

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**INFLUENCIA SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN
CONCRETO LIGERO ESTRUCTURAL, AL REEMPLAZAR UN
PORCENTAJE DE TRAQUITA; SATURADA Y SECA POR EL
AGREGADO GRUESO**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL

Presentada por:

Bachiller: AYSA YIRÉ VÁSQUEZ TAICO

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA, PERÚ

2022

COPYRIGHT © 2022 by
AYSA YIRÉ VÁSQUEZ TAICO
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

INFLUENCIA SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO LIGERO ESTRUCTURAL, AL REEMPLAZAR UN PORCENTAJE DE TRAQUITA; SATURADA Y SECA POR EL AGREGADO GRUESO

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL

Presentada por:

Bachiller: AYSA YIRÉ VÁSQUEZ TAICO

JURADO EVALUADOR

Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
Asesor

M.Cs. José Luis Marchena Araujo
Jurado evaluador

Mg. Perlita Rosmery Esaine Barrantes
Jurado evaluador

M.Cs. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado evaluador

CAJAMARCA, PERÚ

2022



Universidad Nacional de Cajamarca
SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERÚ



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

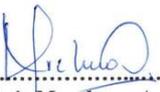
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 16:00 horas, del día 16 de noviembre del dos mil veintidós, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el M.Cs. **JOSE LUIS MARCHENA ARAUJO**, Mg. **PERLITA ROSMERY ESAINE BARRANTES**, M.Cs. **MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS**, y en calidad de Asesor el Dr. **MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**, Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada “**Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso**”, presentada por la **Bach. en Ingeniería Civil. AYSA YIRÉ VÁSQUEZ TAICO**.

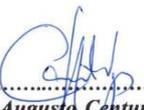
Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBAR**..... con la calificación de **EXCELENTE, (17) DIECISIETE**..... la mencionada Tesis; en tal virtud, la **Bach. en Ingeniería Civil. AYSA YIRÉ VÁSQUEZ TAICO** Bach. en Ingeniería Civil, está apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRA EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **Ingeniería Civil**.

Siendo las **17:30** horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Asesor


.....
M.Cs. Jose Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador


.....
Mg. Perlita Rosmery Esaine Barrantes
Jurado Evaluador


.....
M.cs. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador

Están conmigo inclusive en los momentos más belicosos. Sin su valimiento y ayuda no estaría aquí. Este trabajo va con mucho amor para mis papás.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por regalarme la fuerza que me permitió coronar esta meta. Al Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por asesorar la investigación. A los jurados, por su tiempo y consejos. Y a las personas que me motivaron para empezar y terminar esta investigación.

«La historia de la civilización es, en cierto sentido, la historia de la ingeniería:
esa larga y ardua lucha por hacer que las fuerzas de la naturaleza trabajen
para el bien del hombre».

Lyon Sprague DeCamp.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS	xiii
GLOSARIO	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPITULO I	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1.Contextualización	1
1.1.2.Descripción del problema	2
1.1.3.Formulación del problema	3
1.2. Justificación e importancia	3
1.3. Delimitación de la investigación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1.Objetivo General	4
1.4.2.Objetivos específicos	4
CAPITULO II	5
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial	5
2.1.1.Nivel Internacional	5
2.1.2.Nivel Nacional	6
2.2. Marco conceptual	8
2.2.1.Estructura del concreto	8
2.2.1.1. Cemento	8
2.2.1.2. Agua	9
2.2.1.3. Agregados	9
2.2.1.4. Agregados livianos	11
2.2.2.Curado interno del concreto mediante agregado liviano saturado	12
2.2.3.Concreto ligero	13
2.2.3.1. Concreto ligero estructural	14
2.2.4.Diseño de mezclas	15
2.3. Definición de términos básicos	16
CAPITULO III	17
3.1. Hipótesis	17
3.1.1.Hipótesis general	17
3.2. Variables	17
3.2.1.Independientes	17

3.2.2. Dependientes	17
3.3. Operalización de los componentes de la hipótesis	18
CAPÍTULO IV	19
4.1. Ubicación geográfica	19
4.2. Diseño de la investigación	19
4.3. Métodos de investigación	19
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación	19
4.4.1. Población y muestra	19
4.4.2. Unidad de análisis y unidad de observación	20
4.5. Tratamientos de estudio	20
4.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	21
4.6.1. Técnicas de ensayo en laboratorio	21
4.6.2. Instrumento de recopilación de información	30
4.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	32
4.8. Matriz de consistencia metodológica	35
CAPITULO V	36
5.1. Resultados del peso volumétrico	36
5.2. Resultados de la resistencia a compresión	37
5.2.1. Desarrollo de la resistencia a compresión a los 7 d.	37
5.2.2. Desarrollo de la resistencia a compresión a los 14 d	37
5.2.3. Desarrollo de la resistencia a compresión a los 28 d	38
5.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados	38
5.3.1. Peso volumétrico	38
5.3.1.1. ANOVA del peso volumétrico	39
5.3.2. Resistencia a compresión	44
5.3.2.1. ANOVA de la resistencia a compresión a los 7 d.	44
5.3.2.2. ANOVA de la resistencia a compresión a los 14 d.	49
5.3.2.3. ANOVA de la resistencia a compresión a los 28 d.	53
5.4. Contrastación de hipótesis	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÉNDICE I: FICHAS DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS	64
APÉNDICE II: FOTOGRAFÍAS	69
ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO	75
ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO	78
ANEXO III: PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TRAQUITA	81

ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO FORTIMAX	84
ANEXO V: FICHA TÉCNICA DE LA ARCILLA EXPANDIDA MINI	86
ANEXO VI: DISEÑOS DE MEZCLA PARA EL CONCRETO	87
ANEXO V: CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO	92
ANEXO VI: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límite granulométrico del agregado fino	10
Tabla 2: Límite granulométrico del agregado grueso	10
Tabla 3: Tipos de concretos ligeros según su resistencia	13
Tabla 4: Operalización de los componentes de la hipótesis	18
Tabla 5: Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a compresión	20
Tabla 6: Cantidad mínima de muestra a ensayar	25
Tabla 7: Estándares para el control del concreto para $f'c \leq 35$ MPa	34
Tabla 8: Matriz de consistencia metodológica	35
Tabla 9: Influencia en el peso volumétrico del C.E. según los tratamientos	36
Tabla 10: Influencia en la resistencia a compresión según tratamientos a 28d.	38
Tabla 11: Análisis de la varianza del peso volumétrico del concreto endurecido	39
Tabla 12: Medias del peso volumétrico del concreto endurecido	40
Tabla 13: Información agrupada del peso volumétrico, con el método Tukey y una confianza del 95%	40
Tabla 14: Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 7d.	44
Tabla 15: Medias de la resistencia a compresión a los 7d.	45
Tabla 16: Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%	46
Tabla 17: Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 14d.	49
Tabla 18: Medias de la resistencia a compresión a los 14d.	49
Tabla 19: Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%	50
Tabla 20: Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 28 d.	53
Tabla 21: Medias de la resistencia a compresión a los 28 d.	54
Tabla 22: Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ficha de toma y recolección de datos.	30
Figura 2: Desarrollo del peso volumétrico en estado fresco y endurecido.	36
Figura 3: Desarrollo de la resistencia a compresión a los 7d.	37
Figura 4: Desarrollo de la resistencia a compresión a los 14d.	37
Figura 5: Desarrollo de la resistencia a compresión a los 28d.	38
Figura 6: Gráfica de intervalos de peso volumétrico del concreto por tratamiento	41
Figura 7: Gráfica de valores individuales de peso volumétrico del concreto por tratamiento.	42
Figura 8: Gráfica de caja de peso volumétrico del concreto por tratamiento	42
Figura 9: Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 7d.	46
Figura 10: Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 7 d.	47
Figura 11: Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 7d.	47
Figura 12: Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 14 d.	50
Figura 13: Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 14d.	51
Figura 14: Gráfica de caja de resistencia a compresión de las probetas a los 14d.	52
Figura 15: Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 28d.	55
Figura 16: Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 28d.	56
Figura 17: Gráfica de caja de resistencia a compresión de las probetas a los 28d.	56
Figura 18: Tesista realizando el ensayo de peso unitario del agregado fino	69
Figura 19: Muestra de la arcilla expandida y traquita seca.	69
Figura 20: Muestra de traquita saturada.	70
Figura 21: Asesor y tesista inspeccionando el curado de las probetas	70
Figura 22: Elaboración de las probetas del tratamiento II	71
Figura 23: Elaboración de las probetas del tratamiento III	71
Figura 24: Almacenamiento de las probetas.	72
Figura 25: Peso y codificación para las probetas elaboradas.	72
Figura 26: Ensayo de Resistencia a compresión a 7 d. para probetas patrón.	73
Figura 27: Ensayo de Resistencia a compresión a 28 d. para las probetas patrón.	73
Figura 28: Ensayo de Resistencia a compresión a 7 d. para las probetas con 3% de reemplazo de traquita seca.	74
Figura 29: Ensayo de Resistencia a compresión a 28 d. para las probetas con 5% de reemplazo de traquita seca.	74

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

7d	:	7 días de edad de concreto.
14 d	:	14 días de edad de concreto.
28 d	:	28 días de edad de concreto.
°C	:	Grados Celsius.
a.C.	:	Antes de Cristo.
ACI	:	American Concrete Institute / Instituto Americano del Concreto.
Ap.	:	Área de la probeta.
ASTM	:	American society for testing and materials / Sociedad americana para pruebas y materiales
Ajust.	:	Ajuste.
ANOVA	:	Análisis de la varianza
BCRP	:	Banco Central de Reserva del Perú
C.E.	:	Concreto endurecido.
C.F.	:	Concreto fresco.
cm	:	Centímetros.
cm ²	:	Centímetros cuadrados.
cm ³	:	Centímetros cúbicos.
Desv. Est.	:	Desviación estándar.
Ed.	:	Edición digital.
g	:	Gramos.
g/cm ³	:	Gramos por centímetro cúbico.
f _c	:	Resistencia especificada a la compresión de compresión.
GCCA	:	Global cement and concrete association.
GL	:	Grados de libertad.
h	:	Horas.
IC	:	Índice de confianza.
kg	:	kilogramos.

kg/cm ²	:	kilogramos por centímetro cuadrado.
kg/m ³	:	kilogramos por centímetro cúbico.
kN	:	kilonewton
lb/ft ³	:	Libra por pie cúbico.
mm	:	Milímetros.
m ³	:	Metros cúbicos.
m.s.n.m	:	Metros sobre el nivel del mar.
Máx.	:	Máxima.
MC	:	Media de los cuadrados
MPa	:	megapascal.
No.	:	Número.
NTE	:	Norma técnica de edificación.
NTP	:	Norma técnica peruana.
P.U.C.E.	:	Peso unitario del concreto endurecido.
P.U.C.F.	:	Peso unitario del concreto fresco.
SC	:	Suma de cuadrados.
SSS	:	Saturado superficialmente seco.
t	:	Temperatura.
Traq.	:	Traquita.
T.M.N.	:	Tamaño máximo nominal.
Vol.p	:	Volumen de la probeta.

GLOSARIO

Arcilla expandida: es un agregado con forma redondeada, de baja densidad y alta resistencia superficial.

Concreto ligero estructural: es el concreto que tiene una resistencia a compresión mínima a los 28 días de 17 MPa y una densidad equilibrio entre 1450 y 1900 kg/m³.

Desviación estándar: es una manera de medir la desviación típica de valores individuales del valor medio.

Media: se la llama también promedio, es el valor obtenido al dividir la suma del conjunto de números entre la cantidad de estos.

Mediana: es el valor que se encuentra a la mitad de un conjunto de valores, es decir que al ordenar los números de menor a mayor, estará justamente en medio.

Peso volumétrico: llamado también peso unitario, es el peso que tiene la mezcla del concreto en 1 m³.

Rango intercuartílico: es una forma de medir la dispersión de valores en un conjunto de datos.

Resistencia a compresión: es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. Su unidad es generalmente MPa.

Traquita: es una roca ígnea compuesta por minerales. Útil en la industria de la construcción por características como su porosidad y baja densidad.

Tratamiento: es el grupo de acciones que se aplican sobre las unidades experimentales, con el fin de compararlas.

RESUMEN

La investigación expone los resultados del estudio realizado para determinar la influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso. La evaluación se realizó comparando el tratamiento patrón; conteniendo el 20% de arcilla expansiva como parte del cemento, con los (4) tratamientos que contienen arcilla expandida y un porcentaje de reemplazo del agregado grueso por traquita. Las pruebas consistieron en elaborar probetas de concreto con $f'c=210$ kg/cm², para luego evaluar la resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días; y el peso volumétrico en su estado fresco y endurecido. A partir de los resultados, se concluyó que al reemplazar el agregado grueso con 3% traquita saturada, 5% traquita saturada, 3% traquita seca y 5% traquita seca, la resistencia a compresión aumenta en 1.3%, 6.5%, 2.6% y 6.2%, respectivamente. Y que la influencia en el peso volumétrico reemplazando el agregado grueso con 3% traquita saturada y 5% traquita saturada, aumenta en un 1.48% y 1.79% respectivamente, mientras que con el reemplazo de 3% traquita seca y 5% traquita seca, disminuye el peso volumétrico en 0.84% y 0.83% respectivamente.

Palabras clave:

Concreto ligero estructural, resistencia a compresión, peso volumétrico, traquita, arcilla expandida.

ABSTRACT

The research exposes the results of the study carried out to determine the influence on the compressive strength of a structural lightweight concrete, by replacing a percentage of trachyte, saturated and dry, by the coarse aggregate. The evaluation was carried out by comparing the standard treatment, containing 20% of expansive clay as part of the cement, with (4) treatments that contain expanded clay and a percentage of a replacement of the coarse aggregate with trachyte. The tests consisted of making concrete specimens with $f'c=210$ kg/cm² to evaluate the compressive strength at the stages of 7, 14 and 28 days and volumetric weight both fresh and hardened. It was concluded that by replacing the coarse aggregate with 3% of saturated trachyte, 5% of saturated trachyte, 3% of dry trachyte and 5% of dry trachyte, the compressive strength increases by 1.3%, 6.5%, 2.6%, 6.2%; respectively. In the same way, the influence of volumetric weight by replacing the coarse aggregate with 3% of saturated trachyte, and 5% of saturated trachyte increases by 1.48% and 1.79% respectively. Meanwhile, by replacing it with 3% of dry trachyte and 5% of dry trachyte, the volumetric weight decreases by 0.84% and 0.83% respectively.

Key words:

Structural lightweight concrete, compressive strength, volumetric weight, trachyte, expanded clay.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

Después del agua, el concreto es el material con más uso en el planeta, produciéndose anualmente la estimación de cinco mil millones de yardas cúbicas. (Shafiq y otros, 2021); haciendo de su producción una actividad industrial relevante en términos de volúmenes.

Al tener cada vez mayor demanda por características como la versatilidad y resistencia, es importante trabajar en investigaciones respecto a sus técnicas de producción así que este trabajo se centró en el estudio del concreto ligero, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas y por ofrecer considerables ventajas, como son su aislamiento térmico, acústico y demostrando que al reducir el peso unitario del concreto por la incorporación de agregados livianos, su resistencia a compresión sigue siendo adecuada. Además, el concreto ligero se ha diseñado garantizando su durabilidad a lo largo del tiempo y así funcione provechosamente en las condiciones ambientales a la que esté expuesto. (Ibrahim, M y otros, 2020)

En términos frecuentes, para producir el concreto ligero se utilizarán agregados livianos (ya sean naturales o sintéticos); son altamente porosos y al usarlos absorben mayor cantidad de agua de la mezcla, por lo que para reducir lo menos posible la trabajabilidad de la mezcla, es recomendable saturar al agregado ligero.

El capítulo 19 del ACI 318-19, establece los límites para el f'_c de un concreto ligero estructural, siendo el mínimo 17 MPa y un máximo de 35 MPa. (ACI 318R-19).

La baja densidad del concreto ligero estructural disminuye de manera significativa su peso, por tanto, el tamaño de sus elementos y a su vez minimiza el costo de los proyectos. (Shafiq y otros, 2021)

1.1.2. Descripción del problema

La NTE 0.20 (Ed. 2020) plantea que las edificaciones y sus partes, tendrán que resistir las cargas con las que fueron diseñadas para el uso supuesto, y no causar en los materiales deformaciones excedentes que las que indican en su diseño.

Como el objetivo principal del concreto ligero reducir la carga muerta de las estructuras, permite disminuir las proporciones de tamaño de los elementos estructurales, sin dejar de ser óptimos. Y como señala el Comité ACI-UPC (2019), las resistencias a compresión de un concreto estructural ligero deben ser semejantes a las del concreto convencional, logrando esto con materiales de buena calidad y un adecuado el diseño de mezclas.

Para obtener un concreto ligero estructural, se ha renovado el intento de desarrollar materiales que nos ayuden a obtenerlo, considerando que la influencia de estos materiales en la resistencia a compresión dependerá de las propiedades del tipo de reemplazo con el que se trabajará. La investigación tomó en cuenta que en la parte Norte de Cajamarca ciudad, en los Centros Poblados de La Molina y Huambocancha, la roca traquita es abundante, se la utilizó como agregado ligero para la obtención del concreto ligero estructural, en porcentajes de 3% y 5%, saturada y seca, en reemplazo del agregado grueso. Se saturó la traquita, para incorporar pequeñas reservas de agua en la mezcla, sirviendo como agente de curado y se usó el cemento Fortimax, que por sus adiciones permiten tener excelentes resultados frente a los sulfatos, a los agregados reactivos y hace frente al calor de hidratación.

1.1.3. Formulación del problema

¿En cuánto influye el reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita; saturada y seca en la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural?

1.2. Justificación e importancia

La presente investigación se justifica porque obtuvo un concreto ligero estructural, usando el reemplazo de traquita en 3% y 5%; saturada y seca del agregado grueso. Pudiendo así demostrar el uso y aplicación de la roca traquita, frecuente en nuestro medio, para la producción del concreto. Viendo que por su menor peso volumétrico respecto al del concreto convencional, es posible reducir la carga muerta de las estructuras, siendo posible disminuir en proporción los tamaños de elementos estructurales, siendo óptimos y alcanzar la resistencia para la que fueron diseñados.

La importancia radica en que esta investigación aporta información nueva, que permite a los constructores innovar, logrando que la resistencia a compresión de diseño sea de 210 kg/cm², siendo este $f'c$ apropiado para zonas sísmicas, según la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

1.3. Delimitación de la investigación

- La investigación no consideró estudios de aislamiento térmico y acústico, durabilidad, ni flexión.
- Al realizar la investigación se ha tomado como fuentes de investigación las Normas NTP, NTE, ACI, con ediciones a la fecha; la información está sujeta a cambios con el transcurso de los años, debido a la constante actualización de las normas.
- Los agregados gruesos y finos, son de cantera de río, por lo que los resultados obtenidos son acoplables a ese tipo, mas no tienen un carácter simbólico respecto a los agregados del resto del país.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar en cuánto influye el reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita en la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia al reemplazar un porcentaje de traquita saturada al 3% y 5%, por el agregado grueso, sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Determinar la influencia al reemplazar un porcentaje de traquita seca al 3% y 5%, por el agregado grueso, sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Determinar la influencia al reemplazar un porcentaje de traquita saturada al 3% y 5%, por el agregado grueso, sobre el peso volumétrico de un concreto ligero estructural $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Determinar la influencia al reemplazar un porcentaje de traquita seca al 3% y 5%, por el agregado grueso, sobre el peso volumétrico de un concreto ligero estructural $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

2.1.1. Nivel Internacional

Baquero, B; Güiza, R y García, F (2018) en la Ciudad de Bogotá, realizaron un trabajo experimental denominado: “Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros”, con objeto de implementar la arcilla expandida y piedra pómez como reemplazo total de agregados convencionales en la producción de concreto. Los diseños de mezclas fueron desarrollados con arcilla expandida y piedra pómez, saturados y sin saturar. En algunos diseños, se empleó aditivos (fibras de polipropileno, humo de sílice y superplastificante); para estudiar el incremento en la resistencia a la flexión y compresión del concreto. Se elaboró cilindros, viguetas y paneles; obteniendo densidades de 1300 a 1500 kg/m³ y $f'c = 132$ a 185 kg/cm². Concluyendo que la arcilla expandida y la piedra pómez son alternativas a agregados comunes en la producción de concreto ligero.

Ayala, I y Urrego J (2020), realizaron el trabajo monográfico llamado: “Fabricación de concreto liviano de 21 MPa a partir de roca pómez extraída de Flandes – Tolima”, tuvo el objeto de determinar si el material volcánico localizado que tiene el Municipio de Flandes – Tolima, puede ser utilizado como agregado pétreo para la fabricación de concreto liviano estructural de 210 kg/cm². Se estudió la piedra pómez (físicamente), se realizó un diseño de mezcla y el concreto obtenido fue sometido a ensayos de $f'c$, obteniendo óptimos resultados a los 7, 14 y 28 días de 176, 221, 248 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que, es posible el diseño que permitiera la reducción de cantidad de cemento y lograr producir un concreto liviano estructural de 210 kg/cm² fabricado a partir del material roca pómez localizado en Municipio de Flandes – Tolima.

Ibrahim, M y otros (2020), desarrollaron el trabajo llamado “Durabilidad del concreto liviano estructural que contiene agregado de perlita expandida”. Incorporaron al concreto liviano estructural duradero (LWC) perlita expandida (EPA) en un rango de 0 a 20% por peso. Con una baja relación agua-cemento y se reemplazó el cemento Portland con un 50% de escoria molida y 7% humo de sílice. Los resultados mostraron que el peso unitario del concreto se redujo entre un 20% y un 30% en comparación con el concreto de peso normal (NWC). La resistencia a la compresión del LWC desarrollada fue suficiente para utilizarse como concreto estructural, particularmente de aquellas mezclas que contienen 10% y 15% de agregado de perlita. La durabilidad de LWC fue comparable a la de NWC en términos de difusión de cloruro y resistencia del hormigón a la corrosión del acero de refuerzo.

Los investigadores Shafiq, M y otros (2021), presentaron su investigación “Evaluación de las propiedades mecánicas del Concreto Ligero con agregado de piedra pómez”. La evaluación mecánica del concreto de áridos livianos de piedra pómez (PLWAC) se comparó con las propiedades del concreto convencional. En el PLWAC realizó el reemplazo total del agregado grueso por volumen. Se concluyó que el uso de agregado liviano reduce la trabajabilidad y la densidad seca del PLWAC en comparación con el hormigón convencional. Una disminución significativa (49%) en la resistencia a la compresión de PLWAC. En base a los resultados de este estudio, recomendaron que PLWAC no sea usado en estructuras sujetas a condiciones de carga pesada.

2.1.2. Nivel Nacional

Serrano, P (2018) en la Ciudad de Lima, realizó un trabajo de investigación llamado Elaboración de un concreto ligero para uso estructural en la ciudad de Lima metropolitana 2018, para determinar las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano a base de poliestireno

expandido. Se realizó la elaboración de probetas de concreto ligero más un aditivo plastificante en moldes cilíndricos obteniendo propiedades del concreto liviano en estado fresco y endurecido, la resistencia a la compresión a los 7 y 14 días para las dosificaciones de: 1850 kg/m³, 1800 kg/m³ y 1750 kg/m³ en donde se variará la relación a/c para llegar a una dosificación óptima. Transcurridos 14 días, las probetas elaboradas con la dosificación de 1850 kg/m³ se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión, tracción y densidad, obteniéndose una resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

Vásquez, J y Veliz, A (2018) en la ciudad de Arequipa, realizaron su tesis titulada "Obtención de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos", con el objetivo de obtener un concreto ligero estructural utilizando aditivos. Para ello determinaron las propiedades físicas y mecánicas del agregado; la relación entre el porcentaje de aditivo espumante y el peso unitario; el contenido óptimo de microsilíce en la mezcla; compararon costos entre concreto ligero estructural y el concreto convencional. Concluyendo que, el concreto ligero estructural utilizado en la aplicación posee P.U. = 1850 kg/m³, f'c = 250 kg/cm², y cuesta S/.447.90 nuevos soles y el concreto, según diseño ACI con P.U. = 2400 kg/m³ para f'c = 250 kg/cm², cuesta S/. 259.67 nuevos soles.

El directorio ACI UPC (2019), en su trabajo: Concreto ligero estructural, presenta un análisis comparativo de resistencias mecánicas del Concreto Ligero en base a dos agregados livianos, evaluando la influencia que tiene el 45% de arcilla y poliestireno expandido, en la resistencia a compresión del concreto ligero elaborado con cemento tipo I. Los mejores resultados para la resistencia a compresión los obtuvo el reemplazo de arcilla expandida: a los 7 días 212.90 kg/cm² y a los 14 días 258.52 kg/cm². Y los resultados respecto al peso volumétrico, demostraron que la perlita es mucho más ligera que la arcilla expandida.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Estructura del concreto

El concreto es la combinación de cemento, agua, agregados gruesos y finos; y que según la conveniencia del caso se pueden considerar la incorporación de adiciones y/o aditivos. (Montoya, 2017)

2.2.1.1. Cemento

Es un material finamente pulverizado, obtenido de la mezcla del Clinker con el yeso molido y que según las propiedades específicas que se desean obtener, se añaden determinados aditivos químicos. (Cemex, 2017)

Su propiedad hidráulica surge con la reacción del cemento hidratado con el agua, desarrollando que el material fragüe y más adelante endurezca. Esta naturaleza hidráulica además permite que el cemento hidratado se endurezca aún bajo el agua. (Cemex, 2017)

2.2.1.1.1. Cemento Fortimax

Es un cemento portland tipo MS, que preserva al concreto del salitre, por su moderado calor de hidratación; es idóneo para climas cálidos y hace frente a los agregados reactivos; gracias a sus adiciones activas que proporcionan estas especiales propiedades (Pacasmayo, 2021)

Con su fórmula, garantiza cualidades como la durabilidad, para un desarrollo de resistencia a compresión óptimo; moderado calor de hidratación, ideal en climas cálidos o vaciados masivos de concreto pre mezclado; baja permeabilidad en el concreto, garantizando la protección de estructuras de fierro y un menor impacto ambiental,

porque sus adiciones emiten menos gases en su proceso productivo (Pacasmayo, 2021)

Su presentación en bolsas de 42.5 kg, indica fecha y hora de envasado para garantía de máxima frescura (Pacasmayo, 2021)

2.2.1.2. Agua

Durante la vida del concreto, el agua participa en el mezclado y en su curado, siempre que cumpla con los requisitos de la NTP 339.088 (2019) como el uso de agua limpia y fresca, no deberá contener residuos de aceites, ácidos, álcalis, sales, limo, materias orgánicas, arcilla, algas o sustancias dañinas. Si se emplea agua de mezcla combinada, deberá cumplir con los límites máximos permisibles señalados en la Norma, de lo contrario, su uso queda prohibido.

En la mezcla, el agua consigue que el cemento se hidrate, además compromete la trabajabilidad de la mezcla. Y dentro del curado, el agua tiene el fin de preservar el contenido de humedad y una temperatura óptima en el concreto; para lograr en conjunto la resistencia a compresión diseñada. (Lizarazo, J.M.; Salas, A & Escobar, D.A., 2016)

2.2.1.3. Agregados

Se estima que, dentro del volumen del concreto, los agregados ocupan del 65% a 80%, haciendo su impacto significativo en su estado fresco y endurecido. (Cemex, 2017)

Sobre su clasificación, la investigación abarca por granulometría en fino y grueso, basado en las gradaciones de la NTP 400.037 (2018)

Está demostrado que la gradación de los agregados mejora de manera significativa la trabajabilidad del concreto, su densidad y la resistencia a compresión. (Sari, 2005, como se citó en Shafiq y otros, 2021)

Agregado fino: Se obtiene de la desintegración natural o artificial de rocas. Debe pasar y retenerse en los tamices 9.5 mm (3/8") y No. 200 respectivamente, además de cumplir los límites de la Norma. Su módulo de fineza estará entre el rango de 2.3 a 3.1

Tabla 1: Límite granulométrico del agregado fino

TAMIZ	% QUE PASA (en masa)	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	Nº 4	95 – 100
2.36 mm	Nº 8	80 – 100
1.18 mm	Nº 16	50 – 85
600 μm	Nº 30	25 – 60
300 μm	Nº 50	5 – 30
150 μm	Nº 100	0 – 10

Fuente: NTP 400.037 (2018)

Agregado grueso: Se obtiene de piedra partida, grava natural o triturada. Debe retenerse en el tamiz 4.75 mm o Nº 4, y cumplir los límites de la Norma. Sus fragmentos son angulares o semiangulares; con granulometría continua para asegurar buena trabajabilidad

Tabla 2: Límite granulométrico del agregado grueso

TAMIZ	% QUE PASA (en masa)	
37.5 mm	3/8"	100
25.0 mm	1"	80 – 100
12.5mm	1/2 "	25 – 60
4.75mm	Nº 4	0 – 10
2.36mm	Nº 8	0 – 5

Fuente: NTP 400.037 (2018)

2.2.1.4. Agregados livianos

Los agregados livianos otorgan al concreto propiedades especiales, por su peso ligero, su alta porosidad y como alternativa en lugares con poca disponibilidad de agregados convencionales.

Los agregados livianos pueden ser de origen natural como la traquita, la piedra pómez, escoria volcánica; manufacturados como las perlitas de poliestireno, la arcilla expandida; o reciclados como bloques de arcilla cocida.

Como el tipo de agregados en la mezcla constituyen un material que tiene un impacto significativo en la densidad del concreto, utilizar los agregados livianos de buena calidad conduce a reducir el peso unitario del concreto sin afectar sus propiedades mecánicas y la durabilidad. Ali, M, y otros (2018),

2.2.1.4.1. Traquita

La traquita, viene del griego “traquís”, que significa “rugosa”, tal como su superficie. Es un tipo de roca volcánica, de colores claros. Su composición principal es el feldespató alcalino y en menores proporciones contiene minerales como biotita, anfíbol o piroxeno. (Universidad de Alicante, sf.)

Su densidad va de 2,41 – 2.45 g/cm³. Es el equivalente de grano fino de las sienitas. Se presentan en forma de diques y de domos principalmente por su alta viscosidad. (Rivera, H. 2005)

2.2.1.4.2. Arcilla expandida

Es un material de tipo cerámico. Su fabricación procede de arcillas puras seleccionadas, que entran humedecidas en hornos rotativos cocidas a 1.200°C. Esta etapa, evapora el agua interna de la arcilla,

formando una estructura interna de laberinto, generando su baja densidad y elevada resistencia superficial. (AEFA, 2020)

En la arcilla expandida, son notables sus cualidades de alta estabilidad química y su resistencia mecánica. (AEFA, 2020)

Su silueta es regularmente redonda, de estructura física muy resistente, preserva sus propiedades durante muchísimo tiempo, por su corteza indeformable y una porosidad que no suele acumular sales. (AEFA, 2020)

2.2.2. Curado interno del concreto mediante agregado liviano saturado

“El concreto curado internamente usa materiales absorbentes en la mezcla que complementan las prácticas estándar de curado al suministrar humedad al interior del concreto (ACI PRC-308-16). Este proceso agrega humedad sin afectar la relación A/C. La humedad se desorbe para aumentar la humedad interna en el momento necesario para hidratar más el cemento. Esta adición de agua se puede lograr usando varios materiales (...), incluidos agregados livianos prehumedecidos, (..), fibras de madera y agregados de piedra caliza absorbente”

Al ser la alta porosidad una característica de los agregados livianos, logra en la etapa de mezclado del concreto, una mayor absorción de agua, hecho que deriva a la disminución de la trabajabilidad comparada con el agregado de peso normal. (Chen, B. y Liu, J., 2005, como se citó en Shafiq y otros, 2021)

Es posible mejorar la trabajabilidad del concreto con agregados livianos saturándolos previamente, logrando que además trabajen como un agente de curado interno.

El curado interno radica en integrar al concreto, algún material que tenga reservas de agua como los agregados porosos, arcilla expandida o polímeros absorbentes; estos materiales ayudarían como agentes de

curado. Puede ser cualquier componente o adición introducidos en la mezcla de concreto en estado saturado. (Tejada M., 2016)

Las investigaciones determinan que remojar en agua agregados livianos antes de la mezcla, mejora la trabajabilidad y resistencia a la compresión. (Kabay N. y Akoz, F, 2012, como se citó en Shafiq, M y otros; 2021)

La investigación usó la traquita, saturada al máximo por tres días; convirtiéndose en reservas internas de agua, que liberaron el agua absorbida, permitiendo que el agua de curado interno se distribuya por toda la mezcla, (a diferencia del agua de curado superficial que logra penetrar pocos mm). Como indica el ACI PCR – 308 - 213, esta hidratación aumentada puede traducirse en una ganancia de resistencia para el concreto curado internamente.

2.2.3. Concreto ligero

Evaluando al concreto por su peso volumétrico, que es la cantidad de peso del material por una unidad de volumen y su unidad de medida es el kg/m^3 ., la NTE 0.60 (Ed. 2020) lo clasifica en concreto ligero si va en el rango de 1450 a 1900 kg/m^3 y concreto normal con 2300 kg/m^3 .

El ACI 318-19, define al concreto ligero como el concreto con agregado liviano que tiene una densidad en un rango de 1440 a 2160 kg/m^3 .

El concreto ligero tiene propiedades beneficiosas como el aislamiento térmico y acústico excepcionales y un peso unitario mucho menor al concreto convencional. La investigación de Ali, M, y otros (2018), nos presenta la clasificación del concreto ligero de la siguiente manera:

Tabla 3: *Tipos de concretos ligeros según su resistencia*

Tipo de resistencia	Peso volumétrico	$f'c$
Reducida	300 a 800 kg/m^3	0.5 a 7 MPa
Media	800 a 1400 kg/m^3	7 a 18 MPa
Estructural	1400 a 2000 kg/m^3	>20 MPa

Fuente: Ali, M, Maslehuddin, M, Shameem, M y Barry, M (2018)

2.2.3.1. Concreto ligero estructural

La principal ventaja del concreto ligero estructural es reducir la carga muerta de una estructura, permitiendo que se reduzca las dimensiones de elementos de soporte de cargas. Los diseños de mezcla de este tipo de concreto pueden lograr resistencias similares a las del concreto de peso normal, proporcionando un peso más eficiente en estos elementos como columnas, vigas, zapatas u otros elementos que soporten cargas.

Para definir el concreto ligero estructural, se considerarán dos de sus propiedades, el peso volumétrico en base a su resistencia a compresión:

2.2.3.1.1. Peso volumétrico

Esta propiedad, es la cantidad de peso del material por una unidad de volumen; su medida es el kilogramo/metro cúbico (kg/m^3).

Para la Guía ACI 213R-14, el peso volumétrico del concreto ligero estructural va en un rango típico de 1600 a 1920 kg/m^3 , pero en algunos proyectos esta densidad de equilibrio llegó a 2080 kg/m^3 .

Revisando la NTE.060 (Ed. 2020), el rango de peso volumétrico para el llamado también concreto liviano estructural es de 1450 a 1900 kg/m^3 .

Un componente notable que influye en el peso unitario del concreto es el agregado que se usa en la producción de concreto, por ser la proporción principal en la mezcla total. El peso volumétrico del concreto disminuirá progresivamente a medida que va aumentando los porcentajes de reemplazo de los agregados livianos en la mezcla de concreto

2.2.3.1.2. Resistencia a la compresión

La resistencia a compresión es la capacidad para soportar una carga por unidad de área, generalmente se expresa en kg/cm^2 , MPa o lb/ft^2

Esta propiedad, influye directamente a los diseños de las estructuras. Para obtener las resistencias requeridas deben controlarse aspectos de la producción del concreto, como: la relación agua-cemento, la proporción de agregados. (Montoya, 2017)

La Guía ACI 213R-14 y la NTE.060 convergen en que la resistencia mínima del concreto estructural a los 28 días es 175 kg/cm^2 o 17 MPa.

2.2.4. Diseño de mezclas

El diseño de mezcla tiene la misma importancia que la elección de buenos materiales, pues con las proporciones necesarias de cada componente de la mezcla se obtendrán las solicitaciones esperadas.

Conseguir un diseño de mezcla de concreto que tenga menor peso unitario y a la vez posea propiedades mecánicas y de durabilidad similar o superior al de un concreto convencional es un proceso complejo.

La Guía ACI 213R-14 no detalla algún método específico para el diseño del concreto ligero, pero recalca la importancia de estudiar las propiedades de los materiales (incluyendo al sustituto del agregado) a utilizarse, para ver sus proporciones en la mezcla. (ACI UPC, 2019). Para la investigación, se usó el método de "Módulo de Fineza de los agregados"

2.3. Definición de términos básicos

- Agregado: material natural o artificial, como la arena o piedra triturada.
- Aislamiento acústico: es evitar o atenuar la transmisión de los niveles sonoros entre distintos ambientes.
- Aislamiento térmico: en la industria de la construcción está dirigido, principalmente, a contener el calor dentro de los edificios
- Concreto: mezcla de agregados, cemento, agua, y según las solicitudes, aditivos o adiciones.
- Curado interno: consiste en almacenar agua al interior del concreto que no está disponible las primeras etapas de hidratación, pero es liberada más tarde para el curado.
- Densidad: cantidad de masa por unidad de volumen, se expresa en kg/m^3 por lo general

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita de 3% y 5%; saturada y seca, influye en el aumento de la resistencia a compresión, en más del 5% e influye en la disminuciónl peso volumétrico de un concreto ligero estructural.

3.2. Variables

3.2.1. Independientes

- Porcentaje de reemplazo del agregado grueso, por traquita saturada en 3% y 5%.
- Porcentaje de reemplazo del agregado grueso, por traquita seca en 3% y 5%.

3.2.2. Dependientes

- Resistencia a compresión.
- Peso volumétrico.

3.3. Operalización de los componentes de la hipótesis

Tabla 4: Operalización de los componentes de la hipótesis

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN
Dependiente			
-Resistencia a compresión	-Capacidad para soportar una carga por unidad de área.	kg/cm ²	-Ficha de toma y recolección de datos.
-Peso volumétrico	-Suelto o compacto, es el peso que alcanza un volumen unitario.	kg/m ³	-Ficha de toma y recolección de datos.
Independientes			
-Porcentaje de reemplazo del agregado grueso por traquita saturada en 3% y 5%	-Es el porcentaje que se reemplazará del agregado grueso por 3% y 5% de traquita saturada	%	-Ficha de toma y recolección de datos.
-Porcentaje de reemplazo del agregado grueso por traquita seca en 3% y 5%.	-Es el porcentaje que se reemplazará del agregado grueso por 3% y 5% de traquita seca	%	-Ficha de toma y recolección de datos.

CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

Se desarrolló la investigación en Cajamarca ciudad. Su altura es 2760 m.s.n.m., en el día tiene clima templado y seco; por la noche clima frío.

4.2. Diseño de la investigación

Es experimental porque se reemplazó un porcentaje de agregado grueso por traquita saturada en 3% y 5% en cada probeta; y un porcentaje de agregado grueso por traquita seca en 3% y 5% en cada probeta; así observar los efectos producidos en la resistencia a compresión.

4.3. Métodos de investigación

Tiene enfoque cuantitativo (hubo procesos: deductivos, secuenciales, probatorios y analiza la realidad objetiva), con el fin de “medir” con precisión las variables del estudio.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

4.4.1. Población y muestra

- a. Población: Especímenes de concreto
- b. Muestra: De acuerdo al capítulo 5 de la NTE 0.60 (Ed. 2020), *“considera un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas hechas con la misma muestra de concreto, ensayadas a los 28 días o a edad de ensayo establecida para la determinación de $f'c$ ”*

El capítulo 5.6.2.4, del ACI-318-19, indica: “*Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 mm por 300 mm (...), de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a edad de ensayo establecida. (ACI-318S-19)*”

Se decidió trabajar con 6 probetas por edad y tratamiento, para tener un número mayor de resultados para contrastarlos entre sí y obtener un mejor análisis.

Tabla 5: *Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a compresión*

Edad de Ensayo (días)	Mezcla con dosificación				SUB TOTAL	
	Patrón	3% Traquita		5% Traquita		
		Seca	Saturada	Seca		Saturada
7	6	6	6	6	6	30
14	6	6	6	6	6	30
28	6	6	6	6	6	30
TOTAL						90

4.4.2. Unidad de análisis y unidad de observación

Cada probeta a ensayar

4.5. Tratamientos de estudio

- Tratamiento 1: es el diseño patrón, son probetas de concreto ligero estructural, sin reemplazo.
- Tratamiento 2: es el diseño que tiene un reemplazo del 3% de traquita saturada en el agregado grueso.
- Tratamiento 3: es el diseño que tiene un reemplazo del 5% de traquita saturada en el agregado grueso.
- Tratamiento 4: es el diseño que tiene un reemplazo del 3% de traquita seca en el agregado grueso.
- Tratamiento 5: es el diseño que tiene un reemplazo del 5% de traquita seca en el agregado grueso.

4.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

4.6.1. Técnicas de ensayo en laboratorio

Son la fuente de información más fiable cuando se trata de investigar el comportamiento que tendrá el concreto en campo. Para realizar estos ensayos las NTP y las guías ASTM, sirvieron de orientación para el correcto desarrollo de los ensayos.

A. Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037)

Procedimiento:

- Se secó la muestra de agregado (fino, grueso y traquita) mayor al volumen del recipiente en horno durante 24 h., con una (t). ± 11 °C.
- Se sacó la muestra del horno para llenar el recipiente, echándola de una altura de 5 cm. sobre el borde del recipiente
- Se niveló la capa superficial del agregado usando la varilla para enrasar el borde superior del recipiente.
- Se anotó el valor de la masa del recipiente más su contenido de agregado
- Se determinó el volumen real del recipiente, con el volumen de agua del recipiente llenándolo con agua y se pesó.

Material:

- Muestras de agregado grueso. - Muestras de agregado fino.
- Muestras de traquita

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr. - Cucharón
- Recipiente - Varillas de apistonado
- Horno 110°C ± 5 °C

B. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037)

Procedimiento:

- Se secó la muestra de agregado (fino, grueso y traquita) mayor al volumen del recipiente, en el horno durante 24 h., con una (t) 11 °C.
- Se sacó la muestra del horno para llenar el recipiente en tres partes y se compacta el material con la varilla con 25 golpes, cada capa sin penetrar en la capa previa ya compactada.
- Se niveló la capa superficial del agregado usando la varilla para enrasar el borde superior del recipiente.
- Se anotó el valor la masa del recipiente más su contenido de agregado
- Se determinó el volumen real del recipiente, con el volumen de agua del recipiente llenándolo con agua y se pesó.

Material:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.
- Muestras de traquita

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Cucharón
- Recipiente
- Varillas de apistonado
- Horno 110°C \pm 5°C

C. Peso Específico y Absorción (%) (NTP 400.021)

Procedimiento para agregado grueso:

- Se secó la muestra en horno a (t) 110 \pm 5 °C, enfrió a (t) amb. por 1 h.
- Se sumergió la muestra en agua durante 24 \pm 4 h. Luego se retiró
- Se colocó un trapo absorbente debajo de la muestra y con franela se secó el material hasta obtener un estado SSS y se determinó la masa.

- Se colocó en la canastilla la muestra para calcular la masa aparente de muestra sumergida en el agua, agitando el recipiente sumergido.
- Se secó la muestra a una (t) de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 4 h., y se dejó enfriar de 1 h a 3 h. y se calculó la masa.

Material:

- Muestra de agregado grueso.
- Muestras de traquita

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Juego de tamices
- Canastilla de alambre de 3.5 mm.
- Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimiento para agregado fino:

- Se secó la muestra en horno a (t) $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 4 h.
- Se sumergió la muestra en agua durante 24 ± 4 h. Luego se retiró
- Se decantó el exceso de agua cuidando la pérdida de finos.
- Colocamos la muestra sobre una superficie no absorbente expuesta a temperatura ambiente, hasta obtenga una condición de flujo libre.
- Se realizó la prueba de humedad superficial: Al molde se lo puso en una superficie no absorbente suave con el diámetro mayor hacia abajo y se le colocó una porción de agregado fino suelto parcialmente hasta el tope y amontonó material adicional encima de la parte superior del molde. Ligeramente apisonar el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora, cada golpe aprox. a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino. Ajustando la altura inicial de la nueva elevación de la superficie después de cada golpe distribuidos sobre la superficie. Retirando la arena suelta de la base y levantando el molde verticalmente. Si humedad de la superficie estuviese presente, el agregado fino conservará la forma moldeada, pero ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca y se continuó el ensayo.

- Al llenar parcialmente la fiola con agua se introdujo 500 ± 10 g de a. fino SSS, luego se adicionó agua aprox. el 90% de capacidad, agitando la fiola manualmente para eliminar todas las burbujas de aire visibles.
- Luego, se llevó el nivel de agua de fiola a su capacidad de calibración.
- Se calculó la masa total de la fiola, la muestra y el agua.
- Se sacó la muestra de la fiola para secar en el horno a $(t) 110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, y se deja enfriar en aire a (t) ambiente por $1 \pm \frac{1}{2}$ h, y se halló la masa.
- Finalmente se hizo el cálculo de la masa de la fiola llena con agua.

Material:

- Muestra de agregado fino.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Molde y barra compactadora.
- Fiola
- Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

D. Contenido de Humedad (%) (NTP 339.185)

Procedimiento:

- Se pesó la tara
- Se pesó la muestra húmeda más tara
- Se colocó la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C
- Se pesó la muestra seca más tara
- Determinar el peso del agua
- Determinar el peso de la muestra seca
- Determinar el contenido de humedad

Material:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.
- Muestras de traquita.

F. Ensayo de abrasión (NTP 400.019)

Procedimiento

- Se coloca la muestra de ensayo junto a la carga dentro de la Máquina Los Ángeles, rotándola 500 revoluciones a una velocidad de 33 rpm.
- Luego se descargó el material de la máquina y se separó preliminarmente la muestra sobre un tamiz de mayor al N° 12.
- Se tamizó la porción fina por el tamiz 1,70 mm.
- Se lavó el material más grueso a la malla N° 12 y secó al horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, y se determinó la masa con una aproximación a 1g.

Material:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de traquita.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Tamices
- Máquina de Los ángeles
- Esferas de acero

G. Análisis granulométrico de agregado grueso (NTP 400.012)

Procedimiento:

- Se llevaron las muestras a (t) de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se colocaron los tamices en orden y se agitaron al colocar la muestra
- La labor se dio por terminada si al paso de un minuto no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.
- Se pesó lo retenido en cada tamiz y cazoleta; para procesar los datos.

Material:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.
- Muestras de traquita

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr. - Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Juego de tamices.

H. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183)

Procedimiento para elaborar la mezcla:

- Se usó un trompo para mezclar la mezcla del concreto, considerando tantas para 6 probetas y un 10% de exceso.
- Al tener la mezcla se realizó la prueba de asentamiento para un concreto diseñado con slump de 3" y 4".
- Se determinó por cada tanda su temperatura.

Procedimiento para elaborar las probetas:

- Se elaboraron los especímenes en el lugar donde se almacenarían.
- Se colocaron los moldes sobre una superficie rígida, libre de perturbaciones.
- Se colocó la mezcla de concreto en tres capas y cada una con 25 golpes.
- Después de la consolidación del concreto se enrasó su superficie o emparejado según sea el caso, rematando la superficie con ayuda de una plancha.

Procedimiento para elaborar las probetas:

- Se llevaron las probetas a un almacén contiguo al lado donde se elaboraron.
- Pasadas las 24 ± 8 h después del vaciado, se las desencofra.
- Se colocan las probetas en un cilindro con agua a (t) de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, para curarlas durante el tiempo correspondiente (7, 14 y 28 d)

Material:

- Agregado grueso - Agregado fino.
- Traquita saturada. - Traquita seca.
- Arcilla expandida - Cemento - Agua

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Varilla compactadora
- Cono de Abrams
- Martillo de goma
- Mezcladora
- Moldes cilíndricos.
- Herramientas pequeñas.

I. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto (NTP 339.046)

Procedimiento:

- Se obtuvo la mezcla de concreto en estado fresco.
- Se colocó la mezcla en los moldes cilíndricos porque sirvieron como recipientes de medición, con ayuda de la cuchara.
- Como las probetas ya habían sido elaboradas, de acuerdo al ítem (H), después de limpiar externamente los moldes, se procede a pesarlas para determinar su masa con exactitud (descontando el peso del molde)
- Para el concreto endurecido se procedió a pesar cada probeta para determinar también su masa.

Material:

- Mezcla de concreto

Equipo

- Balanza con aproximación de 45 gr.
- Varilla compactadora
- Herramientas pequeñas.
- Mazo.
- Moldes cilíndricos.
- Cucharón.

J. Método de ensayo normalizado para la resistencia a compresión del concreto, en muestras cilíndricas – NTP 339.034

Procedimiento:

- Se retiraron las probetas de cilindro donde se curaban, dentro del tiempo permisible según su edad de ensayo y se las dejó secar por un día.
- Se colocó la probeta en la máquina de ensayo, alineando los ejes de la probeta con el centro de empuje del bloque de rotura.
- Se verificó que el indicador de carga esté en 0.
- Se aplicó una carga continua y sin detenerla, (no se dieron ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final era aplicada y la velocidad decrecía por la fractura de la probeta.
- Se aplicó la carga de compresión mientras el indicador de la carga disminuía constantemente y la probeta mostraba un patrón de fractura.
- Registrando la carga máx. alcanzada por cada probeta en el ensayo.

Material:

- Probetas (18) con tratamiento 1
- Probetas (18) con tratamiento 3
- Probetas (18) con tratamiento 5
- Probetas (2) con tratamiento 2
- Probetas (2) con tratamiento 4

Equipo

- Máquina de compresión uniaxial .

La *FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS*, es un instrumento que permitió el ingreso de los datos de manera ordenada para facilitar los cálculos del peso unitario de concreto y la resistencia a compresión. Las celdas se llenaron así:

- A. Se colocó el “*Tipo y nombre de tratamiento*” trabajado.
- B. En “*Código probeta*”, se indicó la codificación usada por probeta.
- C. El “*f’c (kg/ cm²)*” se consideró el f’c diseñado, es decir f’c=210 kg/ cm².
- D. “*Fecha*”, se trabajó con las fechas de D1 “*Elaboración*” y D2 “*Ensayo*”.
- E. “*Edad de ensayo (días)*”, se restó D2-D1, obteniendo 7, 14 o 28 días.
- F. “*Altura probeta H (cm)*”, fue la medida promedio de 4 lecturas de altura de la probeta en estado endurecido.
- G. “*Peso concreto fresco*”, se pesó al concreto en estado fresco (no se consideró el peso del molde).
- H. “*Peso concreto endurecido*”, se pesó al concreto en estado endurecido, cuando ya estaba desencofrado.
- I. “*Φ probeta (cm)*”, fue la medida promedio de 4 lecturas del diámetro de la probeta en estado endurecido.
- J. “*Carga Max. Rotura (kN)*”, este valor lo da la Máquina de compresión uniaxial, al ensayar cada probeta aplicando una carga.
- K. “*Área de probeta (cm²)*”, se calculó este valor con la fórmula:

$$A_p(\text{cm}^2) = \frac{\pi \times (\emptyset \text{cm})^2}{4} \dots (1)$$

- L. “*Volumen de probeta (cm³)*”, se calculó este valor con la fórmula:

$$\text{Vol}_p(\text{cm}^3) = A_p(\text{cm}^2) \times H(\text{cm}) \dots (2)$$

- M. “*P.U.C.F. (kg/m³)*”, el peso unitario de concreto fresco se calculó así:

$$P.U.C.F. \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{PESO}_{CF}(\text{kg})}{\text{Vol}_p(\text{cm}^3)} \times 10^6 \dots (3)$$

- N. “*P.U.C.E. (kg/m³)*”, peso unitario de concreto endurecido se halló así:

$$P.U.C.E. \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{PESO}_{CE}(\text{kg})}{\text{Vol}_p(\text{cm}^3)} \times 10^6 \dots (4)$$

- O. La “*Resistencia a compresión (kg/cm²)*”, se calcula así:

$$f'c \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Carga máxima de rotura (kN)} \times 101.972}{A_p(\text{cm}^2)} \dots (5)$$

4.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento de la información cuantitativa de la investigación, se realizó el análisis de varianza, llamado también ANOVA, de un factor por ser un método estadístico que examina las diferencias en las medias de los 5 tratamientos en estudio. Usando la prueba de rango Tukey y analizando las gráficas de datos. Realizando el procesamiento de la información en el programa Minitab 18.

El método de Tukey crea intervalos de confianza para cada una de las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel especificado. Es importante considerar la tasa de error por familia cuando se hacen comparaciones múltiples, porque la probabilidad de cometer un error de tipo I para una serie de comparaciones es mayor que la tasa de error para cualquier comparación individual. Para contrarrestar esta tasa de error más elevada, el método ajusta el nivel de confianza de cada intervalo individual para que el nivel de confianza simultáneo resultante sea igual al valor que usted especifique. (Soporte de Minitab 18, 2022)

Gráficas de datos para ANOVA de un solo factor

A. Gráfica de cajas

La gráfica proporciona un resumen gráfico de la distribución de cada muestra. Permitiendo comparar de manera sencilla la forma, tendencia central y variabilidad de las muestras. Además, identifica cualquier posible valor atípico. (Soporte de Minitab 18, 2022)

Las gráficas de caja funcionan mejor cuando el tamaño de la muestra es mayor que 20, siendo para la investigación un beneficio ya que se tuvo una muestra de 90 probetas.

B. Gráfica de valores individuales

Esta gráfica enseña los valores individuales en cada muestra, facilitando su comparación, verificando en cada círculo los valores y posibles valores atípicos. Estas gráficas funcionan mejor cuando el tamaño de la muestra es menor que 50. (Soporte de Minitab 18, 2022),

C. Gráfica de intervalo

Esta gráfica de intervalo, muestra la media y el intervalo de confianza para cada grupo. Las gráficas de intervalo muestran lo siguiente:

- ✚ Cada punto representa una media de muestra.
- ✚ Cada intervalo es un IC individual de 95% de la media de un grupo. O sea, se tiene 95% de seguridad que una media de grupo está dentro del intervalo de confianza del grupo.

No se puede determinar, con base en esta gráfica, si algunas de las diferencias son estadísticamente significativas. Para determinar la significancia estadística, se evaluó los intervalos de confianza de las diferencias medias.

Para el análisis de toda la información, se contrastó los resultados estadísticos obtenidos, con la Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto (ACI 214 RS-11, 2017)

Tabla 7: Estándares para el control del concreto para $f'c \leq 35 \text{ MPa}$

Clase de operación	Desviación estándar para los diferentes estándares de control, (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Tandas de ensayo de laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

Fuente: ACI 214-77 (2017)

El trabajo de procesamiento estadístico, realizó ANOVA para:

- Peso volumétrico:

Trabajando con el Factor: peso volumétrico y los tratamientos juntos: 0% traq., 3% traq. saturada, 5% traq. saturada., 3% traq. seca, 5% traq. Seca; se procesaron los 90 datos del peso volumétrico del concreto en estado endurecido. Obteniendo así un análisis ANOVA

- Resistencia a compresión:

Trabajando con el Factor: resistencia a la compresión y los tratamientos juntos: 0% traq., 3% traq. saturada, 5% traq. saturada., 3% traq. seca, 5% traq. Seca; se optó por procesar los datos por cada edad de ensayo: 7 días, 14 días y 28 días. Obteniendo así tres análisis ANOVA con una muestra de 30 probetas para cada análisis.

El método utilizado para cada procesamiento ANOVA, consideró:

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

4.8. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 8: Matriz de consistencia metodológica

Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita, saturada y seca por el agregado grueso.							
FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO: RECOLECCION DE DATOS	
PREGUNTA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE			Poblacion y MUESTRA	
¿En cuánto influye el reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita, saturada y seca en la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural?	Determinar en cuánto influye el reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita, saturada y seca en la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural?	El reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita de 3% y 5%, saturada y seca, influye en el aumento de la resistencia a compresión, en más del 5% e influye en la disminución del peso volumétrico de un concreto ligero estructural.	Resistencia a compresión	Fuerza/área	kg/cm ²	-Ficha de toma y recolección de datos. -Ficha de toma y recolección de datos.	Población: Especímenes de concreto Muestra: 90 especímenes de concreto
OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO			
- Determinar la influencia al reemplazar un porcentaje de traquita saturada al 3% y 5%, por el agregado grueso, sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural f _c = 210 kg/cm ²	-Traquita saturada.	-Porcentaje de reemplazo del agregado grueso por traquita saturada en 3% y 5%	%	-Ficha de toma y recolección de datos.			
- Determinar la influencia al reemplazar un porcentaje de traquita al 3% y 5%, por el agregado grueso, sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural f _c = 210 kg/cm ²	-Traquita seca.	-Porcentaje de reemplazo del agregado grueso por traquita seca en 3% y 5%.	%	-Ficha de toma y recolección de datos.			

CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados del peso volumétrico

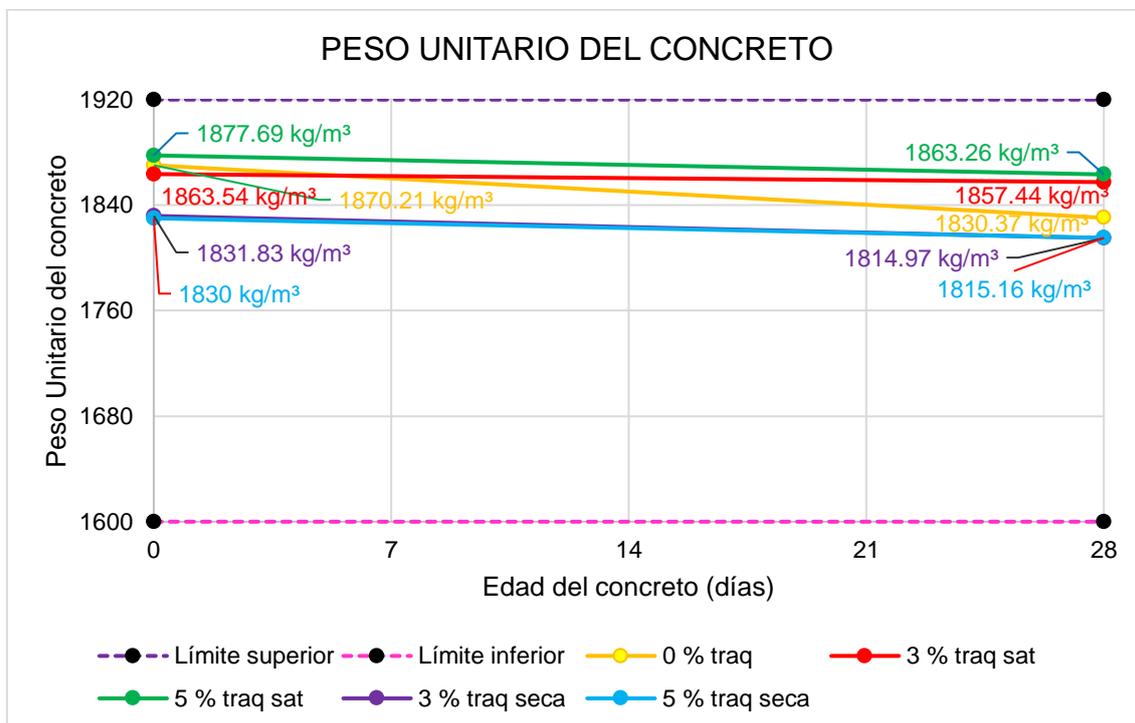


Figura 2: Desarrollo del peso volumétrico en estado fresco y endurecido.

Tabla 9: Influencia en el peso volumétrico del C.E. según los tratamientos

	I	II	III	IV	V
Tratamiento	0% traq.	3% traq. saturada	5% traq. saturada	3% traq. seca	5% traq. seca
Media (kg/m ³)	1830.37	1857.44	1863.47	1814.97	1815.16
Influencia (%)		+1.48	+1.79	-0.84	-0.83

(+) Representa un aumento en el peso volumétrico respecto al tratamiento I

(-) Representa una disminución en el peso volumétrico respecto al tratamiento I

5.2. Resultados de la resistencia a compresión

5.2.1. Desarrollo de la resistencia a compresión a los 7 d.

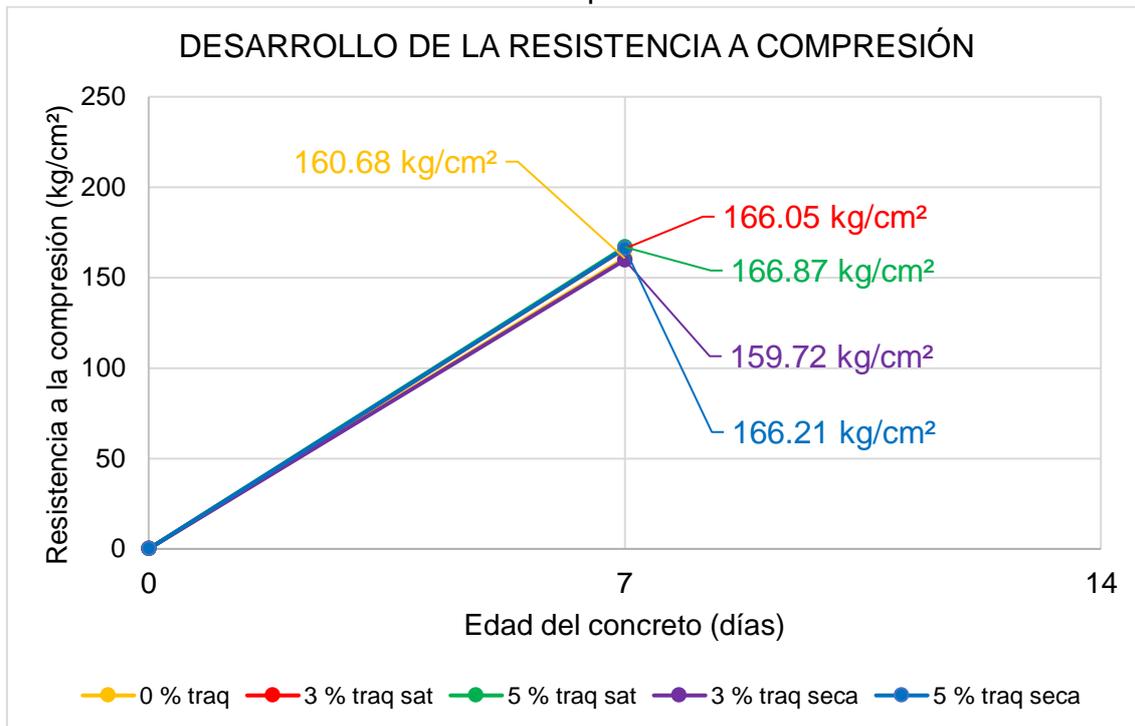


Figura 3: Desarrollo de la resistencia a compresión a los 7d.

5.2.2. Desarrollo de la resistencia a compresión a los 14 d

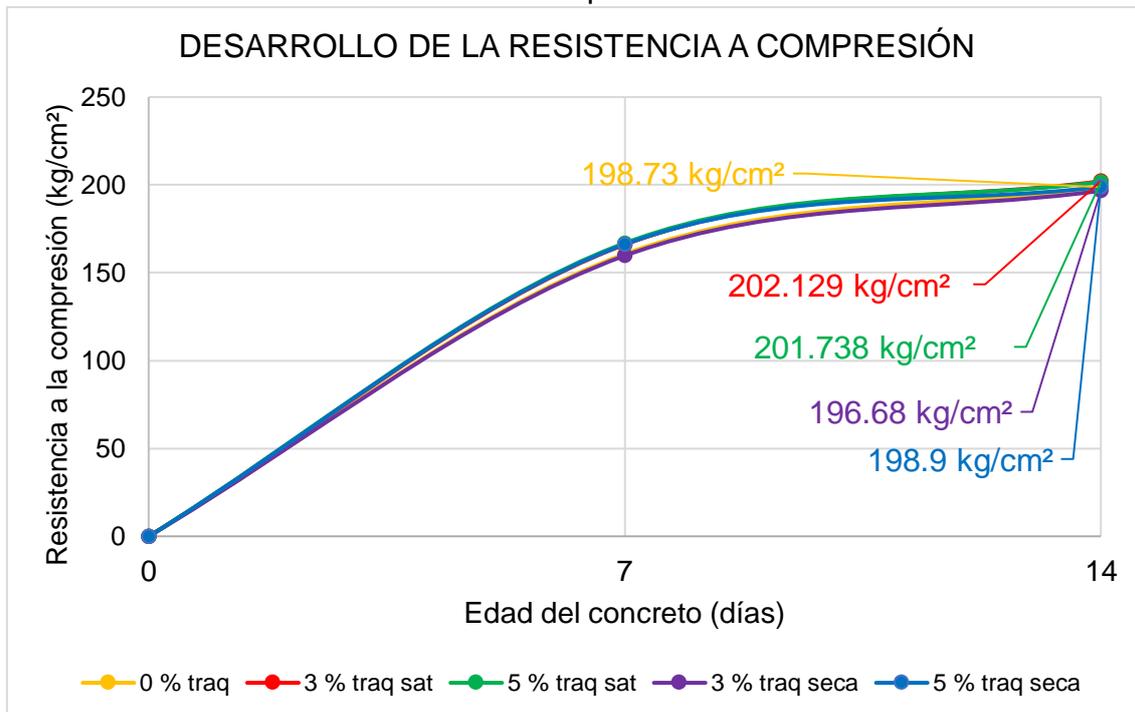


Figura 4: Desarrollo de la resistencia a compresión a los 14d.

5.2.3. Desarrollo de la resistencia a compresión a los 28 d

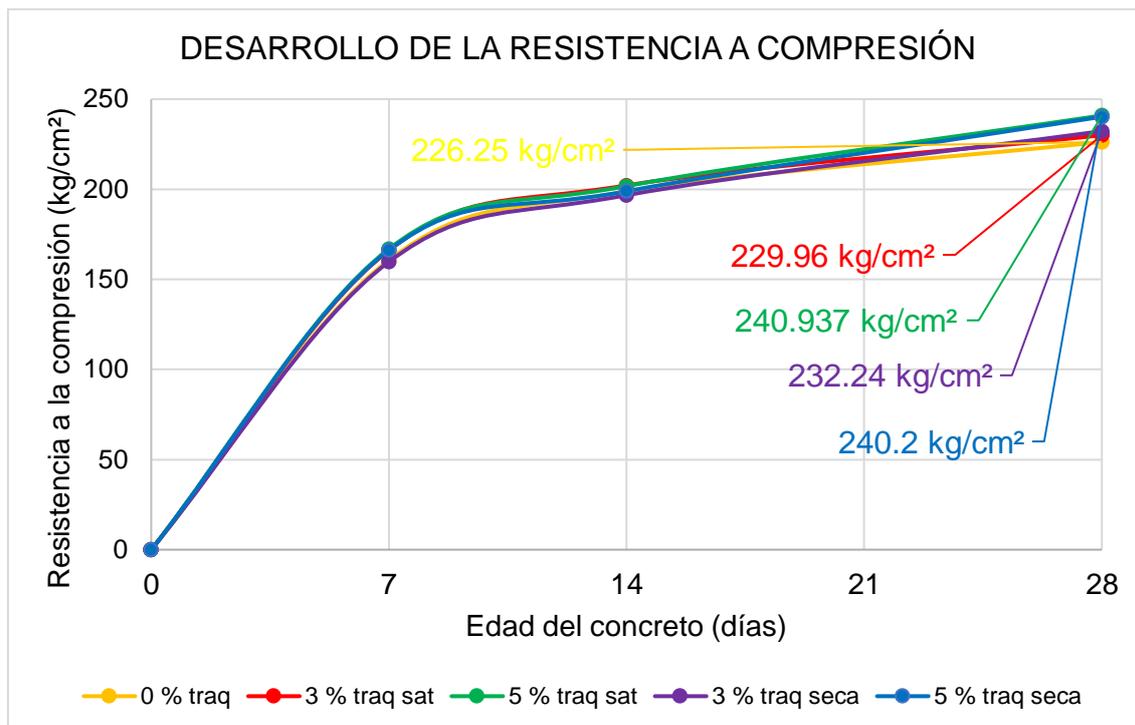


Figura 5: Desarrollo de la resistencia a compresión a los 28d.

Tabla 10: Influencia en la resistencia a compresión según tratamientos a 28d.

	I	II	III	IV	V
Tratamiento	0% traq.	3% traq. saturada	5% traq. saturada	3% traq. seca	5% traq. seca
Media (kg/cm ²)	226.25	229.26	240.94	232.24	240.20
Influencia (%)		+1.3	+6.5	+2.6	+6.2

(+) Aumento en la resistencia respecto al tratamiento I.

5.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.3.1. Peso volumétrico

Al comparar la **figura 2**, con los valores de la Guía ACI 213R-14, considerados para el peso volumétrico de un concreto ligero estructural que van en un rango típico de 1600 a 1920 kg/m³, se observa que todos los tratamientos se encuentran dentro de los límites establecidos.

Los valores ubicados en la edad de 0 días, son del concreto en estado fresco, mientras que los valores ubicados en la edad de 28 días, son del concreto en estado endurecido.

La **tabla 9**, muestra que respecto al tratamiento patrón I, hubo Influencia en el peso volumétrico del concreto endurecido, así:

Tratamientos de reemplazo de traquita II y III mostraron un aumento de 1.48%; 1.79%, respectivamente.

Tratamientos de reemplazo de traquita IV y V mostraron una disminución de 0.84% y 0.83% respectivamente.

5.3.1.1. ANOVA del peso volumétrico

Al procesar con ANOVA los datos, se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 11: *Análisis de la varianza del peso volumétrico del concreto endurecido*

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	37997	9499.3	27.39	0.000
Error	85	29478	346.8		
Total	89	67475			

Si $(0.01 < P < 0.05)$ hay significación estadística en el ANOVA

Si $(P < 0.01)$ hay una alta significación estadística en el ANOVA

Si $(P > 0.05)$ no hay diferencia estadística en el ANOVA

GL (grados de libertad)

MC (Media de los cuadrados)

SC (suma de cuadrado)

Valor F (F calculado)

Valor P (valor de probabilidad).

La **tabla 11** tiene el valor P 0.000, lo que muestra una alta significación estadística. Se rechaza la hipótesis nula, significando que, los tratamientos, tuvieron efecto en el peso volumétrico.

Tabla 12: *Medias del peso volumétrico del concreto endurecido*

Tratamiento	No.	Media (kg/m³)	Desv. Est.	IC de 95%
0% traq.	18	1830.37	15.38	(1821.62; 1839.11)
3% traq. saturada	18	1857.44	16.44	(1848.70; 1866.19)
3% traq. seca	18	1814.97	30.95	(1806.22; 1823.71)
5% traq. saturada	18	1863.26	7.88	(1854.53; 1871.99)
5% traq. seca	18	1815.16	14.40	(1806.42; 1823.91)

Desviación estándar agrupada = 18.6225

IC: Índice de confianza

Se comparó los resultados de la **tabla 12** con la **tabla 7**, que muestra los estándares de control para la desviación estándar:

-El tratamiento de 5% traq. Saturada, tiene la desviación estándar de 7.88, dato ubicado dentro del rango < a 14.1, considerando este resultado como Excelente.

-Los tratamiento de 0% traq., 3% traq. Saturada, 5% de traq. Seca, tienen desviaciones estándar de 15.38, 16.44 y 14.40 respectivamente, considerados en el rango de 14.1 a 17.6, son resultados Muy Buenos.

-El tratamiento de 3% traq. Seca, tiene la desviación estándar de 30.95, dato ubicado dentro del rango > 24.6, considerando este resultado como Malo.

Tabla 13: *Información agrupada del peso volumétrico, con el método Tukey y una confianza del 95%*

Tratamiento (orden de mérito)	No.	Media (kg/m³)	Agrupación
5% traq. saturada	18	1863.26	A
3% traq. saturada	18	1857.44	A
0% traq.	18	1830.37	B
5% traq. seca	18	1815.16	B
3% traq. seca	18	1814.97	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

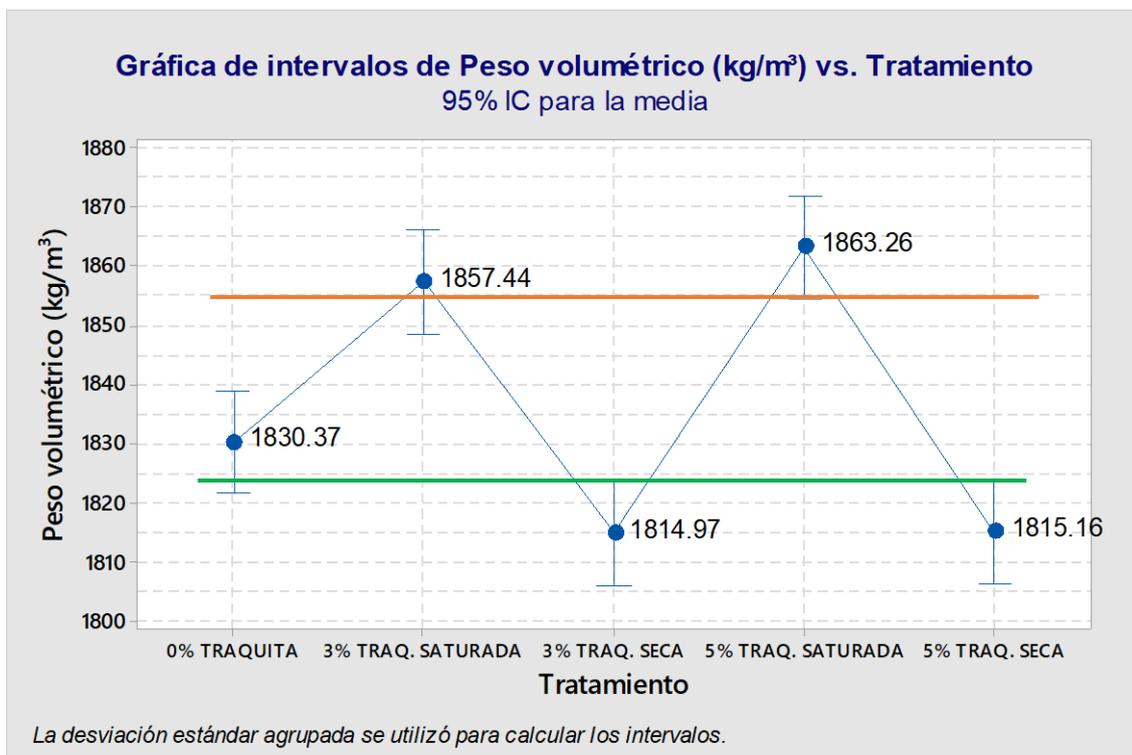


Figura 6: Gráfica de intervalos de peso volumétrico del concreto por tratamiento

Utilizando la **tabla 13** y la **figura 6**, las medias entre los tratamientos son:

Grupo A se conforma por 5% traq. Sat. y 3% traq. Sat., sus medias (1863.26 kg/m³ y 1857.44 kg/m³ respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 6, una línea horizontal naranja, la que intercepta los dos tratamientos.

Grupo B se conforma por 0% traq., 5% traq. Sec y 3% traq. Sec., sus medias (1830.37 kg/m³, 1815.16 kg/m³ y 1814.97 kg/m³ respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 6, una línea horizontal verde, la que intercepta los tres tratamientos.

No hay algún tratamiento perteneciente al grupo A, que intercepte al grupo B, ni viceversa, lo que comprueba que las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

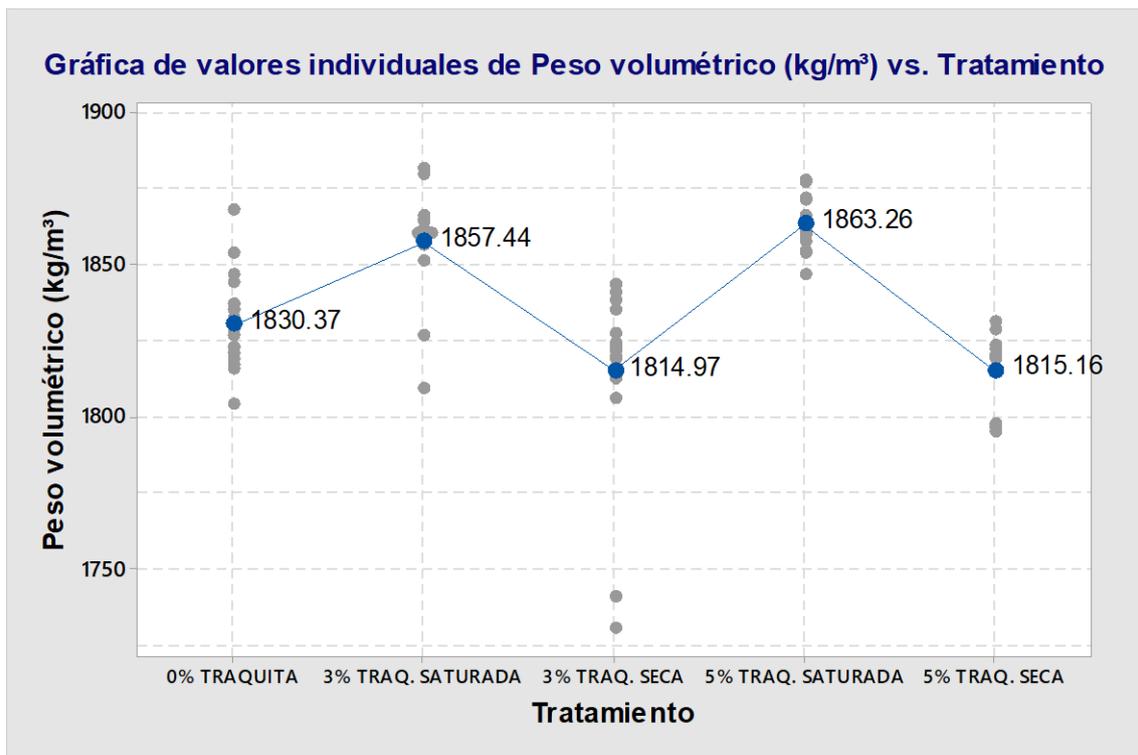


Figura 7: Gráfica de valores individuales de peso volumétrico del concreto por tratamiento.

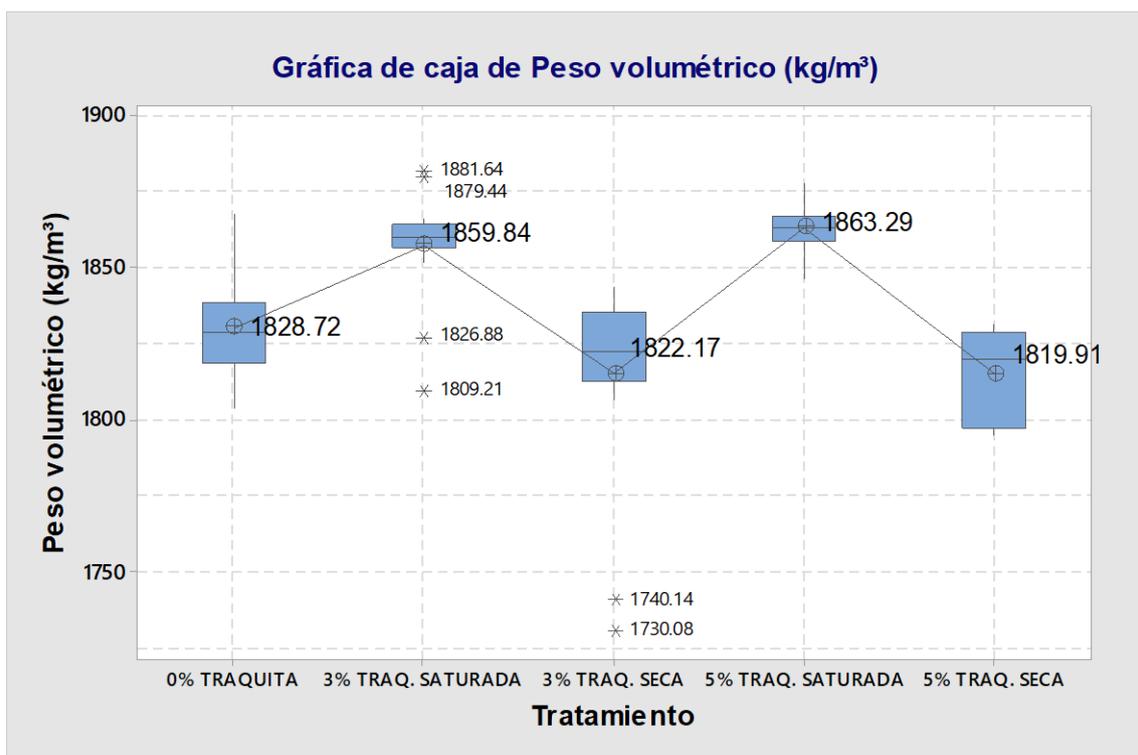


Figura 8: Gráfica de caja de peso volumétrico del concreto por tratamiento

Al comparar la **figura 7** y **figura 8** en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

-0% traq.: como la media 1830.37 > mediana 1828.72, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 19.96

-3% traq. sat.: como la media 1857.44 < mediana 1859.84, la distribución es asimétrica negativa; y rango intercuartil de 7.86

-3% traq. sec.: como la media 1814.97 < mediana 1822.17, su distribución es asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 22.35

-5% traq. sat.: como la media = mediana 1863.3, su distribución es simétrica; y un rango intercuartil de 8.41

-5% traq. sec.: como la media 1815.16 < mediana 1818.91, su distribución asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 31.56

Luego, se selecciona dos tratamientos con mejores resultados:

-Al tener 5% traq. sat, distribución simétrica, se evalúan parámetros de desviación estándar 7.88 y media 1863.3, no presenta datos atípicos.

-Al tener 3% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 7.86 y mediana 1857.44, presenta 4 datos atípicos.

Aunque ambos tratamientos tienen resultados similares, el diseño del concreto con 5% traq. sat. no presenta datos atípicos, lo que conduce a interpretaciones más reales, concluyendo que este diseño es mejor al tener una media típica o representativa.

5.3.2. Resistencia a compresión

Trabajando la **figura 3**, **figura 4** y **figura 5**, en simultáneo, se analizó las medias de los tratamientos, obteniendo que:

-A los 7 d, la resistencia mínima es el 70% del $f'c$ (147 kg/cm²). En la gráfica, el menor valor lo tiene el tratamiento de 3% traq. seca con $f'c= 159.72$ kg/cm² y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 5% traq. sat. con $f'c= 166.87$ kg/cm².

-A los 14 d, la resistencia mínima es el 90% del $f'c$ (189 kg/cm²). En la gráfica, el menor valor lo tiene el tratamiento de 0% traq. con $f'c= 198.73$ kg/cm² y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 5% traq. sat. con $f'c= 201.738$ kg/cm²

-A los 28 d, la resistencia debe llegar al 100% del $f'c= 210$ kg/cm². En la gráfica, el menor valor lo tiene el tratamiento de 0% traq. con $f'c= 226.25$ kg/cm² y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 5% traq. sat. con $f'c= 240.937$ kg/cm².

La **tabla 10**, muestra que respecto al tratamiento patrón I, los tratamientos de reemplazo de traquita II, III, IV, V; aumentaron en 1.3%; 6.5%, 2.6% y 6.2% respectivamente a los 28 d. su resistencia a compresión, señalando que todos los tratamientos superaron el $f'c= 210$ kg/cm² de diseño.

5.3.2.1. ANOVA de la resistencia a compresión a los 7 d.

Tabla 14: *Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 7d.*

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	298.0	74.51	2.86	0.060
Error	25	651.6	26.06		
Total	29	949.6			

Si (0.01<P<0.05) hay significación estadística en el ANOVA

Si (P<0.01) hay una alta significación estadística en el ANOVA

Si (P>0.05) no hay diferencia estadística en el ANOVA

GL (grados de libertad)

MC (Media de los cuadrados)

SC (suma de cuadrado)

La **tabla 14** tiene el valor P 0.060, mostrando que no hay diferencia estadística, por tanto se rechaza la hipótesis alternativa, significa que, los tratamientos no tuvieron efecto en la resistencia a compresión a los 7 d.

Tabla 15: *Medias de la resistencia a compresión a los 7d.*

Tratamiento	No.	Media (kg/cm²)	Desv. Est.	IC de 95%
0% traq.	6	160.68	7.80	(156.33; 165.03)
3% traq. Saturada	6	166.05	4.34	(161.69; 170.40)
3% traq. Seca	6	159.72	3.95	(155.36; 164.07)
5% traq. Saturada	6	167.35	1.21	(163.059; 171.644)
5% traq. Seca	6	166.21	5.80	(161.86; 170.57)
Desviación estándar agrupada = 5.10517				

IC: Índice de confianza

Se comparó los resultados de la **tabla 15** con la **tabla 7**, que muestra los estándares de control para la desviación estándar:

Para los tratamiento de 0% traq., 3% traq. Sat, 5% traq. Sat, 3% traq. Sec y 5% traq. Sec, las desviaciones estándar son 7.80, 4.34, 2.29, 3.95 y 5.80 respectivamente, datos ubicados dentro del rango de < a 14.1, considerando estos resultados como Excelentes

Tabla 16: Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%

Tratamiento (orden de mérito)	No.	Media (kg/cm ²)	Agrupación
5% traq. Saturada	6	167.351	A
5% traq. Seca	6	166.21	A
3% traq. Saturada	6	166.05	A
0% traq.	6	160.68	A
3% traq. Seca	6	159.72	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

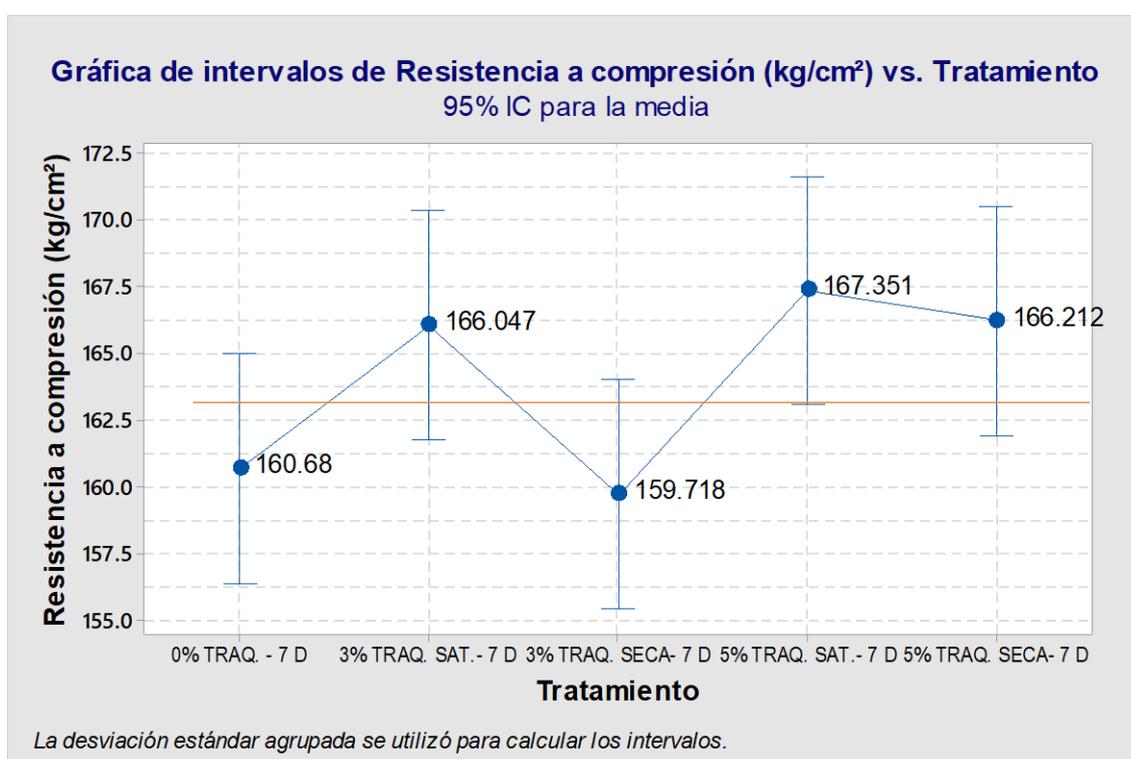


Figura 9: Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 7d.

Utilizando la **tabla 16** y la **figura 9**, las medias entre los tratamientos son:

Grupo A se conforma por 5% traq. Sat., 5% traq. Sec., 3% traq. Sat., 0% traq. y 3% traq. Sec y sus medias (166.87 kg/cm², 166.21 kg/cm², 166.05 kg/cm², 160.68 kg/cm² y 159.72 kg/cm² respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 9, una línea horizontal naranja, la que intercepta todos los tratamientos.

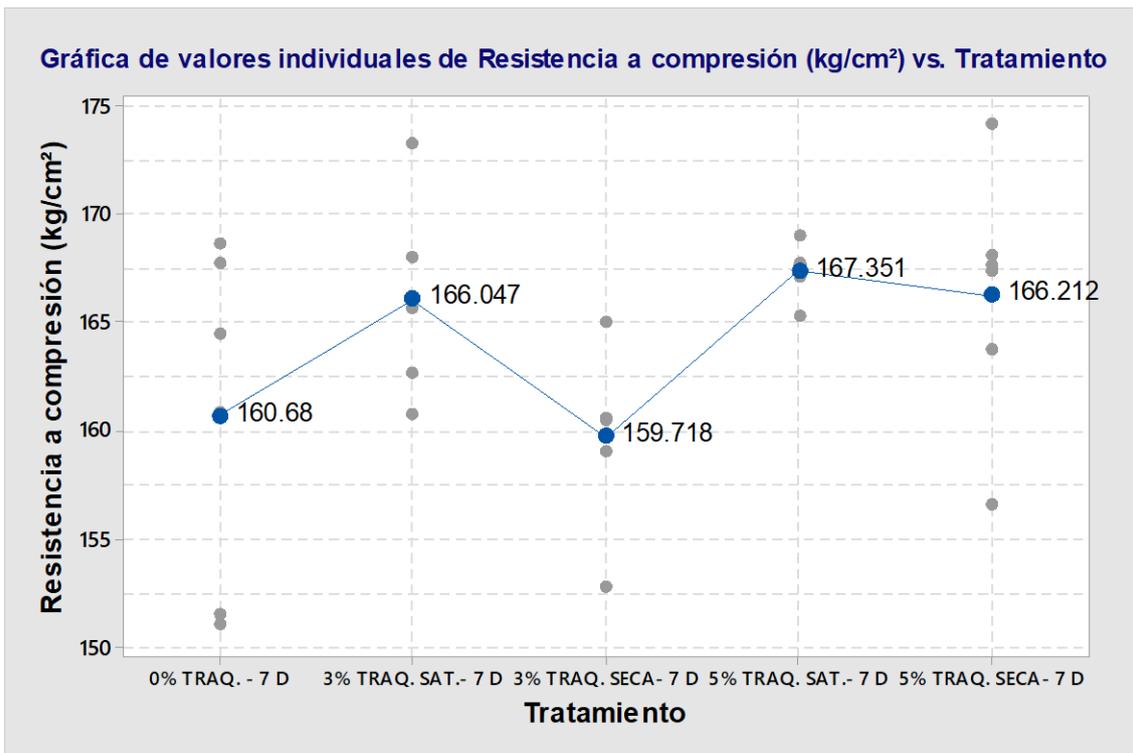


Figura 10: Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 7 d.

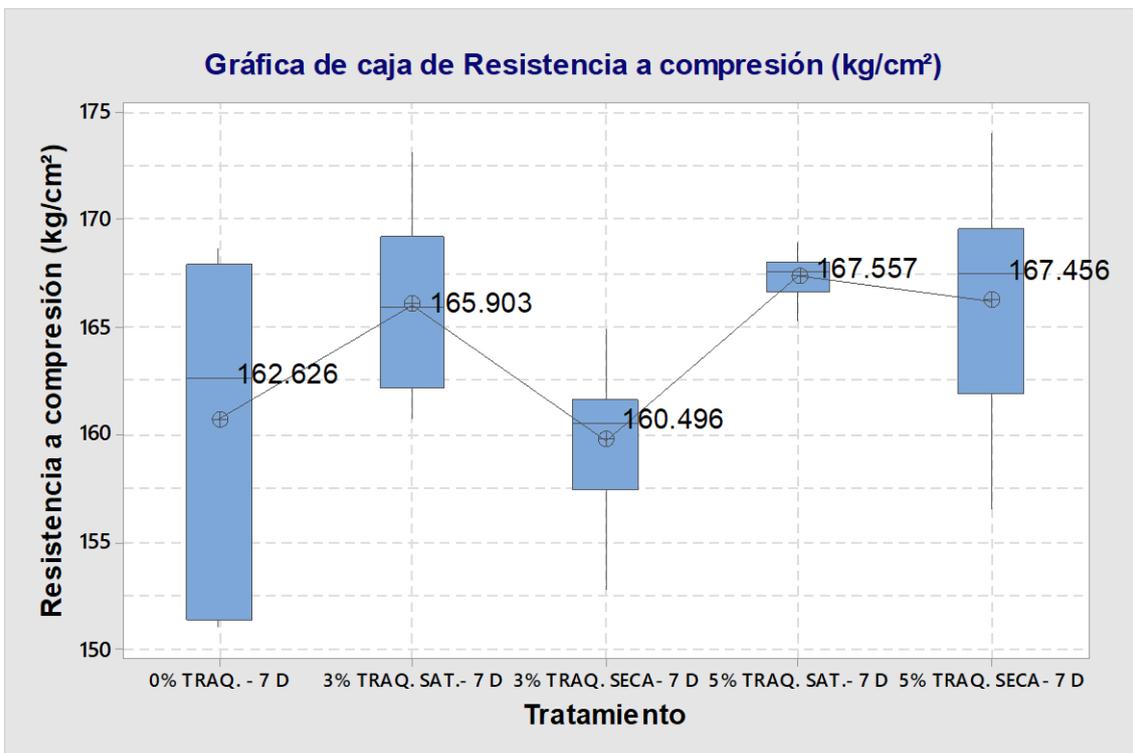


Figura 11: Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 7d.

Al comparar la **figura 10** y **figura 11** en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

0% traq.: como la media $160.68 <$ mediana 162.626 , la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 16.548

3% traq. sat.: como la media $166.05 >$ mediana 165.093 , la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 7.065

3% traq. sec.: como la media $159.72 <$ mediana 160.496 , su distribución es asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 4.231

5% traq. sat.: como la media $167.351 <$ mediana 167.557 , su distribución es asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 1.399

5% traq. sec.: como la media $166.21 <$ mediana 167.456 , su distribución asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 7.623

Luego, se selecciona dos tratamientos con mejores resultados:

Al tener 5% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 1.399 y mediana 167.557 , no presenta datos atípicos.

Al tener 3% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 7.065 y mediana 165.903 , no presenta datos atípicos.

Ambos tratamientos tienen resultados similares, pero el diseño del concreto con 5% traq. sat. tiene una mediana mayor y un rango intercuartil menor, se concluye que el diseño es mejor al ser representativo.

5.3.2.2. ANOVA de la resistencia a compresión a los 14 d.

Tabla 17: *Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 14d.*

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	124.3	31.070	4.27	0.009
Error	25	181.9	7.277		
Total	29	306.2			

Si $(0.01 < P < 0.05)$ hay significación estadística en el ANOVA

Si $(P < 0.01)$ hay una alta significación estadística en el ANOVA

Si $(P > 0.05)$ no hay diferencia estadística en el ANOVA

GL (grados de libertad)

MC (Media de los cuadrados)

SC (suma de cuadrado)

Valor F (F calculado)

Valor P (valor de probabilidad).

La **tabla 17** tiene el valor P 0.009, lo que muestra una alta significación estadística. Se rechaza la hipótesis nula, significando que, los tratamientos, tuvieron efecto en la resistencia a compresión a la edad de 14 d.

Tabla 18: *Medias de la resistencia a compresión a los 14d.*

Tratamiento	No.	Media (kg/cm²)	Desv. Est.	IC de 95%
0% traq.	6	198.73	2.99	(196.46; 201.00)
3% traq. Saturada	6	202.129	0.46	(199.86; 204.40)
3% traq. Seca	6	196.68	3.86	(194.41; 198.95)
5% traq. Saturada	6	201.738	2.25	(199.47; 204.01)
5% traq. Seca	6	198.90	2.69	(196.63; 201.17)

Desviación estándar agrupada = 2.69763

IC= Índice de confianza

Se comparó los resultados de la **tabla 18** con la **tabla 7**, que muestra los estándares de control para la desviación estándar: Para los tratamientos de 0% traq., 3% traq. Sat, 5% traq. Sat, 3% traq. Sec y 5% traq. Sec, las desviaciones estándar son 2.99, 0.46, 3.86, 2.25 y 2.69 respectivamente, datos ubicados dentro del rango de < a 14.1, considerando estos resultados como Excelentes

Tabla 19: Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%

Tratamiento (orden de mérito)	No.	Media (kg/cm ²)	Agrupación
3% traq. Saturada	6	202.129	A
5% traq. Saturada	6	201.738	A
5% traq. Seca	6	198.90	A B
0% traq.	6	198.73	A B
3% traq. Seca	6	196.68	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

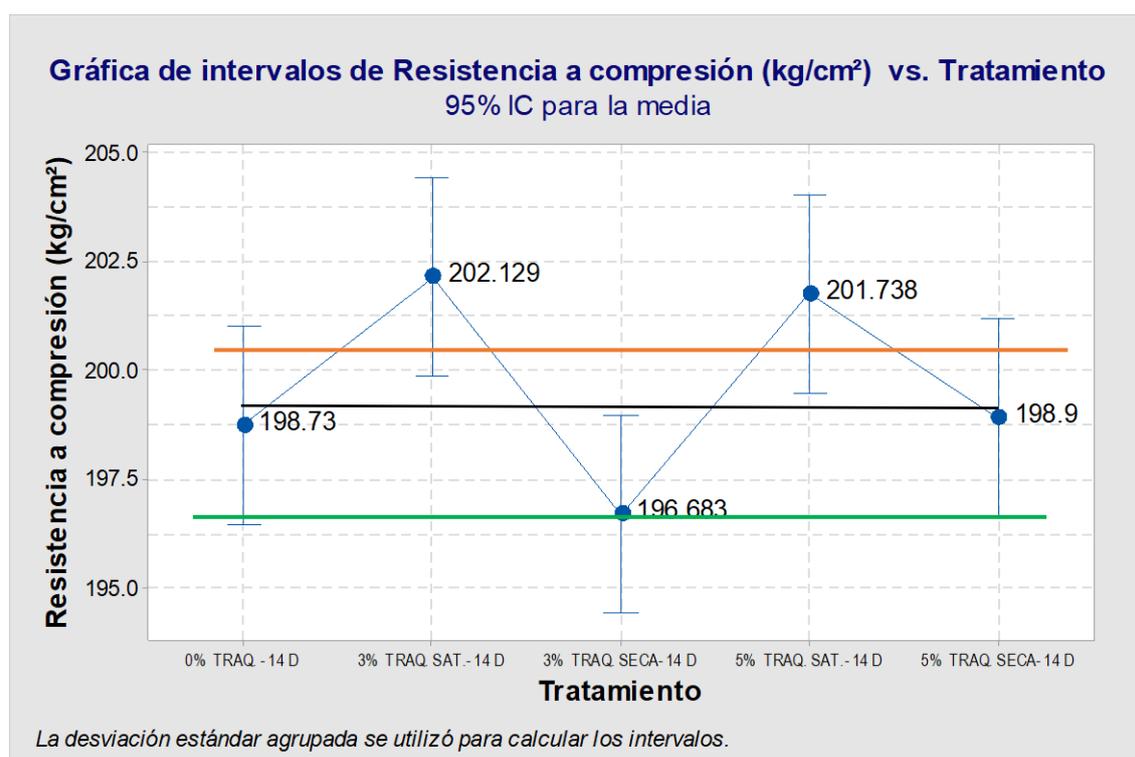


Figura 12: Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 14 d.

Utilizando la **tabla 19** y la **figura 12**, las medias entre los tratamientos son:

Grupo A se conforma por 3% traq. Sat., 5% traq. Sat., 5% traq. Sec. y 0% traq., sus medias (202.129 kg/cm², 201.738 kg/cm², 198.90 kg/cm² y 198.73 kg/cm² respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 8, una línea horizontal naranja, la que intercepta todos los tratamientos.

Grupo B se conforma por 5% traq. Sec., 0% traq., 3% traq. Sec., sus medias (198.90 kg/cm², 198.73 kg/cm² y 196.68 kg/cm² respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 12, una línea horizontal verde, la que intercepta estos los tratamientos.

Los tratamientos 3% traq. Sat. y 5% traq. Sat. son significativamente diferentes al tratamiento del 3% traq. Sec., para verificar, se dibujó en la figura 12, una línea horizontal negra, la que no intercepta estos tratamientos.

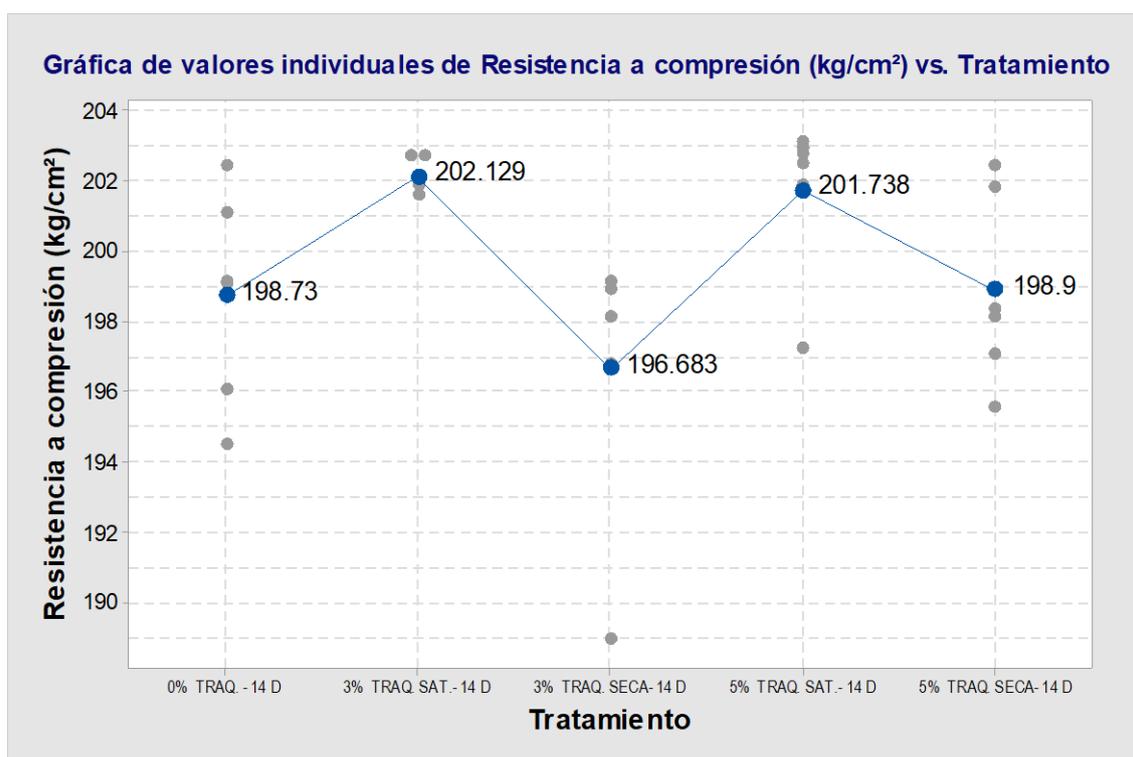


Figura 13: Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 14d.

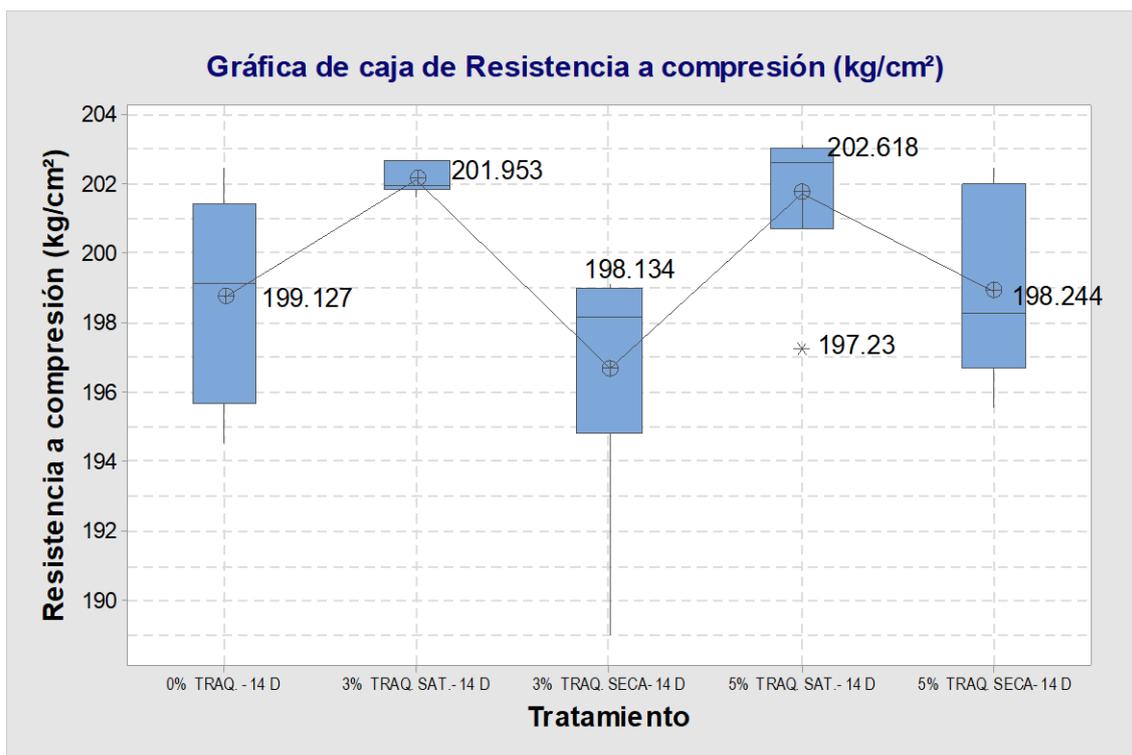


Figura 14: Gráfica de caja de resistencia a compresión de las probetas a los 14d.

Al comparar la **figura 13** y **figura 14** en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

0% traq.: como la media $198.73 <$ mediana 199.127 , la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 5.778

3% traq. sat.: como la media $202.129 >$ mediana 201.953 , la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 1.488

3% traq. sec.: como la media $196.68 <$ mediana 198.134 , su distribución es asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 4.144

5% traq. sat.: como la media $201.738 <$ mediana 202.618 , su distribución es asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 2.303

5% traq. sec.: como la media $198.9 >$ mediana 198.244 , su distribución asimétrica positiva; y un rango intercuartil de 5.286

Luego, se selecciona dos tratamientos con mejores resultados:

Al tener 5% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 2.303 y mediana 202.618, presenta un dato atípico.

Al tener 3% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 1.488 y mediana 201.953, no presenta datos atípicos.

Ambos tratamientos tienen resultados similares, pero el diseño del concreto con 3% traq. sat. al tener un rango intercuartil menor y no presentar datos atípicos, se concluye que el diseño es mejor al ser representativo.

5.3.2.3. ANOVA de la resistencia a compresión a los 28 d.

Tabla 20: *Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 28 d.*

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	995.6	248.89	6.82	0.001
Error	25	912.8	36.51		
Total	29	1908.4			

Si $(0.01 < P < 0.05)$ hay significación estadística en el ANOVA

Si $(P < 0.01)$ hay una alta significación estadística en el ANOVA

Si $(P > 0.05)$ no hay diferencia estadística en el ANOVA

GL (grados de libertad)

SC (suma de cuadrado)

MC (media de los cuadrados)

Valor F (F calculado)

Valor P (valor de probabilidad).

La **tabla 20** tiene el valor P 0.001, lo que muestra una alta significación estadística. Se rechaza la hipótesis nula, significando que, los tratamientos, tuvieron efecto en la resistencia a compresión a la edad de 28 d.

Tabla 21: *Medias de la resistencia a compresión a los 28 d.*

Tratamiento	No.	Media (kg/cm ²)	Desv. Est.	IC de 95%
0% traq.	6	226.25	6.91	(221.17; 231.33)
3% traq. Saturada	6	229.96	6.24	(224.88; 235.04)
3% traq. Seca	6	232.24	6.03	(227.16; 237.32)
5% traq. Saturada	6	240.937	1.139	(235.857; 246.018)
5% traq. Seca	6	240.20	7.63	(235.12; 245.28)

Desviación estándar agrupada = 6.04255

IC: Índice de confianza

Se comparó los resultados de la **tabla 21** con la **tabla 7**, que muestra los estándares de control para la desviación estándar:

Para los tratamiento de 0% traq., 3% traq. Sat, 5% traq. Sat, 3% traq. Sec y 5% traq. Sec, las desviaciones estándar son 6.91, 6.24, 6.03, 1.139 y 7.63 respectivamente, datos ubicados dentro del rango de < a 14.1, considerando estos resultados como Excelentes

Tabla 22: *Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%*

Tratamiento (orden de mérito)	No.	Media (kg/cm ²)	Agrupación		
5% traq. Saturada	6	240.937	A		
5% traq. Seca	6	240.20	A B		
3% traq. Seca	6	232.24	A B C		
3% traq. Saturada	6	229.96	B C		
0% traq.	6	226.25	C		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

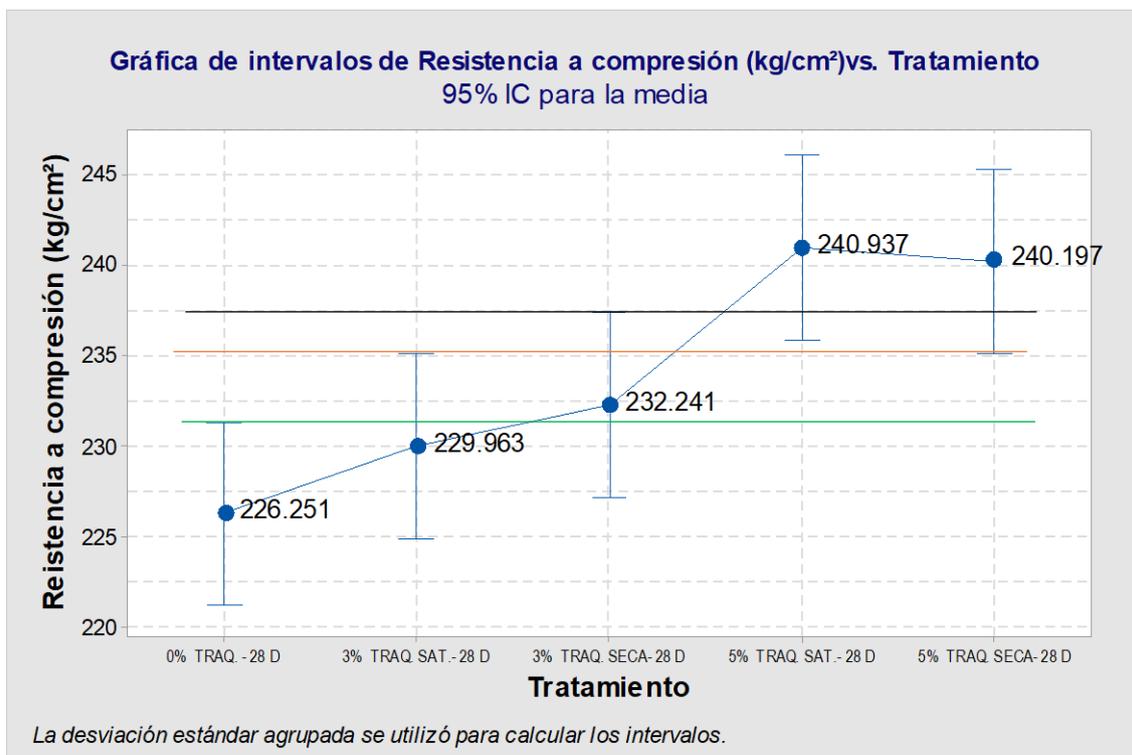


Figura 15: Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 28d.

Utilizando la **tabla 22** y la **figura 15**, las medias entre los tratamientos son:

Grupo A se conforma por 5% traq. Sat., 5% traq. Sec. y 3% traq. Sec. y sus medias (240.937 kg/cm², 240.20 kg/cm² y 232.24 kg/cm² respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 15, una línea horizontal negra, la que intercepta estos tratamientos.

Grupo B se conforma por 5% traq. Sec., 3% traq. Sec., y 3% traq. Sat. y sus medias (240.20 kg/cm², 232.24 kg/cm² y 229.96 kg/cm² respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 15, una línea horizontal naranja, la que intercepta estos tratamientos.

Grupo C se conforma por 3% traq. Sec., 3% traq. Sat. y 0% traq. y sus medias (232.24 kg/cm², 229.96 kg/cm² y 226.25 kg/cm² respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 15, una línea horizontal verde, la que intercepta estos tratamientos.

El tratamiento 5% traq. Sat. sí es significativamente diferente al tratamiento del 0% traq., sus intervalos no se interceptan y sus letras de agrupación son distintas

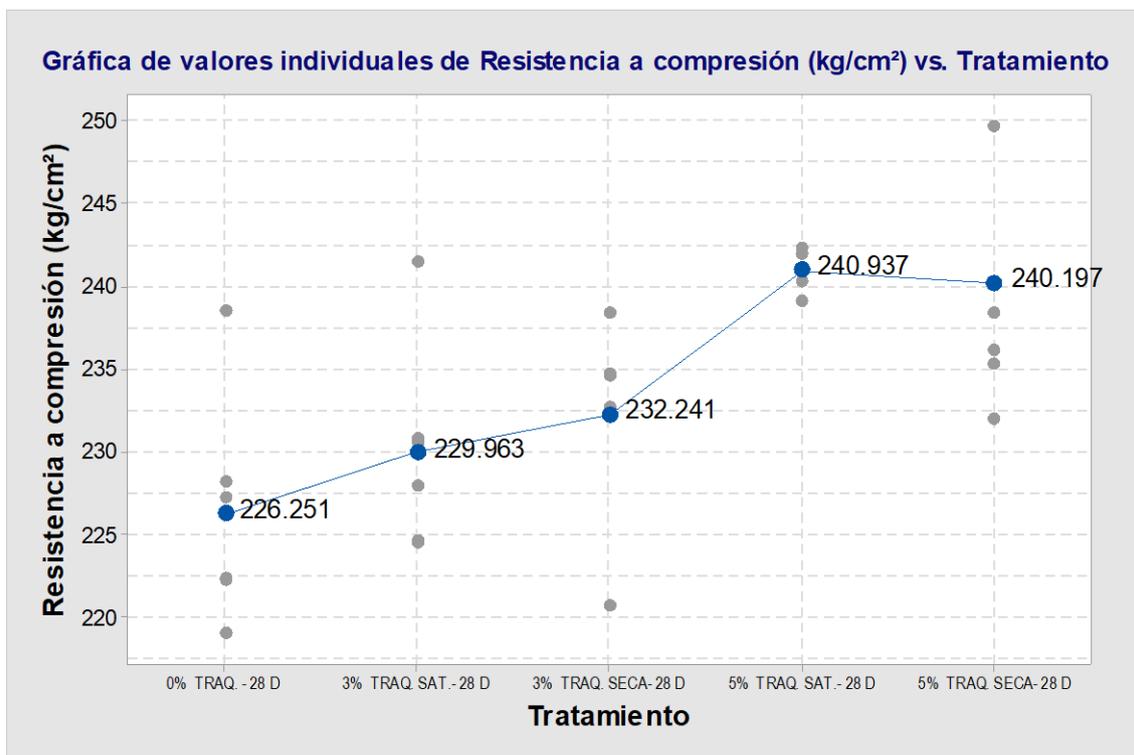


Figura 16: Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 28d.

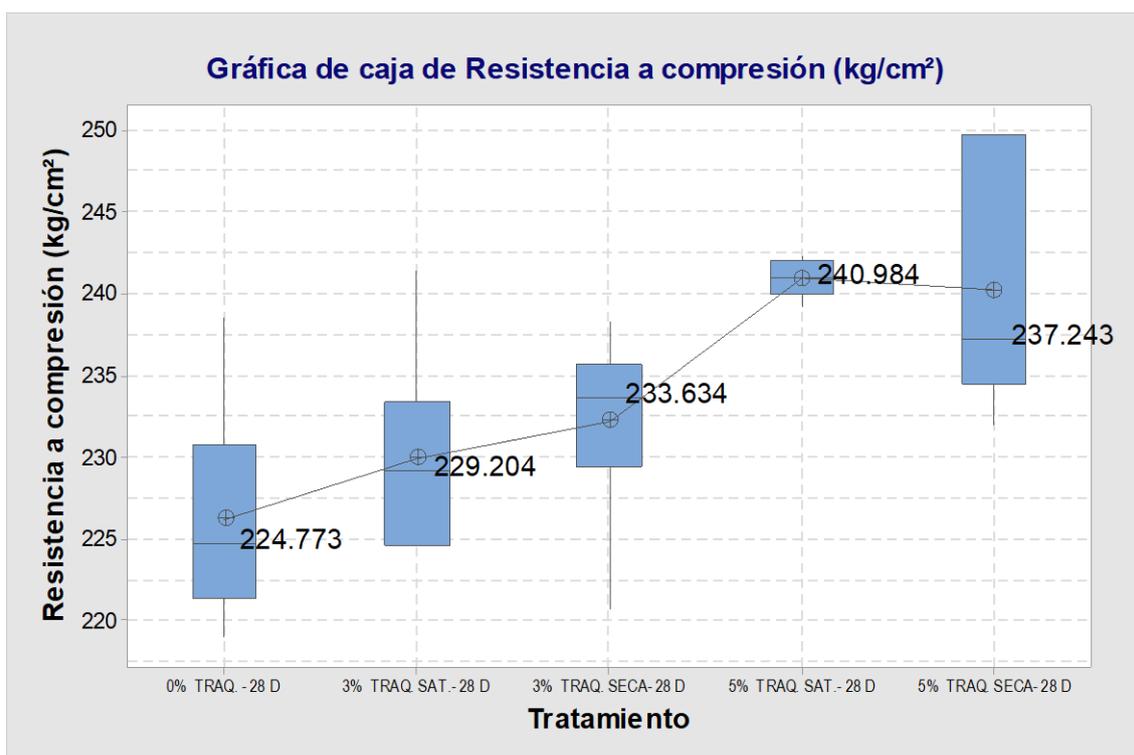


Figura 17: Gráfica de caja de resistencia a compresión de las probetas a los 28d.

Al comparar la **figura 16** y **figura 17** en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

0% traq.: como la media 226.28 > mediana 224.773, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 9.337

3% traq. sat.: como la media 229.96 > mediana 229.204, la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 8.84

3% traq. sec.: como la media 232.24 < mediana 233.634, su distribución es asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 6.183

5% traq. sat.: como la media 240.937 < mediana 240.984, su distribución es asimétrica negativa; y un rango intercuartil de 2.008

5% traq. sec.: como la media 240.2 < mediana 237.243, su distribución asimétrica positiva; y un rango intercuartil de 15.181

Luego, se selecciona dos tratamientos con mejores resultados:

Al tener 5% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 2.008 y mediana 240.984, no presenta datos atípicos.

Al tener 3% traq. sec, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 6.183 y mediana 233.634, no presenta datos atípicos.

Al analizar ambos tratamientos, el diseño del concreto con 5% traq. sat. tiene una mediana mayor, un rango intercuartil menor y no presenta datos atípicos, se concluye que el diseño es mejor al ser representativo.

5.4. Contratación de hipótesis

Aunque todos los tratamientos en estudio disminuyeron su peso volumétrico, respecto al peso del tratamiento patrón; la influencia del reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita del 3% saturada y 3% seca, aumentó en un 1.3% ($f'c = 229.26 \text{ kg/cm}^2$), 2.6% ($f'c = 232.24 \text{ kg/cm}^2$) respectivamente, no superó en más del 5% la resistencia a compresión del tratamiento patrón que obtuvo un $f'c = 226.25 \text{ kg/cm}^2$. Mientras que, los tratamientos de reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita del 5% saturada y 5% seca, aumentó en un 6.5% ($f'c = 240.94 \text{ kg/cm}^2$) y 6.2% ($f'c = 240.20 \text{ kg/cm}^2$) respectivamente, por lo que superó en más del 5% la resistencia a compresión del tratamiento patrón.

Al ser la hipótesis: *El reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita de 3% y 5%; saturada y seca, influye en el aumento de la resistencia a compresión, en más del 5% e influye en la disminución del peso volumétrico de un concreto ligero estructural, se rechaza.*

CONCLUSIONES

- ✚ A los 28 días, se obtuvo un $f'c$ en los ensayos de Resistencia a compresión para el tratamiento de 0% traq. 226.25 kg/cm² y para los tratamientos con reemplazo de 3% traq. saturada 229.26 kg/cm², 5% traq. saturada 240.94 kg/cm², 3% traq. seca 232.24 kg/cm², 5% traq. seca 240.20 kg/cm². Concluyendo que todos los tratamientos de reemplazo influyen en el aumento de la resistencia a compresión respecto al tratamiento patrón, en 1.3%, 6.5%, 2.6% y 6.2% respectivamente.
- ✚ De ambos reemplazos con la traquita saturada, el tratamiento de 5% traq. saturada supera en más del 5% al tratamiento patrón – 0% de traq., con un 6.5%
- ✚ De ambos reemplazos con la traquita seca, el tratamiento de 5% traq. seca supera en más del 5% al tratamiento patrón – 0% de traq., con un 6.2%
- ✚ Siendo el Peso volumétrico del tratamiento de 0% traq. 1830.37 kg/m³ y de los tratamientos con reemplazo de 3% traq. saturada 1857.44 kg/m³ y 5% traq. saturada 1863.47 kg/m³, se concluyen que estos reemplazos influyeron en el aumento del peso volumétrico en 1.48% y 1.79% respectivamente, sobre el tratamiento patrón.
- ✚ Siendo el Peso volumétrico del tratamiento de 0% traq. 1830.37 kg/m³ y de los tratamientos con reemplazo de 3% traq. seca 1814.97 kg/m³ y 5% traq. saturada 1815.16 kg/m³, se concluyen que estos reemplazos influyeron en la disminución del peso volumétrico en 0.36% y 0.48% respectivamente, sobre el tratamiento patrón.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- ✚ Es recomendable utilizar como base el tratamiento de reemplazo del 5% de traquita saturada en el agregado grueso, para evaluar otros porcentajes de reemplazo y su influencia en las propiedades del concreto ligero estructural.
- ✚ Se sugiere estudiar la influencia del reemplazo de traquita saturada y seca en el agregado grueso a la edad de 90 días para obtener la resistencia real a mayor edad.
- ✚ Se sugiere estudiar más propiedades del concreto ligero estructural, como la flexión, durabilidad y aislamiento térmico – acústico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 213R-14. (2014). Guide for structural lightweight-aggregate concrete.
- ACI 214 RS-11. (2017). Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto.
- ACI 318R-19 (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete
- ACI PCR – 308 – 213 (2013). Report on internally cured concrete using prewetted absorptive lightweight aggregate.
- ACI UPC (2019). Concreto ligero estructural. [presentación de diapositivas].
Scribd: <https://n9.cl/es/s/o7b6z>
- AEFA. (2020, 07 de septiembre). *Arcilla expandida*. <https://n9.cl/h7t82>
- Alaya, I y Urrego, J.D. (2020). Fabricación de concreto liviano de 21 MPa a partir de roca pómez extraída de Flandes-Tolima. [monografía, Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. Repositorio Institucional UDISTRITAL.
- Ali, M y otros (2018). Thermal-resistant lightweight concrete with polyethylene beads as coarse aggregates. *Construction and Building Materials* 164 (2018) 739–749
- Atlas digital de petrología ígnea y metamórfica (s.f.). *Traquita*. Universidad de Alicante. Consultado el 20 de enero de 2020. <https://n9.cl/oygrc>
- Baquero, B.A., Güiza, R.A. y García, F.M. (2019). Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros. *REDALYC, Ingeniería y Desarrollo*, 37 (2).
- Cemex (2017, 16 de agosto). *Productos*. <https://n9.cl/l19yzf>
- Cemex (2017, 19 de agosto). *Productos*. <https://n9.cl/s9u7n>
- Ibrahim, M y otros (2020). Durability of Structural Lightweight Concrete Containing Expanded Perlite Aggregate. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 14 (50)
- INACAL. (2020, 07 de diciembre). NTP 334.090:2020 CEMENTOS. Cementos hidráulicos adicionados. Requisitos. Lima, Perú.
- INACAL. (2020, 07 de diciembre). NTP 334.082:2020 CEMENTOS. Cementos hidráulicos. Requisitos de desempeño. Lima, Perú.
- INACAL. (2020, 26 de noviembre) NTP 400.019:2014 (revisada el 2019) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Lima, Perú.

- INACAL. (2019, 28 de junio). NTP 339.088:2014 CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 30 de enero). NTP 400.037:2018 AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 27 de junio). NTP 400.021:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 27 de junio). NTP 400.012:2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 13 de julio). NTP 339.183:2013 CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 26 de diciembre). NTP 339.046:2013 Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 12 de diciembre). NTP 400.018:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 27 de junio). NTP 339.185:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados pro secado. Lima, Perú.
- INACAL. (2016, 02 de agosto). NTP 400.017:2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. Lima, Perú.
- INACAL. (2015, 22 de diciembre). NTP 339.034:2015 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima, Perú.
- Lizarazo, J. M., Salas, A., y Escobar, D. A. (2016). Efectos del curado en las propiedades de mezclas de concreto con altos contenidos de escoria de hierro. *SCIELO*, 27(6). <https://n9.cl/xheb2>
- Montoya, J.P. (2017). *Elementos de concreto reforzado I*. Ediciones Unibagué. Recuperado de: <https://n9.cl/vkazm>
- Pacasmayo. (2021). Cementos Fortimax. <https://n9.cl/9votk>

- Perú Construye. (2019, 15 de noviembre). *Concreto en obra: material fundamental para la construcción*.
- Rivera, H. (2005). Geología General. Lima, Perú: UNMS.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (Primera edición digital 2020, diciembre). Norma E.060 Concreto Armado. Lima, Perú. <https://n9.cl/sn84n>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (Primera edición digital 2020, diciembre). Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Lima, Perú. <https://n9.cl/s2tys>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (Primera edición digital 2020, diciembre). Norma E.020 Cargas. Lima, Perú. <https://n9.cl/hir7v>
- Serrano, P.F. (2018). Elaboración de un concreto ligero para uso estructural en la ciudad de Lima metropolitana 2018. [tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
- Shafiq y otros (2021). Evaluation of Mechanical Properties of Lightweight Concrete with Pumice Aggregate. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 15(2):30–38
- Tejada, L.M. (2016). Efectividad del curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado. [tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- Veliz, A.M. y Vásquez, J.L. (2018). *Obtención de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos*. [tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA.

APÉNDICE I: FICHAS DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

- Tratamiento I: diseño patrón.

FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

FECHA:

Tesis : Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso.

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Laboratorio : GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Datos para el cálculo de peso volumétrico (ASTM C138/NTP 339.046) y resistencia a compresión (ASTM C39/NTP 339.034) de cada probeta

TIPO TRATAMIENTO			DISEÑO PATRÓN												
CÓDIGO PROBET A	f _c (kg/cm ²)	FECHA		EDAD ENSAYO (días)	Altura prob H (cm)	Peso concreto fresco (kg)	Peso concreto endurecido (kg)	Φ prob (cm)	Área prob (cm ²)	Carga Max. Rotura (kN)	Volumen prob (cm ³)	P.U.C.F. (kg/m ³)	P.U.C.E. (kg/m ³)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	
		ELABORACIÓN	ENSAYO												
P1	210	11/11/2021	18/11/2021	7	30.30	10.16	10.00	15.17	180.74	268.50	5476.51	1854.28	1826.35	151.48	
P2	210	11/11/2021	18/11/2021	7	30.42	10.25	10.05	15.16	180.60	267.50	5493.49	1864.94	1828.53	151.04	
P3	210	11/11/2021	18/11/2021	7	30.41	10.27	10.02	15.20	181.52	298.50	5520.63	1859.57	1815.55	167.69	
P4	210	11/11/2021	18/11/2021	7	30.63	10.33	10.03	15.14	180.00	290.30	5512.77	1874.38	1818.51	164.46	
P5	210	11/11/2021	18/11/2021	7	30.38	10.54	10.10	15.20	181.48	300.10	5513.98	1912.23	1832.43	168.62	
P6	210	11/11/2021	18/11/2021	7	30.52	10.06	10.10	15.23	182.15	287.22	5558.90	1808.81	1816.73	160.79	
P7	210	11/11/2021	25/11/2021	14	30.21	10.24	10.06	15.22	181.98	355.42	5497.74	1863.31	1828.93	199.15	
P8	210	11/11/2021	25/11/2021	14	30.20	10.34	10.12	15.11	179.41	356.20	5418.21	1909.12	1867.78	202.45	
P9	210	11/11/2021	25/11/2021	14	30.16	10.16	10.13	15.26	182.89	357.10	5516.08	1840.98	1836.81	199.10	
P10	210	11/11/2021	25/11/2021	14	30.51	10.29	10.16	15.12	179.55	345.20	5478.17	1878.00	1853.72	196.05	
P11	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.53	10.32	10.02	15.22	181.98	347.15	5555.97	1857.82	1803.82	194.52	
P12	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.10	10.42	10.07	15.19	181.10	357.16	5451.12	1911.90	1846.59	201.11	
P13	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.56	10.36	10.06	15.17	180.68	422.60	5521.68	1875.34	1821.00	238.50	
P14	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.11	10.37	10.04	15.28	183.37	408.60	5521.38	1877.43	1818.75	227.22	
P15	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.11	10.32	10.03	15.17	180.68	393.94	5440.37	1897.30	1844.18	222.33	
P16	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.11	10.21	10.04	15.24	182.35	391.62	5490.70	1859.69	1828.91	218.99	
P17	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.12	10.19	10.06	15.27	183.13	399.16	5515.98	1847.00	1822.88	222.26	
P18	210	11/11/2021	9/12/2021	28	30.05	10.23	10.03	15.22	181.94	407.16	5467.18	1871.71	1835.13	228.21	

Responsable de la ficha:

Asesor:

Jefe de laboratorio:

Bach. Aysa Yiré Vásquez Taico

Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Ing. Dennis David Muñoz Raico

- Tratamiento II: diseño con 3% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso

FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

FECHA:

Tesis : Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso.

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Laboratorio : GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Datos para el cálculo de peso volumétrico (ASTM C138/NTP 339.046) y resistencia a compresión (ASTM C39/NTP 339.034) de cada probeta

TIPO TRATAMIENTO		DISEÑO CON 3% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO												
		FECHA		EDAD ENSAYO (días)	Altura prob H (cm)	Peso concreto fresco (kg)	Peso concreto endurecido o (kg)	Φ prob (cm)	Área prob (cm²)	Carga Max. Rotura (kN)	Volumen prob (cm³)	P.U.C.F. (kg/m³)	P.U.C.E. (kg/m³)	Resistencia a compresión (kg/cm²)
ELABORACIÓN	ENSAYO													
A1	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.11	10.00	9.98	15.20	181.34	295.55	5460.12	1831.83	1826.88	166.20
A2	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.21	9.90	9.97	15.24	182.49	291.11	5512.92	1795.60	1809.21	162.67
A3	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.02	9.91	9.99	15.01	176.97	300.52	5312.76	1865.32	1879.44	173.16
A4	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.04	9.98	9.91	15.00	176.76	291.11	5309.92	1879.50	1866.32	167.94
A5	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.05	9.97	9.99	15.00	176.71	278.50	5310.27	1877.49	1881.64	160.71
A6	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.05	9.95	9.90	15.01	176.97	287.42	5318.42	1870.86	1861.46	165.61
A7	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.25	9.98	9.99	15.02	177.19	352.20	5359.88	1861.61	1864.03	202.69
A8	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.20	10.01	9.98	15.02	177.19	352.20	5351.02	1870.86	1865.06	202.69
A9	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.12	10.00	9.91	15.01	177.00	350.40	5331.16	1876.14	1858.88	201.87
A10	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.15	10.00	9.92	15.02	177.23	351.10	5343.58	1870.47	1856.43	202.01
A11	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.22	9.99	9.94	15.01	176.97	350.40	5348.15	1868.12	1858.59	201.90
A12	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.15	9.99	9.94	15.02	177.23	350.40	5343.58	1869.91	1860.17	201.60
A13	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.10	9.96	9.94	15.03	177.49	420.22	5342.54	1863.35	1860.54	241.42
A14	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.20	9.98	9.91	15.02	177.23	390.22	5352.45	1864.01	1851.49	224.51
A15	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.12	9.99	9.91	15.01	176.97	395.50	5330.45	1873.76	1859.50	227.89
A16	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.15	9.98	9.94	15.02	177.23	390.44	5343.58	1867.85	1860.17	224.64
A17	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.14	9.99	9.95	15.04	177.71	402.20	5356.05	1865.56	1857.71	230.79
A18	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.12	9.99	9.91	15.02	177.23	400.66	5338.27	1871.58	1856.41	230.52

Responsable de la ficha:

Asesor:

Jefe de laboratorio:

Bach. Aysa Yiré Vásquez Taico

Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Ing. Dennis David Muñoz Raico

- Tratamiento III: diseño con 5% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso

FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

FECHA:

Tesis : Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso.

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Laboratorio : GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Datos para el cálculo de peso volumétrico (ASTM C138/NTP 339.046) y resistencia a compresión (ASTM C39/NTP 339.034) de cada probeta

CÓDIGO PROBET A	f _c (kg/cm ²)	FECHA		EDAD ENSAYO (días)	Altura prob H (cm)	Peso concreto fresco (kg)	Peso concreto endurecid o (kg)	Φ prob (cm)	Área prob (cm ²)	Carga Max. Rotura (kN)	Volumen prob (cm ³)	P.U.C.F. (kg/m ³)	P.U.C.E. (kg/m ³)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
		ELABORACIÓN	ENSAYO											
B1	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.33	10.12	9.97	15.02	177.23	287.22	5376.20	1882.74	1854.47	165.25
B2	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.11	10.00	9.98	15.02	177.07	290.11	5331.70	1875.95	1871.82	167.07
B3	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.02	10.06	9.91	15.02	177.26	291.50	5321.61	1889.47	1862.22	167.69
B4	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.14	10.03	9.91	15.03	177.33	291.40	5345.37	1876.95	1853.94	167.57
B5	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.12	10.01	9.94	15.04	177.66	294.40	5351.42	1870.72	1857.45	168.98
B6	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.12	10.02	9.95	15.04	177.66	291.90	5351.42	1872.77	1859.32	167.54
B7	210	29/11/2021	13/12/2021	14	29.85	10.11	9.94	15.03	177.42	351.22	5296.05	1909.72	1876.85	201.86
B8	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.15	10.06	9.95	15.01	176.95	352.20	5335.05	1884.71	1865.02	202.96
B9	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.11	10.01	9.97	15.01	176.97	351.40	5328.68	1878.14	1871.01	202.48
B10	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.02	10.02	9.98	15.01	177.00	352.60	5313.96	1885.98	1878.07	203.13
B11	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.14	10.03	9.98	15.04	177.68	353.30	5355.33	1873.46	1863.56	202.76
B12	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.22	10.02	9.98	15.02	177.23	342.80	5355.99	1871.55	1863.33	197.23
B13	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.11	10.02	9.97	15.05	177.92	420.20	5357.90	1870.69	1860.80	240.83
B14	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.12	10.02	9.97	15.11	179.32	420.50	5401.35	1855.46	1846.57	239.13
B15	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.16	10.03	9.97	15.04	177.71	420.23	5358.71	1872.28	1860.52	241.14
B16	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.17	10.01	9.96	15.01	177.00	420.50	5339.30	1874.96	1864.47	242.26
B17	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.09	10.01	9.95	15.02	177.26	420.58	5332.77	1877.82	1866.01	241.95
B18	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.14	10.04	9.98	15.04	177.71	418.80	5356.76	1875.02	1863.25	240.32

DISEÑO CON 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

Responsable de la ficha:

Asesor:

Jefe de laboratorio:

Bach. Aysa Yiré Vásquez Taico

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Ing.Dennis David Muñoz Raico

- Tratamiento IV: diseño con 3% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso.

FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

FECHA:

Tesis : Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso.

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Laboratorio : GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Datos para el cálculo de peso volumétrico (ASTM C138/NTP 339.046) y resistencia a compresión (ASTM C39/NTP 339.034) de cada probeta

TIPO TRATAMIENTO		FECHA		DISEÑO CON 3% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO												
		ELABORACIÓN	ENSAYO	EDAD ENSAYO (días)	Altura prob H (cm)	Peso concreto fresco (kg)	Peso concreto endurecido (kg)	Φ prob (cm)	Área prob (cm ²)	Carga Max. Rotura (kN)	Volumen prob (cm ³)	P.U.C.F. (kg/m ³)	P.U.C.E. (kg/m ³)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)		
C1	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.28	9.88	9.66	15.28	183.35	274.71	5551.27	1779.77	1740.14	152.78		
C2	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.12	9.79	9.51	15.24	182.49	284.54	5496.86	1780.65	1730.08	159.00		
C3	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.41	9.99	9.92	15.11	179.34	282.24	5453.72	1831.96	1819.31	160.48		
C4	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.14	9.99	9.98	15.12	179.55	282.63	5411.74	1845.06	1843.59	160.51		
C5	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.12	9.98	9.95	15.14	180.03	283.51	5422.46	1839.94	1835.33	160.59		
C6	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.14	9.98	9.94	15.22	181.94	294.30	5483.56	1819.07	1813.06	164.95		
C7	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.15	9.86	9.81	15.01	177.04	345.39	5337.89	1846.23	1837.99	198.93		
C8	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.16	9.81	9.76	15.01	177.00	328.03	5338.24	1837.87	1827.38	188.99		
C9	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.14	9.77	9.72	15.05	177.99	343.49	5364.60	1821.20	1812.07	196.79		
C10	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.11	9.78	9.72	15.02	177.26	344.41	5337.21	1832.42	1821.55	198.13		
C11	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.21	9.85	9.81	15.04	177.71	345.29	5368.49	1834.78	1827.52	198.14		
C12	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.24	9.88	9.76	15.01	176.97	345.59	5351.69	1846.15	1822.79	199.13		
C13	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.21	9.95	9.77	15.02	177.23	383.61	5354.22	1858.35	1823.98	220.71		
C14	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.22	9.97	9.86	15.04	177.71	405.51	5370.26	1856.52	1835.11	232.69		
C15	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.21	9.91	9.85	15.13	179.79	409.72	5431.48	1824.55	1813.68	232.38		
C16	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.21	9.92	9.82	15.14	180.03	414.13	5438.67	1823.06	1805.96	234.57		
C17	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.11	9.93	9.83	15.12	179.55	413.35	5406.35	1836.36	1818.79	234.75		
C18	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.21	9.95	9.86	15.02	177.19	414.13	5352.79	1859.03	1841.09	238.34		

Responsable de la ficha:

Asesor:

Jefe de laboratorio:

Bach. Aysa Yiré Vásquez Taico

Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Ing. Dennis David Muñoz Raico

- Tratamiento IV: diseño con 3% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso.

FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

FECHA:

Tesis : Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso.

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Laboratorio : GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Datos para el cálculo de peso volumétrico (ASTM C138/NTP 339.046) y resistencia a compresión (ASTM C39/NTP 339.034) de cada probeta

TIPO TRATAMIENTO		DISEÑO CON 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO													
		fc (kg/cm ²)	FECHA		EDAD ENSAYO (días)	Altura prob H (cm)	Peso concreto fresco (kg)	Peso concreto endurecid o (kg)	Φ prob (cm)	Área prob (cm ²)	Carga Max. Rotura (kN)	Volumen prob (cm ³)	P.U.C.F. (kg/m ³)	P.U.C.E. (kg/m ³)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
CÓDIGO PROBET A		ELABORACIÓN	ENSAYO												
D1	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.15	9.97	9.84	152.06	181.60	291.55	5475.74	1820.76	1797.20	163.71	
D2	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.16	9.95	9.86	151.24	179.65	275.79	5418.82	1836.19	1818.66	156.54	
D3	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.22	9.82	9.74	151.15	179.44	295.69	5422.80	1810.87	1796.86	168.03	
D4	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.25	9.80	9.75	151.12	179.37	306.20	5425.89	1806.16	1797.13	174.08	
D5	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.15	9.77	9.70	151.02	179.13	294.39	5400.65	1809.04	1796.26	167.59	
D6	210	29/11/2021	6/12/2021	7	30.22	9.84	9.74	151.22	179.60	294.70	5427.54	1812.98	1794.74	167.32	
D7	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.15	9.86	9.75	151.42	180.08	345.39	5429.30	1816.07	1796.00	195.58	
D8	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.16	9.78	9.75	150.25	177.30	351.96	5347.49	1828.89	1823.66	202.42	
D9	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.25	9.85	9.76	150.22	177.23	344.35	5361.31	1837.24	1820.26	198.12	
D10	210	29/11/2021	13/12/2021	14	29.98	9.84	9.74	150.42	177.71	343.43	5327.61	1846.98	1828.59	197.07	
D11	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.11	9.85	9.72	150.32	177.47	351.27	5343.60	1843.33	1819.56	201.84	
D12	210	29/11/2021	13/12/2021	14	30.22	9.84	9.71	150.12	177.00	344.31	5348.86	1839.64	1815.53	198.36	
D13	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.05	9.88	9.76	150.23	177.26	414.33	5326.57	1854.29	1831.38	238.35	
D14	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.20	9.87	9.79	150.11	176.97	409.81	5344.61	1847.47	1831.38	236.13	
D15	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.22	9.81	9.80	150.12	177.00	408.45	5348.86	1834.78	1831.23	235.31	
D16	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.15	9.82	9.80	150.42	177.71	404.33	5357.82	1832.83	1828.73	232.01	
D17	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.24	9.83	9.79	150.36	177.56	434.73	5369.53	1829.77	1822.32	249.66	
D18	210	29/11/2021	27/12/2021	28	30.26	9.84	9.79	150.31	177.45	434.53	5369.51	1832.76	1823.44	249.71	

Responsable de la ficha:

Asesor:

Jefe de laboratorio:

Bach. Aysa Yiré Vásquez Taico

Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno

Ing. Dennis David Muñoz Raico

APÉNDICE II: FOTOGRAFÍAS

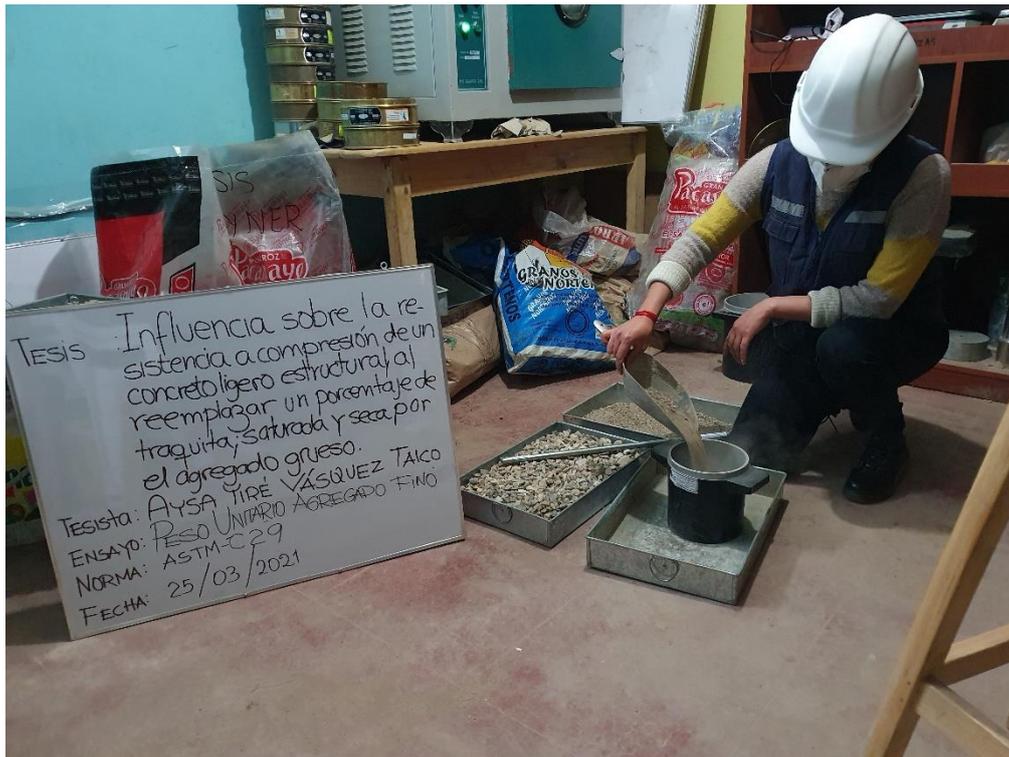


Figura 18: Tesista realizando el ensayo de peso unitario del agregado fino

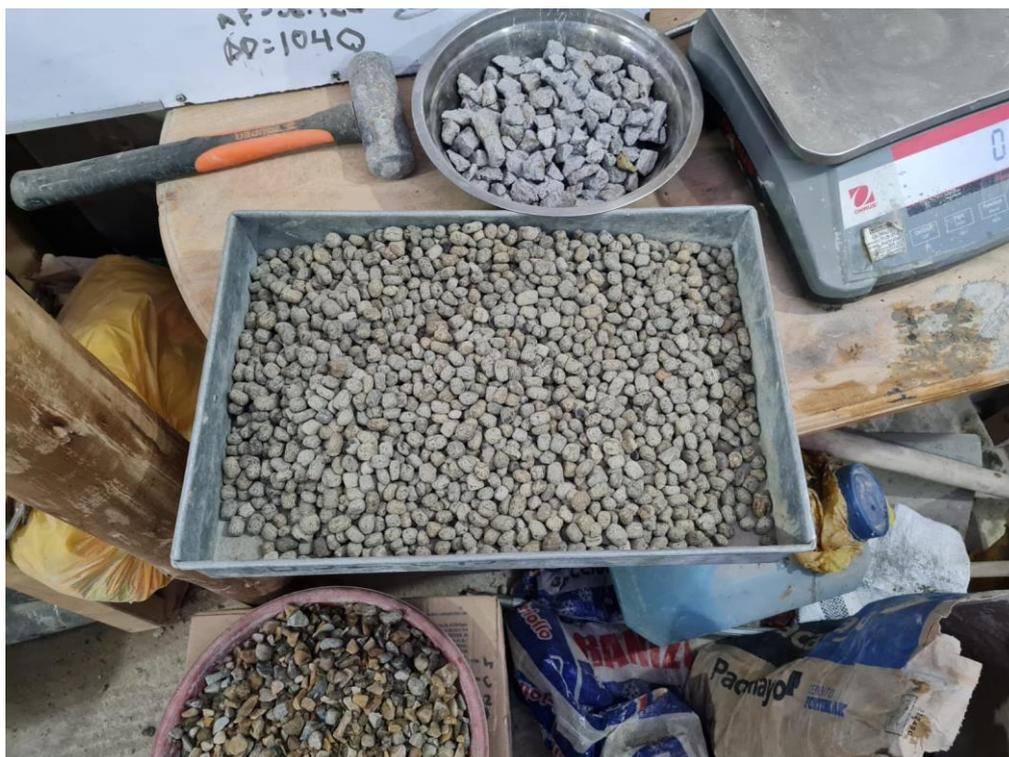


Figura 19: Muestra de la arcilla expandida y traquita seca.



Figura 20: Muestra de traquita saturada.



Figura 21: Asesor y tesista inspeccionando el curado de las probetas

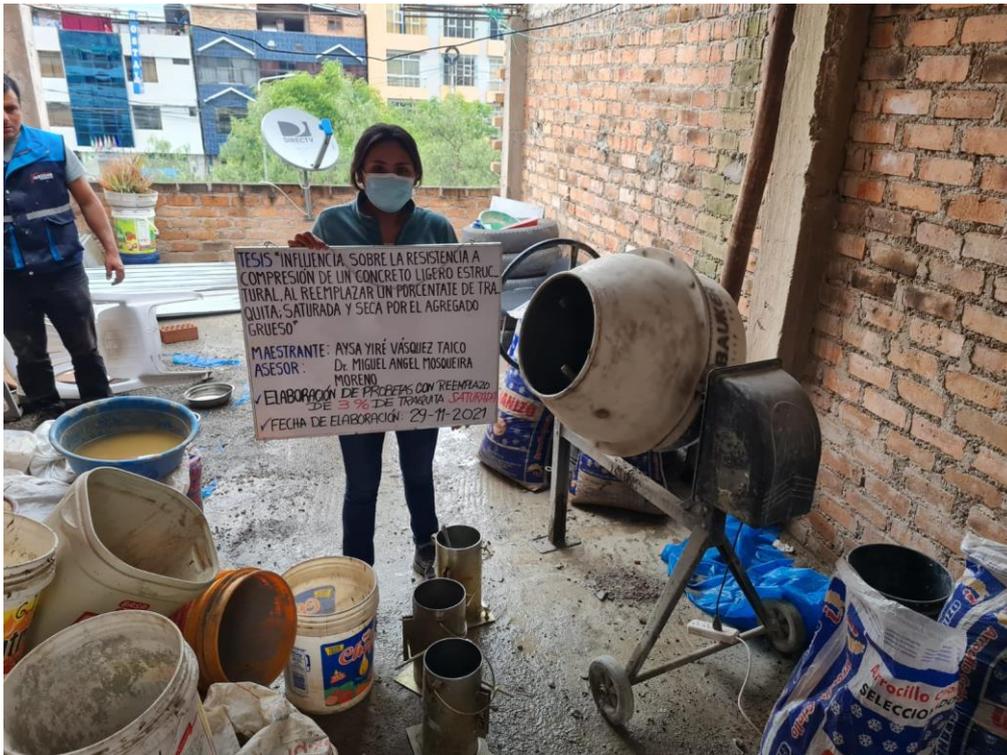


Figura 22: *Elaboración de las probetas del tratamiento II*



Figura 23: *Elaboración de las probetas del tratamiento III*



Figura 24: Almacenamiento de las probetas.

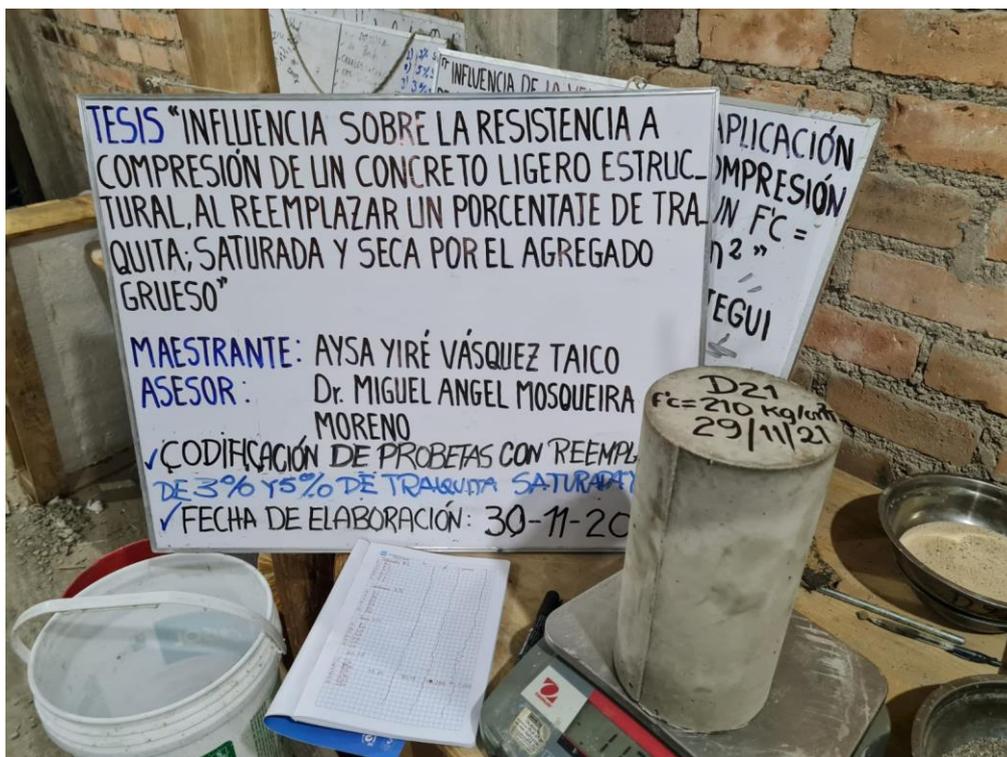


Figura 25: Peso y codificación para las probetas elaboradas.



Figura 26: *Ensayo de Resistencia a compresión a 7 d. para probetas patrón.*



Figura 27: *Ensayo de Resistencia a compresión a 28 d. para las probetas patrón.*



Figura 28: Ensayo de Resistencia a compresión a 7 d. para las probetas con 3% de reemplazo de traquita seca.



Figura 29: Ensayo de Resistencia a compresión a 28 d. para las probetas con 5% de reemplazo de traquita seca.

ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADO FINO

Tesista : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yírre Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 22 de Agosto 2021

MATERIAL : AGREGADO FINO DE RÍO

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

Peso de la fiola en (g) =	192.7
Peso de la fiola en (g) =	690.3
Volumen de la fiola (cm3) =	500
Peso especifico (g/cm3) =	0.9952
P.e en (Kg/m3) =	995.2

B) CALCULO DEL Factor f

Peso del Molde (g) =	1995
Peso del Molde +Agua (g) =	4869
Peso Agua (Kg) =	2.874
f (1/m3) =	346.28

1.00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso del recipiente	g	1995.00	1995.00	1995.00	
1.03	Peso de muestra suelta + recipiente	g	6658.00	6675.00	6695.00	
1.04	Peso de la muestra suelta	g	4663.00	4680.00	4700.00	
1.05	Factor (f)		346.277	346.277	346.277	
1.06	Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.615	1.621	1.628	1.621
Peso Unitario Suelto		Kg/m ³	1614.69	1620.58	1627.50	1621

2.00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
2.01	Peso del recipiente	g	1995.00	1995.00	1995.00	
2.02	Peso de muestra Compactada + recipiente	g	7021.00	7042.00	7033.00	
2.03	Peso de la muestra suelta	g	5026.00	5047.00	5038.00	
2.04	Factor (f)	1/m3	346.277	346.277	346.277	
2.05	Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.740	1.748	1.745	1.744
Peso Unitario Compactado		Kg/m ³	1740.39	1747.66	1744.54	1744

3.00 Peso Especifico / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
3.01	Peso de fiola	g	192.7	192.7	192.7	
3.02	Peso de la fiola +agua hasta menizco	g	690.3	690.3	690.3	
3.03	peso de la fiola +agua + muestra	g	1003.6	1003.8	1004.1	
3.04	Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
3.05	Peso de la muestra secada al horno	g	493.80	494.05	494.01	
3.06	volumen de agua añadida al frasco (g)	g	310.90	311.10	311.40	
Peso Especifico de Masa		g/m ³	2.611	2.615	2.619	2.620
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco		g/m ³	2.644	2.647	2.651	2.650
Peso Especifico de Aparente		g/m ³	2.700	2.700	2.705	2.700

4.00 Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
4.01	Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
4.02	Peso de la muestra secada al horno	g	493.80	494.05	494.01	
Absorción (%)		%	1.256	1.204	1.213	1.200

5.00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
5.01	Peso del Recipiente	g	390.00	363.00	336.00	
5.02	Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1655.00	1455.00	1566.00	
5.03	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1601.00	1408.00	1512.00	
Contenido de Humedad		W %	4.46	4.50	4.59	4.52

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202

Tesista : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

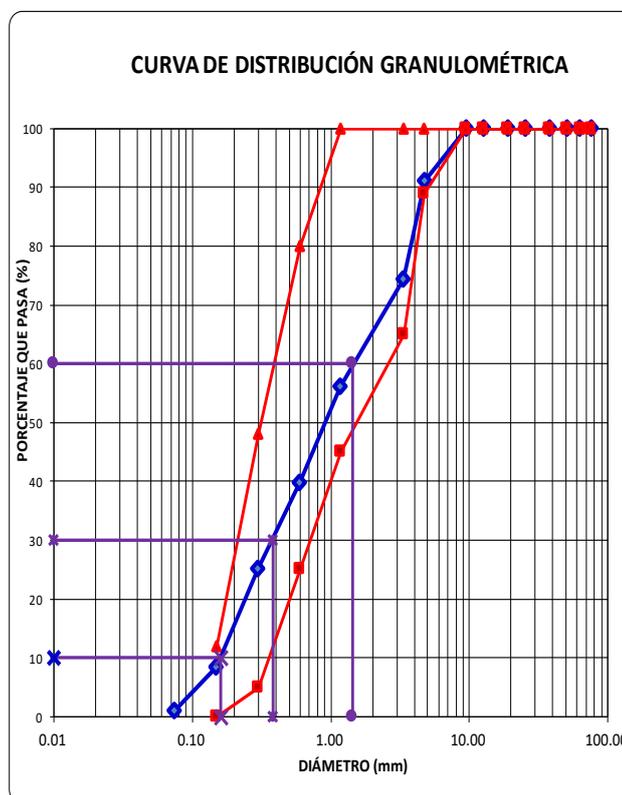
Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 22 de octubre de 2021

Peso Seco Inicial =	1500.00				
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =	16.00				
N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	132.00	8.80	8.80	91.20
N°8	3.36	251.00	16.73	25.53	74.47
N 16	1.18	275.00	18.33	43.87	56.13
N 30	0.60	245.00	16.33	60.20	39.80
N 50	0.30	220.00	14.67	74.87	25.13
N 100	0.15	251.00	16.73	91.60	8.40
N 200	0.075	110.00	7.33	98.93	1.07
Cazoleta	--	16	1.07	100.00	0.00
TOTAL		1500.0			
MÓDULO DE FINURA =	3.049				



D60 =	1.44	D30 =	0.38	D10 =	0.16
Cu =	9.00	Cc =	0.63		

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO CUMPLE EL HUSO GRANULOMETRICO "M" DE LA NORMA N.T.P. 400.037 - ATMC-33

EL MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO ESTUDIADO ES DE 3.049.



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
 ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
 SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
 CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
 TELF: 076-633319

MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yíre Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 22 de octubre de 2021

MATERIAL : AGREGADO FINO DE RÍO

1.00 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Fino

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
1.02	Peso de la muestra Lavada	g	487.10	487.60	487.30	
1.03	Peso del Material que pasa el Tamiz N° 2	g	12.90	12.40	12.70	
Material que Pasa el Tamiz N° 200		%	2.58%	2.48%	2.54%	2.50%

ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS PARA CONCRETO / A.S.T.M.C -33

Tesista : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 22 de Agosto 2021

MATERIAL: AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

Peso de la fiola en (g) =	192.7
Peso de la fiola +agua (g) =	690.3
Volumen de la fiola (cm3) =	500.00
Peso especifico (g/cm3) =	0.99520
P.e en (Kg/m3) =	995.20

B) CALCULO DEL Factor f

Peso del Molde (g) =	4222.00
Peso del Molde +Agua (g) =	13768.00
Peso Agua (Kg) =	9.5460
f (1/m3) =	104.253

1.00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso del recipiente	g	4222.00	4222.00	4222.00	
1.03	Peso de muestra suelta + recipiente	g	17422.00	17366.00	17455.00	
1.04	Peso de la muestra suelta	g	13200.00	13144.00	13233.00	
1.05	Factor (f)	1/m3	104.253	104.253	104.253	
1.06	Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.376	1.370	1.380	1.375
	Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1376	1370	1380	1375

2.00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
2.01	Peso del recipiente	g	4222.00	4222.00	4222.00	
2.02	Peso de muestra Compactada + recipiente	g	18456.00	18577.00	18622.00	
2.03	Peso de la muestra suelta	g	14234.00	14355.00	14400.00	
2.04	Factor (f)		104.253	104.253	104.253	
2.05	Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.484	1.497	1.501	1.494
	Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1484	1497	1501	1494

3.00 Peso Especifico - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
3.01	Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2744.10	2744.20	2744.30	
3.02	Peso de canastilla sumergida	g	875.00	875.00	875.00	
3.03	Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
3.04	Peso de la muestra secada al horno	g	2965.10	2965.40	2965.30	
3.05	Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1869.10	1869.20	1869.30	
	Peso Especifico de Masa	g/cm ³	2.622	2.622	2.623	2.620
	Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/cm ³	2.653	2.653	2.653	2.650
	Peso Especifico de Aparente	g/cm ³	2.705	2.705	2.706	2.710

4.00 Absorción (%) ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
4.01	Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
4.02	Peso de la muestra secada al horno	g	2965.10	2965.40	2965.30	
	Absorción (%)	%	1.177	1.167	1.170	1.200

5.00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
5.01	Peso del Recipiente	g	355.00	357.00	360.00	
5.02	Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1545.00	1633.00	1548.00	
5.03	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1542.00	1629.00	1542.00	
	Contenido de Humedad	W %	0.25	0.31	0.51	0.36



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 / AASHTO T- 27/ MTC E 202

Tesista : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

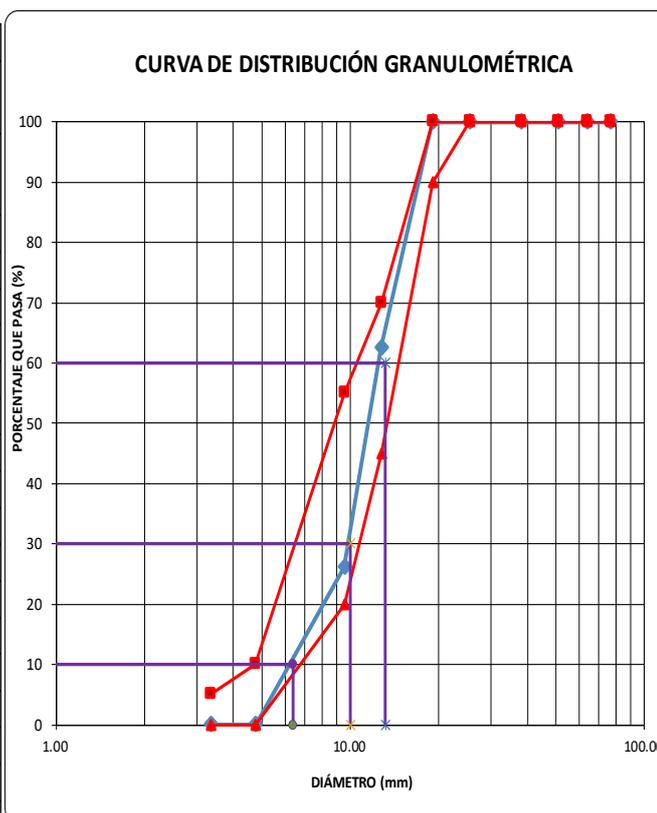
Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 22 de octubre de 2021

Peso Seco Inicial =		7295.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		4.00			
Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	2734.00	37.48	37.48	62.52
3/8"	9.53	2655.00	36.39	73.87	26.13
N°4	4.75	1902.00	26.07	99.95	0.05
N°8	3.36	0.00	0.00	99.95	0.05
N 16	1.18	0.00	0.00	99.95	0.05
N 30	0.60	0.00	0.00	99.95	0.05
N 50	0.30	0.00	0.00	99.95	0.05
N 100	0.15	0.00	0.00	99.95	0.05
N 200	0.075	0.00	0.00	99.95	0.05
Cazoleta	--	4	0.05	100.00	0.00
TOTAL		7295.00			
MÓDULO DE FINURA =		6.735			



D60 =	13.00	D30 =	10.00	D10 =	6.40
Cu =	2.03	Cc =	1.20		

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO CUMPLE EL USO GRANULOMETRICO N° 67 DE LA NORMA A.S.T.M. C 33M-16.

EL MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO ESTUDIADO ES DE 6.735.



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 22 de octubre de 2021

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

1.00 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
1.02	Peso de la muestra Lavada	g	2985.50	2985.60	2985.70	
1.03	Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	14.50	14.40	14.30	
	% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.483%	0.480%	0.477%	0.50%



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

ENSAYO DE ABRASIÓN / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 22 de octubre de 2021

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Angeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° de ensayos				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en				3652	3659	3655
% Desg. =((Pi -Pf) / Pi) x 100				26.96	26.82	26.90
Abrasión % Desgaste Promedio				27.00		

ANEXO III: PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TRAQUITA



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS PARA CONCRETO / A.S.T.M.C -33

TESIS : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

MAESTRISTA : Aysa Yiré Vásquez Taico.

ASESOR : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

CANTERA : KM 8 CARRETERA CAJAMARCA - BAMBAMARCA.

FECHA : 22 de Agosto 2021

MATERIAL : TRAQUITA

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

Peso de la fiola en (g) =	192.7
Peso de la fiola +agua (g) =	690.3
Volumen de la fiola (cm ³) =	500.00
Peso especifico (g/cm ³) =	0.99520
P.e en (Kg/m ³) =	995.20

B) CALCULO DEL Factor f

Peso del Molde (g) =	4222.00
Peso del Molde +Agua (g) =	13768.00
Peso Agua (Kg) =	9.5460
f (1/m ³) =	104.253

1.00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso del recipiente	g	4222.00	4222.00	4222.00	
1.03	Peso de muestra suelta + recipiente	g	16022.00	16011.00	16044.00	
1.04	Peso de la muestra suelta	g	11800.00	11789.00	11822.00	
1.05	Factor (f)	1/m ³	104.253	104.253	104.253	
1.06	Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.230	1.229	1.232	1.231
	Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1230	1229	1232	1231

2.00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
2.01	Peso del recipiente	g	4222.00	4222.00	4222.00	
2.02	Peso de muestra Compactada + recipiente	g	17422.00	17333.00	17345.00	
2.03	Peso de la muestra suelta	g	13200.00	13111.00	13123.00	
2.04	Factor (f)		104.253	104.253	104.253	
2.05	Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.376	1.367	1.368	1.370
	Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1376	1367	1368	1370

3.00 Peso Específico - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
3.01	Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2727.20	2726.30	2725.40	
3.02	Peso de canastilla sumergida	g	875.00	875.00	875.00	
3.03	Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
3.04	Peso de la muestra secada al horno	g	2934.40	2934.30	2932.20	
3.05	Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1852.20	1851.30	1850.40	
	Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.557	2.554	2.551	2.550
	Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/cm ³	2.614	2.612	2.610	2.610
	Peso Específico de Aparente	g/cm ³	2.712	2.709	2.710	2.710

4.00 Absorción (%) ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
4.01	Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
4.02	Peso de la muestra secada al horno	g	2934.40	2934.30	2932.20	
	Absorción (%)	%	2.236	2.239	2.312	2.300

5.00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
5.01	Peso del Recipiente	g	358.00	359.00	357.00	
5.02	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	1645.00	1588.00	1668.00	
5.03	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1638.00	1581.00	1661.00	
	Contenido de Humedad	W %	0.55	0.57	0.54	0.55

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202

TESIS : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

MAESTRISTA : Aysa Yiré Vásquez Taico.

ASESOR : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

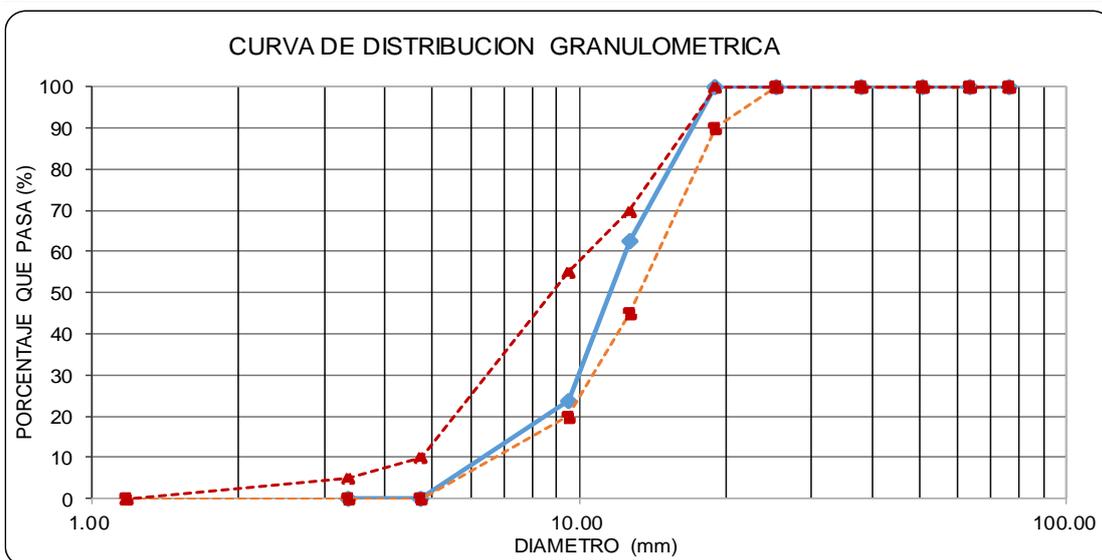
CANTERA : KM 8 CARRETERA CAJAMARCA - BAMBAMARCA.

FECHA : 22 de Agosto 2021

MATERIAL : TRAQUITA

ENSAYO 1

Peso Seco Inicial =			4000.00		
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	1501.00	37.53	37.53	62.48
3/8"	9.53	1542.00	38.55	76.08	23.93
Nº4	4.75	955.00	23.88	99.95	0.05
Nº8	3.36	0.00	0.00	99.95	0.05
N 16	1.18	0.00	0.00	99.95	0.05
N 30	0.60	0.00	0.00	99.95	0.05
N 50	0.30	0.00	0.00	99.95	0.05
N 100	0.15	0.00	0.00	99.95	0.05
N 200	0.075	0.00	0.00	99.95	0.05
Cazoleta	--	2	0.05	100.00	0.00
TOTAL		4000.00			
MÓDULO DE FINURA =			6.758		





SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

ENSAYO DE ABRASIÓN / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207

TESIS : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

MAESTRISTA : Aysa Yiré Vásquez Taico.

ASESOR : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

CANTERA : KM 8 CARRETERA CAJAMARCA - BAMBAMARCA.

FECHA : 22 de Agosto 2021

MATERIAL : TRAQUITA

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3211	3205	3195
$\% \text{ Desg.} = ((P_i - P_f) / P_i) \times 100$				35.78	35.90	36.10
Abrasión % Desgaste Promedio					36.00	



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)

TESIS : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

MAESTRISTA : Aysa Yiré Vásquez Taico.

ASESOR : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

CANTERA : KM 8 CARRETERA CAJAMARCA - BAMBAMARCA.

FECHA : 22 de Agosto 2021

MATERIAL : TRAQUITA

1.00 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
1.02	Peso de la muestra Lavada	g	2985.50	2985.60	2985.70	
1.03	Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	14.50	14.40	14.30	
	% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.483%	0.480%	0.477%	0.50%

ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO FORTIMAX



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Tipo MS(MH). Protege al concreto del salitre y al fierro de la corrosión. Además su diseño con moderado calor de hidratación, lo hace ideal para climas cálidos, disminuyendo las posibles formaciones de fisuras.



USOS

- Ideal para obras que requieren bajo calor de hidratación.
- Ideal para obras expuestas a la acción del sulfato.
- Ideal para obras cercanas a grandes fuentes de agua (mar, lagos, ríos, etc.)

ATRIBUTOS

Durabilidad

- Diseño premium con adiciones minerales y activas que garantiza un excelente desarrollo de resistencia a la compresión y una máxima protección contra los agente agresivos del suelo.

Moderado calor de hidratación

- Favorable para ser utilizado en climas cálidos o despachos masivos de concreto pre mezclado. En condiciones adecuadas de curado reduce el riesgo de fisuras y grietas.

Baja permeabilidad en el concreto

- Debido al diseño, en el contenido de adiciones, contribuye a la disminución de la permeabilidad del concreto garantizando la protección de las estructuras de fierro en obra.

Menor impacto ambiental

- Contribuye con el medio ambiente ya que utiliza adiciones que reducen la emisión de los gases de efecto invernadero en el proceso productivo de este cemento.

RECOMENDACIONES



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.



Utilizar agregados y materiales certificados y de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

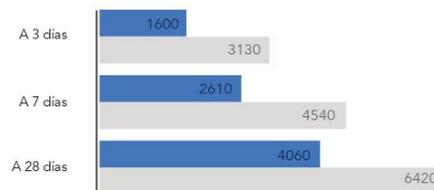
RESISTENCIA A LOS SULFATOS A 6 MESES



Expansión a los sulfatos (%)

- Resultado Promedio
- Requisito NTP334.082 / ASTM C1157

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Resistencia a la compresión (PSI)

- Resultado Promedio
- Requisito NTP334.082 / ASTM C1157



Cemento Portland tipo MS(MH) Requisitos Normalizados

NTP 334.082 / Resultado promedio de nuestros productos.



Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm ² /g)	A	4820
Retenido M325 (%)	A	1.7
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.06
Contracción en autoclave (%)	0.20 máx.	0.00
Densidad (g/mL)	A	2.99
Resistencia a la compresión min. (MPa)		
1 día	A	9.3
3 días	11	22.3
7 días	18	32.5
28 días ⁽¹⁾	28	44.1
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	155
Final, no mayor que:	420	279

Propiedades de desempeño

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Expansión de la barra de mortero (%) ⁽²⁾	0.020 máx.	0.007
Resistencia a la expansión de sulfatos (%) a 6 meses ⁽³⁾	0.10 máx.	0.04
Calor de hidratación a 7 días (kcal/kg) ⁽⁴⁾	70 máx.	63

A No específica.

(1) Requisito opcional.

(2) Método de ensayo NTP 334.093

(3) Método de ensayo NTP 334.094

(4) Método de ensayo NTP 334.064

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado garantiza máxima frescura.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.082.2016.

Pacasmayo

ANEXO V: FICHA TÉCNICA DE LA ARCILLA EXPANDIDA MINI



FICHA TÉCNICA

ARCITEK
Arcilla expandida

Revisado: 04/10/2021

IMPORTANCIA

La *ARCITEK* es un agregado de arcilla de peso ligero, tiene una forma redondeada con poros muy pequeños que permite una buena absorción de agua y de excelente durabilidad. Ideal para plantas ornamentales, así como la horticultura e hidropónica de alto rendimiento.

DESCRIPCIÓN

Este material aislante derivada de una expansión en un horno rotatorio a 1200 °C es un producto natural, ligero, incombustible, no inflamable e inalterable con el tiempo. Posee una estructura interna formada por una espuma cerámica con microporos. Es de baja densidad y alta resistencia superficial y rígida. No acumula sales, por lo tanto, su conductividad eléctrica es de baja y pH neutro.

APLICACIONES

Excelente en geotecnia, agricultura y paisajismo, en particular drenaje, vertederos, florerías y cubiertas ajardinadas. Ideal como sustrato para el cultivo de orquídeas.

CARACTERÍSTICAS		DETALLES		
Procedencia		PORTUGAL		
Composición		Agregado de arcilla.		
Apariencia		Redondeada		
Granulometría	mm	FINA 4,0 - 8,0	MINI 8.0- 12.0	PLUS 8.0-16.0
Densidad aparente seca	(± 15%) kg/m ³	358	287	274
Superficies aplastadas y salidas*	(% masa)	NA	7	12
Resistencia al aplastamiento (± 10%)	MPa	4.8	1.8	1.3
Conductividad térmica	(W/m° C)	0.11	0.11	0.10
Absorción de agua	(% masa seca)	26.2	22.7	22.8
Resistencia al fuego		Incombustible Euro Clase A1		
Presentación		Bolsa de 50L		

*Porcentaje de partículas machacadas de un total del 100%

Recomendaciones: Al añadir agua, la superficie del sustrato tiene que permanecer granulosa y estable, pero sin compactación. Las recomendaciones de uso se han de entender como indicativas y se deben adecuar a las condiciones "in situ". Esta información se suministra de buena fe, es precisa y confiable según mejor conocimiento, pero debe considerarse solo como una guía en la selección del producto no como garantía de funcionamiento. • MARUPLAST INTERNACIONAL E.I.R.L. declina toda responsabilidad por resultados obtenidos mediante el uso de esta información.

MARUPLAST INTERNACIONAL EIRLTD
Departamento Técnico

ANEXO VI: DISEÑOS DE MEZCLA PARA EL CONCRETO



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

DISEÑO PATRON

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 25 de octubre de 2021

CEMENTO :	PÓRTALND TIPO MS (MH) - ACTM - 1157	PESO ESPECIFICO =	2.990 g/cm3
------------------	-------------------------------------	--------------------------	-------------

PROCEDECIA DE AGREGADOS :		Fc =	210	kg/cm ²
AGREG. FINO:	RÍO CHONTA	Fcr =	252	kg/cm ²
AGREG. GRUESO:	RÍO CHONTA			

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			1/2"	
Peso Especifico de Masa	2.620	g/cm ³	2.620	g/cm ³
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm ³	2.650	g/cm ³
Peso Especifico de Aparente	2.700	g/cm ³	2.710	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1621	kg/m ³	1375	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1744	kg/m ³	1494	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.520	%	0.360	%
ABSORCIÓN	1.200	%	1.20	%
MODULO DE FINURA	3.049	-	6.735	-
ABRACION		%	27	%
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	2.500		0.500	

EN CASO DE USAR REEMPLAZO :				VACIOS =	42.977
NOVEMBRE	MARCA	%	P.E g/cm ³	VACIOS POR CORREGIR =	7.977
ARCILLA EXPANDIDA	Arcitek	20	0.287	FCORR. MC=	0.160

ASENTAMIENTO =	3" - 4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	216.0 lt/m ³
AIRE TOTAL (%) =	2.5
RELACION A/Mc =	0.617

CEMENTO =	350.0 kg/m ³	8.23	Bolsas/m ³
-----------	-------------------------	------	-----------------------

MÉTODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		
ARCILLA EXPANDIDA =	0.243882	m ³
CEMENTO =	0.117047	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.216	m ³
AIRE (%) =	0.025	m ³
SUMA =	0.601929	m ³

MODULO DE COMBINACION :	5.128
MODULO DE COMBINACION :	4.969
% AGREGADO FINO =	47.91
% AGREGADO GRUESO =	52.09

VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.398071	m ³
-------------------------------	----------	----------------

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	16.60
APORTE AG =	-4.56
TOTAL =	12.04

AGREGADO FINO SECO =	500.00	kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	543.00	kg/m ³

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	350.0	kg
AGUA DE DISEÑO	216.00	lt
AGREGADO FINO SECO	500.00	kg
AGREGADO GRUESO SECO	543.00	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	350.0	kg
AGUA EFECTIVA	203.96	lt
AGREGADO FINO HUMEDO	523.00	kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	545.00	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

PROPORCIÓN EN PESO

CEMENTO =	1	
A. FINO =	1.49	
A. GRUESO =	1.56	
AGUA =	24.8	lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500	g/Bolsa

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

CEMENTO =	1	
A. FINO =	1.320	
A. GRUESO =	1.700	
AGUA =	24.800	lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500	g/Bolsa

TANDA PARA 6 MUESTRAS (m³)		0.02
CEMENTO	6999.4	g
AGUA EFECTIVA	4079.2	g
AGREGADO FINO HUMEDO	10460.0	g
AGREGADO GRUESO HUMEDO	10900.0	g
ARCILLA EXPANDIDA =	4877.64	g



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

DISEÑO CON 3% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 25 de octubre de 2021

CEMENTO:	PÓRTALND TIPO MS (MH) - ACTM - 1157	PESO ESPECÍFICO =	2.990 g/cm ³
----------	-------------------------------------	-------------------	-------------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS:		Fc =	210 kg/cm ²
AGREG. FINO:	RÍO CHONTA	Fcr =	252 kg/cm ²
AGREG. GRUESO:	RÍO CHONTA		

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		TRAQUITA SECA	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			1/2"		1/2"	
Peso Específico de Masa	2.620	g/cm ³	2.620	g/cm ³	2.550	g/cm ³
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm ³	2.650	g/cm ³	2.610	g/cm ³
Peso Específico de Aparente	2.700	g/cm ³	2.710	g/cm ³	2.710	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1621	kg/m ³	1375	kg/m ³	1231	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1744	kg/m ³	1494	kg/m ³	1370	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.520	%	0.360	%	0.552	%
ABSORCIÓN	1.200	%	1.20	%	2.300	%
MÓDULO DE FINURA	3.049	-	6.735	-	6.785	-
ABRASIÓN		%	27	%	36	%
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	2.500		0.500		0.500	

EN CASO DE USAR REEMPLAZO:				VACIOS =	42.977
NOMBRE	MARCA	%	P.E. g/cm ³	VACIOS POR CORREGIR =	7.977
ARCILLA EXPANDIDA	Arcitek	20	0.287	FOCORR. MC=	0.160

ASENTAMIENTO =	3" - 4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	216.0 lt/m ³
AIRE TOTAL (%a) =	2.5
RELACION A/Mc =	0.617

CEMENTO =	350.0 kg/m ³	8.23 Bolsas/m ³
-----------	-------------------------	----------------------------

MÉTODO VOLUMENES ABSOLUTOS:		
ARCILLA EXPANDIDA =	0.243882	m ³
CEMENTO =	0.117047	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.216	m ³
AIRE (%a) =	0.025	m ³
SUMA =	0.601929	m ³

MÓDULO DE COMBINACIÓN:	5.128
MÓDULO DE COMBINACIÓN:	4.969
% AGREGADO FINO =	47.91
% AGREGADO GRUESO =	52.09

VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.398071 m ³
------------------------	-------------------------

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	16.60
APORTE AG =	-4.56
TOTAL =	12.04

AGREGADO FINO SECO =	500.00 kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	543.00 kg/m ³

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	350.0	kg
AGUA DE DISEÑO	216.00	lt
AGREGADO FINO SECO	500.00	kg
AGREGADO GRUESO SECO	526.71	kg
TRAQUITA SECA	15.85	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	350.0	kg
AGUA EFECTIVA	203.96	lt
AGREGADO FINO HUMEDO	523.00	kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	529.00	kg
TRAQUITA SECA	15.94	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

PROPORCIÓN EN PESO

CEMENTO =	1
A FINO =	1.49
A GRUESO =	1.51
TRAQUITA SECA	0.05
AGUA =	24.8 lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500 g/Bolsa

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

CEMENTO =	1
A FINO =	1.320
A GRUESO =	1.640
TRAQUITA SECA	0.060
AGUA =	24.800 lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500 g/Bolsa

TANDA PARA 6 MUESTRAS (m ³)		0.02
CEMENTO	6999.4	g
AGUA EFECTIVA	4079.2	g
AGREGADO FINO HUMEDO	10460.0	g
AGREGADO GRUESO HUMEDO	10580.0	g
TRAQUITA SECA	318.8	g
ARCILLA EXPANDIDA =	4877.64	g

DISEÑO CON 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita saturada y seca por el agregado grueso"
Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.
Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Cantera : Río Chonta.
Fecha : 25 de octubre de 2021

CEMENTO:	PÓRTALND TIPO MS (MH) - ACTM - 1157	PESO ESPECÍFICO =	2.990 g/cm ³
-----------------	-------------------------------------	--------------------------	-------------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS:	
AGREG. FINO:	RÍO CHONTA
AGREG. GRUESO:	RÍO CHONTA

Fc =	210	kg/cm ²
Fcr =	252	kg/cm ²

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		TRAQUITA SECA	
TAMANO MAXIMO NOMINAL				1/2"		1/2"
Peso Especifico de Masa	2.620	g/cm ³	2.620	g/cm ³	2.550	g/cm ³
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm ³	2.650	g/cm ³	2.610	g/cm ³
Peso Especifico de Aparente	2.700	g/cm ³	2.710	g/cm ³	2.710	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1621	kg/m ³	1375	kg/m ³	1231	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1744	kg/m ³	1494	kg/m ³	1370	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.520	%	0.360	%	0.552	%
ABSORCION	1.200	%	1.20	%	2.300	%
MODULO DE FINURA	3.049	-	6.735	-	6.785	-
ABRASION		%	27	%	36	%
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	2.500		0.500		0.500	

EN CASO DE USAR REEMPLAZO:				VACIOS =	42.977
NOMBRE	MARCA	%	P.E. g/cm ³	VACIOS POR CORREGIR =	7.977
ARCILLA EXPANDIDA	Arcitek	20	0.287	FCORR. MC=	0.160

ASENTAMIENTO =	3" - 4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	216.0 lt/m ³
AIRE TOTAL (%) =	2.5
RELACION A/Mc =	0.617

CEMENTO =	350.0 kg/m ³	8.23 Bolsas/m ³
-----------	-------------------------	----------------------------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS:	
ARCILLA EXPANDIDA =	0.243882 m ³
CEMENTO =	0.117047 m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.216 m ³
AIRE (%) =	0.025 m ³
SUMA =	0.601929 m ³

MODULO DE COMBINACION:	5.128
MODULO DE COMBINACION:	4.969
% AGREGADO FINO =	47.91
% AGREGADO GRUESO =	52.09

VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.398071 m ³
-------------------------------	-------------------------

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	16.60
APORTE AG =	-4.56
TOTAL =	12.04

AGREGADO FINO SECO =	500.00 kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	543.00 kg/m ³

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	350.0	kg
AGUA DE DISEÑO	216.00	lt
AGREGADO FINO SECO	500.00	kg
AGREGADO GRUESO SECO	515.85	kg
TRAQUITA SECA	26.42	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	350.0	kg
AGUA EFECTIVA	203.96	lt
AGREGADO FINO HUMEDO	523.00	kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	518.00	kg
TRAQUITA SECA	26.57	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

PROPORCION EN PESO

CEMENTO =	1	
A FINO =	1.49	
A GRUESO =	1.48	
TRAQUITA SECA	0.08	
AGUA =	24.8	lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500	g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO =	1	
A FINO =	1.320	
A GRUESO =	1.610	
TRAQUITA SECA	0.100	
AGUA =	24.800	lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500	g/Bolsa

TANDA PARA 6 MUESTRAS (m³)		0.02
CEMENTO	6999.4	g
AGUA EFECTIVA	4079.2	g
AGREGADO FINO HUMEDO	10460.0	g
AGREGADO GRUESO HUMEDO	10360.0	g
TRAQUITA SECA	531.4	g
ARCILLA EXPANDIDA =	4877.64	g



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TEL: 078-633319

DISEÑO CON 3% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita saturada y seca por el agregado grueso"
Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.
Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Cantera : Río Chonta.
Fecha : 25 de octubre de 2021

CEMENTO: PÓRTALND TIPOMS (MH) - ACTM - 1157 **PESO ESPECÍFICO=** 2.990 g/cm³

PROCEDENCIA DE AGREGADOS:
AGREG. FINO: RÍO CHONTA **Fc =** 210 kg/cm²
AGREG. GRUESO: RÍO CHONTA **Fcr =** 252 kg/cm²

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		TRAQUITA SATURADA	
TAMANO MÁXIMO NOMINAL				1/2"		1/2"
Peso Específico de Masa	2.620	g/cm ³	2.620	g/cm ³	2.550	g/cm ³
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650	g/cm ³	2.650	g/cm ³	2.610	g/cm ³
Peso Específico de Aparente	2.700	g/cm ³	2.710	g/cm ³	2.710	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1621	kg/m ³	1375	kg/m ³	1231	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1744	kg/m ³	1494	kg/m ³	1370	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.520	%	0.360	%	3.450	%
ABSORCIÓN	1.200	%	1.20	%	2.300	%
MÓDULO DE FINURA	3.049	-	6.735	-	6.785	-
ABRASIÓN		%	27	%	36	%
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	2.500		0.500		0.500	

EN CASO DE USAR REEMPLAZO:				VACIOS =	42.977
NOMBRE	MARCA	%	P.E. g/cm ³	VACIOS POR CORREGIR =	7.977
ARCILLA EXPANDIDA	Arcitek	20	0.287	FCORR. MC=	0.160

ASENTAMIENTO =	3" - 4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	216.0 lt/m ³
AIRE TOTAL (%) =	2.5
RELACION A/Mc =	0.617

CEMENTO = 350.0 kg/m³ 8.23 Bolsas/m³

MÉTODO VOLUMENES ABSOLUTOS:	
ARCILLA EXPANDIDA =	0.243882 m ³
CEMENTO =	0.117047 m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.216 m ³
AIRE (%) =	0.025 m ³
SUMA =	0.601929 m ³

MÓDULO DE COMBINACIÓN:	5.128
MÓDULO DE COMBINACIÓN:	4.969
% AGREGADO FINO =	47.91
% AGREGADO GRUESO =	52.09

VOLUMEN DE AGREGADOS = 0.398071 m³

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	16.60
APORTE AG =	-4.56
TOTAL =	12.04

AGREGADO FINO SECO = 500.00 kg/m³
AGREGADO GRUESO SECO = 543.00 kg/m³

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	350.0	kg
AGUA DE DISEÑO	216.00	lt
AGREGADO FINO SECO	500.00	kg
AGREGADO GRUESO SECO	526.71	kg
TRAQUITA SATURADA	15.85	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	350.0	kg
AGUA EFECTIVA	203.96	lt
AGREGADO FINO HUMEDO	523.00	kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	529.00	kg
TRAQUITA SATURADA	16.40	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

PROPORCIÓN EN PESO

CEMENTO =	1	
A. FINO =	1.49	
A. GRUESO =	1.51	
TRAQUITA SATURADA	0.05	
AGUA =	24.8	lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500	g/Bolsa

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

CEMENTO =	1	
A. FINO =	1.320	
A. GRUESO =	1.640	
TRAQUITA SATURADA	0.060	
AGUA =	24.800	lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500	g/Bolsa

TANDA PARA 6 MUESTRAS (m ³)	0.02	
CEMENTO	6999.4	g
AGUA EFECTIVA	4079.2	g
AGREGADO FINO HUMEDO	10460.0	g
AGREGADO GRUESO HUMEDO	10580.0	g
TRAQUITA SATURADA	328.0	g
ARCILLA EXPANDIDA =	4877.64	g

DISEÑO CON 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

Tesis : "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita saturada y seca por el agregado grueso"

Maestría : Aysa Yiré Vásquez Taico.

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

Cantera : Río Chonta.

Fecha : 25 de octubre de 2021

CEMENTO:	PÓRTALND TIPO MS (MH) - ACTM - 1157	PESO ESPECIFICO=	2.990 g/cm3
-----------------	-------------------------------------	-------------------------	-------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :	
AGREG. FINO:	RÍO CHONTA
AGREG. GRUESO:	RÍO CHONTA

Fc =	210	kg/cm ²
Fcr =	252	kg/cm ²

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		TRAQUITA SATURADA	
TAMANO MAXIMO NOMINAL				1/2"	1/2"	
Peso Especifico de Masa	2.620	g/cm ³	2.620	g/cm ³	2.550	g/cm ³
Peso Especifico de Masa Saturado Superficialmente	2.650	g/cm ³	2.650	g/cm ³	2.610	g/cm ³
Peso Especifico de Aparente	2.700	g/cm ³	2.710	g/cm ³	2.710	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1621	kg/m ³	1375	kg/m ³	1231	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1744	kg/m ³	1494	kg/m ³	1370	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.520	%	0.360	%	3.450	%
ABSORCION	1.200	%	1.20	%	2.300	%
MODULO DE FINURA	3.049	-	6.735	-	6.785	-
ABRASION		%	27	%	36	%
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	2.500		0.500		0.500	

EN CASO DE USAR REEMPLAZO :				VAIOS =	42.977
NOMBRE	MARCA	%	P.E. g/cm ³	VAIOS POR CORREGIR =	7.977
ARCILLA EXPAND	Arcitek	20	0.287	FCORR. MC=	0.160

ASENTAMIENTO =	3" - 4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	216.0 lt/m ³
AIRE TOTAL (%) =	2.5
RELACION A/Mc =	0.617

CEMENTO =	350.0 kg/m ³	8.23 Bolsas/m ³
-----------	-------------------------	----------------------------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :	
ARCILLA EXPANDIDA =	0.243882 m ³
CEMENTO =	0.117047 m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.216 m ³
AIRE (%) =	0.025 m ³
SUMA =	0.601929 m ³

MODULO DE COMBINACION :	5.128
MODULO DE COMBINACION :	4.969
%AGREGADO FINO =	47.91
%AGREGADO GRUESO =	52.09

VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.398071 m ³
-------------------------------	-------------------------

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	16.60
APORTE AG =	-4.56
TOTAL =	12.04

AGREGADO FINO SECO =	500.00 kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	543.00 kg/m ³

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	350.0	kg
AGUA DE DISEÑO	216.00	lt
AGREGADO FINO SECO	500.00	kg
AGREGADO GRUESO SECO	526.71	kg
TRAQUITA SATURADA	26.42	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	350.0	kg
AGUA EFECTIVA	203.96	lt
AGREGADO FINO HUMEDO	523.00	kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	529.00	kg
TRAQUITA SATURADA	27.34	kg
AIRE TOTAL	2.50	%
ARCILLA EXPANDIDA =	243.882	kg

PROPORCION EN PESO

CEMENTO =	1
A FINO =	1.49
A GRUESO =	1.51
TRAQUITA SATURADA	0.08
AGUA =	24.8 lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500 g/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO =	1
A FINO =	1.320
A GRUESO =	1.640
TRAQUITA SATURADA	0.090
AGUA =	24.800 lt / Bolsa
ARCILLA EXPANDIDA =	8500 g/Bolsa

TANDA PARA 6 MUESTRAS (m³)		0.02
CEMENTO	6999.4	g
AGUA EFECTIVA	4079.2	g
AGREGADO FINO HUMEDO	10460.0	g
AGREGADO GRUESO HUMEDO	10580.0	g
TRAQUITA SATURADA	546.8	g
ARCILLA EXPANDIDA =	4877.64	g

ANEXO V: CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

EL JEFE DEL LABORATORIO DE GUERSAN INGENIEROS S.R.L., DEJA:

CONSTANCIA:

Que la señorita **AYSA YIRÉ VÁSQUEZ TAICO**, durante el año 2021, ha realizado los trabajos necesarios en el laboratorio GUERSAN INGENIEROS S.R.L., para su tesis de posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, denominada "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso". Estos trabajos fueron:

Ensayos:

- Peso específico de masa.
- Peso específico aparente.
- Peso unitario compactado.
- Módulo de finura.
- % de material que pasa el tamiz n° 200
- Resistencia a compresión.
- Peso específico de masa S.S.S.
- Peso unitario suelto.
- Contenido de humedad.
- Abrasión.
- Absorción.
- Peso volumétrico.

Diseños de mezcla:

- Tratamiento I : Diseño patrón.
- Tratamiento II : Diseño con 3% de reemplazo de traquita saturada en agregado grueso
- Tratamiento III : Diseño con 5% de reemplazo de traquita saturada en agregado grueso
- Tratamiento IV : Diseño con 3% de reemplazo de traquita seca en agregado grueso
- Tratamiento V : Diseño con 5% de reemplazo de traquita seca en agregado grueso

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 07 de abril de 2022

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Jhony Vásquez Torres
Jhony Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 255746

ANEXO VI: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

METROTEC**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**MT - LM - 366 - 2021***Área de Metrología*
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

1. Expediente	210486	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
3. Dirección	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martin de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30 000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P30	
Número de Serie	8340410364	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-08-14	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-09-22



Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.09.29 12:05:31
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 366 - 2021***Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,3	18,5
Humedad Relativa (%)	45	47

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL LM-075-2020	Pesa (exactitud E2)	LM-C-257-2020
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL IP-214-2020	Pesas (exactitud M1)	SGM-A-2194-2020
PESA (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-152-2020	Pesa (exactitud M1)	SGM-A-2145-2020
PESA (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-153-2020	Pesa (exactitud M1)	SGM-A-2146-2020
PESA (Clase de exactitud E1) HAFNER: 101875-D-K-15192-01-00	Pesa (exactitud F1)	M-0759-2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 366 - 2021

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición**INSPECCIÓN VISUAL**

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final
18,5 °C 18,5 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
2	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
3	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,4	0,1	30 000	0,6	-0,1
7	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1
8	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
9	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
10	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1
	Diferencia Máxima		0,2	Diferencia Máxima		0,1
	Error Máximo Permisible		± 20,0	Error Máximo Permisible		± 30,0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

Temperatura Inicial Final
18,5 °C 18,3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (L)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0 g	10	0,5	0,0	10 000,0 g	10 000	0,5	0,0	0,0
2		10	0,4	0,1		10 000	0,6	-0,1	-0,2
3		10	0,5	0,0		10 000	0,6	-0,1	-0,1
4		10	0,4	0,1		10 000	0,5	0,0	-0,1
5		10	0,6	-0,1		10 000	0,5	0,0	0,1
		Error máximo permisible							± 20,0

* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**MT - LM - 366 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Masa*

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	18,3 °C	18,3 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (g)**
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,5	0,0						
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,6	-0,1	-0,1	10,0
100,0	100	0,6	-0,1	-0,1	100	0,5	0,0	0,0	10,0
500,0	500	0,7	-0,2	-0,2	500	0,6	-0,1	-0,1	10,0
1 000,0	1 000	0,6	-0,1	-0,1	1 000	0,4	0,1	0,1	10,0
5 000,0	5 000	0,6	-0,1	-0,1	5 000	0,3	0,2	0,2	10,0
10 000,0	10 000	0,4	0,1	0,1	10 000	0,6	-0,1	-0,1	20,0
15 000,1	15 000	0,5	-0,1	-0,1	15 000	0,4	0,0	0,0	20,0
20 000,1	20 001	0,3	1,2	1,2	20 000	0,3	0,2	0,2	20,0
25 000,1	25 000	0,5	-0,1	-0,1	25 000	0,3	0,1	0,1	30,0
30 000,1	30 001	0,4	1,0	1,0	30 001	0,4	1,0	1,0	30,0

** error máximo permisible

Legenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.

LECTURA CORREGIDA : $R_{CORREGIDA} = R - 2,17 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U = 2 \times \sqrt{2,55 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 6,70 \times 10^{-11} \times R^2}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 137 - 2021

Página 1 de 6

1. Expediente	210486
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
3. Dirección	Pj. Diego Ferre Nº 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - CAJAMARCA
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 300 °C
Marca	PYS EQUIPOS
Modelo	STHX-2A
Número de Serie	190334
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración **2021-08-14**

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-09-22



Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.09.29 12:06:33
-05'00'



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 137 - 2021***Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

7. Lugar de calibración**Las instalaciones del cliente.**

Pj. Diego Ferre N° 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - CAJAMARCA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	17,8 °C	18,8 °C
Humedad Relativa	48 %	49 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 180 minutos.

El controlador se seteo en 110 °C

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 091 - 2019	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT - 0083 - 2021
Fluke Corporation C0721069		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 137 - 2021**Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	máx-T _{prom}
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,6	111,5	111,5	112,9	110,0	109,8	110,3	110,7	112,2	111,1	109,8	111,0	3,0
02	110,8	111,4	111,5	113,9	110,3	109,9	110,3	110,9	112,7	111,1	109,3	111,1	4,6
04	109,7	110,2	110,3	112,5	109,1	108,6	109,5	110,6	111,6	110,2	108,2	110,1	4,2
06	110,5	111,1	111,3	113,0	110,1	110,0	110,2	110,8	112,5	111,4	110,0	111,0	3,0
08	109,8	110,8	111,3	113,5	110,0	109,5	109,8	110,6	112,4	111,2	109,3	110,8	4,2
10	110,4	111,0	111,2	112,4	109,7	109,8	110,4	111,2	112,5	111,0	109,8	110,9	2,8
12	110,1	110,6	111,1	113,0	109,6	109,2	109,7	110,1	111,9	110,5	109,6	110,5	3,8
14	110,2	111,3	111,6	114,2	110,4	110,0	110,5	111,2	112,7	111,7	109,9	111,4	4,3
16	111,2	111,1	112,1	114,1	109,8	109,2	109,7	110,9	112,1	110,3	109,2	110,8	4,9
18	110,7	111,0	111,9	113,8	110,0	109,5	109,9	110,7	112,4	110,9	109,0	110,9	4,8
20	110,3	110,4	111,5	112,7	110,2	109,7	110,1	110,2	111,7	111,7	109,5	110,8	3,1
22	110,8	110,0	110,9	112,8	110,4	110,4	110,1	110,7	111,2	112,0	109,8	110,8	2,9
24	110,6	110,6	111,1	112,3	110,5	110,0	109,6	110,3	111,7	112,5	109,3	110,8	3,1
26	110,5	111,1	111,4	112,8	109,9	109,6	110,1	110,6	112,2	111,0	108,8	110,7	3,9
28	110,0	110,8	111,6	113,7	109,9	109,5	109,7	110,7	112,4	111,0	109,3	110,9	4,4
30	110,6	111,5	111,5	112,9	110,0	109,8	110,3	110,7	112,2	111,1	109,8	111,0	3,0
32	110,8	111,4	111,5	113,9	110,3	109,9	110,3	110,9	112,7	111,1	109,3	111,1	4,6
34	109,7	110,2	110,3	112,5	109,1	108,6	109,5	110,6	111,6	110,2	108,2	110,1	4,2
36	110,5	111,1	111,3	113,0	110,1	110,0	110,2	110,8	112,5	111,4	110,0	111,0	3,0
38	109,8	110,8	111,3	113,5	110,0	109,5	109,8	110,6	112,4	111,2	109,3	110,8	4,2
40	110,4	111,0	111,2	112,4	109,7	109,8	110,4	111,2	112,5	111,0	109,8	110,9	2,8
42	110,1	110,6	111,1	113,0	109,6	109,2	109,7	110,1	111,9	110,5	109,6	110,5	3,8
44	110,2	111,3	111,6	114,2	110,4	110,0	110,5	111,2	112,7	111,7	109,9	111,4	4,3
46	110,0	111,1	111,2	113,7	110,0	109,5	110,0	110,8	112,6	111,4	109,6	111,0	4,2
48	109,8	111,0	111,6	114,2	110,2	109,7	110,2	110,9	112,8	111,1	109,4	111,1	4,8
50	110,2	110,7	111,8	113,7	110,5	110,1	109,7	111,3	112,5	110,9	109,1	111,0	4,6
52	110,0	110,5	112,2	114,3	111,0	109,6	110,1	111,5	112,9	111,5	109,6	111,3	4,7
54	110,5	110,7	111,8	114,5	110,7	109,9	110,5	111,6	113,3	112,1	109,9	111,5	4,6
56	110,3	110,9	111,4	113,7	110,4	109,5	110,0	111,1	112,9	111,9	110,3	111,2	4,2
58	110,0	111,0	111,6	114,2	110,2	109,8	110,2	111,4	112,8	111,7	109,6	111,3	4,6
60	110,2	110,7	111,8	113,7	110,5	110,1	109,7	111,3	112,5	110,9	109,1	111,0	4,6
PRON	110,3	110,9	111,4	113,4	110,1	109,7	110,1	110,8	112,3	111,2	109,5	110,9	
T _{MAX}	111,2	111,5	112,2	114,5	111,0	110,4	110,5	111,6	113,3	112,5	110,3	111,4	
T _{MIN}	109,7	110,0	110,3	112,3	109,1	108,6	109,5	110,1	111,2	110,2	108,2	110,1	
DTT	1,5	1,5	1,9	2,3	2,0	1,8	1,0	1,5	2,1	2,3	2,1	1,3	

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 137 - 2021

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,5	0,3
Mínima Temperatura Medida	108,2	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,3	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,9	0,1
Estabilidad Medida (±)	1,1	0,04
Uniformidad Medida	4,9	0,1

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

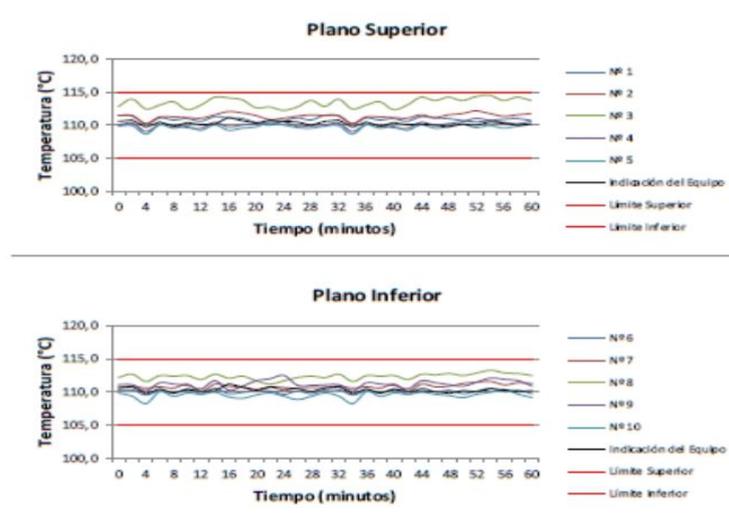
La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 137 - 2021

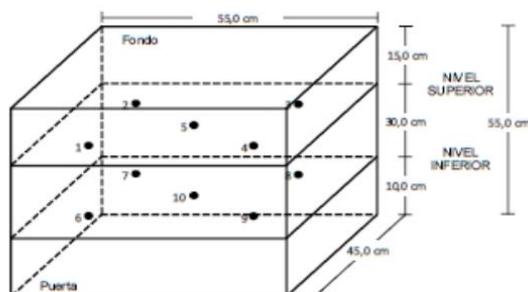
Página 5 de 6

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 137 - 2021***Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 6 de 6

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES

Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

METROTEC**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 168 - 2021***Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

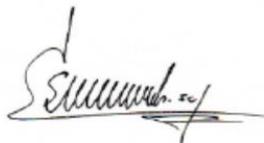
1. Expediente	210486	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
3. Dirección	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	PYS	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	170253	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 kN (*)	
5. Fecha de Calibración	2021-08-14	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-09-22



Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.09.29 12:16:58
-05'00'

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 168 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,5 °C
Humedad Relativa	37 % HR	39 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-187747 / 2020-195857	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-024-21A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 0,01 kN para lecturas menores a 1000 kN y 0,1 kN para lecturas fuera de este rango.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

METROTEC**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 168 - 2021**

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				
	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)	
10	100,00	100,1	100,0	100,1	100,1
20	200,00	200,7	200,5	200,6	200,6
30	300,00	300,5	300,6	300,1	300,4
40	400,00	400,0	400,0	399,9	400,0
50	500,00	499,9	499,9	499,8	499,8
60	600,00	599,3	599,3	599,1	599,3
70	700,00	699,6	699,6	699,8	699,7
80	800,00	800,1	800,1	800,2	800,1
90	900,00	899,6	899,6	899,7	899,7
100	1000,00	999,6	999,5	999,8	999,6
Retomo a Cero	0,0	0,0	0,0		

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,00	-0,05	0,20	---	0,01	0,52
200,00	-0,31	0,10	---	0,01	0,52
300,00	-0,15	0,16	---	0,00	0,52
400,00	0,01	0,02	---	0,00	0,52
500,00	0,03	0,02	---	0,00	0,52
600,00	0,12	0,03	---	0,00	0,52
700,00	0,05	0,03	---	0,00	0,52
800,00	-0,01	0,01	---	0,00	0,52
900,00	0,04	0,01	---	0,00	0,52
1000,00	0,04	0,03	---	0,00	0,52

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com