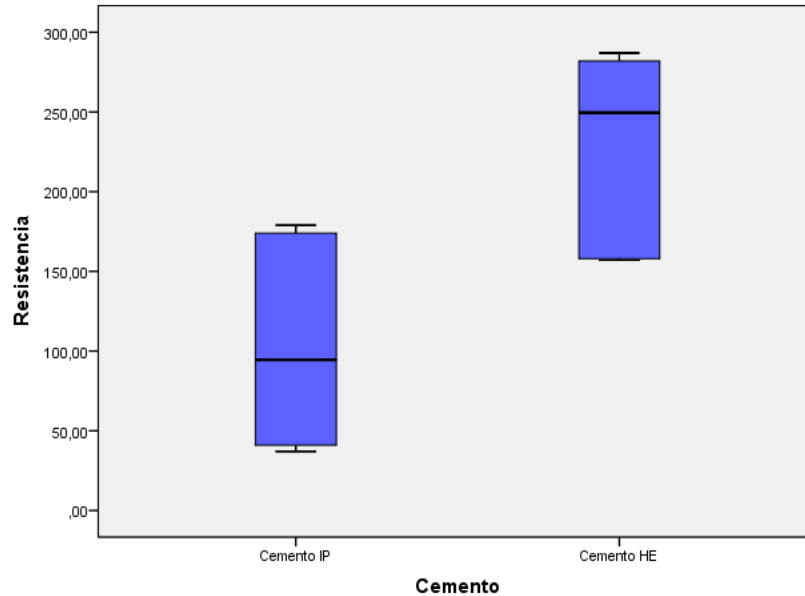


Gráfico 13 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión concreto lanzado y patrón relación a/c 0.52 cemento Tipo IP

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3,7 y 28 días. Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 3,7 y 28 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba

estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

El resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP, a edad de 3, 7 y 28 días: el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3,7 y 28 días no tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE, a edad de 3,7 y 28 días: el p-valor $0.003 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal”

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la “t” de student.

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.037 < 0.05$ esto quiere decir que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días, 7 días y 28 días”

Observación: de los datos obtenidos en la estadística tenemos:

La Mediana del Cemento lanzado Tipo IP es 134,5000

La Mediana del Cemento en laboratorio Tipo IP es 94,5000

Se puede observar que no hay mucha diferencia entre estas dos medidas, se muestran en el gráfico 14.

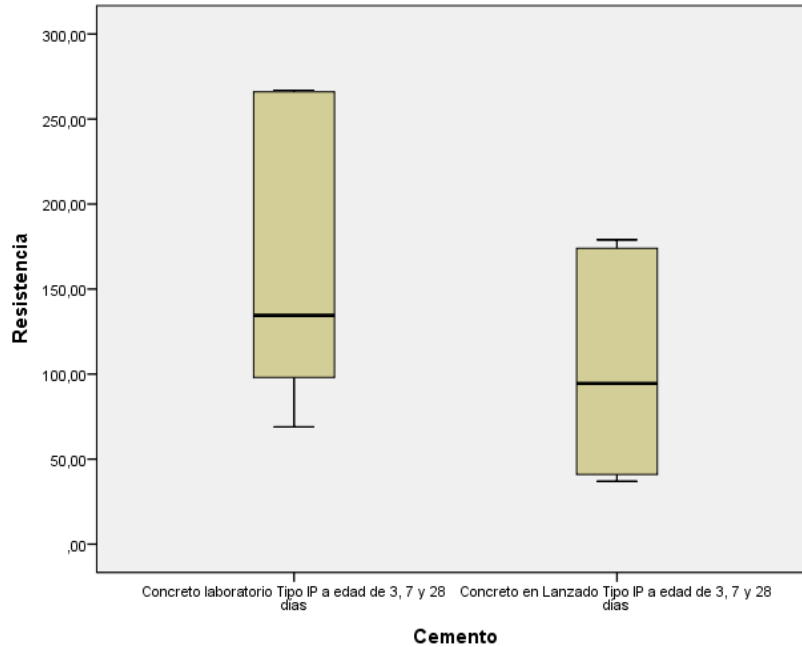


Gráfico 14 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis estadístico del ensayo de la resistencia a la compresión concreto lanzado y patrón relación a/c 0.52 cemento Tipo HE

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3,7 y 28 días. Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 3,7 y 28 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE a edad de 3, 7 y 28 días.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE, a edad de 3, 7 y 28 días: el p-valor $0.004 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE, a edad de 3, 7 y 28 días: el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal”

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la “t” de student.

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.068 > 0.05$ esto quiere decir que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna: “No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días”.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de tenemos:

La Media Aritmética del Cemento lanzado Tipo HE es 228,7778
La Media Aritmética en laboratorio Tipo HE es 282,8333

Se puede observar que no hay mucha diferencia entre estas dos medidas, se muestra en el gráfico 15.

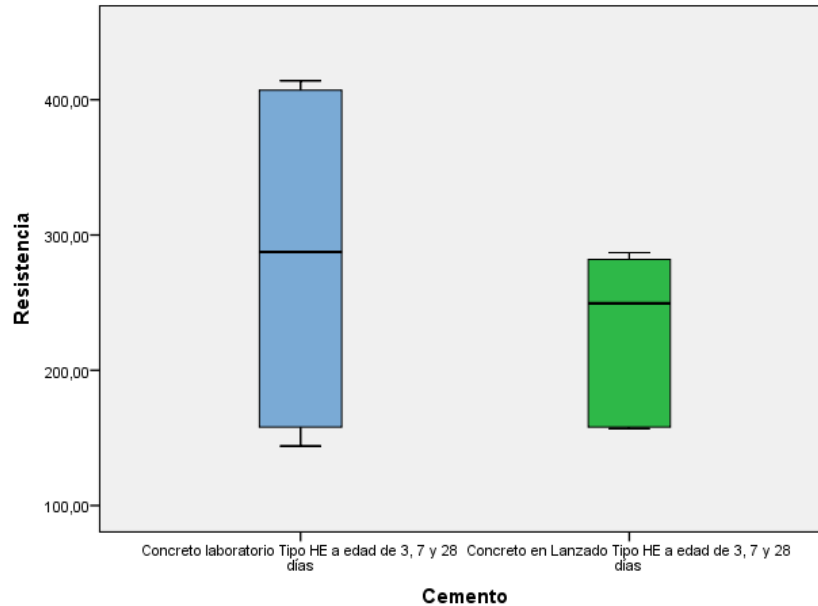


Gráfico 15 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TENACIDAD

La evaluación realizada de la muestra a través del grafico 16 y 18 son iguales, lo que se compara es el R cuadrado las cuales son cuadráticas observado en el Grafico 16 es 0.999 y del Grafico 18 es 0.9997, por lo cual tiene mejor performance; Si se evalúa como ecuaciones lineales podrá verse que el R cuadrado del grafico 17 es 0.9074 del grafico 19 es 0.9674, por lo cual definitivamente tiene mejor performance tiene el grafico 19 porque su R cuadrado se acerca a uno (1)

Regresión lineal del cemento HE

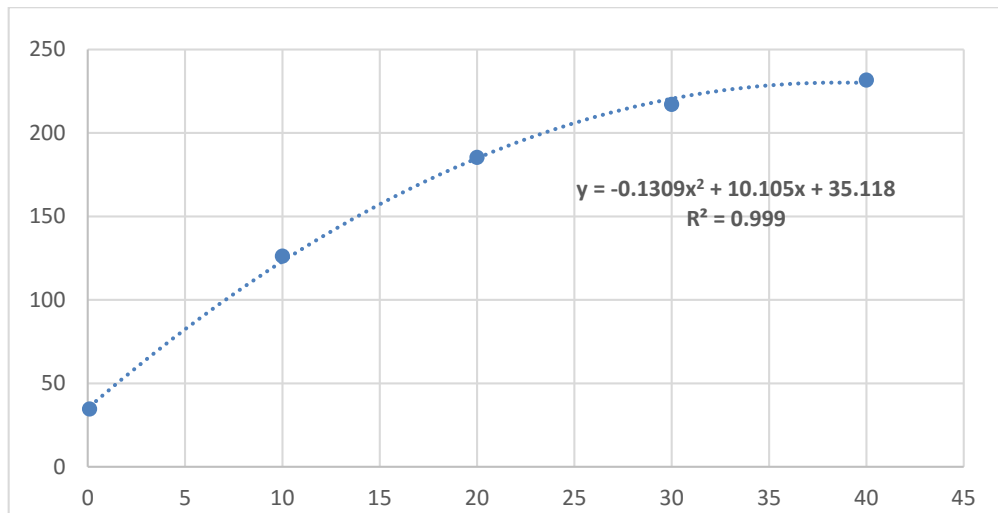


Gráfico 16 Tendencia parabólica de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo HE a/c 0.52.

Fuente: Elaboración Propia.

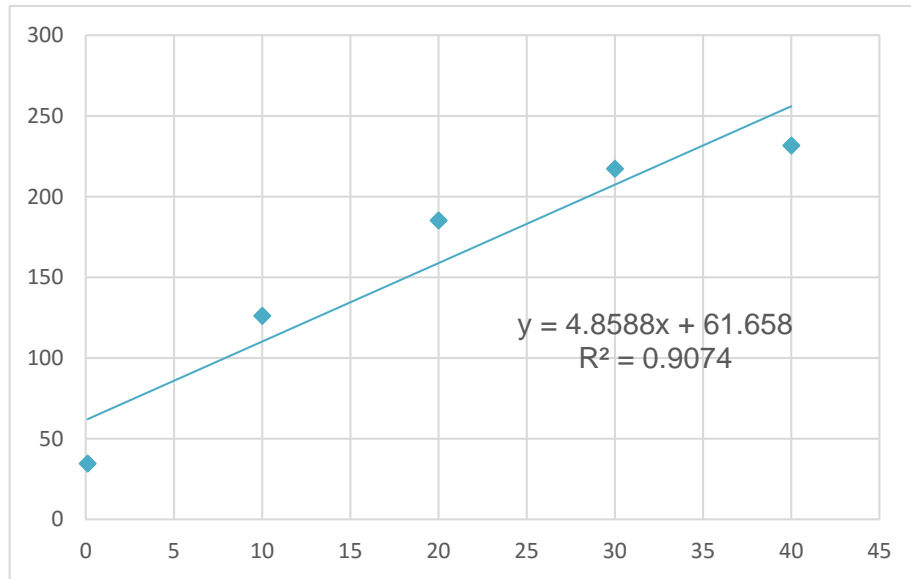


Gráfico 17 Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo HE a/c 0.52.
Fuente: Elaboración Propia.

Regresión lineal del cemento IP

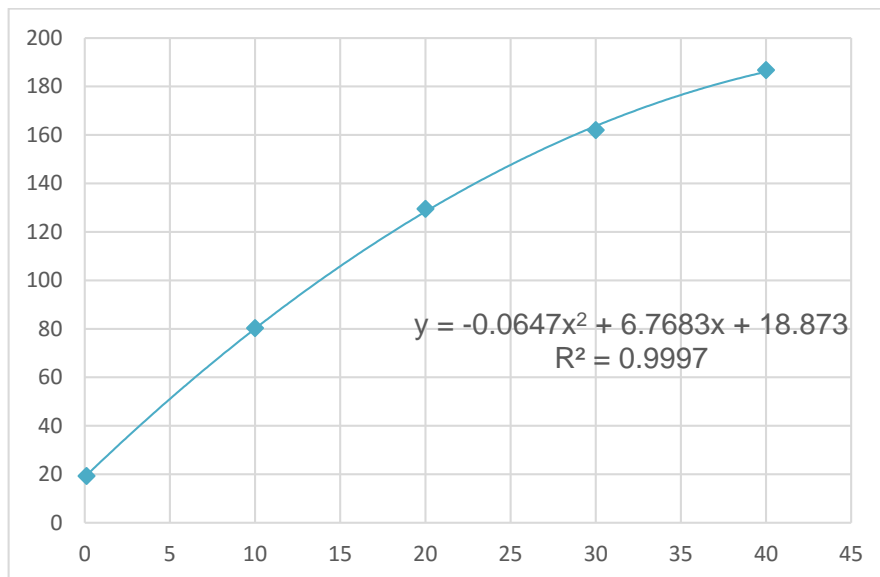


Gráfico 18 Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP a/c 0.52.
Fuente: Elaboración Propia.

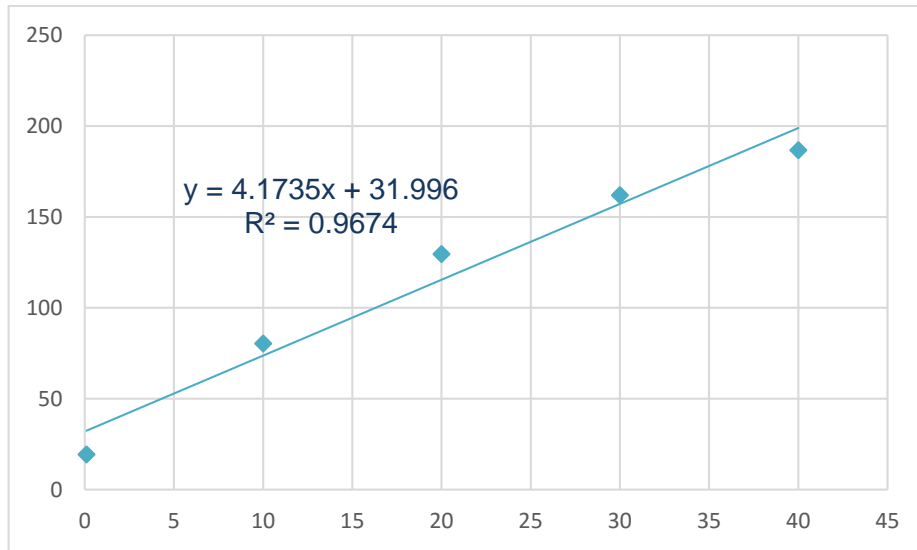


Gráfico 19 Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP a/c 0.52.
Fuente: Elaboración Propia.

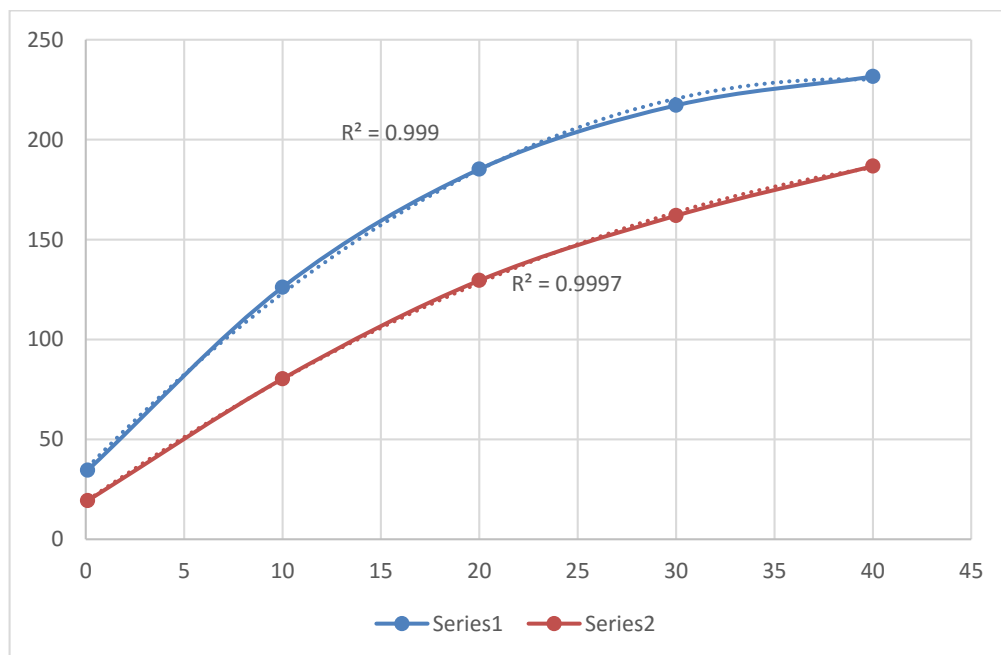


Gráfico 20 Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP y HE a/c 0.52.
Fuente: Elaboración Propia.

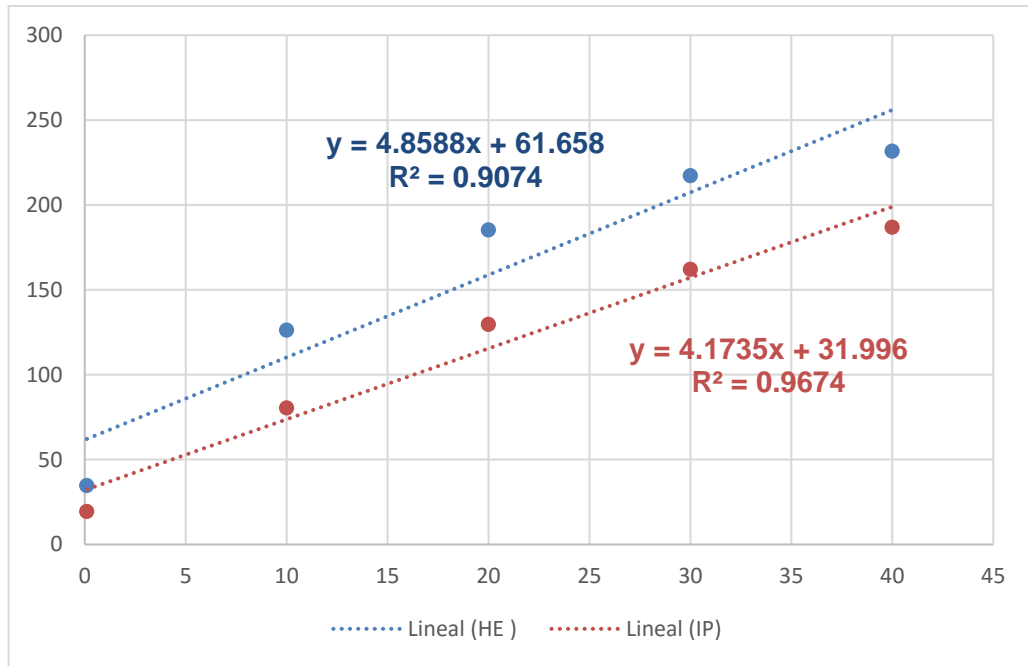


Gráfico 21 Tendencia de relación de la deformación vs energía absorbida con cemento Tipo IP y HE a/c 0.52.
Fuente: Elaboración Propia.

4.4. Discusiones

- El uso del cemento Tipo IP con un desempeño similar al del Tipo I y el cemento Tipo HE que supera al Tipo I en el alcance de resistencias a temprana edad, hicieron notables las diferencias en los resultados obtenidos al ser ensayados a compresión. Con respecto al cemento Tipo IP, estos resultados difieren a los mencionados en su ficha técnica dando resultados menores a los esperados. El cemento Tipo HE de acuerdo a la Norma ASTM C 1157 cumple con las resistencias requeridas en su totalidad de ensayos.
- Según el libro de: Túneles y Obras Subterráneas, las resistencias a la compresión mínimas a los 7 días es de 20 MPa y a los 28 días es de 25 MPa, tenemos que los valores del cemento Tipo HE, alcanzo las resistencias indicadas a estas edades; mientras que el cemento Tipo IP tiene variaciones en sus resultados, y no cumple en su totalidad de resultados este requisito.
- Con respecto a los ensayos realizados por Tengan (2011) usando el cemento Tipo I, difieren de las resistencias que hemos obtenido con el cemento Tipo IP, dando resistencias menores, teniendo estos dos Tipos de cemento características similares.
- En los ensayos de tenacidad de los paneles circulares, se aprecia la diferencia que existe entre ambos Tipos de cemento, aunque ambos dan resultados semejantes a los obtenidos por Beresovsky, A. (2008), la mejor combinación es la mezcla de la fibra y el cemento Tipo HE obteniendo un mejor desempeño.

CONCLUSIONES

- Los resultados estadísticos nos demuestran que si existen diferencias significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE en su totalidad de edades ensayadas, las resistencias del cemento Tipo HE tiene un mayor desempeño que las resistencias obtenidas con el cemento Tipo IP.
- En el análisis estadístico de los ensayos de tenacidad se observa que el cemento Tipo IP tiene una mejor capacidad para absorber energía.
- Para alcanzar un concreto de alta resistencia inicial, se ha comprobado que las características del cemento influyen en los resultados, el cemento Tipo HE no solo presenta la más alta resistencia sino que además posee la característica de tener mejor trabajabilidad, siendo un requisito fundamental para la aplicación del shotcrete con el robot de lanzado.
- Para lograr una óptima comparación de cementos, todos los ensayos deben realizarse con el mayor control de calidad posible de los materiales, los equipos y los procedimientos de acuerdo a las normas y estándares.
- Al utilizar dos tipos de muestreo: laboratorio y campo, existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a edades de 3 días, 7 días y 28 días, se muestra un resumen de los resultados en la Tabla 41.

Tabla 44 Tabla de resumen del ensayo de resistencia a la compresión con cemento Tipo IP y HE

Modo de ensayo	Laboratorio				Lanzado			
	HE	a/c	IP	a/c	HE	a/c	IP	a/c
Edad	0.52		0.52		0.52		0.52	
3 días	154		89		158		40	
28 días	408		267		230		95	

Fuente: Elaboración propia

- Al utilizar el cemento Tipo IP en condiciones al interior de la mina, se comprobó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión a Edad de 3 días, 7 días y 28 días con respecto a los resultados obtenidos en laboratorio.
- El cemento tipo HE no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos del muestreo en laboratorio y el muestreo con el robot de lanzado a edades de 3 días, 7 días y 28 días.
- De acuerdo a la composición del cemento en beneficio al medio ambiente debemos considerar el uso de cementos adicionados, ya que las adiciones reducen el porcentaje de Clincker usado en su composición reduciendo el porcentaje de la contaminación industrial.
- En lo que respecta al costo por bolsa de cemento, no se muestra una diferencia significativa, por lo cual consideramos eficiente la utilización del cemento de tipo HE para la colocación de shotcrete.

RECOMENDACIONES

- Se realizó los ensayos en laboratorio y se realizaron los ensayos en interior mina exponiendo el shotcrete a condiciones reales y con el equipo de lanzado de shotcrete; ya que el moldearlo en el laboratorio es solamente un aproximado de lo que se puede alcanzar mediante la proyección neumática, especialmente para el método de proyección vía seca debido a que el rápido tiempo de fragua evito un buen moldeado de probetas
- Al ampliar la cantidad de muestras y seguir variando un poco más las dosificaciones de aditivo es posibles identificar que en cada ensayo el comportamiento del cemento respecto a la trabajabilidad del concreto fresco tiene una reacción diferente, por lo cual se recomienda realizar ensayos de mantención ya que cabe la posibilidad que no sea compatible.
- Es posible ampliar la investigación y no solamente analizar la performance del producto en sí, si no que al tener en cuenta aspectos más amplios, como por ejemplo compatibilidad con los aditivos utilizados, los servicios de transporte o de venta y post venta, se puede generar un modelo de comparación más amplio que genere un mejor conocimiento de los proveedores y sus productos al momento de realizar la logística de las obras pero cabe resaltar que siempre se debe partir de una investigación técnica.

- Los ensayos de tenacidad deberían realizarse según la norma vigente utilizando ya sea los paneles cuadrados (como los específicos la EFNARC) o los circulares (como lo especifica la ASTM) además la realización de dichos ensayos con equipos automatizados mejora la precisión de los resultados de manera considerable y facilita el procedimiento de ensayo.
- Para lograr una óptima comparación de cementos se debe considerar realizar los ensayos en campo a condiciones reales y con el equipo de lanzado de shotcrete; con el mayor control de calidad posible de los materiales, los equipos y los procedimientos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias bibliográficas

AASHTO M 85 () Especificaciones para el Cemento Portland, EEUU.

ACI 560 R (1995) Guía del Shotcrete, EEUU.

Alvarado B, Arteaga H., Antonio L. (2004). Aplicación del concreto lanzado en estabilización de taludes anclados y revestimiento de elementos estructurales. El salvador.

ASTM 1550 (2012) Método de prueba estándar para la flexión Resistencia del hormigón reforzado con fibras (Usando panel redondo), EEUU.

ASTM C 1140 (2011) Práctica estándar para la preparación y análisis de muestras de paneles de prueba de hormigón proyectado.

ASTM C 1157 Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos

ASTM C 143 (2010) Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico.

ASTM C 150 () Especificación Estándar para el Cemento Portland.

ASTM C 311 (2013) Métodos de prueba estándar para el muestreo y pruebas de cenizas volantes o puzolanas naturales para uso en Portland- Cemento Concreto

ASTM C 403 (2008) Método de prueba estándar para tiempo de fraguado de mezclas de hormigón de resistencia de penetración.

ASTM C 595 (2009) Especificación Normalizada para Cementos Adicionados Hidráulicos.

ASTM C 618 (2012) Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Crudo o Calcinada para Uso en Concreto

ASTM C-136 (2014) Método de prueba estándar para análisis granulométrico de agregados finos y gruesos.

ASTM C-143. (1998).Método del Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico.

ASTM C-33 (2003) Especificación Normalizada de Agregados para concreto.

ASTM C-330 (2004) Especificación estándar para ligeros agregados de Hormigón Estructural.

Beresovsky De las C. (2008). Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas. Perú.

Bermudez, J (1999). Estudio comparativo de Diseño de Mezcla en peso y volumen con cemento Portland Puzolanico tipo IP.

EFNARC (1999) Especificación Europea para Concreto Proyectado.

Guzmán Z. (2008) Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda en la mina cobriza, Perú.

Hofler, J. & Schlumpf, J. (2004). Concreto proyectado en la construcción de túneles. Introducción a la tecnología básica del concreto proyectado.

Kosmatka, S. – Kerkhoff, B. – Panarese, W. – Tanesi, J. (2004) Diseño y control de mezclas de concreto. PCA

Martínez, J (2011) Análisis del concreto lanzado como revestimiento definitivo para túneles. Colombia, Bogotá.

Melbye, T. & Garshol, K.F (2000). Shotcrete para soporte de rocas. Departamento de construcciones subterráneas, MBT International Underground Zurich-Suiza

Neville, A. (1998) Tecnología del cemento. México.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2380 (2011), Ecuador.

NTP 334.006 (2003) Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat, Perú

NTP 334.009 (2005) Cemento Portland. Requisitos, Perú.

NTP 334.082 (2001) Cemento Portland. Especificación de la performance.

NTP 334.090 (2013) Cementos Portland adicionados. Requisitos

NTP 339.185 (2002) Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Perú

NTP 339.035 (1999) Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.

NTP 339.082(2001) Método de ensayo para la determinación de tiempo de fraguado en la mezcla por penetración.

NTP 339.191 (2006) Especificación normalizada para los aditivos utilizados en concreto proyectado.

NTP 339.198 2006 Especificación normalizada para los materiales utilizados en concreto proyectado

NTP 339.202 2006 Especificación normalizada para el muestreo de materiales utilizados en concreto proyectado

NTP 400 012 (2001) Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

NTP 400 022(2002) Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

NTP 400.014 (1977) Método de ensayo para la determinación cualitativa de cloruros y sulfatos

Pasquel, E. (1998) Tópicos de Tecnología del concreto

Rey, A. – Pardo, G.- Hurtado, R. (2010) Túneles y Obras Subterráneas. España.

Tengan, Sh. (2011).Análisis comparativo de aditivos acelerantes de fragua libres de álcalis para concreto proyectado o Shotcrete. Perú

Vásquez E. (2007) Concreto de alto desempeño con elevado consumo de ceniza volante. México, UNAM, Instituto de Ingeniería.

Referencias electrónicas

Monsalve, C. (2007) “Ajuste de la docilidad en hormigones con aditivo incorporador de aire disminuyendo la dosis de agua y determinar la influencia en la resistencia mecánica” Tesis Virtual.

<http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/cementos-hidraulicos-tipo-gu-tipo-he.html>

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	INDICADORES	INDICE	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>Problema general ¿Cuál la diferencia del concreto lanzado con el cemento tipo IP y tipo HE desde el análisis de Resistencia a la Compresión y Tenacidad para revestimiento de túneles de la mina Orocopampa-Arequipa?</p> <p>Problema específico ¿Cuáles son las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de tenacidad, para revestimiento de túneles de la mina Orocopampa-Arequipa?</p> <p>¿Cuáles son las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, para revestimiento de túneles de la mina Orocopampa-Arequipa?</p>	<p>Objetivo general Determinar las diferencias del concreto lanzado con el cemento tipo IP y tipo HE desde el análisis de Resistencia a la Compresión y Tenacidad en el revestimiento del túnel de la mina Orocopampa-Arequipa.</p> <p>Objetivo específico Determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de tenacidad, en el revestimiento de túneles de la mina Orocopampa-Arequipa.</p> <p>Determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orocopampa-Arequipa.</p>	<p>Hipótesis General Al determinar las diferencias del concreto lanzado con el cemento tipo IP y tipo HE desde el análisis de Resistencia a la Compresión y Tenacidad en el revestimiento del túnel de la mina Orocopampa-Arequipa, se establece cual de los cementos es el más eficiente.</p> <p>Hipótesis específico Al determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de tenacidad, en el revestimiento de túneles de la mina Orocopampa-Arequipa, se establece cual de los cementos es el más eficiente.</p> <p>Al determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orocopampa-Arequipa, se establece cual de los cementos es el más eficiente.</p>	<p>Variable independiente Concreto lanzado con cemento tipo IP</p> <p>Variable dependiente -Análisis de resistencia a la compresión -Análisis de tenacidad</p> <p>Variable independiente Concreto lanzado con cemento tipo HE</p> <p>Variable dependiente -Análisis de resistencia a la compresión -Análisis de tenacidad</p>	<p>Ensayo de tenacidad</p> <p>Ensayo de Resistencia a la compresión</p> <p>Ensayo de tenacidad</p> <p>Ensayo de Resistencia a la compresión</p>	<p>Realizar el muestreo y el ensayo para evaluar la tenacidad del shotcrete a 28 días</p> <p>Realizar el muestreo y el ensayo para evaluar la resistencia a la compresión del shotcrete a 3, 7, 28 días</p> <p>Realizar el muestreo y el ensayo para evaluar la tenacidad del shotcrete a 28 días</p> <p>Realizar el muestreo y el ensayo para evaluar la resistencia a la compresión del shotcrete a 3, 7, 28 días</p>	<p>La Investigación básica, del tipo de investigación cuantitativa, descriptivo, aplicadas y empírica.</p> <p>El tipo de diseño de la investigación según el estudio es cuasi experimental, prospectivo por la cronología de observación, transversal según el número de mediciones, descriptivo comparativo, explicativo.</p>

ANEXOS 02: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

IP vs HE 3 días laboratorio

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE en laboratorio

Relación Agua Cemento	Cemento IP	Cemento HE
0.52	100	144
0.52	98	145
0.52	70	148
0.52	79	154
0.52	89	158
0.52	69	159

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 3 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 3 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla Prueba de normalidad ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE en laboratorio

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento IP	0,185	6	0,200*	0,891	6	0,323
Cemento HE	0,194	6	0,200*	0,887	6	0,305
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE a Edad de 3 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días.

Tabla Estadísticas de grupo ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE en laboratorio

Resistencia	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Cemento IP	6	84,1667	13,58553	5,54627
Cemento HE	6	151,3333	6,56252	2,67914

Fuente: Elaboración propia

Tabla Prueba de muestras independientes ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE en laboratorio

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	6,716	0,027	-10,905	10	,000	-67,16667	6,15946	-80,89079	-53,44255
No se asumen varianzas iguales			-10,905	7,213	,000	-67,16667	6,15946	-81,64476	-52,68857

Fuente: Elaboración propia

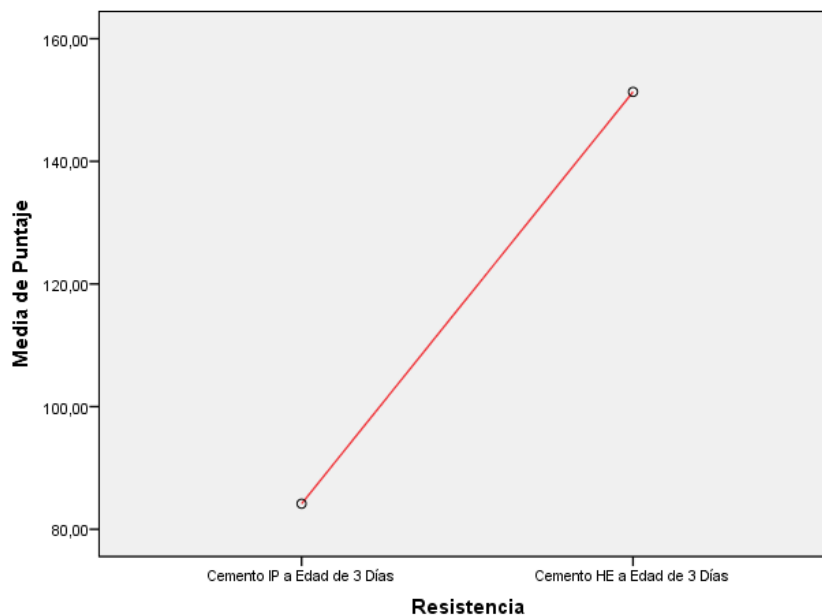


Gráfico 22 Tendencia de medias Aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento tipo IP y tipo HE

Fuente: Elaboración propia.

Este grafico de medias aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia entre las medias aritméticas lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis que nos dice “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días”.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de cada Tipo de Cemento, en donde hay diferencias significativas, de esto se Tiene:

La Media Aritmética del Cemento Tipo IP es 84,1667

La Media Aritmética del Cemento Tipo HE es 151,3333

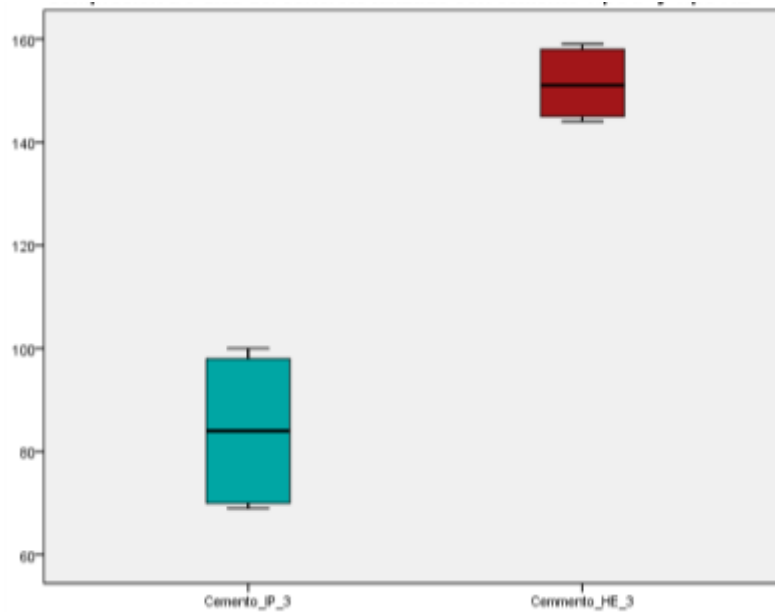


Gráfico 23 Diagrama de caja de resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento IP y tipo HE.

Fuente: Elaboración Propia

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia entre las medianas lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis que nos dice “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días”.

IP vs HE 7 días laboratorio

Concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE en laboratorio

Relación Agua Cemento	Cemento IP	Cemento HE
0.52	137	289
0.52	135	288
0.52	136	290
0.52	134	285
0.52	133	287
0.52	133	286

Fuente: Elaboración propia

Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE en laboratorio

Descriptivos				
Estadístico			Error estándar	
Cemento IP	Media		134,6667	0,66667
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	132,9529	
		Límite superior	136,3804	
	Media recortada al 5%		134,6296	
	Mediana		134,5000	
	Varianza		2,667	
	Desviación estándar		1,63299	
	Mínimo		133,00	
	Máximo		137,00	
	Rango		4,00	
	Rango intercuartil		3,25	
	Asimetría		,383	0,845
Curtosis		-1,481	1,741	
Cemento HE	Media		287,5000	0,76376
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	285,5367	
		Límite superior	289,4633	
	Media recortada al 5%		287,5000	
	Mediana		287,5000	
	Varianza		3,500	
	Desviación estándar		1,87083	
	Mínimo		285,00	
	Máximo		290,00	
	Rango		5,00	
	Rango intercuartil		3,50	
	Asimetría		,000	0,845
Curtosis		-1,200	1,741	

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 7 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 7 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 7 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 7 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE en laboratorio

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento IP	0,180	6	0,200*	0,920	6	0,505
Cemento HE	0,122	6	0,200*	0,982	6	0,961
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE a Edad de 7 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días.

Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE en laboratorio

Resistencia	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Cemento IP	6	134,6667	1,63299	0,66667
Cemento HE	6	287,5000	1,87083	0,76376

Fuente: Elaboración Propia

Muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE en laboratorio

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	,125	,731	-150,754	10	,000	-152,83333	1,01379	-155,09221	-150,57446
No se asumen varianzas iguales			-150,754	9,821	,000	-152,83333	1,01379	-155,09781	-150,56886

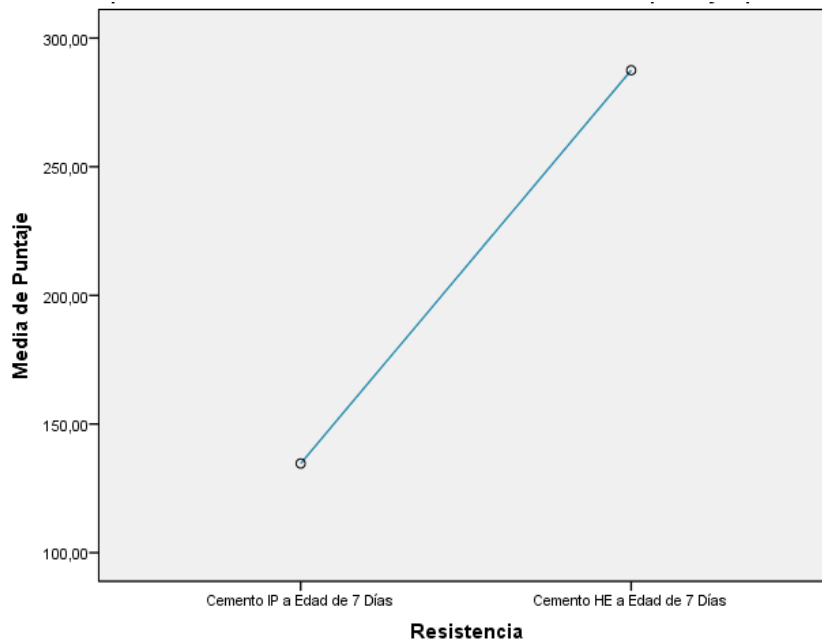


Figura 1 Diagrama de medias aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días con cemento tipo IP y tipo HE. Fuente propia

Este grafico medias aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días”.

Cemento IP: Media Aritmética 134,6667

Cemento HE: Media Aritmética 287,5000

Aquí podemos ver la diferencia que existe entre los tipos de Cemento.

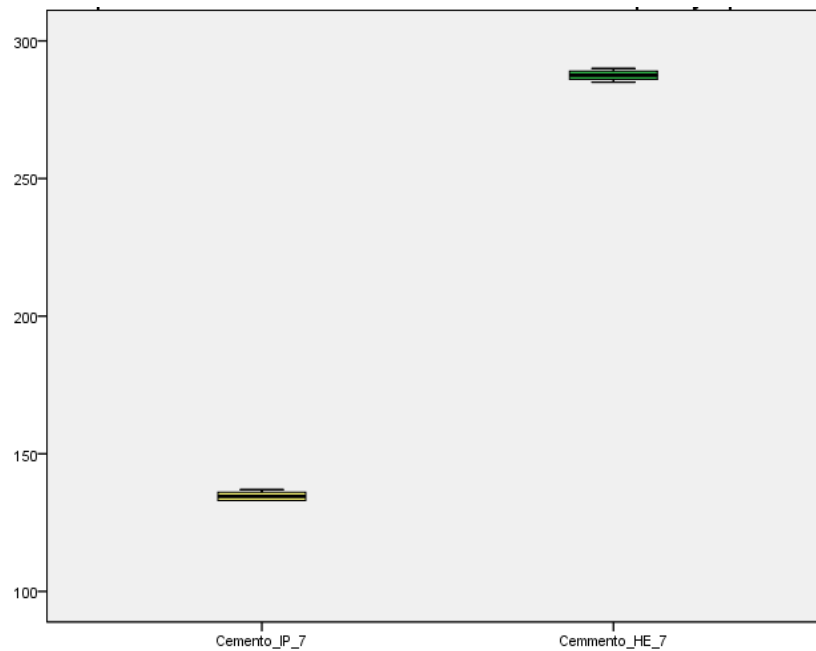


Figura 2 Diagrama de caja de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con tipo IP y tipo HE.

Fuente propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Cemento IP: Mediana 134,5000

Cemento HE: Mediana 287,5000

Aquí podemos ver la diferencia que existe entre los tipos de Cemento.

Lanzado IP vs HE 3 días

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que la distribución de los datos es normal.

Tabla N° 52 de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Relación Agua Cemento	Cemento IP	Cemento HE
0.52	38	157
0.52	42	157
0.52	37	157
0.52	41	158
0.52	38	159
0.52	40	158

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE

Descriptivos				
Resistencia		Estadístico	Error estándar	
Cemento IP	Media		39,3333	,80277
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	37,2697	
		Límite superior	41,3969	
	Media recortada al 5%		39,3148	
	Mediana		39,0000	
	Varianza		3,867	
	Desviación estándar		1,96638	
	Mínimo		37,00	
	Máximo		42,00	
	Rango		5,00	
	Rango intercuartil		3,50	
	Asimetría		,254	,845
Curtosis		-1,828	1,741	
Cemento HE	Media		157,6667	,33333
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	156,8098	
		Límite superior	158,5235	
	Media recortada al 5%		157,6296	
	Mediana		157,5000	
	Varianza		,667	
	Desviación estándar		,81650	
	Mínimo		157,00	
	Máximo		159,00	
	Rango		2,00	
	Rango intercuartil		1,25	
	Asimetría		,857	,845
Curtosis		-,300	1,741	

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 3 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 3 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 3 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 3 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla Prueba de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE

Resistencia	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento IP	,251	6	,200*	,927	6	,557
Cemento HE	,293	6	,117	,822	6	,091
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE a Edad de 3 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días.

Tabla Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE

Resistencia	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Cemento IP	6	39,3333	1,96638	,80277
Cemento HE	6	157,6667	,81650	,33333

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Prueba de muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP y HE

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	9,000	,013	-136,136	10	,000	-118,33333	,86923	-120,27009	-116,39657
No se asumen varianzas iguales			-136,136	6,674	,000	-118,33333	,86923	-120,40923	-116,25743

Fuente: Elaboración Propia

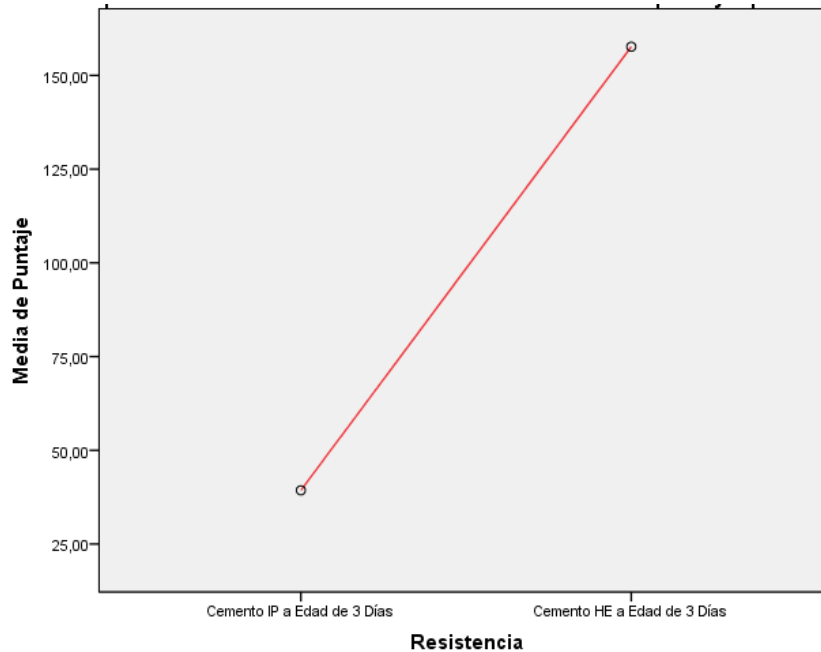


Grafico42 Diagrama de Medias Aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento tipo IP y tipo HE.

Este gráfico de medias aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia entre las medias aritméticas lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis que nos dice “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días”.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de cada Tipo de Cemento, en donde hay diferencias significativas, de esto se Tiene:

La Media Aritmética del Cemento Tipo IP es 39,3333

La Media Aritmética del Cemento Tipo HE es 157,6667

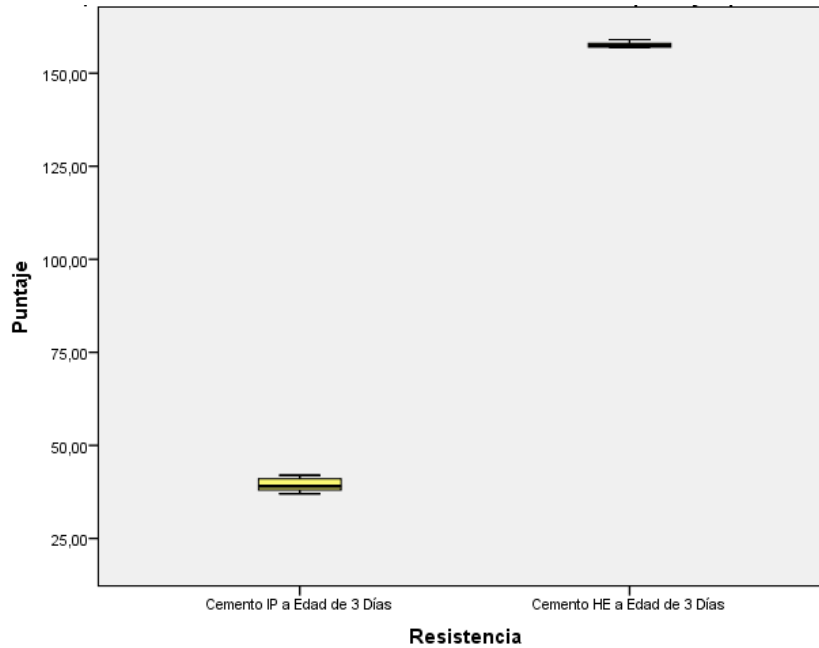


Grafico 1 Diagrama de caja de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento tipo IP y tipo HE.

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da **la mediana** de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia entre las medianas lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis que nos dice “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días”.

IP vs HE 7 días lanzado

Concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Relación Agua Cemento	Cemento IP	Cemento HE
0.52	89	254
0.52	98	206
0.52	97	264
0.52	95	230
0.52	93	245
0.52	94	266

Fuente: Elaboración Propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Descriptivos				
Resistencia			Estadístico	Error estándar
Cemento IP	Media		94,3333	1,30809
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	90,9708	
		Límite superior	97,6959	
	Media recortada al 5%		94,4259	
	Mediana		94,5000	
	Varianza		10,267	
	Desviación estándar		3,20416	
	Mínimo		89,00	
	Máximo		98,00	
	Rango		9,00	
	Rango intercuartil		5,25	
	Asimetría		-,780	,845
	Curtosis		,682	1,741
Cemento HE	Media		244,1667	9,35385
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	220,1218	
		Límite superior	268,2115	
	Media recortada al 5%		245,0741	
	Mediana		249,5000	
	Varianza		524,967	
	Desviación estándar		22,91215	
	Mínimo		206,00	
	Máximo		266,00	
	Rango		60,00	
	Rango intercuartil		40,50	
	Asimetría		-,980	,845
	Curtosis		,236	1,741

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 7 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 7 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 7 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 7 días no tiene una distribución normal.

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Resistencia	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento IP	,172	6	,200*	,954	6	,772
Cemento HE	,181	6	,200*	,912	6	,447
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE a Edad de 7 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días.

Tabla N° 60 Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Resistencia	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Cemento IP	6	94,3333	3,20416	1,30809
Cemento HE	6	244,1667	22,91215	9,35385

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 61 Prueba de muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	8,378	,016	-15,864	10	,000	-170,87781	9,44487	-170,87781	-128,78885
No se asumen varianzas iguales			-15,864	6,674	,000	-173,83992	9,44486	-173,83992	-125,82674

Fuente: Elaboración Propia

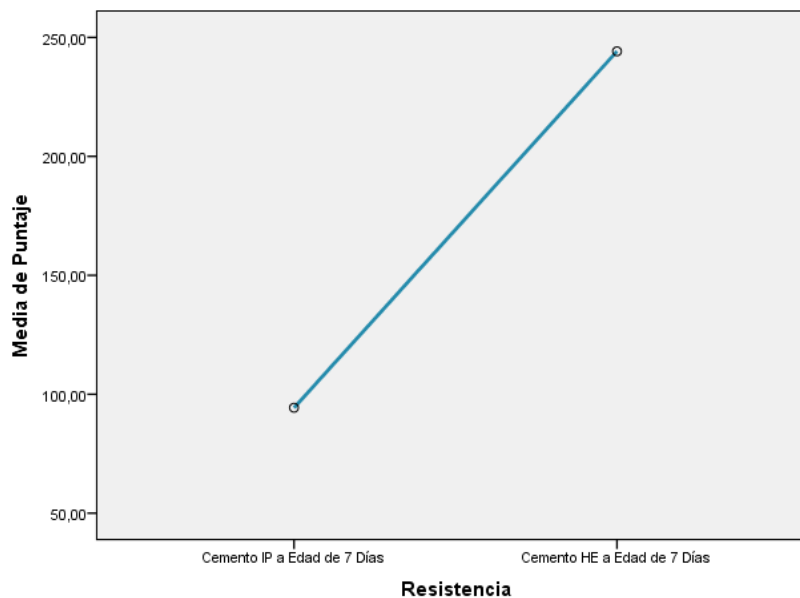


Gráfico 2 Diagrama de Medias aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto con cemento Tipo IP y Tipo HE.

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico medias aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias aritméticas en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 7 días”.

Cemento IP: Media Aritmética 94,3333

Cemento HE: Media Aritmética 244,1667

Aquí podemos ver la diferencia que existe entre los tipos de Cemento.

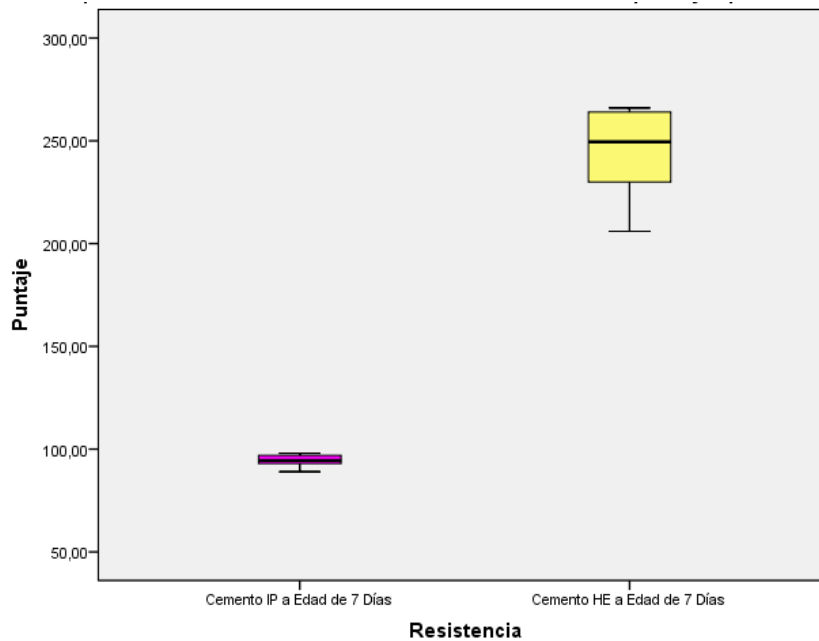


Grafico 3 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Cemento IP: Mediana 94,5000

Cemento HE: Mediana 249,5000

Aquí podemos ver la diferencia que existe entre los tipos de Cemento.

IP vs HE 28 días lanzado

Concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 28 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Relación Agua Cemento	Cemento IP	Cemento HE
0.52	172	287
0.52	175	282
0.52	176	286
0.52	174	286
0.52	176	284
0.52	179	282

Fuente: Elaboración Propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Cemento IP	Media	175,3333	,95452	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	172,8797	
		Límite superior	177,7870	
	Media recortada al 5%	175,3148		
	Mediana	175,5000		
	Varianza	5,467		
	Desviación estándar	2,33809		
	Mínimo	172,00		
	Máximo	179,00		
	Rango	7,00		
	Rango intercuartil	3,25		
	Asimetría	,245	,845	
	Curtosis	,959	1,741	
	Cemento HE	Media	284,5000	,88506
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	282,2249	
		Límite superior	286,7751	
Media recortada al 5%		284,5000		
Mediana		285,0000		
Varianza		4,700		
Desviación estándar		2,16795		
Mínimo		282,00		
Máximo		287,00		
Rango		5,00		
Rango intercuartil		4,25		
Asimetría		-,265	,845	
Curtosis		-2,214	1,741	

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a los 28 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a los 28 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla Prueba de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento IP	,221	6	0,200 [*]	0,971	6	0,896
Cemento HE	,255	6	0,200 [*]	0,867	6	0,215
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 28 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 28 días.

Tabla de Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

Cemento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Cemento IP	6	175,3333	2,33809	,95452
Cemento HE	6	284,5000	2,16795	,88506

Fuente: Elaboración Propia

Tabla de Prueba de muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP y HE con robot de lanzado

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	,060	,812	-83,864	10	,000	-109,16667	1,30171	-112,06705	-106,26628
No se asumen varianzas iguales			-83,864	9,943	,000	-109,16667	1,30171	-112,06929	-106,26404

Fuente: Elaboración Propia

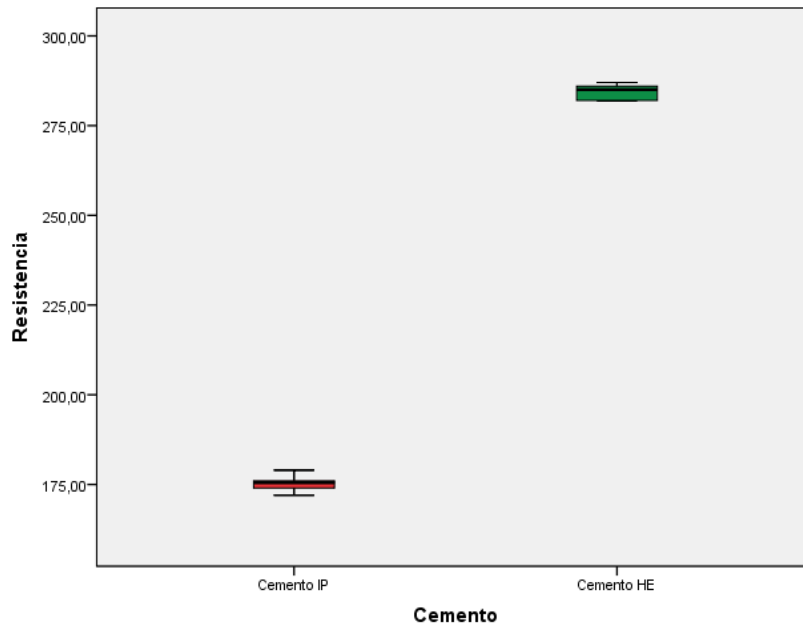


Grafico 4 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da **la mediana** de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de cada Tipo de Cemento Tenemos:

La Mediana del Cemento Tipo IP es 175,5000

La Mediana del Cemento Tipo HE es 285,0000

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

IP lanzado/Laboratorio A 3 días

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 3 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP en laboratorio y robot

Relación Agua Cemento	Cemento IP Laboratorio	Cemento IP Lanzado
0.52	100	38
0.52	98	42
0.52	70	37
0.52	79	41
0.52	89	38
0.52	69	40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP en laboratorio y robot

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Concreto lanzado Tipo IP	Media		39,3333	,80277
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	37,2697	
		Límite superior	41,3969	
	Media recortada al 5%		39,3148	
	Mediana		39,0000	
	Varianza		3,867	
	Desviación estándar		1,96638	
	Mínimo		37,00	
	Máximo		42,00	
	Rango		5,00	
	Rango intercuartil		3,50	
	Asimetría		,254	,845
	Curtosis		-1,828	1,741
Concreto en Laboratorio Tipo IP	Media		84,1667	5,54627
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	69,9095	
		Límite superior	98,4238	
	Media recortada al 5%		84,1296	
	Mediana		84,0000	
	Varianza		184,567	
	Desviación estándar		13,58553	
	Mínimo		69,00	
	Máximo		100,00	
	Rango		31,00	
	Rango intercuartil		28,75	
	Asimetría		,031	,845
	Curtosis		-2,265	1,741

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP a edad de 3 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP a edad de 3 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Prueba de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP en laboratorio y robot

Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concreto lanzado Tipo IP	,251	6	,200*	,927	6	,557
Concreto en Laboratorio Tipo IP	,185	6	,200*	,891	6	,323

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado versus Concreto en laboratorio con cemento Tipo IP, desde el análisis de resistencia a la compresión a edad de 3 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días.

Tabla de Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP en laboratorio y robot

Cemento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Concreto lanzado Tipo IP	6	39,3333	1,96638	,80277
Concreto en Laboratorio Tipo IP	6	84,1667	13,58553	5,54627

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Prueba de muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento IP en laboratorio y robot

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	21,976	,001	-8,000	10	,000	-44,83333	5,60407	-57,31997	-32,34670
No se asumen varianzas iguales			-8,000	5,209	,000	-44,83333	5,60407	-59,06660	-30,60007

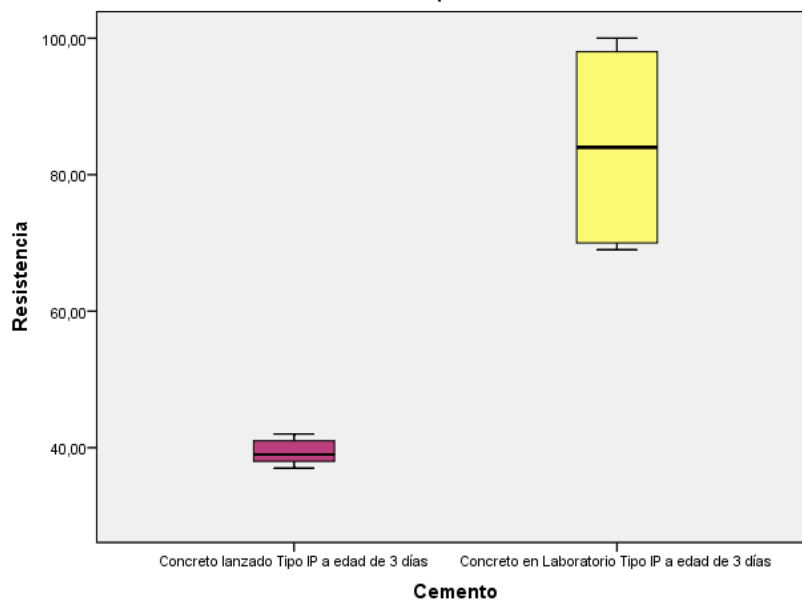


Grafico 5 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio a 3 días, con cemento Tipo IP y

podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3 días

La mediana del Concreto lanzado Tipo IP a edad de 3 días es: 39

La mediana del Concreto en laboratorio Tipo IP a edad de 3 días es: 84

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

IP lanzado/Laboratorio 7 días

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 7 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP en laboratorio y robot

Relación Agua Cemento	Cemento IP Laboratorio	Cemento IP Lanzado
0.52	137	89
0.52	135	98
0.52	136	97
0.52	134	95
0.52	133	93
0.52	133	94

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP en laboratorio y robot

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Concreto lanzado Tipo IP	Media		94,3333	1,30809
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	90,9708	
		Límite superior	97,6959	
	Media recortada al 5%		94,4259	
	Mediana		94,5000	
	Varianza		10,267	
	Desviación estándar		3,20416	
	Mínimo		89,00	
	Máximo		98,00	
	Rango		9,00	
	Rango intercuartil		5,25	
	Asimetría		-,780	,845
	Curtosis		,682	1,741
Concreto en Laboratorio Tipo IP	Media		134,6667	,66667
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	132,9529	
		Límite superior	136,3804	
	Media recortada al 5%		134,6296	
	Mediana		134,5000	
	Varianza		2,667	
	Desviación estándar		1,63299	
	Mínimo		133,00	
	Máximo		137,00	
	Rango		4,00	
	Rango intercuartil		3,25	
	Asimetría		,383	,845
	Curtosis		-1,481	1,741

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP a edad de 7 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 7 días tiene una distribución normal. $z < x$

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP a edad de 7 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP en laboratorio y robot

Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concreto lanzado Tipo IP	,172	6	,200*	,954	6	,772
Concreto en Laboratorio Tipo IP	,180	6	,200*	,920	6	,505
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado versus Concreto en laboratorio con cemento Tipo IP, desde el análisis de resistencia a la compresión a edad de 7 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del concreto en laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 7 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 7 días.

Tabla de Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP en laboratorio y robot

Estadísticas de grupo				
Cemento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Concreto lanzado Tipo IP	6	94,3333	3,20416	1,30809
Concreto en Laboratorio Tipo IP	6	134,6667	1,63299	,66667

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Prueba de muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento IP en laboratorio y robot

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	1,406	,263	-27,472	10	,000	-40,33333	1,46818	-43,60464	-37,06202
No se asumen varianzas iguales			-27,472	7,433	,000	-40,33333	1,46818	-43,76443	-36,90224

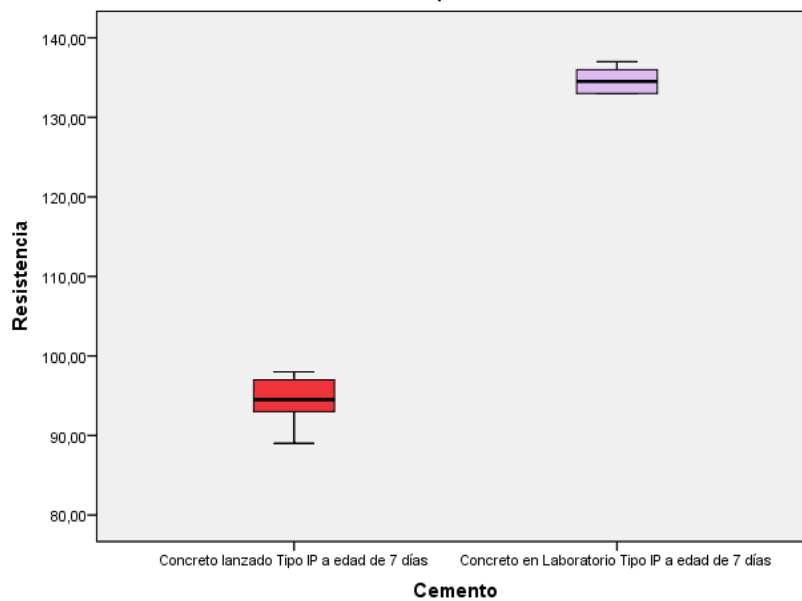


Grafico 6 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 7 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio a 7 días, con cemento Tipo IP y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días

La mediana del Concreto lanzado Tipo IP a edad de 7 días es: 134,5000

La mediana del Concreto en laboratorio Tipo IP a edad de 7 días es: 94,5000

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

IP lanzado/Laboratorio 28 días

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 28 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 28 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP en laboratorio y robot

Relación Agua Cemento	Cemento IP Laboratorio	Cemento IP Lanzado
0.52	267	172
0.52	267	175
0.52	266	176
0.52	267	174
0.52	265	176
0.52	266	179

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP en laboratorio y robot

Descriptivos				
Cemento			Estadístico	Error estándar
Concreto lanzado Tipo IP	Media		175,3333	,95452
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	172,8797	
		Límite superior	177,7870	
	Media recortada al 5%		175,3148	
	Mediana		175,5000	
	Varianza		5,467	
	Desviación estándar		2,33809	
	Mínimo		172,00	
	Máximo		179,00	
	Rango		7,00	
	Rango intercuartil		3,25	
	Asimetría		,245	,845
	Curtosis		,959	1,741
Concreto en Laboratorio Tipo IP	Media		266,3333	,33333
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	265,4765	
		Límite superior	267,1902	
	Media recortada al 5%		266,3704	
	Mediana		266,5000	
	Varianza		,667	
	Desviación estándar		,81650	
	Mínimo		265,00	
	Máximo		267,00	
	Rango		2,00	
	Rango intercuartil		1,25	
	Asimetría		-,857	,845
	Curtosis		-,300	1,741

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP a edad de 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 28 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP a edad de 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 28 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP en laboratorio y robot

Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concreto lanzado Tipo IP	,221	6	,200*	,971	6	,896
Concreto en Laboratorio Tipo IP	,293	6	,117	,822	6	,091

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado versus Concreto en laboratorio con cemento Tipo IP, desde el análisis de resistencia a la compresión a edad de 28 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 28 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 28 días.

Tabla de Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento IP en laboratorio y robot

Cemento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Concreto lanzado Tipo IP	6	175,3333	2,33809	,95452
Concreto en Laboratorio Tipo IP	6	266,3333	,81650	,33333

Fuente: Elaboración propia

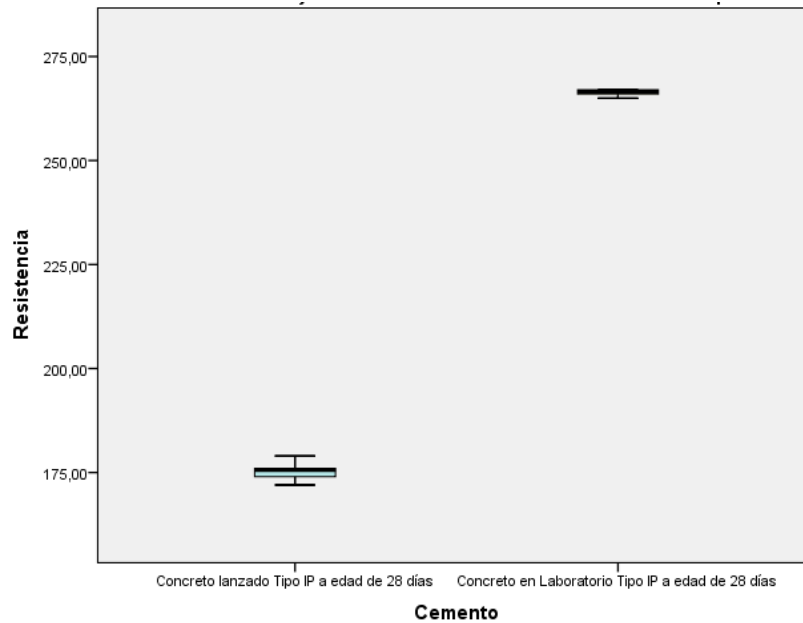


Grafico 7 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio a 28 días, con cemento Tipo IP y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 28 días.

La mediana del Concreto lanzado Tipo IP a edad de 7 días es: 175,5000

La mediana del Concreto en laboratorio Tipo IP a edad de 7 días es: 266,5000

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

HE lanzado/Laboratorio 3 días

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 3 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los tipos de cemento es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento HE en laboratorio y robot

Relación Agua Cemento	Cemento HE Laboratorio	Cemento HE Lanzado
0.52	144	157
0.52	145	157
0.52	148	157
0.52	154	158
0.52	158	159
0.52	159	158

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento HE en laboratorio y robot

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Concreto laboratorio Tipo HE	Media		151,3333	2,67914
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	144,4464	
		Límite superior	158,2203	
	Media recortada al 5%		151,3148	
	Mediana		151,0000	
	Varianza		43,067	
	Desviación estándar		6,56252	
	Mínimo		144,00	
	Máximo		159,00	
	Rango		15,00	
	Rango intercuartil		13,50	
	Asimetría		,085	,845
	Curtosis		-2,436	1,741
Concreto en lanzado Tipo HE	Media		157,6667	,33333
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	156,8098	
		Límite superior	158,5235	
	Media recortada al 5%		157,6296	
	Mediana		157,5000	
	Varianza		,667	
	Desviación estándar		,81650	
	Mínimo		157,00	
	Máximo		159,00	
	Rango		2,00	
	Rango intercuartil		1,25	
	Asimetría		,857	,845
	Curtosis		-,300	1,741

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE a edad de 3 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE a edad de 3 días.
H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3 días tiene una distribución normal.
H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3 días no tiene una distribución normal.
El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento HE en laboratorio y robot

Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concreto laboratorio Tipo HE	,194	6	,200 ⁺	,887	6	,305
Concreto en lanzado Tipo HE	,293	6	,117	,822	6	,091
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado versus Concreto en laboratorio con cemento Tipo HE, desde el análisis de resistencia a la compresión a edad de 3 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días.

Tabla de Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento HE en laboratorio y robot

Cemento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Concreto laboratorio Tipo HE	6	151,3333	6,56252	2,67914
Concreto en lanzado Tipo HE	6	157,6667	,81650	,33333

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Prueba de muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días con cemento HE en laboratorio y robot

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	32,143	,000	-2,346	10	,041	-6,33333	2,69979	-12,34885	-,31782
No se asumen varianzas iguales			-2,346	5,155	,064	-6,33333	2,69979	-13,21117	,54450

Fuente: Elaboración propia

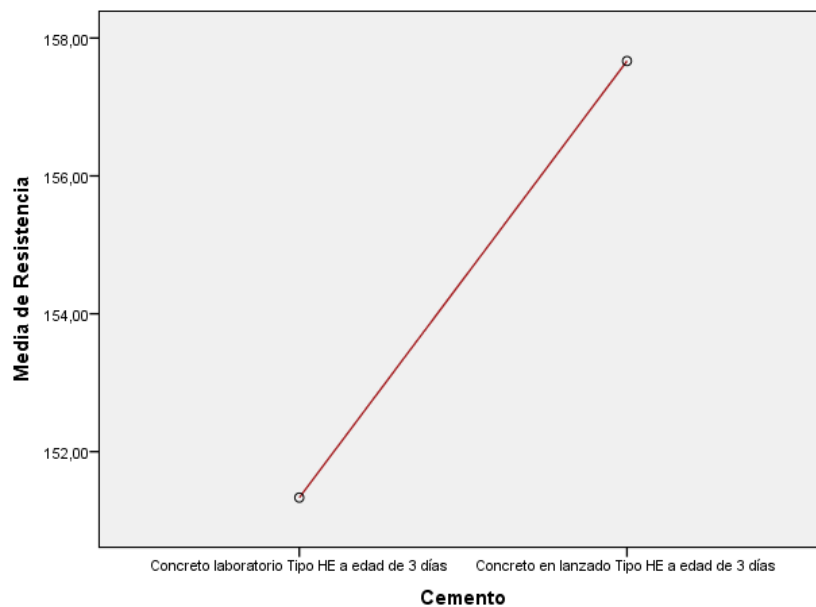


Grafico 8 Diagrama de Medias aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 3 días del concreto Laboratorio y Lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE.

Este grafico nos da las Medias Aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio a 3 días, con cemento Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3 días

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 3 días es: 157,6667

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 3 días es: 151,3333

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

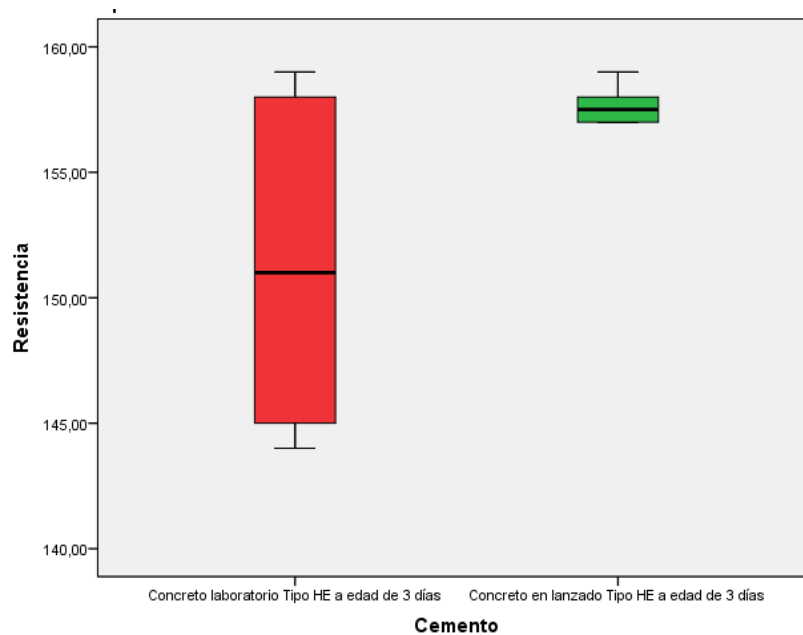


Grafico 9 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio a 3 días, con cemento Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3 días

La mediana del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 3 días es: 157,5000

La mediana del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 3 días es: 151,0000

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

HE lanzado/Laboratorio 7 días

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 7 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento HE en laboratorio y robot

Relación Agua Cemento	Cemento HE Laboratorio	Cemento HE Lanzado
0.52	289	254
0.52	288	206
0.52	290	264
0.52	285	230
0.52	287	245
0.52	286	266

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento HE en laboratorio y robot

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Concreto laboratorio Tipo HE	Media		287,5000	,76376
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	285,5367	
		Límite superior	289,4633	
	Media recortada al 5%		287,5000	
	Mediana		287,5000	
	Varianza		3,500	
	Desviación estándar		1,87083	
	Mínimo		285,00	
	Máximo		290,00	
	Rango		5,00	
	Rango intercuartil		3,50	
	Asimetría		,000	,845
	Curtosis		-1,200	1,741
	Concreto en lanzado Tipo HE	Media		244,1667
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	220,1218	
		Límite superior	268,2115	
Media recortada al 5%		245,0741		
Mediana		249,5000		
Varianza		524,967		
Desviación estándar		22,91215		
Mínimo		206,00		
Máximo		266,00		
Rango		60,00		
Rango intercuartil		40,50		
Asimetría		-,980	,845	
Curtosis		,236	1,741	

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE a edad de 7 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE a edad de 7 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento HE en laboratorio y robot

Fuente:	Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Elaboración propi	Concreto laboratorio Tipo HE	,122	6	,200 [*]	,982	6	,961
	Concreto en lanzado Tipo HE	,181	6	,200 [*]	,912	6	,447
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado versus Concreto en laboratorio con cemento Tipo HE, desde el análisis de resistencia a la compresión a edad de 7 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 7 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 7 días.

Tabla de Estadísticas de grupo del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento HE en laboratorio y robot

Cemento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Concreto laboratorio Tipo HE	6	287,5000	1,87083	,76376
Concreto en lanzado Tipo HE	6	244,1667	22,91215	9,35385

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Prueba de muestras independientes del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento HE en laboratorio y robot

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	9,498	,012	4,617	10	,041	43,33333	9,38498	22,42230	64,24436
No se asumen varianzas iguales			4,617	5,067	,064	43,33333	9,38498	19,30365	67,36302

Fuente: Elaboración propia

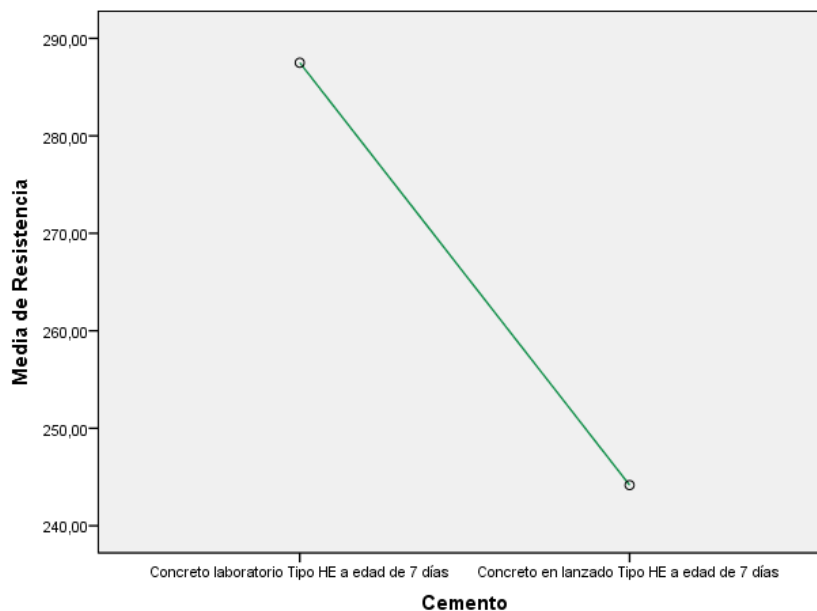


Grafico 10 Diagrama de Medias Aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 7 días del concreto en laboratorio con cemento HE.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días
 La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 7 días es: 244,1667
 La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 7 días es: 287,5000

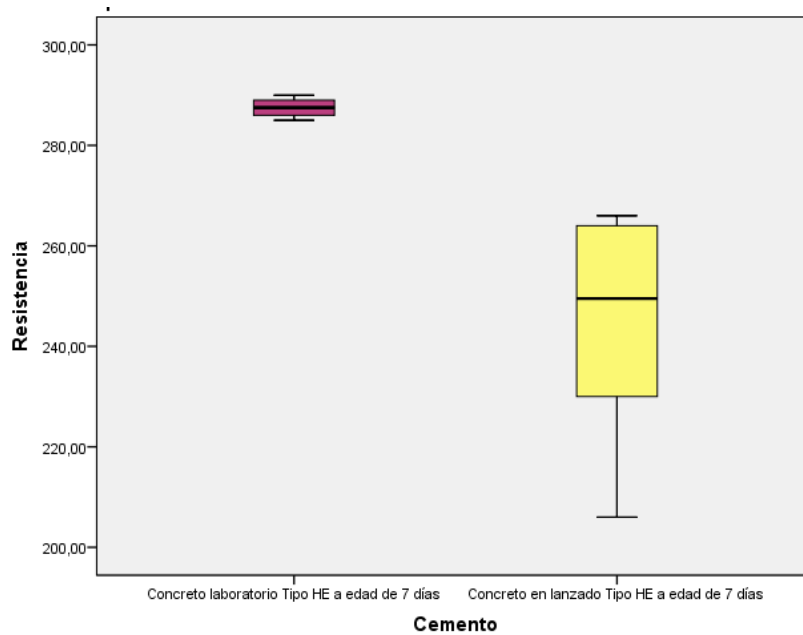


Grafico 11 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 7 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio a 7 días, con cemento Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 7 días
 La mediana del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 7 días es: 249,5000
 La mediana del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 7 días es: 287,5000
 Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

HE lanzado/Laboratorio 28 días

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 28 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 28 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Relación a/c	Cemento HE Laboratorio	Cemento HE Lanzado
0.52	406	287
0.52	408	282
0.52	410	286
0.52	413	286
0.52	407	284
0.52	414	282

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Concreto laboratorio Tipo HE a edad de 28 días	Media	409,6667	1,33333	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	406,2392	
		Límite superior	413,0941	
	Media recortada al 5%	409,6296		
	Mediana	409,0000		
	Varianza	10,667		
	Desviación estándar	3,26599		
	Mínimo	406,00		
	Máximo	414,00		
	Rango	8,00		
	Rango intercuartil	6,50		
	Asimetría	,392	,845	
	Curtosis	-1,850	1,741	
	Concreto en lanzado Tipo HE a edad de 28 días	Media	284,5000	,88506
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	282,2249	
		Límite superior	286,7751	
Media recortada al 5%		284,5000		
Mediana		285,0000		
Varianza		4,700		
Desviación estándar		2,16795		
Mínimo		282,00		
Máximo		287,00		
Rango		5,00		
Rango intercuartil		4,25		
Asimetría		-,265	,845	
Curtosis		-2,214	1,741	

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE a edad de 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 28 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE a edad de 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 28 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Pruebas de normalidad						
Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concreto laboratorio Tipo HE a edad de 28 días	,195	6	,200*	,920	6	,505
Concreto en lanzado Tipo HE a edad de 28 días	,255	6	,200*	,867	6	,215

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

PRUEBA T DE STUDENT

Ahora podemos analizar los datos del concreto lanzado versus Concreto en laboratorio con cemento Tipo HE, desde el análisis de resistencia a la compresión a edad de 28 días y ver si existen diferencias significativas, para ello usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 28 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 28 días.

Estadísticas de grupo				
Cemento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Concreto laboratorio Tipo HE a edad de 28 días	6	409,6667	3,26599	1,33333
Concreto en lanzado Tipo HE a edad de 28 días	6	284,5000	2,16795	,88506

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Resistencia	Se asumen varianzas iguales	1,488	,251	78,212	10	,000	125,16667	1,60035	121,60087	128,73246
	No se asumen varianzas iguales			78,212	8,690	,000	125,16667	1,60035	121,52664	128,80670

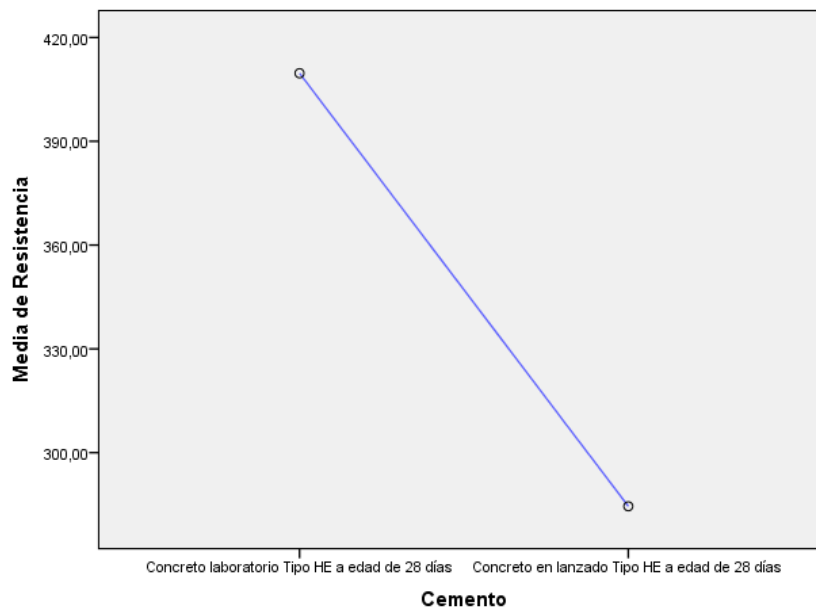


Grafico 12 Diagrama de Medias Aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a 28 días del concreto en laboratorio con cemento HE.

Fuente: Elaboración Propia.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 28 días

La media Aritmética del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 28 días es: 284,5000

La media Aritmética del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 28 días es: 409,6667

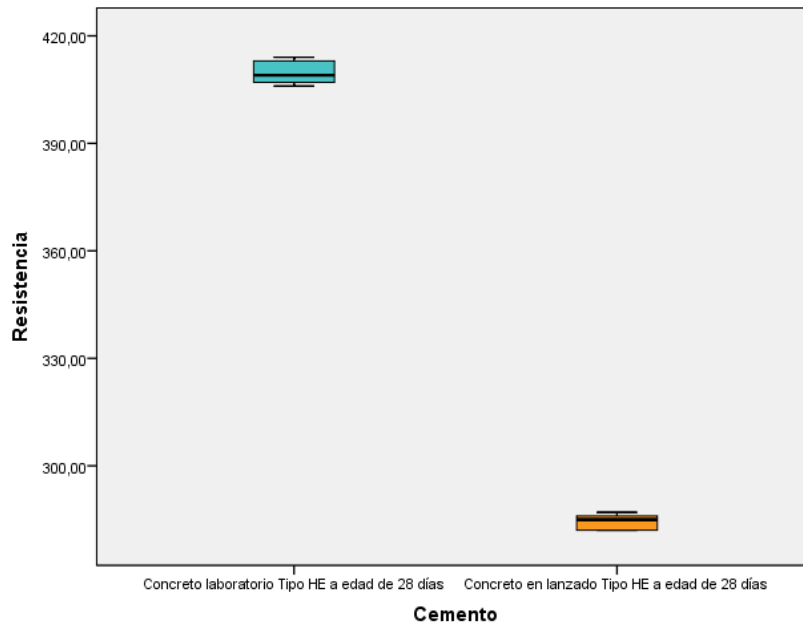


Grafico 13 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 28 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y del Concreto en Laboratorio a 28 días, con cemento Tipo HE y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística del Concreto lanzado versus laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 28 días

La mediana del Concreto lanzado Tipo HE a edad de 28 días es: 285,0000

La mediana del Concreto en laboratorio Tipo HE a edad de 28 días es: 409,0000

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

Concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión en análisis global

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP y HE

Relación Agua Cemento	Cemento Tipo IP	Cemento Tipo HE
0.52	100	144
0.52	98	145
0.52	70	148
0.52	79	154
0.52	89	158
0.52	69	159
0.52	137	289
0.52	135	288
0.52	136	290
0.52	134	285
0.52	133	287
0.52	133	286
0.52	267	406
0.52	267	408
0.52	266,	410
0.52	267	413
0.52	265	407
0.52	266	414

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP y HE

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Cemento IP	Media	161,7222	18,70668	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	122,2546	
		Límite superior	201,1899	
	Media recortada al 5%	161,0247		
	Mediana	134,5000		
	Varianza	6298,918		
	Desviación estándar	79,36572		
	Mínimo	69,00		
	Máximo	267,00		
	Rango	198,00		
	Rango intercuartil	170,25		
	Asimetría	0,495	0,536	
	Curtosis	-1,558	1,038	
Cemento HE	Media	282,8333	25,60959	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	228,8018	
		Límite superior	336,8649	
	Media recortada al 5%	283,2593		
	Mediana	287,5000		
	Varianza	11805,324		
	Desviación estándar	108,65231		
	Mínimo	144,00		
	Máximo	414,00		
	Rango	270,00		
	Rango intercuartil	250,25		
	Asimetría	-0,076	0,536	
	Curtosis	-1,583	1,038	

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE en laboratorio y robot

Cemento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento IP	,289	18	0,000	,794	18	0,001
Cemento HE	,206	18	0,042	,826	18	0,004

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

La normalidad la probamos usando Shapiro-Wilk

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP no tiene una distribución normal.”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.004 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna “La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE no tiene una distribución normal”

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la “t” de student.

Análisis estadístico de cada dimensión de la investigación

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

Tabla de Resumen de contraste de hipótesis del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE en laboratorio y robot

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Resistencia es la misma entre las categorías de Cemento.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.	.000 ¹	Rechace la hipótesis nula
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.			
¹ Se muestra la significación exacta para esta prueba.			

Fuente: Elaboración propia

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días”

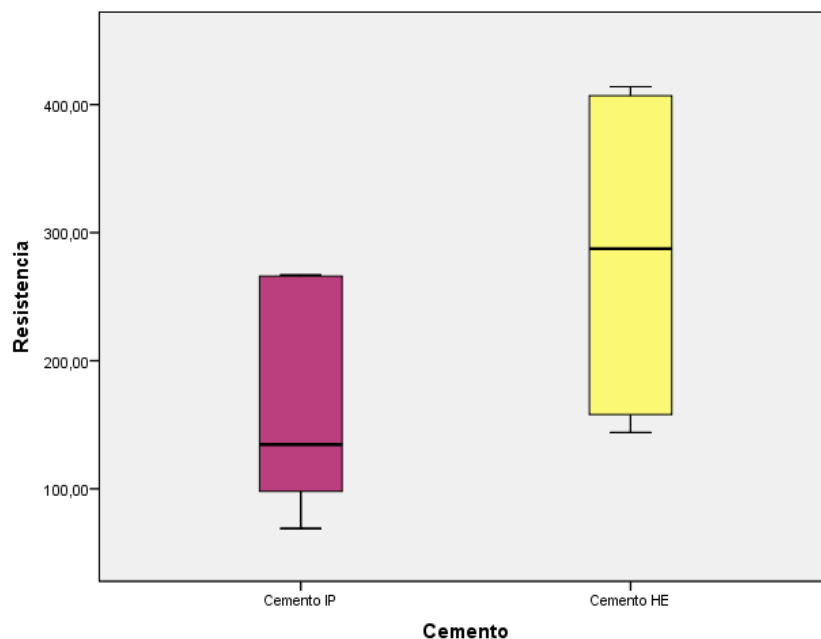


Grafico 14 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE a la edad de 3. 7 y 28 días y

podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de cada Tipo de Cemento Tenemos:

La Mediana del Cemento Tipo IP es 134,5000

La Mediana del Cemento Tipo HE es 287,5000

Se puede observar que hay diferencias significativas entre estas dos medidas.

Concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión en análisis global.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP y HE

Relación Agua Cemento	Cemento Tipo IP	Cemento Tipo HE
0.52	38	157
0.52	42	157
0.52	37	157
0.52	41	158
0.52	38	159
0.52	40	158
0.52	89	254
0.52	98	206
0.52	97	264
0.52	95	230
0.52	93	245
0.52	94	266
0.52	172	287
0.52	175	282
0.52	176	286
0.52	174	286
0.52	176	284
0.52	179	282

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP y HE

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Cemento IP	Media		103,0000	13,55960
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	74,3917	
		Límite superior	131,6083	
	Media recortada al 5%		102,4444	
	Mediana		94,5000	
	Varianza		3309,529	
	Desviación estándar		57,52851	
	Mínimo		37,00	
	Máximo		179,00	
	Rango		142,00	
	Rango intercuartil		133,50	
	Asimetría		,250	,536
	Curtosis		-1,590	1,038
Cemento HE	Media		228,7778	13,16600
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	201,0000	
		Límite superior	256,5556	
	Media recortada al 5%		229,5309	
	Mediana		249,5000	
	Varianza		3120,183	
	Desviación estándar		55,85860	
	Mínimo		157,00	
	Máximo		287,00	
	Rango		130,00	
	Rango intercuartil		124,50	
	Asimetría		-,384	,536
	Curtosis		-1,753	1,038

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE

H0: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE en laboratorio y robot

Cemento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento IP	,218	18	,023	,818	18	,003
Cemento HE	,228	18	,014	,794	18	,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

La normalidad la probamos usando Shapiro-Wilk

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP el p-valor $0.003 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna "La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP no tiene una distribución normal".

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna "La Distribución de los datos de los resultados del ensayo a la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE no tiene una distribución normal"

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la "t" de student.

Análisis estadístico de cada dimensión de la investigación

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

Tabla de Resumen de contraste de hipótesis del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE en laboratorio y robot

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Resistencia es la misma entre las categorías de Cemento.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.	.000 ¹	Rechaza la hipótesis nula
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.			
¹ Se muestra la significación exacta para esta prueba.			

Fuente: Elaboración propia

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.000 < 0.05$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna: "Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días"

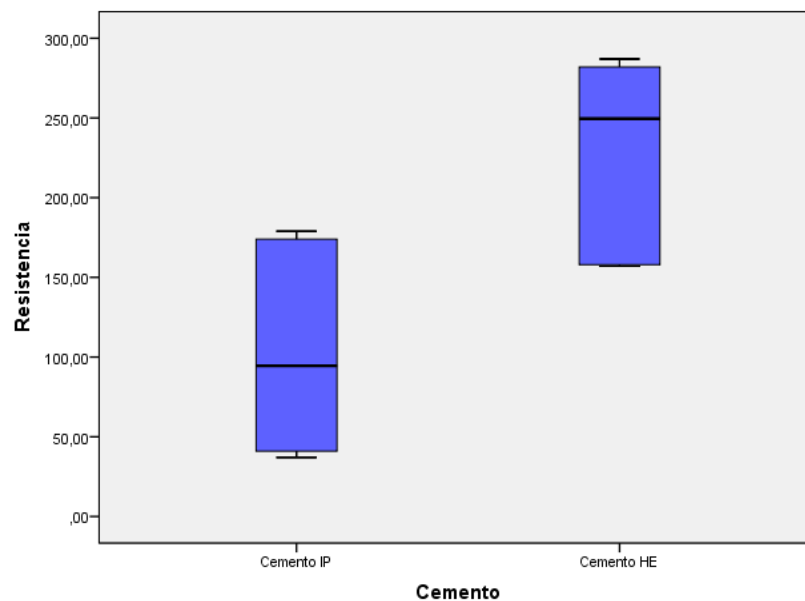


Gráfico 15 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Este gráfico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado con cemento Tipo IP y Tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días y podemos ver también que existe gran diferencia lo que confirma el resultado de nuestra hipótesis. Observación: De los datos obtenidos en la estadística de cada Tipo de Cemento tenemos:

La mediana del Cemento Tipo IP es 94,5000

La mediana del Cemento Tipo HE es 249,5000

Se observa que hay diferencias significativas entre las dos medidas.

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo IP desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3,7 y 28 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 3,7 y 28 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP

Relación Agua Cemento	Cemento IP Laboratorio	Cemento IP Lanzado
0.52	100	38
0.52	98	42
0.52	70	37
0.52	79	41
0.52	89	38
0.52	69	40
0.52	137	89
0.52	135	98
0.52	136	97
0.52	134	95
0.52	133	93
0.52	133	94
0.52	267	172
0.52	267	175
0.52	266	176
0.52	267	174
0.52	265	176
0.52	266	179

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP

Descriptivos				
Cemento			Estadístico	Error estándar
Concreto laboratorio Tipo IP a edad de 3, 7 y 28 días	Media		161,7222	18,70668
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	122,2546	
		Límite superior	201,1899	
	Media recortada al 5%		161,0247	
	Mediana		134,5000	
	Varianza		6298,918	
	Desviación estándar		79,36572	
	Mínimo		69,00	
	Máximo		267,00	
	Rango		198,00	
	Rango intercuartil		170,25	
	Asimetría		,495	,536
	Curtosis		-1,558	1,038
Concreto en Lanzado Tipo IP a edad de 3, 7 y 28 días	Media		103,0000	13,55960
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	74,3917	
		Límite superior	131,6083	
	Media recortada al 5%		102,4444	
	Mediana		94,5000	
	Varianza		3309,529	
	Desviación estándar		57,52851	
	Mínimo		37,00	
	Máximo		179,00	
	Rango		142,00	
	Rango intercuartil		133,50	
	Asimetría		,250	,536
	Curtosis		-1,590	1,038

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP a edad de 3, 7 y 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3, 7 y 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo IP a edad de 3, 7 y 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3, 7 y 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP en laboratorio y robot

Cemento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concreto laboratorio Tipo IP a edad de 3, 7 y 28 días	,289	18	,000	,794	18	,001
Concreto en Lanzado Tipo IP a edad de 3, 7 y 28 días	,218	18	,023	,818	18	,003
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

El resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo IP, a edad de 3, 7 y 28 días: el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula "La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3,7 y 28 días no tiene una distribución normal".

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE, a edad de 3,7 y 28 días: el p-valor $0.003 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula "La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo IP a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal"

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la “t” de student.

Análisis estadístico de cada dimensión de la investigación

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

Tabla de Resumen de contraste de hipótesis del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento IP en laboratorio y robot

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Resistencia es la misma entre las categorías de Cemento.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.	.000 ¹	Rechace la hipótesis nula
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05. ¹ Se muestra la significación exacta para esta prueba.			

Fuente: Elaboración propia

El SPSS v22 nos da un p-valor de $0.037 < 0.05$ esto quiere decir que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días, 7 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.55”

Observación: De los datos obtenidos en la estadística tenemos:

La Media Aritmética del Cemento lanzado Tipo IP es 161,7222

La Media Aritmética en laboratorio Tipo IP es 103,0000

Se puede observar que no hay mucha diferencia entre estas dos medidas.

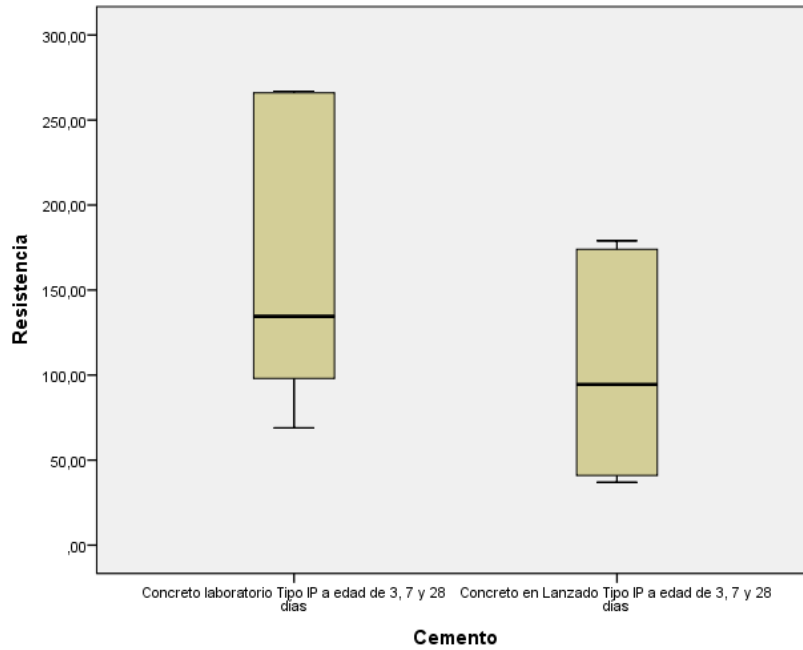


Grafico 16 Diagrama de cajas de los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto lanzado con cemento Tipo IP y HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo IP y se confirman que “No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo IP a Edad de 3 días, 7 días y 28 días”

Observación: de los datos obtenidos en la estadística tenemos:

La Mediana del Cemento lanzado Tipo IP es 134,5000

La Mediana del Cemento en laboratorio Tipo IP es 94,5000

Se puede observar que no hay mucha diferencia entre estas dos medidas.

Concreto lanzado versus concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a Edad de 3,7 y 28 días.

Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE desde el análisis de resistencia a la compresión a la edad de 3,7 y 28 días, en el revestimiento de túneles de la mina Orcopampa–Arequipa, se establece cuál de los cementos es el más eficiente. Para esto usaremos la prueba estadística T de Student para muestras independientes, para ello primero verificaremos que las distribución de los datos es normal.

Tabla de datos ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE

Relación Agua Cemento	Cemento HE Laboratorio	Cemento HE Lanzado
0.52	144	157
0.52	145	157
0.52	148	157
0.52	154	158
0.52	158	159
0.52	159	158
0.52	289	254
0.52	288	206
0.52	290	264
0.52	285	230
0.52	287	245
0.52	286	266
0.52	406	287
0.52	408	282
0.52	410	286
0.52	413	286
0.52	407	284
0.52	414	282

Fuente: Elaboración propia

Tabla de Descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE

Descriptivos				
Cemento		Estadístico	Error estándar	
Concreto laboratorio Tipo HE a edad de 3, 7 y 28 días	Media		282,8333	25,60959
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	228,8018	
		Límite superior	336,8649	
	Media recortada al 5%		283,2593	
	Mediana		287,5000	
	Varianza		11805,324	
	Desviación estándar		108,65231	
	Mínimo		144,00	
	Máximo		414,00	
	Rango		270,00	
	Rango intercuartil		250,25	
	Asimetría		-,076	,536
	Curtosis		-1,583	1,038
	Concreto en Lanzado Tipo HE a edad de 3, 7 y 28 días	Media		228,7778
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	201,0000	
		Límite superior	256,5556	
Media recortada al 5%		229,5309		
Mediana		249,5000		
Varianza		3120,183		
Desviación estándar		55,85860		
Mínimo		157,00		
Máximo		287,00		
Rango		130,00		
Rango intercuartil		124,50		
Asimetría		-,384	,536	
Curtosis		-1,753	1,038	

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE AJUSTE (Prueba de Normalidad)

Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE a edad de 3, 7 y 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal.

Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE a edad de 3, 7 y 28 días.

H0: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días tiene una distribución normal.

H1: La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal.

El SPSS v22 nos arroja el siguiente resultado:

Tabla de Pruebas de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE

Cemento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concreto laboratorio Tipo HE a edad de 3, 7 y 28 días	,206	18	,042	,826	18	,004
Concreto en Lanzado Tipo HE a edad de 3, 7 y 28 días	,228	18	,014	,794	18	,001
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto laboratorio con Cemento Tipo HE, a edad de 3, 7 y 28 días: el p-valor $0.004 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Laboratorio de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal”.

Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto lanzado con Cemento Tipo HE, a edad de 3, 7 y 28 días: el p-valor $0.001 < 0.05$ esto nos dice que se acepta la hipótesis nula “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Lanzado de resistencia a la compresión usando el Cemento tipo HE a la edad de 3, 7 y 28 días no tiene una distribución normal”

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica LA U DE MANN WHITNEY:

Es una prueba no paramétrica que debe utilizarse para comparar dos grupos independientes de igual o diferente tamaño, cuando no se dan todas las condiciones exigidas para aplicar la “t” de student.

Análisis estadístico de cada dimensión de la investigación

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días.

Tabla de Resumen de contraste de hipótesis del ensayo de resistencia a la compresión a los 3,7 y 28 días con cemento HE

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Resistencia es la misma entre las categorías de Cemento.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.	.000 ¹	Rechace la hipótesis nula
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05. ¹ Se muestra la significación exacta para esta prueba.			

Fuente: Elaboración propia

El SPSS v22 nos da un p-valor de 0.068 > 0.05 esto quiere decir que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna: “No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días”.

Observación: De los datos obtenidos en la estadística de tenemos:

La Media Aritmética del Cemento lanzado Tipo HE es 228,7778

La Media Aritmética en laboratorio Tipo HE es 282,8333

Se puede observar que no hay mucha diferencia entre estas dos medidas.

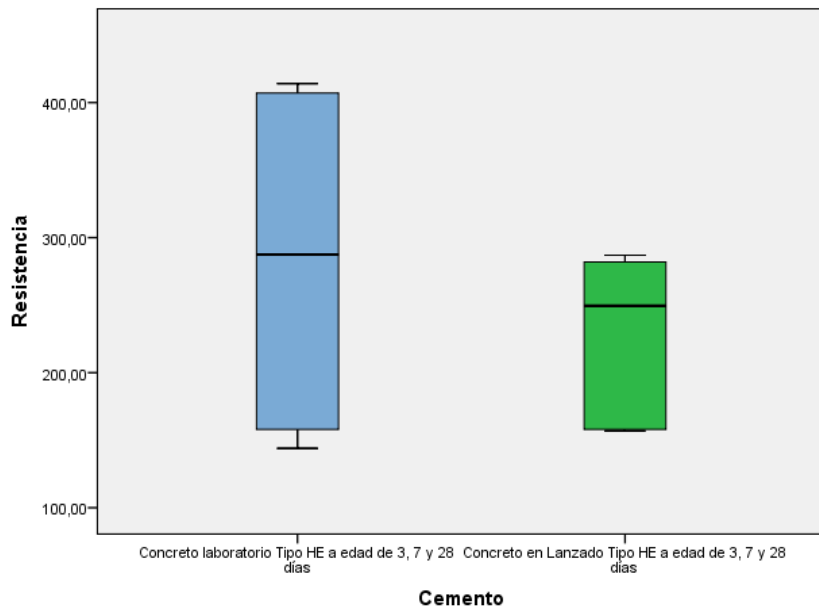


Grafico
Diagrama

17
de cajas de

los resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión a 3,7 y 28 días del concreto en laboratorio con cemento Tipo HE

Fuente: Elaboración Propia.

Este grafico de cajas nos da la mediana de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en laboratorio con cemento Tipo HE y se confirman que “No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto lanzado y concreto en Laboratorio con cemento Tipo HE a Edad de 3 días, 7 días y 28 días”

Observación: De los datos obtenidos en la estadística tenemos:

La Mediana del Cemento lanzado Tipo HE es 249,5000

La Mediana del Cemento en laboratorio Tipo HE es 287,5000

Se puede observar que no hay mucha diferencia entre estas dos medidas.

ANEXO 03: ENSAYOS DE TENACIDAD

Grafico Fuerza vs. Deformación

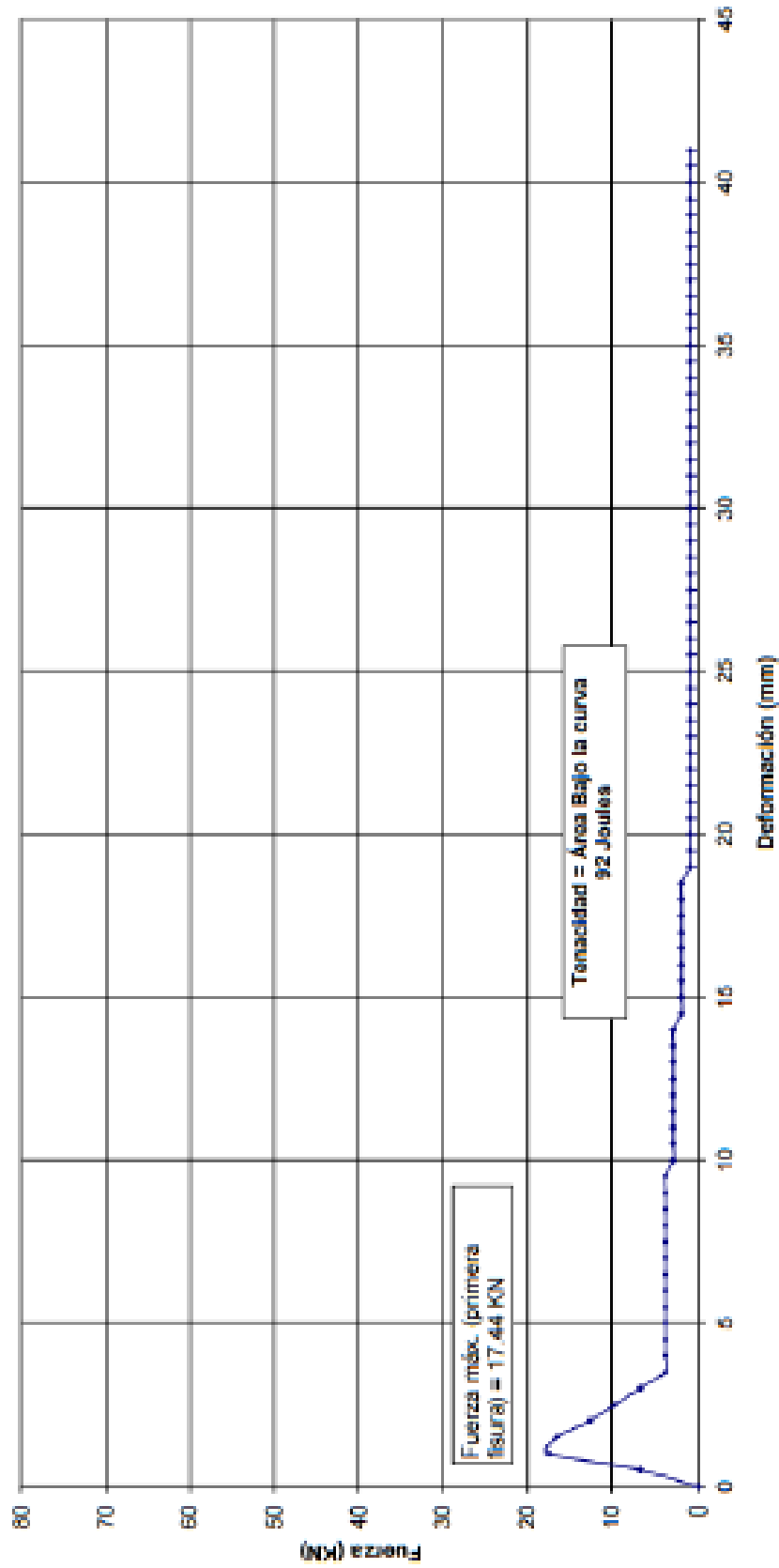


Grafico Fuerza vs. Deformación

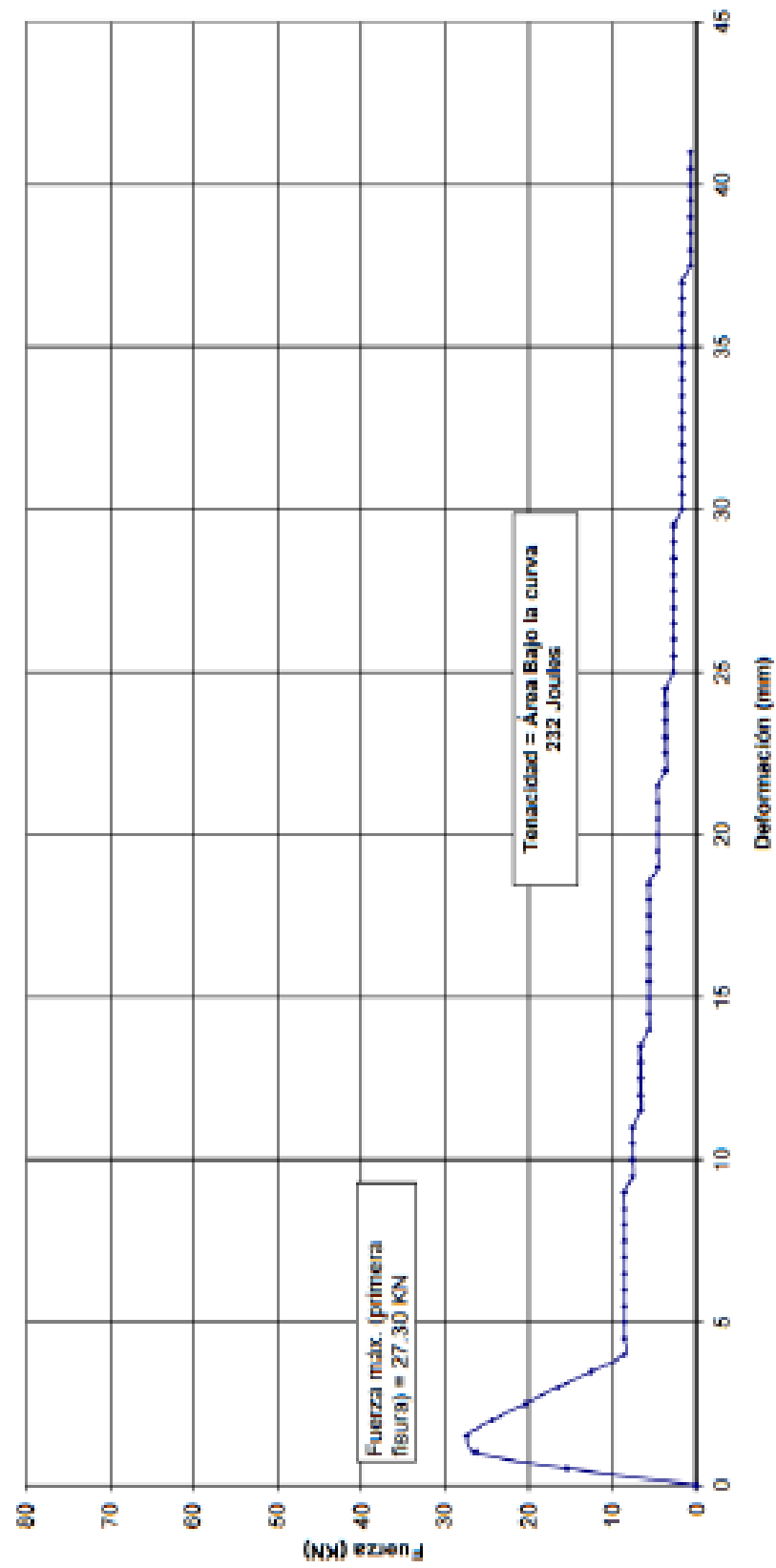


Grafico Fuerza vs. Deformación

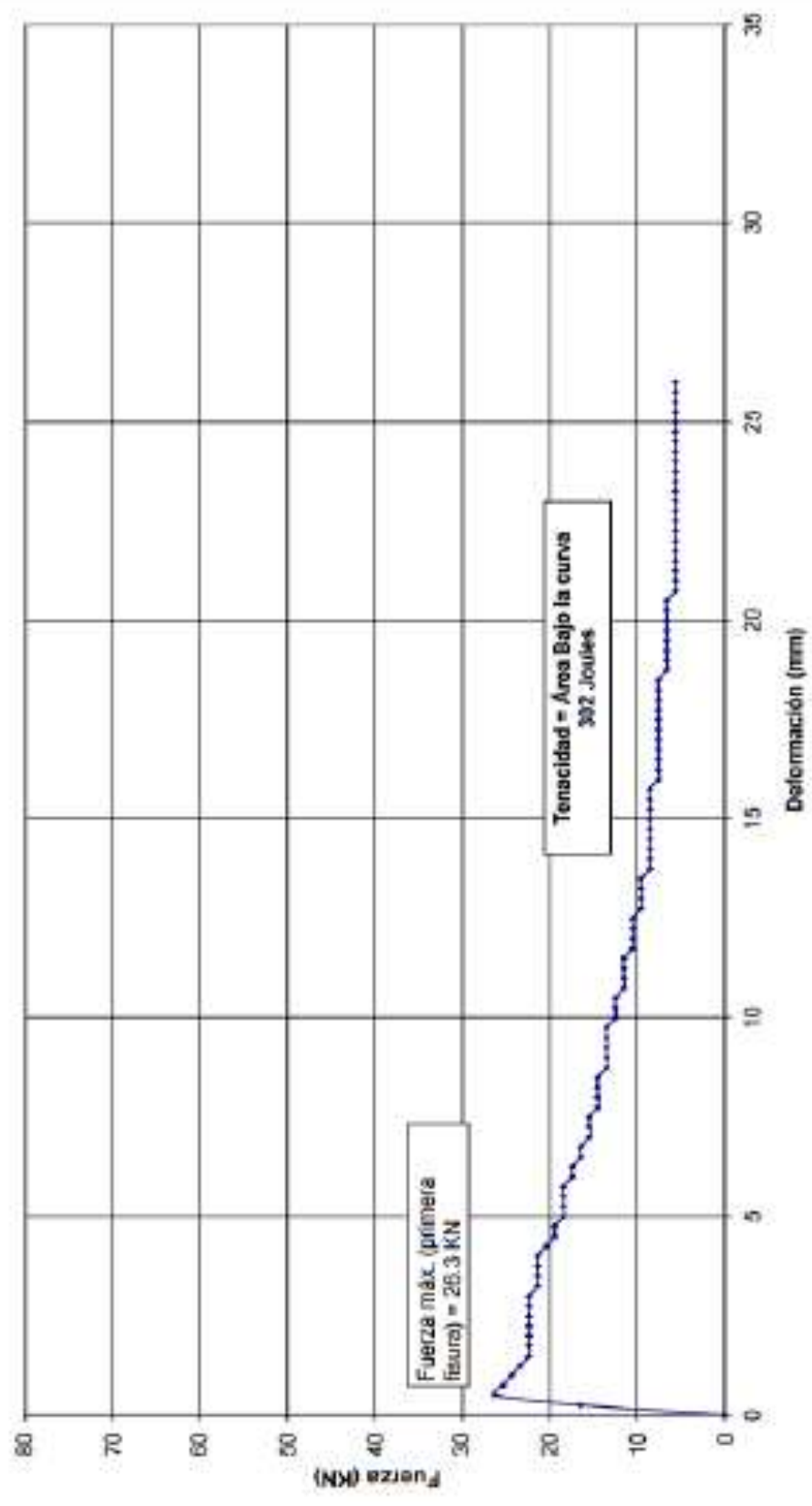
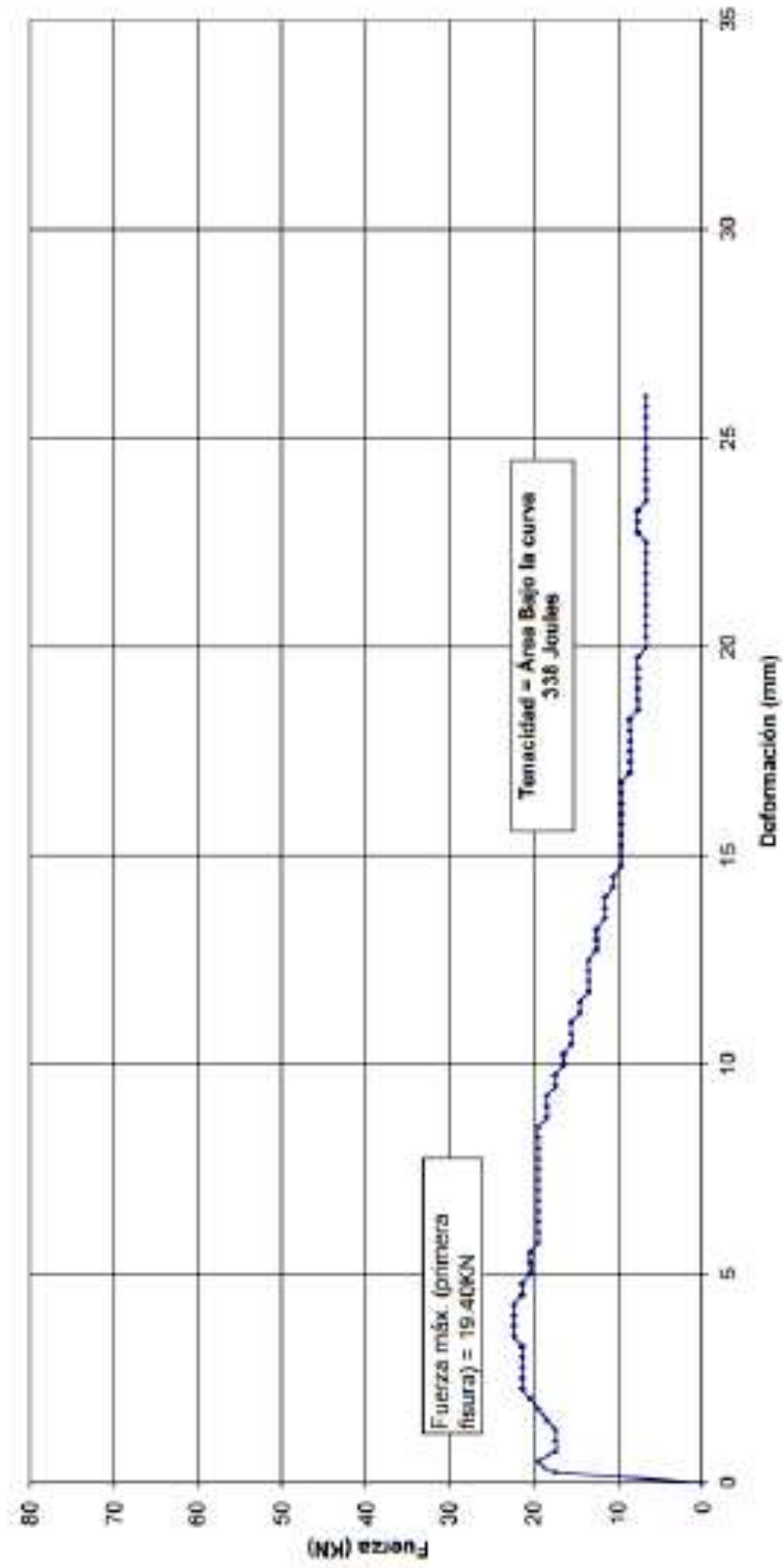


Grafico Fuerza vs. Deformación



**ANEXO 04: DISEÑO DE MEZCLA UTILIZADA EN LA
UNIDAD MINERA DE REFERENCIA (ORCOPAMPA –
AREQUIPA)**



Industria Peruana Concretera S.A.C

DISEÑO CORREGIDO

DISEÑO ACTUAL

Diseño del concreto	Diseño Seco	Volumen
<u>Materiales</u>	<u>kg/m³</u>	<u>L/m³</u>
Cemento	425	144.1
Arena	1396.3	555.6
Agua	240.0	240.0
Viscocrete 1110	4.25	4.0
Sigunit L60	28.8	20.0
Fibra Dramix	20.0	6.3
TOTAL	2114.3	1000

- Correcciones por humedad y absorción según el ACI: (ejemplo de humedades)

7% Humedad

8% Humedad

Diseño húmedo	Volumen
kg/m ³	L/m ³
425	144.1
1438.9	572.6
197.4	197.4
4.25	4.0
28.8	20.0
20.0	6.3
2114.3	974.4

Diseño húmedo	Volumen
kg/m ³	L/m ³
425	144.1
1452.8	578.1
183.5	183.5
4.25	4.0
28.8	20.0
20.0	6.3
2114.3	966.0

Diseño húmedo	Volumen
kg/m ³	L/m ³
425	144.1
1424.9	567.0
211.4	211.4
4.25	4.0
28.8	20.0
20.0	6.3
2114.3	982.8

6% Humedad

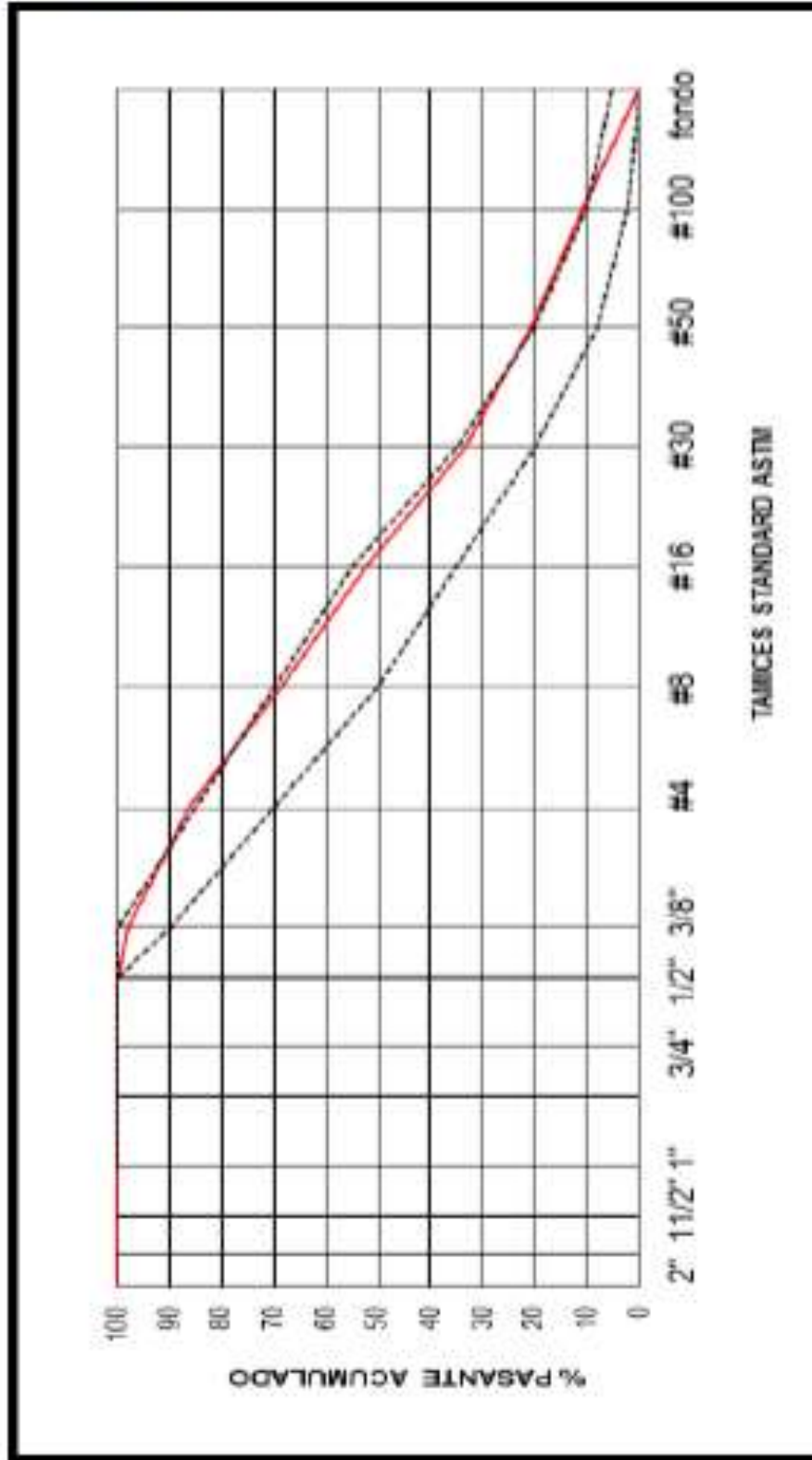
- Un Diseño corregido adecuadamente se adecua mejor a cambios constantes de sus características físicas: Peso específico, Absorción, Humedad, etc.

- La Relación Agua/Cemento es de 0.56, que según el ACI tampoco es adecuado para Shotcrete de Sostenimiento, por ello se deberá aumentar el porcentaje de Aditivo Plastificante.

- Al aumentar la dosificación de Plastificante, mejoraríamos nuestra mantención por hora, y así no habría necesidad de dosificar agua o aditivo en interior mina por inconvenientes de trabajabilidad.



Industria Peruana Concretera S.A.C



ANEXO 05: ENSAYOS DE AGREGADOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.
 Obra : ORCOPAMPA
 Ubicación : PROVINCIA DE CASTILLA - AREQUIPA
 Asunto : Ensayo de Granulometría en Agregados
 Expediente N° : 15-2000
 Recibo N° : 38636
 Fecha de emisión : 25/07/2015

1. DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera CHILCAYMARCA.

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.012:2013.
Procedimiento interno AT-PR-24.

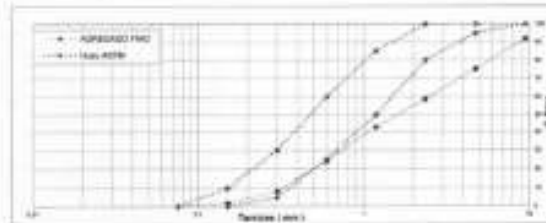
3. RESULTADOS :

3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO ASTM
3/8"	9.5	8.1	8.1	91.9	100.0
N°4	4.75	18.8	24.9	75.1	95 - 100
N°8	2.38	19.4	41.3	58.7	80 - 100
N°16	1.19	15.7	57.0	43.0	50 - 85
N°30	0.6	18.7	75.7	24.4	25 - 60
N°50	0.3	18.1	91.8	8.2	5 - 30
N°100	0.15	0.5	98.2	1.8	0 - 10
FONDO		1.8	100.0	0.0	0.0

MÓDULO DE FINURA: 3.67

3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA



4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : A. Torre C.
Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Camillo
Jefe del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Túpac Amaru N. 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3342 - Central Telefónica: (511) 481-1070 - Anexo 306
www.lem.uni.edu.pe / lem@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.
 Obra : ORCOPAMPA
 Ubicación : PROVINCIA DE CASTILLA - AREQUIPA
 Asunto : Ensayo de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados
 Expediente N° : 15-2000
 Recibo N° : 38636
 Fecha de emisión : 25/07/2015

1.0. DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera CHILCAYMARCA.

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.022:2013.
Procedimiento interno AT-PR-22.

3.0. RESULTADOS :

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO DE MASA	PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
ARENA GRUESA	2.58	2.60	0.88

4.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : A. Torre C.
Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Túpac Amaru N. 210, Lima 25, Apertado 1301 - Perú
 Teléfax: (511) 381-3343 Central Telefónica: (511) 481-1070 Anexo: 306
 www.lem.unl.edu.pe / lem@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.
 Obra : ORCOPAMPA
 Ubicación : PROVINCIA DE CASTILLA - AREQUIPA
 Asunto : Ensayo de Granulometría en Agregados
 Expediente N° : 15-2000
 Recibo N° : 38636
 Fecha de emisión : 25/07/2015

1. DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera MISAHUANCA.

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.012:2013.
Procedimiento interno AT-PR-24.

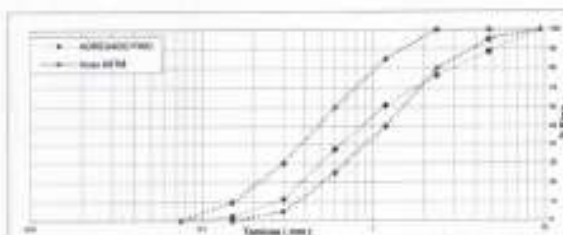
3. RESULTADOS :

3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUISO ASTM
3/8"	9.5	0.0	0.0	100.0	100.0
N°4	4.75	11.3	11.3	88.7	85 - 100
N°8	2.38	12.2	23.5	76.5	80 - 100
N°16	1.19	15.5	39.0	61.0	50 - 85
N°30	0.6	23.8	62.8	37.2	25 - 60
N°60	0.3	25.6	88.4	11.6	5 - 30
N°100	0.15	9.4	97.8	2.2	0 - 10
FONDO		2.2	100.0	0.0	0.0

MÓDULO DE FINURA: 3.23

3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA



4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

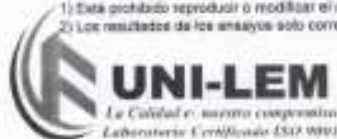
Hecho por : A. Torre C.
Técnico : Sr. G.P.L.



Ma. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe del laboratorio

NOTAS:

- 1) Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Túpac Amaru N. 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3343 Central Telefónica: (511) 481-1070 Anexo: 306
www.lem.un.edu.pe / lem@un.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.
 Obra : ORCOPAMPA
 Ubicación : PROVINCIA DE CASTILLA - AREQUIPA
 Asunto : Ensayo de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados
 Expediente N° : 15-2000
 Recibo N° : 38636
 Fecha de emisión : 25/07/2015

1.0. DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera MISAHUANCA.

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.022:2013.
Procedimiento interno AT-PR-22.

3.0. RESULTADOS :

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO DE MASA	PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
ARENA GRUESA	2.59	2.62	1.03

4.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : A. Torre C.
Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos sólo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av Túpac Amaru N. 210 LÍnea 25. Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3343 Central Telefónica: (511) 481-1070 Anexo: 306
www.lem.uned.edu.pe / lem@uniedu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.

EXPEDIENTE: 15-2000/LQ 15-703

OBRA / PROYECTO: "ORCOPAMPA"

UBICACIÓN: PROVINCIA: CASTILLA, DEPARTAMENTO: AREQUIPA

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CANTERA: MISAHUANCA

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 20 - 07 - 15

ANÁLISIS DE:	SALES SOLUBLES TOTALES	SALES SOLUBLES TOTALES
	MTC E 219	MTC E 219
	ASTM D 1888	ASTM D 1888
	g/g	%
TIPO DE MUESTRA:		
ARENA GRUESA CANTERA: MISAHUANCA	942	0.09

Lima, 24 de Julio del 2015


CARMEN M. REYES CUBAS
 MSC. INGENIERA DEL LABORATORIO
 Laboratorio de Química de la FIC-UNI


ROSA Y. ALTAMIRANO MEJUNA
 MS. DR. JEFE DEL LABORATORIO
 Laboratorio de Química de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Teléfono: (511) 481 - 9845
 Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 205



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.

EXPEDIENTE: 15-2000/LQ 15-783

OBRA / PROYECTO: "ORCOPAMPA"

UBICACIÓN: PROVINCIA: CASTILLA, DEPARTAMENTO: AREQUIPA

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CANTERA: MISAHUANCA

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 20 - 07 - 15

ANÁLISIS DE:	pH MTC E 119 ASTM D-4792
TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA CANTERA: MISAHUANCA	6,78

Lima, 24 de Julio del 2015

CARMEN M. REYES CUBAS
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI



ROSA V. ALTAMIRANO MEDINA
MS. ING. JEFA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

El Laboratorio no es responsable de la muestra ni de la procedencia de la muestra
Av. Topa Ampu 210, Lima 25, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Telefax: (511) 481 - 9845
Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 295



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.

EXPEDIENTE: 15-2000/LQ 15-783

OBRA / PROYECTO: "ORCOPAMPA"

UBICACIÓN: PROVINCIA: CASTILLA, DEPARTAMENTO: AREQUIPA

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CANTERA: MISABUANCA

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 20 - 07 - 15

ANÁLISIS DE:	REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALIS-SÍLICE	
	ASTM D 189	
	MTC E 217	
	Sílice disuelta	Reducción Alcalinidad
	Se : Milimol/L.	Rc : Milimol/L.
TIPO DE MUESTRA:		
ARENA		
GRUESA		
CANTERA:		
MISABUANCA	109,23	184,25

Lima, 24 de Julio del 2015

CARMEN M. REYES CUBAS
MSc. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

ROSA V. ALAMIRANO MURRAY
MSc. ING. JEFE DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

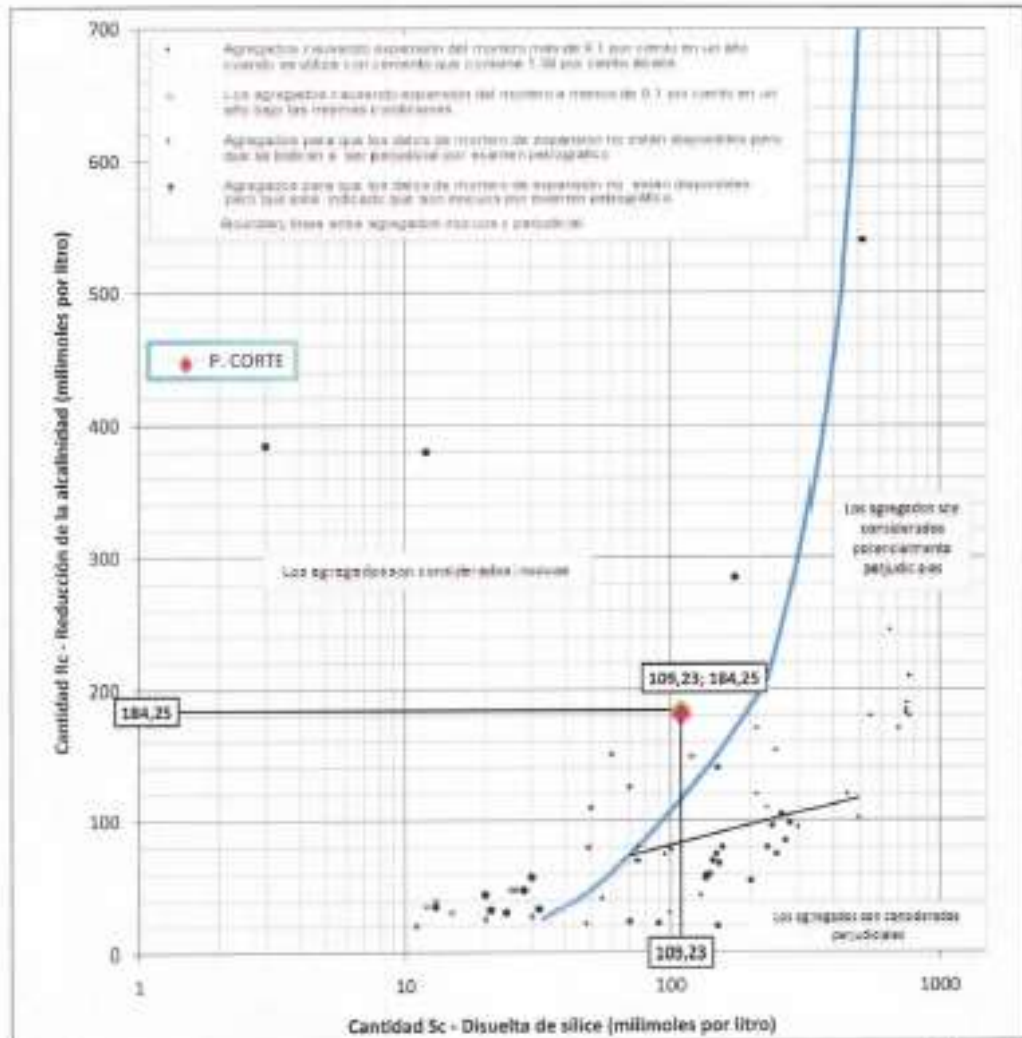
Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Teléfonos: (511) 481 - 9845
Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 295



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC



Sc = 109,23	Milimoles por litro
Rc = 184,25	Milimoles por litro

Carmen M. Reyes Cubas
CARMEN M. REYES CUBAS

MSC. INGENIERISTA DEL LABORATORIO
 Laboratorio Químico de la FIC-UNI

El Laboratorio es responsable del muestreo y de la preparación de la muestra

Rosa V. Altamirano Medina
ROSA V. ALTAMIRANO MEDINA
 MS. ING. JEFA DEL LABORATORIO

Laboratorio Químico de la FIC-UNI



Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú
 Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Telefax: (511) 481 - 9945
 Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 295



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.

EXPEDIENTE: 15-2000/LQ 15-784

OBRA / PROYECTO: "ORCOPAMPA"

UBICACIÓN: PROVINCIA: CASTILLA, DEPARTAMENTO: AREQUIPA

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CANTERA: CHILCAYMARCA

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 20 - 07 - 15

ANÁLISIS DE:	SALES SOLUBLES TOTALES MTC E 219 ASTM D 1888	SALES SOLUBLES TOTALES MTC E 219 ASTM D 1888
TIPO DE MUESTRA:	ppm	%
ARENA GRUESA CANTERA: CHILCAYMARCA	768	0.07

Lima, 24 de Julio del 2015

CARMEN M. REYES CUBAS
MSC. INGENIERISTA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ROSA V. ALTAMIRANO MEDINA
MS. ING. JEFE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

Ave. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Teléfono: (511) 481 - 9845
Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 256



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.

EXPEDIENTE: 15-2000/LQ 15-784

OBRA / PROYECTO: "ORCOPAMPA"

UBICACIÓN: PROVINCIA: CASTILLA, DEPARTAMENTO: AREQUIPA

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CANTERA: CHILCAYMARCA

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 20 - 07 - 15

ANÁLISIS DE:	pH MTC E 119 ASTM D 4752
TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA CANTERA: CHILCAYMARCA	5.81

Lima, 24 de Julio del 2015

CARMEN M. REYES CUBAS
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO QUÍMICO FIC
ROSA V. AETAMBRANO MEDINA
MS. ING. JEFA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UN

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra
Av. Túpac Katari 210, Lima 29, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Teléfono: (511) 481 - 9845
Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 295



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.

EXPEDIENTE: 15-2080/LQ 15-784

OBRA / PROYECTO: "ORCOPAMPA"

UBICACIÓN: PROVINCIA: CASTILLA, DEPARTAMENTO: AREQUIPA

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CANTERA: CHILCAYMARCA

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 20 - 07- 15

ANÁLISIS DE:	REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALIS-SÍLICE	
	ASTM D 189 MTC E 217	
	Sílice disuelta Sc : Milimol/L	Reducto ión Alcalinidad Rc : Milimol/L
TIPO DE MUESTRA:		
ARENA GRUESA CANTERA: CHILCAYMARCA	92,46	179,75

Lima, 24 de Julio del 2015

CARMEN M. REYES CUBAS
MSc. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

ROSA V. ALTAMIRANO MEJÍA
MSc. ING. JEFA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra
Av. Tupeac Amaru 210, Lima 25, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Telefax: (511) 481 - 0845
Central Telefónica: 481-1070 / Anexos: 256



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA CONCRETERA S.A.C.

EXPEDIENTE: 15-2000/LQ 15-784

OBRA / PROYECTO: "ORCOPAMPA"

UBICACIÓN: PROVINCIA: CASTILLA, DEPARTAMENTO: AREQUIPA

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CANTERA: CHILCAYMARCA

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 20 - 07 - 15

ANÁLISIS DE:	REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALIS-SILICE	
	ASTM D 189 MTC E 217	
	Silice disuelta Se : Milimol/L	Reducción Alcalinidad Re : Milimol/L
TIPO DE MUESTRA:		
ARENA GRUESA CANTERA: CHILCAYMARCA	92,46	179,75

Lima, 24 de Julio del 2015

CARMEN REYES CUBAS
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ROSA V. ACTISABRANO MELIS
MS. ING. JEFA DEL LABORATORIO
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra
Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Telefax: (511) 481 - 9845
Central Telefónica: 481-1070 / Anexos: 256

**ANEXO 06: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO YURA
TIPO IP**



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD



DESCRIPCIÓN

El Cemento Portland Pozolánico Yura IP, ALTA DURABILIDAD, es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Pozolánico YURA IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del Intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

LA DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP	Requisitos Norma NTP 334.050 ASTM C-595
MgO (%)	1.95	6.00 Mác.
SO ₃ (%)	1.75	4.00 Mác.
Pérdida por ignición (%)	2.14	5.00 Mác.

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP		Norma NTP 334.050 ASTM C-595		Comentarios con Norma Tipo I y Tipo V Requisitos con Norma NTP 334.050 / ASTM C118	
	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa
Peso específico (gr/cm ³)	2.85	-	-	-	-	-
Expansión en autodesecado (%)	0	-	0.80 Mác.	-	-	-
Fraguado West First (minutos)	170	-	45 Mác.	-	-	-
Fraguado West Final (minutos)	370	-	430 Mác.	-	-	-
Resistencia a la compresión	Cemento IP		Cemento Tipo I		Cemento Tipo V	
	1 día	106	30	-	-	-
	3 días	159	20	132 Mác.	13	122
	7 días	247	34	204 Mác.	20	194
	28 días	342	34	255 Mác.	25	-
	90 días	397	39	-	-	-
% Expansión a los 14 días	0.018		-		0.04 Mác.	

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

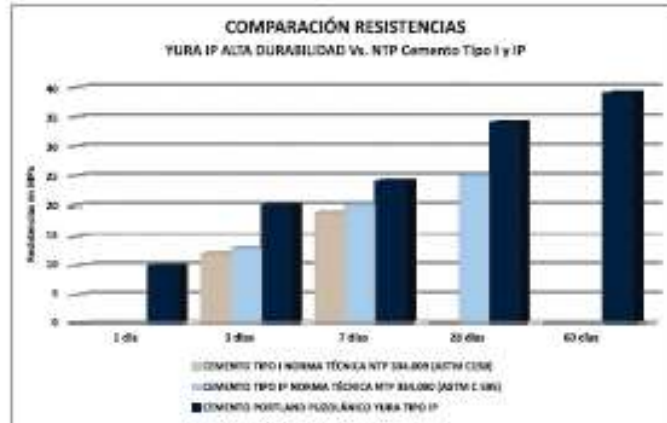
PLANTA: Explotación Yura Km 20 s/n, Yura, Arequipa - Perú
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Díaz Carazo N° 527 - Arequipa
 TELÉFONO: (054) 495041 2/500 FAX: (054) 220600
 www.yura.com.pe

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

COMPARATIVO CON
REQUISITOS DE
RESISTENCIA DE
NORMAS TÉCNICAS



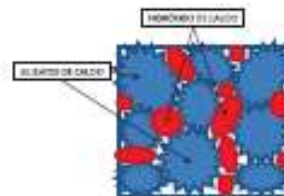
PROPIEDADES

1 MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolana, hacen que el cemento Yura IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

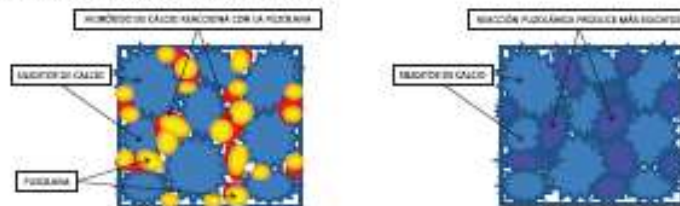
Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25 % es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

CON CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP



La puzolana que contiene el cemento YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Ubicación Yura Km 25 s/n, Yura, Arequipa - Perú.
OFICINA COMERCIAL: Av. General Das Carreras N° 323 - Arequipa.
TELÉFONOS: (054) 485080 - 225077 - FAX: (054) 226050
www.yura.com.pe



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

PROPIEDADES

2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS:

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio dihidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento Yura Tipo IP es más resistente a los sulfatos y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el cemento Portland Tipo IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.

Resistencia a los sulfatos	Resultado Cemento YURA IP	Resultado Cemento YURA Tipo V	Requisitos de Norma N° 334-003 Tipo V
Máximo % de Expansión a los 28 días	0.018	0.022	0.040 Mbs.

* La expansión del cemento YURA IP - ALTA DURABILIDAD, es menor que la del cemento Tipo V y mucho menor al exigido en la norma.

3 MAYOR IMPERMEABILIDAD:

El cemento portland puzolánico YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

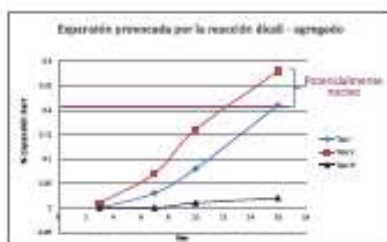
4 DISMINUYE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI- AGREGADO:

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos. El cemento Yura tipo IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

ENSAYO DE COMPROBACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP QUE INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO.

Comparación de potencial de reactividad alcalina de los cementos tipos I, V y IP según método de la norma ASTM C1260-07.



Días	% Expansión Mort		
	Cemento tipo I	Cemento tipo V	Cemento tipo IP
3 días	0	0.01	0
7 días	0.03	0.07	0
10 días	0.08	0.16	0.02
16 días	0.21*	0.28*	0.02**

El cemento Yura IP neutraliza esta reacción protegiendo al concreto contra este tipo de ataques.

* Los cementos tipo I y V presentan un porcentaje de expansión de 0.20 a los 16 días lo cual se los considera potencialmente dañinos.

** Bajo riesgo de expansión en condiciones de campo.

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Dirección Yura km 25 s/n, Yura, Arequipa - Perú
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Díaz Caneja N° 327 - Arequipa
 TELÉFONO: (054) 426061 - 226062 - FAX: (054) 226063
 www.yura.com.pe



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD

PROPIEDADES

5 MENOR CALOR DE HIDRATACIÓN:

La reacción entre el Hidróxido de Calcio, liberado en la hidratación del cemento, con el aluminato tricálcico (C3A) presente en el cemento, genera gran calor de hidratación. La puzolana al reaccionar con el hidróxido de calcio, inhibe esta reacción, generando menor calor de hidratación, evitando contracciones y fisuraciones que afectan la calidad del concreto, principalmente en obra de gran volumen.

El cemento de Yura tipo IP cumple con el requisito, a los 7 y 28 días, de generar un moderado calor de hidratación. Por lo tanto, puede utilizarse al igual que el cemento Portland tipo II.

BENEFICIOS AMBIENTALES

Menor consumo energético.

Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsas 42.5 Kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.050	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 OF68	CEMENTO PUZOLÁNICO	CEMENTO COMERCIAL
USA	Norma Americana	ASTM C595	PORTLAND PUZZOLAN CEMENT	TYPE IP
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 20
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 490	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Brasil	Norma Brasileña	NBR 5730	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO CP IV 32
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO I

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de empaquetado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Exacción Yura Km 23 s/o. Iruya, Arequipa – Perú.
OFICINA COMERCIAL: Av. General O'Leary N° 527 – Arequipa
TELÉFONO: (054) 49680 - 32900 - FAX: (054) 329930
www.yura.com.pe

ANEXO 07: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO YURA TIPO HE

FICHA TÉCNICA



CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL



DESCRIPCIÓN

El cemento YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, clasificado como cemento tipo HE según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los más altos estándares de la industria cementera, colaborando con el cuidado del medio ambiente, debido a que en su producción se genera menor cantidad de CO₂, contribuyendo a una reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente hasta lograr un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

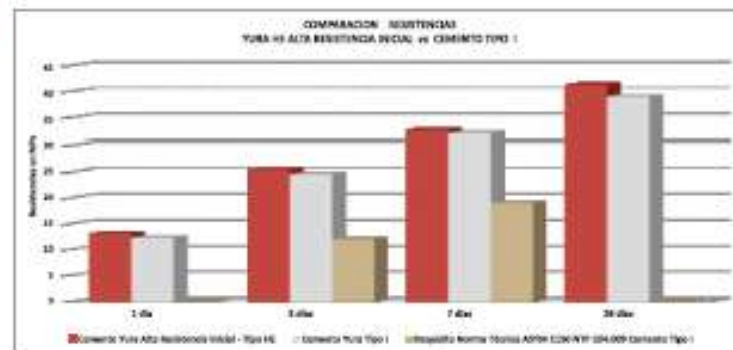
La composición de este producto permite la producción de concretos con requerimientos de altas resistencias iniciales, otorgando propiedades adicionales para lograr alta durabilidad por lo que puede ser utilizado en obras de infraestructura y construcción en general.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS FÍSICOS	REQUISITOS NORMA TÉCNICA NTP 334.082 ASTM C 1157	DESEMPEÑO CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL - TIPO HE	REQUISITOS NORMA TÉCNICA CEMENTO TIPO I NTP 334.003 / ASTM C 150		
- Superficie específica (M ² /kg)	=	4400	3000 Mínimo		
- Expansión en autogeneración (%)	0,30 Máximo	0,00	4,00 Máximo		
- Fregado Viscal (Intruso)	45 Mínimo	170	45 Mínimo		
- Fregado Viscal Fino (Intruso)	120 Máximo	230	275 Mínimo		
- Contenido aire Mortero (%)	=	4,50	13,00 Máximo		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa	
1 día	122	13	130 - 140	13,2 - 14,3	-
3 días	144	14	202 - 212	20,7 - 21,6	122
7 días	=	-	304 - 308	30,0 - 31,0	154
28 días	=	-	413 - 426	40,2 - 43,2	=

*EL CEMENTO YURA TIPO HE - ALTA RESISTENCIA INICIAL, reemplaza al cemento tipo I, donde está especificado técnicamente.

EQUIVALENCIA O CARACTERÍSTICAS SIMILARES A OTROS TIPOS DE CEMENTOS



VERSIÓN DICIEMBRE 2013

PLANTA: Carretera Yura Km 25 s/n, Yura, Arequipa - Perú
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Díaz Cochaco N° 527 - Arequipa
 TELÉFONO: (054) 485090 / 220077 - FAX: (054) 220060
 www.yura.com.pe

TIPO HE - ALTA RESISTENCIA INICIAL - TIPO HE - HIGH EARLY STRENGTH



CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL

PROPIEDADES

EL CEMENTO YURA TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia inicial.
- Aumento de impermeabilidad
- Resistencia a los sulfatos
- Resistencia a los cloruros
- Menor calor de hidratación
- Disminuye la reacción nociva alcali-agregado (Según grado de reactividad del agregado)
- Mayor plasticidad y trabajabilidad en concreto.

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.
- Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Gautes Impermeables



Protección Ocular



Botas Impermeables



Protección Respiratoria

ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsas 42.5 Kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA	DEMINOMINACIÓN
Perú	Norma Técnica Peruana NTP 334.092	CEMENTO PORTLAND TIPO HE
Chile	Norma Chilena Oficial NCh 148 0168	CEMENTO PORTLAND PULCADO TIPO HE
USA	Norma Americana ASTM C1157	PORTLAND CEMENT TIPO HE
Bolivia	Norma Boliviana NB-011	CIMENTO PORTLAND CON PLASTICIDAD TIPO HE
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2380	CEMENTO HIDRULICO TIPO HE
Colombia	Norma Técnica Colombiana NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND TIPO I

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el mas antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN DICIEMBRE 2013

TIPO HE - ALTA RESISTENCIA INICIAL
 YURA S.A. - AV. GENERAL DIAZ CANEZO N° 327 - AREQUIPA

ANEXO 08: FICHA TECNICA DE FIBRA WIRAD

FIBRA WIRAND® FF3**DESCRIPCIÓN:**

Fibra WIRAND® FF3 en alambre de acero trefilado para el refuerzo del hormigón

TIPO:

Wirand® FF3

DIMENSIONES:

- Diámetro D: 0.75 mm ;
- Largo L: 50 mm;
- Relación de esbeltez L/D:
- Relación entre el Largo y el Diámetro $50/0.75 = 67$

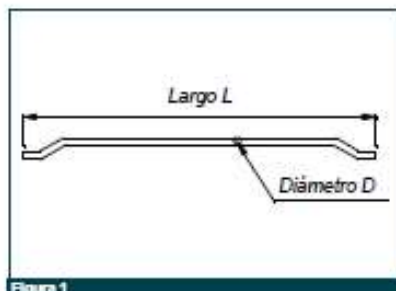


Figura 1

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ALAMBRE

R_m (Tensión de ruptura por tracción del alambre): : > 1100 MPa
 Δl (Elongación a la ruptura) < 4%

FORMA

Los ganchos de las extremidades de la fibra WIRAND® FF3 garantizan la máxima adherencia al hormigón

STANDARD DE REFERENCIA

- NF-EN 10016 "Non-alloy steel rod for drawing and/or cold rolling – Part 1: General requirements"
- UNI-11037 – Fibre di acciaio da impiegare nel confezionamento di conglomerato cementizio rinforzato
- pr-EN 14889-1 – Fibres for concrete – Part 1 – Steel fibres – Definition, specifications and conformity

EMBALAJES

La fibra WIRAND® FF3 es acondicionada en grandes big bags de kg 600, 750, 950 de peso, o en cajas de cartón de 20 kg

El fabricante, con el fin de mejorar y optimizar las características técnicas de los productos, se reserva el derecho de modificar los estándares de los productos sin ningún preaviso. Todas las informaciones comunicadas están dadas de buena fe y en base a nuestra experiencia; de todas formas tanto el fabricante como sus distribuidores declinan cualquier responsabilidad por una utilización errónea de dicha información por parte del proyecto.

Officine Maccaferri S.p.A.
Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italy)
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507
E-mail: com.es.officine@maccaferri.com - Web site: www.maccaferri.com



ANEXO 09: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO VISCONCRETE

HOJA TÉCNICA

Sika® ViscoCrete®-1110 PE

Aditivo superplastificante con retardo

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactantes.

USOS

- Es adecuado para la producción de concreto en obra, así como para el concreto pre-mezclado.
- Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
 - Concreto autocompactante.
 - Para concretos bajo agua, sistemas tremie. (La relación agua – material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
 - Concreto para climas cálidos y/o sometidos a trayectos largos o espera antes de su utilización.
 - Concreto de alta reducción de agua (hasta 30%)
 - Concreto de alta resistencia.
 - Inyección de lachada de cementos con alta fluidez.
- La alta reducción de agua y la excelente fluidez tienen una influencia positiva sobre las aplicaciones antes mencionadas.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® ViscoCrete®-1110 PE actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Alta Impermeabilidad.
- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- A dosis altas mantiene el slump por más de dos horas (Hacer pruebas de diseño) Esto puede variar por las condiciones ambientales y el tipo de cemento que use.
- Reduce la carbonatación del concreto.

	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la durabilidad del concreto. • Reduce la exudación y la segregación. • Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero. <p>Sika® ViscoCrete®-1110 PE no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.</p>
--	--

NORMAS	ESTÁNDARES
	Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo G y ASTM C-1017

DATOS BÁSICOS

FORMA	COLORES Marro claro a marrón oscuro ASPECTO Líquido PRESENTACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Granel x 1 L. • Cilindro x 200 L.
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL 12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1,06 kg/L ± 0,01 USGBC VALORACIÓN LEED Sika® ViscoCrete®-1110 PE cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS <ul style="list-style-type: none"> • Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento. • Para concretos fluidos y autocompactantes: 1% - 2 % cm³ por kilogramo de cemento.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO Sika® ViscoCrete®-1110 PE se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo. Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 60 segundos del tiempo de mezclado. Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos. El uso de Sika® ViscoCrete®-1110 PE garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete®-1110 PE debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos. El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® G.

Hoja Técnica
 Sika® ViscoCrete®-1110 PE
 10.01.15, Edición 4



	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la durabilidad del concreto. • Reduce la exudación y la segregación. • Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero. <p>Sika® ViscoCrete®-1110 PE no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.</p>
--	--

NORMAS	ESTÁNDARES
	Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo G y ASTM C-1017

DATOS BÁSICOS

FORMA	COLORES Marro claro a marrón oscuro ASPECTO Líquido PRESENTACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Granel x 1 L. • Cilindro x 200 L.
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL 12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1,06 kg/L ± 0,01 USGBC VALORACIÓN LEED Sika® ViscoCrete®-1110 PE cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS <ul style="list-style-type: none"> • Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento. • Para concretos fluidos y autocompactantes: 1% - 2 % cm³ por kilogramo de cemento.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO Sika® ViscoCrete®-1110 PE se agrega el agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo. Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 60 segundos del tiempo de mezclado. Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos. El uso de Sika® ViscoCrete®-1110 PE garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete®-1110 PE debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos. El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® S.

Hoja Técnica
 Sika® ViscoCrete®-1110 PE
 23.01.15, Edición A



	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la durabilidad del concreto. • Reduce la exudación y la segregación. • Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero. <p>Sika® ViscoCrete®-1110 PE no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.</p>
NORMAS	ESTÁNDARES
	Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo G y ASTM C-1017
DATOS BÁSICOS	
FORMA	COLORES Marrón claro a marrón oscuro ASPECTO Líquido PRESENTACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Granel x 1 L. • Cilindro x 200 L.
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL 12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1,06 kg/L ± 0,01 USGBC VALORACIÓN LEED Sika® ViscoCrete®-1110 PE cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS <ul style="list-style-type: none"> • Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento. • Para concretos fluidos y autocompactantes: 1% - 2 % cm³ por kilogramo de cemento.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO Sika® ViscoCrete®-1110 PE se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo. Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 60 segundos del tiempo de mezclado. Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos. El uso de Sika® ViscoCrete®-1110 PE garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete®-1110 PE debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos. El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® B.

Hoja Técnica
 Sika® ViscoCrete®-1110 PE
 22.01.15, Edición 4

2/4

BUILDING TRUST



ANEXO 10: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO SIGUNIT

HOJA TÉCNICA

Sigunit® L-60 AF

Accelerante líquido Libre de álcalis para concreto proyectado de alto rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sigunit® L-60 AF es un acelerante líquido libre de álcalis de alto desempeño desarrollado en base a sustancias inorgánicas especiales, para ser utilizado en concreto proyectado tanto por vía húmeda como por vía seca.

No contiene cloruros.

USOS

Sigunit® L-60 AF es un acelerante para uso en el proceso de proyección por vía seca y vía húmeda en las siguientes aplicaciones principales:

- Concretos y morteros proyectados en túneles, minas, muros de contención, canales, estanques y reparaciones donde se requiera un rápido fraguado y altas resistencias iniciales.
- Concreto proyectado de alta calidad en revestimientos y trabajos de construcción en general.
- Estabilización de taludes y rocas.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Libre de álcalis.
- Rápido desarrollo del fraguado y de la resistencia inicial.
- Mayor resistencia a largo plazo.
- No contamina las aguas superficiales o subterráneas debido a que está libre de álcalis.
- Aumenta la adherencia del concreto proyectado a la roca y concreto, facilitando la aplicación sobre cabeza.
- Libre de cloruros, no ataca el acero de refuerzo.
- Permite aplicar capas sucesivas rápidamente.
- Disminuye el rebote.

DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Líquido

COLORES

Beige Lechoso

PRESENTACIÓN

- Granel x 1 L
- Cilindro x 200 L
- Dispenser x 1000 L

ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL 6 meses bajo techo en su envase original cerrado a temperaturas entre 7 °C y 30 °C.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1,35 ± 0,01 kg/L

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS Se recomienda utilizar dosis de 4 a 8 % del peso del cemento. Es posible utilizar mayores o menores dosis realizando ensayos previos.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO La dosis de Sigunit® L-60 AF más efectiva se obtiene a través de ensayos previos en terreno en las condiciones de fauna de 90 al 150 cm ³ por kilogramo de cemento. Sigunit® L-60 AF se agrega junto con el aire comprimido en el sistema de mezcla húmeda o diluido en el agua en el sistema de mezcla seca. Consulte con el fabricante de la máquina proyectora o con nuestro Departamento Técnico respecto al dosificador más adecuado. Se recomienda agitar el producto antes de usar. IMPORTANTE El efecto del acelerante depende del contenido, edad y tipo de cemento utilizado, así como el sustrato, temperatura, sistema de proyección y espesor de capa. La razón a/c del concreto en el proceso de proyección por vía húmeda y el agua agregada en la boquilla en el proceso vía seca son parámetros que influyen el efecto acelerador del Sigunit® L-60 AF. A temperatura más bajas se requiere mayor dosis de aditivo para una misma aceleración de la resistencia inicial y fraguados. En el proceso vía húmeda es recomendable una relación a/c <0.50. Es recomendable acompañar la mezcla con aditivos Sikament® o Sika® ViscoCrete®.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
OBSERVACIONES	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sigunit® L-60 AF
19.11.14, Edición 6



NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hoja Técnica de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 5
la misma que deberá ser destruida"**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sigunit® L-60 AF :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concreta
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sigunit® L-60 AF
10.11.24, Edición 6

Versión elaborada por: Sika Perú
S.A.
CD Departamento Técnico
Telf: 618-6000
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

