



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Universidad
Andina
del Cusco**

TESIS

Comparación del módulo de elasticidad del concreto tradicional vs. concreto
preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con
superplastificante en la ciudad del Cusco - 2023

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Ciencia y tecnología de materiales e insumos en
ingeniería.

Presentado por:

Bach. Huanca Medina, Eyner Giancarlo
0009-0001-2893-6164

Bach. Palma Rimachi, Anghelo Jean Pierre
0009-0001-2453-6138

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Jorge Álvarez Espinoza

<https://orcid.org/0000-0001-8632-808X>

CUSCO-PERÚ

2023



METADATOS

| DATOS DEL AUTOR | |
|--|---|
| Nombre y Apellidos | Eyner Giancarlo Huanca Medina |
| Número de documento de identidad | 47564121 |
| URL de Orcid | https://orcid.org/0009-0001-2893-6164 |
| Nombre y Apellidos | Anghelo Jean Pierre Palma Rimachi |
| Número de documento de identidad | 48463280 |
| URL de Orcid | https://orcid.org/0009-0007-9359-0220 |
| DATOS DEL ASESOR | |
| Nombre y Apellidos | Jorge Alvarez Espinoza |
| Número de documento de identidad | |
| URL de Orcid | |
| DATOS DEL LOS JURADOS | |
| Presidente del jurado (Jurado 01) | |
| Nombre y Apellidos | |
| Número de documento de identidad | |
| Jurado 02 | |
| Nombre y Apellidos | |
| Número de documento de identidad | |
| Jurado 02 | |
| Nombre y Apellidos | |
| Número de documento de identidad | |
| Jurado 02 | |
| Nombre y Apellidos | |
| Número de documento de identidad | |
| Datos de la Investigacion | |
| Línea de investigación de la Escuela Profesional | |



RESULTADOS TURNITING

Tesis concreto cascote

por Eyner Huanca Medina

Fecha de entrega: 18-feb-2024 10:10a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2297671046

Nombre del archivo: Tesis_-Eyner_Huanca_M._-_Anghelo_Palma_R_FINAL.pdf (13.14M)

Total de palabras: 82076

Total de caracteres: 386352



Tesis concreto cascote

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 2 | es.scribd.com Fuente de Internet | 2% |
| 3 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 4 | repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 5 | fdocuments.ec Fuente de Internet | 1% |
| 6 | www.scribd.com Fuente de Internet | 1% |
| 7 | Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante | 1% |
| 8 | repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 9 | inba.info Fuente de Internet  | |



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Eyner Huanca Medina
Título del ejercicio: Tesis concreto cascote
Título de la entrega: Tesis concreto cascote
Nombre del archivo: Tesis_-_Eyner_Huanca_M._-_Anghelo_Palma_R._FINAL.pdf
Tamaño del archivo: 13.14M
Total páginas: 344
Total de palabras: 82,076
Total de caracteres: 386,352
Fecha de entrega: 18-feb.-2024 10:10a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2297671046





DEDICATORIA

*Este trabajo lo dedico a Dios,
que gracias a él le debo los resultados
obtenidos.*

A mi Familia:

*A mi padre Juan Palma Marcavillaca
y a mi madre Isabel Rimachi Palma,
por estar conmigo en todo momento,
por su amor*

inmenso y dedicación incondicional.

*A mis hermanos Anghela Palma
Rimachi*

*y Marcelo Anderson Palma Rimachi,
por las
fuerzas brindadas para seguir
adelante.*

Ustedes son mi principal motivación.

A mis Familiares

*A mis tíos, tías, primos y primas, por su
aliento, por sus consejos y apoyo
incondicional a lo largo de mi vida.*

Anghelo Jean Pierre Palma Rimachi.



*A Dios por las bendiciones que me
otorga día a día y por ser mi soporte
espiritual.*

*A mis padres Delia y Roger, quienes, desde su ejemplo, amor,
paciencia, sabiduría y apoyo incondicional día a día, permiten que
pueda conseguir cada uno de mis objetivos y por ser el pilar de mis
principios y valores.*

*A mi pequeña Nicol Fabianne y mi compañera de vida Yecid,
quienes son mi inspiración e impulso para poder realizar todas mis
metas planteadas.*

*En especial a mis hermanas Sharmely, Miluska y Sharin, por
brindarme sus consejos, cuidados, aliento constante y por su apoyo
incondicional a lo largo de toda mi vida.*

Eyner Giancarlo Huanca Medina



AGRADECIMIENTOS

Es grato expresar nuestros sinceros agradecimientos a todas las personas que han sido participes en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

- *A nuestra casa de estudios Universidad Andina del Cusco por la formación profesional y por la calidad de profesionales ingenieros de su plantel docente.*
- *A nuestro asesor Ing. Jorge Álvarez Espinoza por su apoyo a la investigación, porque gracias a su compromiso y experiencia de trabajo de asesoría se ha logrado una importante contribución esta investigación de tesis.*
- *A nuestros dictaminantes por brindarnos sus consejos y conocimientos en el proceso de esta investigación.*



RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal comparar el módulo de elasticidad del concreto preparado con materiales tradicionales y concreto preparado reemplazando el agregado grueso por cascote además de la inclusión de un aditivo superplastificante mediante ensayos de resistencia a compresión y determinación del módulo de elasticidad en cilindros de concreto sometidos a esfuerzos de compresión longitudinal según la norma ASTM C-469, ambos bajo una resistencia de diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (ACI 211) y evaluados a los 07,14 y 28 días después de su fabricación. Cabe mencionar que en la presente investigación utilizamos Cascote de concreto reciclado proveniente de demoliciones de veredas y pavimento rígido. De manera que se realizaron 90 testigos cilíndricos cumpliendo con la norma NTP 339.183 y ASTM-C192. Asimismo, se determinaron las propiedades físicas mecánicas de los agregados y cascote desde un punto de vista comparativo.

En base a los resultados obtenidos a partir de la experimentación de la presente investigación, se puede concluir mencionando que los valores del módulo de elasticidad de ambos concretos presentan valores similares y comportamientos favorables a distintas edades. Asimismo, se pudo evidenciar el comportamiento del concreto elaborado con cascote con respecto a la resistencia a la compresión es favorable, pese a que las propiedades físico mecánicas que presenta el agregado grueso tradicional sean distintas a las propiedades físico mecánicas del cascote sin embargo, si bien es cierto que los índices son diferentes, estos son cercanos a los valores normales parametrizados para la elaboración de un diseño de mezcla y fabricación de concreto. Así también se demostró que las proporciones de los componentes del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante no sufren variaciones sustanciales en cuanto a cantidad, en vista que, las cantidades de cemento, agregado fino y agregado grueso son semejantes para un metro cubico de concreto según su diseño de mezcla, lo que no ocurre con la cantidad de agua, puesto que su variación si es considerable.

Palabras clave: Concreto tradicional, Concreto con cascote, Modulo de elasticidad, Resistencia a la compresión, propiedades físico mecánicas.



ABSTRACT

The main objective of this work was to compare the elastic modulus of the concrete prepared with traditional materials and the concrete prepared by replacing the coarse aggregate with rubble in addition to the inclusion of a superplasticizing additive through the compression resistance tests according to and determination of the elastic modulus. In concrete cylinders under longitudinal compression forces according to the AST C-469 standard, both under a design resistance of $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (ACI 211) and evaluated at 07,14 and 28 days after manufacturing . It is worth mentioning that in this research we used recycled concrete shell from sidewalk demolitions and rigid pavement. So 90 cylindrical cores were made in compliance with the NTP 339.183 and ASTM-C192 standards. Likewise, the physical-mechanical properties of the aggregates and rubble were determined from a comparative point of view.

Based on the results obtained from the experimentation of this research, it can be concluded by mentioning that the values of the elastic modulus of both concretes present similar values and favorable behaviors at different ages. Likewise, it was possible to show that the behavior of concrete made with rubble with respect to compression resistance is favorable, despite the fact that the physical-mechanical properties presented by traditional coarse aggregate are different from the physical-mechanical properties of rubble; however, although it is It is true that the indices are different, these are close to the normal values parameterized for the preparation of a concrete mix and manufacturing design. Likewise, it was also demonstrated that the proportions of the components of traditional concrete and concrete prepared by replacing coarse aggregate with rubble and added with superplasticizer do not suffer substantial variations in terms of quantity, given that the quantities of cement, fine aggregate and coarse aggregate are similar. for a cubic meter of concrete according to its mix design, which does not occur with the amount of water, since its variation is considerable



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se enmarca en el ámbito de la tecnología en la elaboración del concreto. Actualmente en la ciudad del Cusco, para la fabricación de concreto, se usan materiales tradicionales que cumplen ciertos requisitos como el correcto comportamiento elástico, resistencia, trabajabilidad y algunas otras características y solicitaciones que podrían cubrirse adoptando materiales reciclados o añadiendo algún aditivo en su elaboración, es así que en la presente investigación de tesis, se reemplazó un material tradicional como es el agregado grueso, por otro material denominado cascote o agregado reciclado, el cual se destina únicamente a su eliminación como material excedente, además de la inclusión de un aditivo superplastificante con el fin de optimizar recursos y aminorar costos en la producción del concreto resguardando sus principales características, propiedades físicas y mecánicas; asimismo se pretende dar a conocer la importancia de determinar el máximo valor del rango elástico de este innovador concreto bajo los parámetros ya mencionados, todo esto permite una optimización en la aplicación de nuevas tecnologías en la preparación de concretos tomando en consideración también aspectos ambientales sostenibles.

En el primer capítulo de esta investigación se identificó de manera exacta el problema, partiendo de una descripción y una formulación interrogativa del problema, así como su justificación, importancia de la investigación, asimismo las limitaciones que se llegaron a encontrar y los objetivos generales y específicos con sus respectivas hipótesis finalizando con una breve definición de las variables. El marco teórico de la presente investigación, fue desarrollado en el segundo capítulo, el cual contempla los antecedentes encontrados así como una descripción detallada de aspectos teóricos pertinentes concernientes a esta investigación.

En el tercer capítulo se presenta la metodología de investigación, así como la descripción de la población, muestra e instrumentos metodológicos de ingeniería, y toma de datos, para su posterior proceso y análisis.

En el cuarto capítulo se da a conocer los resultados obtenidos, haciendo un resumen conciso de los aspectos más relevantes encontrados en el análisis de datos.

En el quinto capítulo se desarrolló la discusión y descripción de los hallazgos más significativos y relevantes de la investigación, haciendo un contraste e interpretación de los resultados con la hipótesis planteada al inicio de la investigación, para finalizar con las conclusiones respectivas y sugerencias de temas nuevos que se presentaron durante el proceso de la investigación, y que los cuales, no se consideraron dentro de los objetivos de nuestra investigación.



ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| METADATOS | ii |
| DEDICATORIA | xi |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| Capítulo I. Planteamiento del problema..... | 14 |
| 1.1. Identificación del problema..... | 14 |
| 1.1.1. Descripción del Problema | 14 |
| 1.1.2. Formulación Interrogativa del problema..... | 17 |
| 1.2. Justificación e importancia de la investigación | 18 |
| 1.2.1. Justificación por Relevancia | 18 |
| 1.2.2. Justificación por vialidad..... | 18 |
| 1.2.3. Justificación técnica..... | 18 |
| 1.2.4. Justificación Social..... | 19 |
| 1.2.5. Utilidad metodológica..... | 19 |
| 1.3. Objetivos de investigación..... | 20 |
| 1.3.1. Objetivo General | 20 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 20 |
| 1.4. Delimitación del estudio..... | 21 |
| 1.4.1. Delimitación espacial | 21 |
| 1.4.2. Delimitación temporal | 21 |
| Capítulo II. Marco Teórico..... | 22 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 22 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 22 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 24 |
| 2.1.3. Antecedentes locales | 25 |
| 2.2. Bases Teóricas..... | 25 |



| | | |
|---------------|---|----|
| 2.2.1. | Concreto | 25 |
| 2.2.2. | Cascote | 58 |
| 2.2.3. | Módulo de Elasticidad..... | 61 |
| 2.2.4. | Diseño de mezclas..... | 65 |
| 2.2.5. | Fundamentos estadísticos..... | 74 |
| 2.3. | Hipótesis | 76 |
| 2.3.1. | Hipótesis general..... | 76 |
| 2.3.2. | Hipótesis específica..... | 76 |
| 2.4. | Variables e indicadores..... | 76 |
| 2.4.1. | Identificación de variables | 76 |
| 2.4.2. | Operacionalización de las variables..... | 78 |
| Capítulo III. | Método..... | 81 |
| 3.1. | Metodología de la investigación | 81 |
| 3.1.1. | Enfoque de la investigación | 81 |
| 3.1.2. | Nivel de investigación..... | 81 |
| 3.1.3. | Método de Investigación..... | 81 |
| 3.2. | Diseño de la investigación | 81 |
| 3.2.1. | Diseño Metodológico | 81 |
| 3.2.2. | Diseño de Ingeniería | 82 |
| 3.3. | Población y muestra | 83 |
| 3.3.1. | Descripción de la Población | 83 |
| 3.3.2. | Muestra | 83 |
| 3.3.3. | Método de Muestreo..... | 84 |
| 3.3.4. | Criterios de Inclusión | 84 |
| 3.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 85 |
| 3.4.1. | Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos | 85 |
| 3.4.2. | Instrumentos de Ingeniería..... | 93 |
| 3.4.3. | Validez y confiabilidad de los instrumentos | 94 |
| 3.5. | Procedimientos de Recolección de datos y Análisis de datos | 94 |



| | | |
|-----------------|--|-----|
| 3.5.1. | Procedimientos de recolección de Datos | 94 |
| 3.5.2. | Procedimientos de Análisis de datos | 145 |
| 3.5.3. | Procedimiento de análisis de datos del Contenido de Humedad | 151 |
| 3.5.4. | Procedimiento de análisis de datos del Peso Unitario | 156 |
| 3.5.5. | Procedimiento de análisis de datos del Peso Específico y absorción..... | 160 |
| 3.5.6. | Procedimiento de análisis de datos del Diseño de Mezcla de concreto | 166 |
| 3.5.7. | Procedimiento de análisis de datos de la Resistencia a Compresión..... | 186 |
| 3.5.8. | Procedimiento de análisis de datos – Módulo de Elasticidad | 194 |
| Capítulo IV. | Resultados de la Investigación..... | 285 |
| 4.1. | Resultados respecto a los objetivos específicos | 285 |
| 4.1.1. | Resultados en cuanto a los cálculos de la resistencia a la compresión..... | 285 |
| 4.1.2. | Resultados en cuanto a la granulometría de los agregados..... | 289 |
| 4.1.3. | Resultados en cuanto a las propiedades y características de los Agregados: Fino, Grueso y Cascote | 292 |
| 4.1.4. | Resultados en cuanto a la comparación de los componentes y peso unitario del Concreto Tradicional Vs. Concreto con Cascote | 295 |
| 4.2. | Resultados respecto al objetivo General..... | 296 |
| 4.2.1. | Resultados en cuanto a la determinación del Módulo de elasticidad | 296 |
| 4.2.2. | Resultados en cuanto a la comparación del Módulo de elasticidad del Concreto Tradicional Vs. Concreto con Cascote. | 300 |
| Capítulo V. | Discusión..... | 301 |
| 5.1. | Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos..... | 301 |
| CONCLUSIONES | | 302 |
| RECOMENDACIONES | | 304 |
| REFERENCIAS | | 305 |
| ANEXOS | | 307 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| FIGURA 1: RAJADURAS EN VEREDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO | 14 |
| FIGURA 2: RAJADURAS DE VEREDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO | 15 |
| FIGURA 3: MATERIAL DESTINADO A DESMONTE INSTALACIÓN DE DESAGÜE, AV. LA CULTURA-CUSCO..... | 15 |
| FIGURA 4: DEMOLICIÓN DE EDIFICIO EN URB. SANTA MÓNICA – CUSCO | 16 |
| FIGURA 5: DEMOLICIÓN GUARDADA EN GARAJE. MARISCAL GAMARRA -CUSCO..... | 16 |
| FIGURA 6: MATERIAL DESTINADO A DESMONTE INSTALACIÓN DE DESAGÜE, AV. LA CULTURA-CUSCO | 17 |
| FIGURA 17: ENSAYO DE CONO DE ABRAMS | 28 |
| FIGURA 18: APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN | 33 |
| FIGURA 19: COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN | 36 |
| FIGURA 20: EVOLUCIÓN DEL CALOR VS TIEMPO | 39 |
| FIGURA 21: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO | 45 |
| FIGURA 22: TAMICES PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA..... | 45 |
| FIGURA 23: ESTADO DE SATURACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO | 48 |
| FIGURA 24: SIKACEM® PLASTIFICANTE | 58 |
| FIGURA 25: CASCOTE..... | 59 |
| FIGURA 26: DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS | 59 |
| FIGURA 27: RUMA DE CASCOTE DE 1" | 60 |
| FIGURA 28: ABSORCIÓN DE AGUA VS TAMAÑO DEL AGREGADO | 60 |
| FIGURA 29: ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA | 61 |
| FIGURA 30: ESFUERZO VS DEFORMACIÓN | 63 |
| FIGURA 31: ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA | 64 |
| FIGURA 32: TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO SEGÚN LA ESTRUCTURA | 69 |
| FIGURA 33: RESISTENCIA A COMPRESIÓN VS RELACIÓN AGUA- MATERIAL CEMENTANTE | 71 |
| FIGURA 34: OBTENCIÓN DE LOS AGREGADOS..... | 95 |
| FIGURA 35: MÉTODO DEL CUARTEO | 96 |
| FIGURA 36: TAMIZADO DEL AGREGADO | 97 |
| FIGURA 37: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | 97 |
| FIGURA 38: LAVADO DEL AGREGADO..... | 99 |
| FIGURA 39: ENSAYO GRANULOMÉTRICO | 100 |
| FIGURA 40: ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO..... | 100 |
| FIGURA 41: ZARANDA DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | 102 |
| FIGURA 42: ZARANDEO DEL CASCOTE | 102 |
| FIGURA 43: CUARTEO DEL CASCOTE PARA PARA ESCOGER LA MUESTRA | 103 |
| FIGURA 44: TAMIZADO DEL CASCOTE | 104 |



| | |
|--|-----|
| FIGURA 45: ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL CASCOTE | 104 |
| FIGURA 46: COLOCADO EN HORNO -CONTENIDO DE HUMEDAD | 106 |
| FIGURA 47: TOMA DE PESO FINAL -ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD | 107 |
| FIGURA 48: MATERIALES PARA PESO UNITARIO SUELTO | 109 |
| FIGURA 49: PESO DEL MOLDE METÁLICO | 109 |
| FIGURA 50: ENRASADO DEL MATERIAL | 110 |
| FIGURA 51: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO | 110 |
| FIGURA 52: MATERIALES DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO | 111 |
| FIGURA 53: ENRASADO DE MATERIAL | 111 |
| FIGURA 54: PESO DEL AGREGADO CON EL MOLDE | 112 |
| FIGURA 55: REMOJADO DEL MATERIAL PARA SU SATURACIÓN..... | 115 |
| FIGURA 56: SECADO SUPERFICIAL DE LA MUESTRA..... | 116 |
| FIGURA 57: PESO DE LA MUESTRA EN EL CESTILLO -ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO..... | 116 |
| FIGURA 58: PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO..... | 118 |
| FIGURA 59: MATERIALES PARA ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE A.F.I..... | 119 |
| FIGURA 60: ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL CASCOTE..... | 120 |
| FIGURA 61: BRIQUETERAS CON PETRÓLEO EN CARAS INTERIORES | 122 |
| FIGURA 62: PROPORCIONES DE MATERIALES LISTAS | 122 |
| FIGURA 63: VERTIDO DE MATERIALES EN LA MEZCLADORA..... | 123 |
| FIGURA 64: CONO DE ABRAMS | 124 |
| FIGURA 65: PRUEBA DE SLUMP | 125 |
| FIGURA 66: MEDIDA DEL REVENIMIENTO | 126 |
| FIGURA 67: ELABORADO DE BRIQUETAS DE CONCRETO | 127 |
| FIGURA 68: GOLPEO CON MARTILLO DE GOMA PARA LA CORRECTA DISTRIBUCIÓN | 128 |
| FIGURA 69: BRIQUETAS DE CONCRETO | 129 |
| FIGURA 70: TESTIGOS DE CONCRETO..... | 130 |
| FIGURA 71: MEDIDA DE DIÁMETRO DE LAS BRIQUETAS | 130 |
| FIGURA 72: PATRÓN DE FALLAS DEL TESTIGO..... | 131 |
| FIGURA 73: ROTURA DE BRIQUETAS..... | 132 |
| FIGURA 74: LECTURA DE LA CARGA MÁXIMA | 132 |
| FIGURA 75: DEFORMÍMETROS VERTICALES | 140 |
| FIGURA 76: BRIQUETAS A ENSAYAR | 141 |
| FIGURA 77: LECTURA DE LOS DEFORMÍMETROS..... | 141 |
| FIGURA 78: TOMA DE DATOS DE DIALES Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN..... | 142 |
| FIGURA 79: BRIQUETA CON DEFORMÍMETROS VERTICALES Y HORIZONTALES | 142 |
| FIGURA 80: GRÁFICO TORTA, CONTENIDO DE HUMEDAD A.G. | 152 |



| | |
|---|-----|
| FIGURA 81: GRÁFICO DE BARRAS, CONTENIDO DE HUMEDAD A.G..... | 153 |
| FIGURA 82: GRÁFICO TORTA, CONTENIDO DE HUMEDAD A.F..... | 154 |
| FIGURA 83: GRÁFICO DE BARRAS, CONTENIDO DE HUMEDAD A.F..... | 155 |
| FIGURA 84: PESO UNITARIO DEL AG..... | 157 |
| FIGURA 85: PESO UNITARIO DEL AF..... | 158 |
| FIGURA 86: PESO UNITARIO DEL CASCOTE..... | 160 |
| FIGURA 87: PESO ESPECÍFICO DEL AG..... | 162 |
| FIGURA 88: % ABSORCIÓN AG..... | 162 |
| FIGURA 89: PESO ESPECÍFICO AF..... | 164 |
| FIGURA 90: % ABSORCIÓN AF..... | 165 |
| FIGURA 91: PESO ESPECÍFICO CASCOTE..... | 166 |
| FIGURA 92: % ABSORCIÓN CASCOTE..... | 166 |
| FIGURA 93: RESISTENCIA MEDIA F'CR – RELACIÓN AGUA CEMENTO..... | 170 |
| FIGURA 94: GRÁFICO CIRCULAR DE LAS PROPORCIONES DE MATERIALES..... | 175 |
| FIGURA 95: RESISTENCIA MEDIA F'CR - RELACIÓN A/C..... | 179 |
| FIGURA 96:GRÁFICO TORTA DE DISEÑO FINAL..... | 185 |
| FIGURA 97: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO TRADICIONAL - 07 ,14 Y 28 DÍAS..... | 286 |
| FIGURA 98: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO CON CASCOTE - 07 ,14 Y 28 DÍAS..... | 288 |
| FIGURA 99: COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN..... | 289 |
| FIGURA 100: CURVA GRANULOMÉTRICA - A. FINO..... | 290 |
| FIGURA 101: CURVA GRANULOMÉTRICA- A. GRUESO Y CASCOTE..... | 291 |
| FIGURA 102: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE..... | 292 |
| FIGURA 103: PESO UNITARIO SUELTO DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE..... | 293 |
| FIGURA 104: PESO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE..... | 293 |
| FIGURA 105: PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE..... | 294 |
| FIGURA 106: % DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE..... | 295 |
| FIGURA 107:COMPARACIÓN DE COMPONENTES ENTRE EL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE..... | 296 |
| FIGURA 108: COMPARACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO DEL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE..... | 296 |
| FIGURA 109: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN- MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° TRADICIONAL – 07, 14 Y 28 DÍAS..... | 298 |
| FIGURA 110: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN- MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° CON CASCOTE – 07, 14 Y 28 DÍAS..... | 299 |
| FIGURA 111: COMPARACIÓN MODULO DE ELASTICIDAD DEL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE ... | 300 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1..... | 20 |
| TABLA 2: CONCRETOS SEGÚN EL PESO UNITARIO, TORRES CARRILLO | 26 |
| TABLA 3: CONCRETO SEGÚN SU APLICACIÓN..... | 26 |
| TABLA 4: CONCRETO SEGÚN SU COMPOSICIÓN..... | 26 |
| TABLA 5: CONCRETO SEGÚN SU RESISTENCIA..... | 26 |
| TABLA 6: CONSISTENCIA / SLUMP REVENIMIENTO / TRABAJABILIDAD..... | 28 |
| TABLA 7: CIRCUNSTANCIAS QUE AFECTAN LA DURABILIDAD..... | 30 |
| TABLA 8: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND..... | 32 |
| TABLA 9: TIPOS DE CEMENTOS | 34 |
| TABLA 10: CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS ADICIONADOS O MEZCLADOS | 35 |
| TABLA 11: CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO IP..... | 36 |
| TABLA 12: CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS POR DESEMPEÑO..... | 37 |
| TABLA 13: CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO Y APLICACIONES | 38 |
| TABLA 14: ENSAYOS REALIZADOS Y NORMAS QUE LAS REGULAN..... | 43 |
| TABLA 15: HUSOS GRANULOMÉTRICOS | 49 |
| TABLA 16: TAMIZ VS % QUE PASA..... | 50 |
| TABLA 17: % PASANTE VS NÚMERO DE MALLA DE TAMIZ..... | 50 |
| TABLA 18: TIPO DE PARTÍCULAS% MÁXIMO PERMITIDO EN LOS AGREGADOS | 50 |
| TABLA 19: TIPO DE RESISTENCIA MECÁNICA VS 5 MÁXIMO..... | 51 |
| TABLA 20: LÍMITES PERMISIBLES PARA EL AGUA DE MEZCLA Y CURADO..... | 52 |
| TABLA 21: INFORMACIÓN DEL PRODUCTO -SIKACEM® PLASTIFICANTE..... | 57 |
| TABLA 22: INFORMACIÓN DE APLICACIÓN -SIKACEM® PLASTIFICANTE..... | 57 |
| TABLA 23: RESISTENCIA PROMEDIO CUANDO NO HAY REGISTRO DE RESULTADOS | 68 |
| TABLA 24: CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ACUERDO SU REVENIMIENTO..... | 68 |
| TABLA 25: ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS SEGÚN LA ESTRUCTURA | 69 |
| TABLA 26: LITROS POR M ³ SEGÚN SLUMP Y TMN DEL AGREGADO | 70 |
| TABLA 27: RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA | 71 |
| TABLA 28: PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO..... | 72 |
| TABLA 29: CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO | 73 |
| TABLA 30: CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RANGO DE COEF. DE VARIACIÓN | 76 |
| TABLA 31: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 79 |
| TABLA 32: CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA..... | 84 |
| TABLA 33: FORMATO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO..... | 85 |
| TABLA 34: FORMATO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO | 86 |
| TABLA 35: FORMATO GRANULOMETRÍA DEL CASCODE | 87 |



| | |
|--|--------------------------------------|
| TABLA 36: FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO | 87 |
| TABLA 37: FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO..... | 88 |
| TABLA 38: FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CASCOTE..... | 88 |
| TABLA 39: FORMATO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO | 89 |
| TABLA 40: FORMATO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO..... | 89 |
| TABLA 41: FORMATO PESO UNITARIO DEL CASCOTE | 90 |
| TABLA 42: FORMATO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO..... | 90 |
| TABLA 43: FORMATO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO | 91 |
| TABLA 44: FORMATO PESO ESPECÍFICO DEL CASCOTE..... | 91 |
| TABLA 45:FORMATO DISEÑO DE MEZCLA | 92 |
| TABLA 46: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL..... | 92 |
| TABLA 47: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA | 95 |
| TABLA 48: RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO | 98 |
| TABLA 49. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA | 99 |
| TABLA 50: RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO..... | 101 |
| TABLA 51: RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA DEL CASCOTE | 105 |
| TABLA 52: RECOLECCIÓN DE DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD AG..... | 107 |
| TABLA 53: RECOLECCIÓN DE DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD AF | 108 |
| TABLA 54: RECOLECCIÓN DE DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD CASCOTE | 108 |
| TABLA 55: RECOLECCIÓN DE DATOS DE PESO UNITARIO AG..... | 113 |
| TABLA 56: RECOLECCIÓN DE DATOS DE PESO UNITARIO AF..... | 113 |
| TABLA 57: RECOLECCIÓN DE DATOS DE PESO UNITARIO CASCOTE | 114 |
| TABLA 58: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA -PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN | 115 |
| TABLA 59: RECOLECCIÓN DE DATOS -PESO ESPECÍFICO- AGREGADO GRUESO | 117 |
| TABLA 60: RECOLECCIÓN DE DATOS -PESO ESPECÍFICO- AGREGADO FINO..... | 119 |
| TABLA 61: RECOLECCIÓN DE DATOS -PESO ESPECÍFICO- CASCOTE | 120 |
| TABLA 62: CONO DE ABRAMS | ¡Error! Marcador no definido. |
| TABLA 63: DIÁMETRO DE VARILLA Y NÚMERO DE GOLPES POR CAPA | 126 |
| TABLA 64: NÚMERO DE CAPAS REQUERIDAS EN LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS | 128 |
| TABLA 65: DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO TRADICIONAL A LOS 7 DÍAS | 133 |
| TABLA 66: DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO TRADICIONAL A LOS 14 DÍAS | 134 |
| TABLA 67: DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO TRADICIONAL A LOS 28 DÍAS | 135 |
| TABLA 68: DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO CON CASCOTE A LOS 7 DÍAS..... | 136 |
| TABLA 69: DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO CON CASCOTE A LOS 14 DÍAS | 137 |
| TABLA 70: DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO CON CASCOTE A LOS 28 DÍAS | 138 |
| TABLA 71: LECTURA DE CARGA MÁXIMA- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN..... | 139 |



| | |
|--|-----|
| TABLA 72: LECTURA DE DIAL VS FUERZA APLICADA C° TRADICIONAL | 143 |
| TABLA 73: LECTURA DE DIAL VS FUERZA APLICADA C° CON CASCOTE | 144 |
| TABLA 74: HUSOS SEGÚN EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | 146 |
| TABLA 75: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | 147 |
| TABLA 76: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – AGREGADO FINO..... | 149 |
| TABLA 77: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – CASCOTE | 151 |
| TABLA 78: CONTENIDO DE HUMEDAD- AGREGADO GRUESO | 152 |
| TABLA 79: CONTENIDO DE HUMEDAD- AGREGADO FINO..... | 154 |
| TABLA 80: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CASCOTE..... | 156 |
| TABLA 81: PESO UNITARIO DE AG..... | 157 |
| TABLA 82: PESO UNITARIO DEL AF..... | 158 |
| TABLA 83: PESO UNITARIO DEL CASCOTE | 159 |
| TABLA 84: PESO ESPECÍFICO DEL AG..... | 161 |
| TABLA 85: PESO ESPECÍFICO DEL AF | 164 |
| TABLA 86: PESO ESPECÍFICO DEL AF | 165 |
| TABLA 87: RESUMEN DE DATOS AG, AF Y CASCOTE | 167 |
| TABLA 88: RESISTENCIA REQUERIDA SEGÚN F´C..... | 167 |
| TABLA 89: ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS SEGÚN LA ESTRUCTURA..... | 168 |
| TABLA 90: CONSISTENCIA- SLUMP- TRABAJABILIDAD | 168 |
| TABLA 91: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA EN FUNCIÓN AL SLUMP Y TMN..... | 169 |
| TABLA 92: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA EN FUNCIÓN AL SLUMP Y TMN..... | 169 |
| TABLA 93: PESO DEL AG POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO | 171 |
| TABLA 94: CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO..... | 172 |
| TABLA 95: RESUMEN DE LOS PESO SECOS Y VOLÚMENES ABSOLUTOS | 173 |
| TABLA 96: RESUMEN PESO ABSOLUTO SECO- CONTENIDO DE HUMEDAD- PESO CORREGIDO | 174 |
| TABLA 97: RESUMEN HUMEDAD- ABSORCIÓN CONTRIBUCIÓN DE AGUA..... | 175 |
| TABLA 98:: RESUMEN HUMEDAD- ABSORCIÓN CONTRIBUCIÓN DE AGUA..... | 175 |
| TABLA 99: PROPORCIONES DE MATERIALES PARA 1 BLS. DE CEMENTO | 176 |
| TABLA 100: PROPORCIONES EN PESO PARA 1KG DE CEMENTO..... | 176 |
| TABLA 101: RESISTENCIA REQUERIDA F´CR | 176 |
| TABLA 102: ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS | 177 |
| TABLA 103: CONSISTENCIA -SLUMP- TRABAJABILIDAD | 177 |
| TABLA 104: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA X M3 DE CONCRETO..... | 178 |
| TABLA 105: RELACIÓN AGUA- CEMENTO POR RESISTENCIA..... | 178 |
| TABLA 106: PESO DEL AGREGADO X UND. DE VOLUMEN DE CONCRETO | 180 |
| TABLA 107: CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO | 181 |



| | |
|---|-----|
| TABLA 108: TABLA RESUMEN | 183 |
| TABLA 109: CORRECCIÓN POR HUMEDAD | 184 |
| TABLA 110: APORTE DE AGUA..... | 184 |
| TABLA 111: DISEÑO FINAL POR CORRECCIÓN DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN..... | 185 |
| TABLA 112: PROPORCIONES PARA BOLSA DE CEMENTO..... | 185 |
| TABLA 113: PROPORCIONES EN PARA 1KG. DE CEMENTO..... | 186 |
| TABLA 114: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO TRADICIONAL -07 DÍAS | 188 |
| TABLA 115: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO TRADICIONAL- 14 DÍAS..... | 189 |
| TABLA 116: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO TRADICIONAL- 28 DÍAS..... | 190 |
| TABLA 117:RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON CASCOTE- 07 DÍAS | 191 |
| TABLA 118: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON CASCOTE- 14 DÍAS | 192 |
| Tabla 119: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON CASCOTE- 28 DÍAS..... | 193 |
| TABLA 120: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 1-A..... | 195 |
| TABLA 121: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 2-A..... | 196 |
| TABLA 122: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 3-A..... | 197 |
| TABLA 123: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 4-A..... | 198 |
| TABLA 124: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 5-A..... | 199 |
| TABLA 125: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 6-A..... | 200 |
| TABLA 126: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 7-A..... | 201 |
| TABLA 127: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 8-A..... | 202 |
| TABLA 128: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 9-A..... | 203 |
| TABLA 129: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 10-A | 204 |
| TABLA 130: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 11-A | 205 |
| TABLA 131: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 12-A | 206 |
| TABLA 132: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 13-A | 207 |
| TABLA 133: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 14-A | 208 |
| TABLA 134: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 15-A | 209 |
| TABLA 135: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 16-A | 210 |
| TABLA 136: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 17-A | 211 |
| TABLA 137: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 18-A | 212 |
| TABLA 138: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 19-A | 213 |
| TABLA 139: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 20-A | 214 |
| TABLA 140: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 21-A | 215 |
| TABLA 141: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 22-A | 216 |
| TABLA 142: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 23-A | 217 |
| TABLA 143: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 24-A | 218 |



| | |
|--|-----|
| TABLA 144: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 25-A | 219 |
| TABLA 145: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 26-A | 220 |
| TABLA 146: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 27-A | 221 |
| TABLA 147: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 28-A | 222 |
| TABLA 148: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 29-A | 223 |
| TABLA 149: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 30-A | 224 |
| TABLA 150: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 31-A | 225 |
| TABLA 151: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 32-A | 226 |
| TABLA 152: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 33-A | 227 |
| TABLA 153: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 34-A | 228 |
| TABLA 154: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 35-A | 229 |
| TABLA 155: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 36-A | 230 |
| TABLA 156: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 37-A | 231 |
| TABLA 157: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 38-A | 232 |
| TABLA 158: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 39-A | 233 |
| TABLA 159: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 40-A | 234 |
| TABLA 160: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 41-A | 235 |
| TABLA 161: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 42-A | 236 |
| TABLA 162: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 43-A | 237 |
| TABLA 163: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 44-A | 238 |
| TABLA 164: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 45-A | 239 |
| TABLA 165: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 1-B..... | 240 |
| TABLA 166: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 2-B..... | 241 |
| TABLA 167: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 3-B..... | 242 |
| TABLA 168: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 4-B..... | 243 |
| TABLA 169: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 5-B..... | 244 |
| TABLA 170: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 6-B..... | 245 |
| TABLA 171: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 7-B..... | 246 |
| TABLA 172: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 8-B..... | 247 |
| TABLA 173: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 9-B..... | 248 |
| TABLA 174: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 10-B | 249 |
| TABLA 175: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 11-B | 250 |
| TABLA 176: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 12-B | 251 |
| TABLA 177: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 13-B | 252 |
| TABLA 178: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 14-B | 253 |
| TABLA 179: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 15-B | 254 |



| | |
|---|-----|
| TABLA 180: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 16-B | 255 |
| TABLA 181: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 17-B | 256 |
| TABLA 182: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 18-B | 257 |
| TABLA 183: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 19-B | 258 |
| TABLA 184: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 20-B | 259 |
| TABLA 185: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 21-B | 260 |
| TABLA 186: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 22-B | 261 |
| TABLA 187: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 23-B | 262 |
| TABLA 188: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 24-B | 263 |
| TABLA 189: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 25-B | 264 |
| TABLA 190: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 26-B | 265 |
| TABLA 191: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 27-B | 266 |
| TABLA 192: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 28-B | 267 |
| TABLA 193: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 29-B | 268 |
| TABLA 194: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 30-B | 269 |
| TABLA 195: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 31-B | 270 |
| TABLA 196: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 32-B | 271 |
| TABLA 197: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 33-B | 272 |
| TABLA 198: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 34-B | 273 |
| TABLA 199: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 35-B | 274 |
| TABLA 200: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 36-B | 275 |
| TABLA 201: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 37-B | 276 |
| TABLA 202: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 38-B | 277 |
| TABLA 203: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 39-B | 278 |
| TABLA 204: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 40-B | 279 |
| TABLA 205: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 41-B | 280 |
| TABLA 206: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 42-B | 281 |
| TABLA 207: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 43-B | 282 |
| TABLA 208: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 44-B | 283 |
| TABLA 209: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 45-B | 284 |
| TABLA 210: RESULTADOS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO TRADICIONAL | 285 |
| TABLA 211: % RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CONCRETO TRADICIONAL..... | 285 |
| TABLA 212: CÁLCULOS ESTADÍSTICOS - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO TRADICIONAL | 286 |
| TABLA 213: RESULTADOS A LA COMPRESIÓN DEL C° CON CASCOTE | 287 |
| TABLA 214: % RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CONCRETO CON CASCOTE..... | 287 |
| TABLA 215: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO CON CASCOTE | 288 |



| | |
|--|-----|
| TABLA 216: COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN | 289 |
| TABLA 217: CARACTERÍSTICAS DEL A. FINO | 290 |
| TABLA 218: CARACTERÍSTICAS DEL A. GRUESO..... | 291 |
| TABLA 219: CARACTERÍSTICAS DEL CASCOTE | 291 |
| TABLA 220: CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS | 292 |
| TABLA 221: PESO DE COMPONENTES PARA 1M3 DE CONCRETO | 295 |
| TABLA 222: RESULTADOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL C° TRADICIONAL..... | 297 |
| TABLA 223: CÁLCULOS ESTADÍSTICOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° TRADICIONAL..... | 297 |
| TABLA 224: RESULTADOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL C° CON CASCOTE..... | 298 |
| TABLA 225: CÁLCULOS ESTADÍSTICOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° CON CASCOTE..... | 299 |
| TABLA 226:COMPARACIÓN MODULO DE ELASTICIDAD DEL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE | 300 |



Capítulo I. Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del Problema

La poca importancia o desinterés de una gran mayoría de profesionales Ingenieros Civiles que se le otorga al nivel del comportamiento elástico y plástico del concreto y la innovación en la preparación del concreto en nuestras obras de infraestructura a nivel de nuestra región Cusco es mínima, por no decir casi irrelevante para la mayoría de profesionales que asumieron la línea de la construcción, puesto que esto se refleja por la ausencia de control de calidad de esta propiedad en la mayoría de expedientes técnicos, y en campo, al momento ejecutar una obra de infraestructura. Cabe mencionar la suma importancia que tiene la determinación de este parámetro (límite elástico o módulo de elasticidad) y la “innovación sostenible” en cualquier infraestructura civil y los daños que se produjo en obras allegadas a nuestra región debido al poco análisis e interés que se tuvo acerca de este tema.

En el marco de la construcción, a nivel práctico, la determinación del límite elástico e innovación en lo concerniente con la preparación del concreto tiene poca importancia, los diversos materiales que usamos en la construcción no son evaluados de la forma correcta lo cual genera fallas desde el nivel micro, pequeñas obras como veredas o carreteras vecinales, hasta el nivel macro como lo es de las edificaciones de gran envergadura.

FIGURA 1
RAJADURAS EN VEREDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PERSONAL



FIGURA 2

RAJADURAS DE VEREDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PERSONAL

FIGURA 3

MATERIAL DESTINADO A DESMONTE EN DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO – URB TtIO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PERSONAL



FIGURA 4

DEMOLICIÓN DE VEREDAS OVALO LIBERTADORES - WANCHAQ



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PERSONAL

FIGURA 5

DEMOLICIÓN GUARDADA EN GARAJE. MARISCAL GAMARRA -CUSCO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PERSONAL



FIGURA 6

MATERIAL DESTINADO A DESMONTE INSTALACIÓN DE DESAGÜE, AV. LA CULTURA-CUSCO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PERSONAL

1.1.2. Formulación Interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema General

- ¿Cuál es la comparación de los valores del módulo de elasticidad del concreto tradicional con el concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los Problemas Específicos

- **Problema Específico N°1:** ¿Cuáles son los valores de la resistencia a la compresión del concreto tradicional y del concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote adicionado con superplastificante, y como resulta su análisis comparativo evaluados a los 7, 14 y 28 días desde su fabricación?
- **Problema Específico N°2:** ¿Las propiedades físico mecánicas de los agregados utilizados para la elaboración de concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante son adecuadas para elaborar un diseño de mezcla?



- **Problema Específico N°3:** ¿Puede el cascote reemplazar de manera eficaz y eficiente a un agregado grueso tradicional en la reparación de concreto?
- **Problema Específico N°4:** ¿Cuáles son las proporciones de los componentes del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación por Relevancia

Esta investigación es relevante, puesto que buscó innovar una nueva forma de construir a base de productos reciclados ayudando de esta manera aminorar la constante contaminación en nuestro medio ambiente, además de mejorar la optimización de recursos como el de aminorar costos en la producción de concreto en cualquier obra de infraestructura, desde las pequeñas hasta las de gran envergadura, teniendo en cuenta el correcto comportamiento elástico y plástico del concreto. La presente investigación aporta y permite, en alguna medida, analizar la importancia de la fabricación de concreto con materiales reciclados tomando en cuenta su correcto comportamiento elástico a partir del cálculo de los valores del módulo de elasticidad frente a un concreto preparado con materiales tradicionales.

Esta investigación además de ser relevante, es también conveniente puesto que servirá como antecedente de futuras investigaciones para promover el usar materiales desechados por lo cual a futuro generará mayor desarrollo sostenible y empatía ambiental a la región y al país.

1.2.2. Justificación por viabilidad

La presente investigación, es viable puesto que existen los materiales requeridos a nuestro alcance para poder llevar a cabo esta investigación, además también de contar en nuestra región con laboratorios y con los equipos necesarios para obtener los datos requeridos y además de contar con la normativa vigente para el procesamiento de datos obtenidos en laboratorio.

1.2.3. Justificación técnica

Con la presente investigación, se pretende adquirir, mejorar y ampliar conocimiento, en mayor medida, del comportamiento del concreto que tiene como agregado grueso material reciclado a partir del cálculo y comparación de los valores del módulo de elasticidad, evaluación de resistencias a la compresión y análisis de las propiedades de los componentes de concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con



superplastificante, esto adjudicará un aporte y sustento a futuros investigadores de la rama de ingeniería y otros interesados en el tema.

1.2.4. Justificación Social

La presente investigación busca generar un impacto positivo a la hora de emplear concreto como material de construcción y contribuir al desarrollo de la construcción sostenible en la sociedad. En el aspecto económico, un concreto hecho de material reciclado resulta más atractivo respecto al costo que generaría un concreto tradicional. En el ámbito ambiental será un aporte para reducir la contaminación por desechos inhabilitados y finalmente en el aspecto de nuestra carrera será motivo de futuras investigaciones para promover el usar materiales desechados por lo cual a futuro generará más desarrollo al país.

1.2.5. Utilidad metodológica

Para lograr los objetivos de la presente investigación, se han realizado procedimientos sistemáticos, que consistieron en utilizar técnicas y herramientas metodológicas ya establecidas que nos permitieron la correcta recolección, organización, procesamiento e interpretación de datos; así como la creación de nuevos instrumentos de recolección y comparación de los datos más relevantes. Para la presente investigación se utilizaron herramientas metodológicas como hojas de cálculo en Excel para la recolección y procesamiento de datos de los distintos ensayos de laboratorio realizados, cumpliendo con lo establecido en cada una de las normas mencionada en el siguiente cuadro:



TABLA 1
NORMAS UTILIZADAS

| DATOS ESPECÍFICOS | | | |
|--|------------------|-----------|------------------|
| Ensayos Realizados | NTP | MTC | ASTM |
| Granulometría Ag. Grueso | NTP 400.012 | MTC E 204 | ASTM - C136 |
| | NTP 400.037 | | ASTM - C33 |
| Granulometría Ag. Fino | NTP 400012 | MTC E 204 | ASTM - C136 |
| | NTP 400.037 | | ASTM - C33 |
| % de Humedad - Ag. Grueso | NTP 339.185 | MTC E 108 | ASTM - D2216 |
| % de Humedad - Ag. Fino | NTP 339.185 | MTC E 108 | ASTM - D2216 |
| P.U.S. y P.U.C. - Ag. Grueso | NTP 400.017 | MTC E 203 | ASTM - C29 |
| P.U.S. y P.U.C. - Ag. Fino | NTP 400.017 | MTC E 203 | ASTM - C29 |
| Peso Específico - Ag. Grueso | NTP 400.021 | MTC E 206 | ASTM - C127 |
| Gravedad Específica - Ag. Fino | NTP 400.022 | MTC E 205 | ASTM - C128 |
| Elaboración y Curado de especímenes de Concreto en Laboratorio | NTP 339.183 | MTC E 702 | ASTM - C192 |
| Resistencia a la compresión de Testigos Cilíndricos | NTP 339.034 | MTC E 704 | ASTM - C39 - 39M |
| Asentamiento del Concreto SLUMP | NTP 339.035 | MTC E 705 | ASTM - C143 |
| Diseño de Mezcla | Comité ACI 211.1 | | |
| Módulo de Elasticidad | | | ASTM - C469 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo General

- ✓ Comparar los valores del Módulo de Elasticidad del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ **Objetivo Específico N°1:** Determinar los valores de la resistencia a la compresión del concreto tradicional y del concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante evaluados a los 7, 14 y 28 días después de su fabricación y compararlo.
- ✓ **Objetivo Específico N°2:** Determinar si las propiedades físico mecánicas de los agregados utilizados para la elaboración de concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante son adecuadas para elaborar un diseño de mezcla.
- ✓ **Objetivo Específico N°3:** Determinar si el cascote consigue reemplazar de manera eficaz y eficiente a un agregado grueso tradicional en la preparación de concreto.



- ✓ **Objetivo Específico N°4:** Determinar y comparar las proporciones de los componentes del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante.

1.4. Delimitación del estudio

1.4.1. Delimitación espacial

El ámbito de influencia del trabajo de investigación es en la ciudad del Cusco. Esta investigación se realizó haciendo uso de los materiales provenientes de demoliciones habidas en nuestra región del Cusco, como:

- ✓ Agregado grueso proveniente de la cantera de Zurite.
- ✓ Agregado fino proveniente de la cantera de Huillqui.
- ✓ Cascote proveniente de demoliciones de pavimento rígido, veredas, y otros que se encuentran dentro de nuestra localidad.
- ✓ Agua potable de uso común.
- ✓ Cemento Portland IP de uso general en nuestra región.
- ✓ Laboratorios disponibles que se encuentran dentro de nuestra localidad.

1.4.2. Delimitación temporal

La presente investigación se delimitó temporalmente por todo el tiempo que duro su realización, que corresponde al periodo entre los años 2022-2023.

El tiempo de análisis y comparación de los datos obtenidos de laboratorio fueron a los 07, 14 y 28 días respectivamente después de la fabricación del concreto.



Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

TESIS: “HORMIGONES RECICLADOS: CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS GRUESOS RECICLADOS”, Claudio Javier Zega, UNCPBA Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires – Argentina, 2008.

Esta tesis trata del reciclado de materiales de desecho para la elaboración de nuevos materiales. Esta tendencia del reciclaje se vio promovida según el autor por dos razones, una de las cuales son las ambientales y la segunda razón por las grandes distancias a las cuales se sitúan las canteras que poseen agregados aptos para su uso, motivo que incrementa considerablemente el costo de los mismos.

El objetivo de esta tesis fue estudiar las diferentes propiedades que presentan los agregados gruesos reciclados obtenidos de la trituración de hormigones convencionales de desecho de características tecnológicas desconocidas.

Lo que se hizo en esta tesis fue estudiar diferentes muestras de agregados gruesos reciclados que fueron extraídas periódicamente de un acopio de hormigones triturados (trituradora de mandíbulas) durante un período de tiempo, simulando lo que sería un centro de reciclaje. Además de también estudiar los agregados reciclados provenientes de varios ciclos de reciclado.

Cabe recalcar que en ambos casos se evaluaron las propiedades físico-mecánicas de estos agregados gruesos reciclados elaborando luego hormigones a distintas razones agua/cemento con el 75% en volumen de estos.

Las conclusiones relevantes para esta presente investigación fueron:

La presencia de mortero como parte de los agregados gruesos reciclados produce modificaciones en sus propiedades comparadas a las del agregado grueso natural. El agregado grueso reciclado presenta una menor densidad, además de mayor capacidad de absorción de agua y desgaste “Los Ángeles”.

Si bien algunas de las propiedades evaluadas sobre los agregados gruesos reciclados presentan una variación importante, la misma no se ve reflejada en los hormigones elaborados con ellos.



TESIS: “ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS”, Natalia Alderete Vergara, UTN Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires – Argentina, 2010.

El objetivo de esta investigación es el empleo de agregados reciclados reemplazando a los agregados naturales en un 30% a 50% de su volumen tradicional para la elaboración de hormigones. Esta investigación evalúa luego el desempeño de vigas de hormigón elaboradas con el agregado reciclado siendo sometidas a flexión, variando los valores de los porcentajes de reemplazo del agregado natural por agregado reciclado.

Una vez obtenido el diseño de mezcla con los porcentajes de agregado reciclado respectivos (25%, 50% y 75%), se moldearon probetas prismáticas de 15 cm x 15 cm x 53 cm, para luego ser ensayadas todas las vigas a los 7 días.

Para realizar los ensayos de flexión se hizo uso de una máquina de prueba de flexión, siguiendo todos los pasos normados.

Realizados los ensayos, se obtuvieron los siguientes resultados arrojados por la misma máquina de prueba de flexión. Gráfico resistencia vs tiempo:

Las conclusiones más relevantes que se obtuvieron de esta investigación dentro de las cuales aportan a esta tesis fueron las siguientes:

- ✓ La elaboración de hormigones con agregados reciclados permite considerar criterios de sustentabilidad con las mismas prestaciones del hormigón tradicional y un desempeño ambiental superior.
- ✓ En todos los ensayos los resultados se mantuvieron en un rango de valores favorables, la excepción es el caso del reemplazo del 75% en el cual una de las vigas alcanzó una resistencia muy superior en relación a las otras dos. Cabe acotar que las probetas ensayadas manifestaron su plano de rotura en el tercio medio de la luz, lo que ratifica la validez de los ensayos realizados.

En términos generales se destacó la gran aplicabilidad de los agregados reciclados en reemplazo de agregado natural para la elaboración de hormigones de uso vial, ya que no se presentaron características singulares destacables durante los estados fresco o endurecido.



2.1.2. Antecedentes nacionales

TESIS: “VALORIZACIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS DE HORMIGÓN Estudio experimental de laboratorio”, BEGLIARDO, Hugo Félix, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú, 2011.

En esta investigación se trazó como objetivo, poner en conocimiento a la comunidad científica, política y empresarial, experiencias de laboratorio en relación a la valorización de residuos de hormigón llevados a diferentes granulometrías para su empleo en nuevos hormigones, tanto de uso estructural como no estructural.

El concreto reciclado ya está siendo utilizado en otros países como base o sub-base para construir nuevas carreteras o para rehabilitar estructuras existentes, entre otras aplicaciones. Además, según investigaciones recientes, el concreto reciclado puede llegar a obtener características físicas y mecánicas similares a las del concreto tradicional.

Anualmente en el mundo se producen 1 billón de toneladas de residuos de demolición, de las cuales 510 millones son producidos en Europa. En promedio solo el 8% de estos residuos se reciclan, aunque en países como Alemania, Holanda y Reino Unido cerca del 20% de agregados reciclados se reutilizan.

En esta investigación, se analizó la resistencia a la compresión de testigos de concreto, la cual puede afectar en el comportamiento según sea el fin del concreto.

Las conclusiones más relevantes que se obtuvieron de esta investigación, fueron las siguientes:

- ✓ Los valores finales de resistencia obtenidos, tanto para los hormigones convencionales estructurales como no estructurales, satisfacen los requisitos de resistencia para los usos pretendidos.
- ✓ Los estudios que se realizó en esta investigación ratifican experiencias similares de otros investigadores, comprobándose que es posible aprovechar para uso estructural (edificios, pavimentos, etc.) los hormigones recuperados de demoliciones o descartes. Asimismo, aquellas fracciones que no son aprovechables para uso en hormigón estructural, se ha demostrado que son útiles para hormigones no estructurales, tales como pavimentos de bajo tránsito y carga, o contrapisos, evidenciando una mejor prestación resistente que los materiales de uso convencional para este fin.
- ✓ Los resultados obtenidos ponen de manifiesto las ventajas medioambientales y socio-económicas que derivan del empleo de residuos de esta especie.



2.1.3. Antecedentes locales

TESIS: “EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO DE LA CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN LA CIUDAD DEL CUSCO - 2017”, CRUZ TELLO, Jorge Iván – VILLCAS HURTADO, Filio Damián, Hugo Félix, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco – Perú, 2018.

En esta investigación se evaluó la fabricación de concreto con material reciclado desde el punto de vista de sostenibilidad, y se menciona que es necesario el aprovechamiento de los materiales producto de la demolición de pavimentos rígidos colapsados, que a nivel mundial es un hecho. Por lo tanto, en la investigación en general y de forma principal muestra, el comportamiento de las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, tracción, flexión) del concreto elaborado con reemplazo del agregado natural por agregado reciclado en tres combinaciones distintas (AGR+AFN, AGN+AFR, AGR+AFR).

Los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto reciclado del tipo (AGR+AFN, AGN+AFR) son favorables, es decir, cumplen con las especificaciones de resistencia mecánica, lo que sugiere que puede ser usado como concreto estructural. Y de acuerdo al análisis de costos producirlo es más económico que un concreto convencional.

Esta tesis nos aporta brindando información comparable en cuanto a resultados del comportamiento de las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, tracción, flexión) del concreto elaborado reemplazando el agregado natural.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concreto

2.2.1.1. Definición

Según (Torres Carrillo, 2004), el concreto es un material de uso común, o convencional que se produce mediante la combinación de tres componentes indispensables, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

(Rivva Lopez, Naturaleza y materiales del concreto, 2000) menciona también que el concreto es un producto no natural compuesto, que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un, medio ligado denominado agregado. Asimismo, el autor, menciona que con frecuencia se utilizan aditivos para diferentes propósitos



como: aceleradores, retardantes, modificadores de resistencias o modificadores de alguna propiedad según sea conveniente.

2.2.1.2. Clasificación del concreto

(Torres Carrillo, 2004), clasifica al concreto según algunas propiedades y características como su peso unitario, su aplicación, composición y resistencia, esto es:

TABLA 2
CONCRETOS SEGÚN EL PESO UNITARIO, TORRES CARRILLO

| Concretos según el Peso Unitario | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Concreto | Peso Unitario (kg/m ³) |
| Ligero | 1200 - 2000 |
| Normal | 2000 - 2800 |
| Pesado | > 2800 |

FUENTE: CURSO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. LIMA: UNI

TABLA 3
CONCRETO SEGÚN SU APLICACIÓN

| Concretos según su aplicación | |
|-------------------------------|---|
| Concreto | Peso Unitario (kg/m ³) |
| Simple | Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a la compresión. |
| Armado | Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión. |
| Pretensado | Resistencia a tracción: viguetas. |
| Postensado | Resistencia a tracción: se introducen fundas |

FUENTE: CURSO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. LIMA: UNI

TABLA 4
CONCRETO SEGÚN SU COMPOSICIÓN

| Concretos según su composición | |
|--------------------------------|--|
| Concreto | Composición |
| Ordinario | Materiales tradicionales. |
| Ciclópeo | Con áridos de hasta 50 cm. |
| Cascotes | Con componentes reciclados o de desechos |
| Con aire incorp. | Con la incorporación del más de 6% de aire |
| Refractario | Resistente a altas temperaturas |

FUENTE: CURSO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. LIMA: UNI

TABLA 5
CONCRETO SEGÚN SU RESISTENCIA

| Concretos según su resistencia | |
|--------------------------------|--|
| Concreto | Dosificaciones |
| Convencional | 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava. |
| De alta resistencia | 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos. |

FUENTE: CURSO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. LIMA: UNI



2.2.1.3. Ventajas del concreto

Pasquel Carbajal (1998) aduce que, inicialmente, el concreto denota una estructura plástica y trabajable, y que pasado un tiempo adquiere una consistencia sólida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material propicio para la construcción.

(Matallana, 2019) indica que, entre las ventajas y propiedades más importantes del concreto, se tiene:

- Los componentes empleados para su fabricación se encuentran, prácticamente, en todas partes.
- La plasticidad en estado fresco, permite su moldeo para dar la forma deseada a esto se denomina trabajabilidad.
- Aumenta sus propiedades resistentes a medida del paso del tiempo, al contrario de otros materiales.
- Fragua y adquiere resistencia en casi todas las temperaturas, incluso debajo del agua.
- Por su naturaleza es resistente al fuego y al envejecimiento.
- Económicamente es un material bastante cómodo, comparado con el precio que significan otros materiales.

2.2.1.4. Propiedades del concreto

2.2.1.4.1. Propiedades del concreto en estado Fresco

A. TRABAJABILIDAD

“Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones”. (Abanto, 2009) así también (Rivva Lopez, Diseño de mezclas, 1992) indica que esta propiedad se define como la facilidad con la cual una determinada cantidad de concreto pueda ser manipulado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.

B. CONSISTENCIA

Según (Rivva Lopez, Naturaleza y materiales del concreto, 2000) la consistencia es una propiedad que determina el grado de fluidez de una mezcla de concreto en estado fresco; cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá.

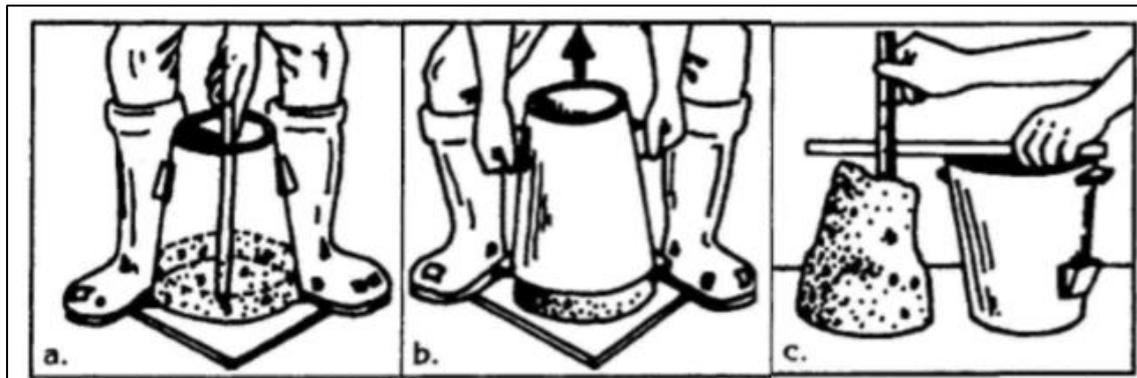
TABLA 6
CONSISTENCIA / SLUMP REVENIMIENTO / TRABAJABILIDAD

| Consistencia | Slump - Revenimiento | | Trabajabilidad |
|--------------|----------------------|----------|-----------------|
| | Pulg. | cm | |
| Seca | 0" - 2" | 0 - 5 | Poco trabajable |
| Plástica | 3" - 4" | 7.5 - 10 | Trabajable |
| Fluida | > 5" | > 12.5 | Muy trabajable |

FUENTE: LIBRO "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO"

Se puede obtener la consistencia del concreto en base a lo especificado en las normas NTP 339.035, ASTM-C143 y MTC E 705, que establecen el método del ensayo de la medición del asentamiento del concreto mediante el Cono de Abrams, en donde una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de tronco de cono, y se compacta por varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto. El procedimiento de este ensayo se desarrolló el en capítulo III de la presente investigación.

FIGURA 7
ENSAYO DE CONO DE ABRAMS



FUENTE: LIBRO "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO"

C. SEGREGACIÓN

Según (Guzmán, 2001) en términos generales, la segregación es una propiedad del concreto fresco que se define como la separación de los materiales o componentes que constituyen una mezcla de concreto, y esta se puede presentar de dos maneras: una, en la cual los agregados gruesos tienden a asentarse por desplazamiento por acción de la gravedad y la otra como la separación de la pasta (cemento y agua) de la mezcla.

D. EXUDACIÓN



Según (Abanto, 2009) este fenómeno se da cuando el agua asciende a la superficie de la mezcla como consecuencia de la segregación de los sólidos, se presenta momentos después de que el concreto haya sido depositado al encofrado. Este fenómeno es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia del mismo, perjudica el buen contacto de la superficie durante la colocación de una capa sobre otra, y esto puede ocasionar disminución en su resistencia debido al incremento de la relación agua-cemento en esa zona.

E. HOMOGENEIDAD Y UNIFORMIDAD

Para (Torres Carrillo, 2004) se refiere a homogeneidad y uniformidad como la característica de un concreto, para que sus componentes puedan distribuirse de manera regular en la masa; esto dependerá del buen mezclado, el buen transporte de la masa y la buena puesta en obra.

2.2.1.4.2. Propiedades del concreto en estado Endurecido

A. IMPERMEABILIDAD

(Torres Carrillo, 2004) Menciona que la permeabilidad, es una propiedad por la cual un material tiene la capacidad de dejar pasar un fluido a través de sus poros; El concreto presenta esta propiedad en cierta medida, ya que es un sistema poroso, y este nunca va a ser totalmente impermeable.

B. DURABILIDAD

Para (Gutiérrez de Lopez, 2003) La durabilidad de un concreto es una propiedad que hace que prevalezca su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio a través del tiempo y frente a problemas y circunstancias que afecten esta característica. (Torres Carrillo, 2004) presenta algunas circunstancias que afectan a la durabilidad, las cuales son:



TABLA 7
CIRCUNSTANCIAS QUE AFECTAN LA DURABILIDAD

| Circunstancias que afectan la Durabilidad | |
|---|--|
| Mecánicas | Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques. |
| Físicas | Oscilaciones térmicas, ciclos de hielo y deshielo, fuego |
| Químicas | Contaminación atmosférica, agentes químicos |
| Biológicas | Vegetación o microorganismos |

FUENTE: LIBRO "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"- UNI

C. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para Gutiérrez de Lopez (2003), la resistencia a la compresión, es una de las características mas importantes del concreto endurecido, y se expresa en términos de esfuerzo (kg/cm² o en Mpa), y se da cuando el concreto tiene la capacidad de resistir esfuerzos, que, según Torres Carrillo, (2004) se cuantifica a los 28 días después del vaciado del concreto.

Según Niño Hernández (2010) Los factores que influyen directamente en la resistencia a la compresión son: La relación agua-cemento, así también la dosificación, las condiciones de curado, el mezclado en fresco, calidad de los materiales, tipo de aditivos, el fraguado, curado y la edad.

Para Gutiérrez de López (2003), Para determinar el valor de la resistencia a la compresión, se elaboran cilindros testigos de las mezclas de concreto que se está usando; los cilindros son generalmente de 30cm de altura por 15cm de diámetro (12" y 6"); se elaboran en tres capas y a cada capa se le dan 25 golpes con una varilla standard, para luego someterlas a esfuerzos hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas. esto también indica la norma NTP 339.034, ASTM-C192 y MTC E 702 que establece el método para la elaboración y curado de especímenes de concreto y las normas NTP 339.034, ASTM-C39-39M y MTC E 704 que establecen el método para determinar la resistencia a la compresión. Todos estos procedimientos son desarrollados en el capítulo III de la presente investigación.

Para determinar el valor cuantitativo de la resistencia a la compresión de un testigo de mezcla de concreto se utiliza la siguiente relación:

$$R_c = 4\pi * G * D^2$$

Donde:

R_c = Es la resistencia de rotura a la compresión, en Kg/cm².

G = La carga máxima de rotura en (kg).

D = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en (cm).



D. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Para Torre C. (2004), su valor representa a la décima parte (10%) de la resistencia en compresión del concreto de un determinado $f'c$, esta característica sirve, generalmente, para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad. Según Niño Hernández (2010), los elementos sometidos a flexión, presentan una zona sometida a esfuerzos de compresión y otra zona sometida a esfuerzos de tracción.

E. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Niño Hernández (2010) afirma que, por su misma naturaleza el concreto es bastante débil a esfuerzos de tracción, esta propiedad tiene que ver con los esfuerzos de alargamiento sometidas al concreto

“Comparado con su resistencia a la compresión, el concreto es un material con baja resistencia a los esfuerzos de tracción y corte. Para compensar esta deficiencia, la ingeniería recurre al acero como medio de refuerzo en aquellos sitios sometidos a tales esfuerzos, obteniéndose así, el concreto reforzado, un material muy resistente a los esfuerzos de compresión, tracción y cortante, base de la ingeniería estructural” (Matallana, 2019)

2.2.1.5. Etapas del concreto

2.2.1.6. Curado del concreto

“El curado es el proceso de mantener un contenido de humedad y una temperatura satisfactorios en el concreto durante el periodo de hidratación del material cementante, de tal manera que se desarrollen las propiedades deseadas para el concreto” (Rivva Lopez, Naturaleza y materiales del concreto, 2000)

“El curado es el procedimiento para la mantención de la temperatura y del contenido de humedad satisfactorios en el concreto por un periodo de tiempo que empieza inmediatamente después de la colocación (colado) y del acabado, esto con el objetivo de desarrollar las propiedades deseadas en un concreto”. (Steven H. Kosmatka, 2004)

2.2.1.7. Componentes del concreto

Según Abanto C. (2009), el concreto es la unión de dos componentes fundamentales que son: Ligantes (Cemento y agua) y agregados (Arena, grava, piedra chancada, confitillo u otros materiales que pueda reemplazar a estos). Para Torre C. (2004) además de los componentes mencionados, eventualmente se incorpora un componente que genéricamente se designa como aditivo que por lo general mejora o cambia alguna propiedad del concreto.



2.2.1.7.1. Cemento Pórtland

A. Definición de cemento:

Para Niño Hernández (2010) el cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión permitiendo la unión de fragmentos minerales entre sí, formado un todo compacto.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker y que, al mezclarlo con agua, forma una pasta muy plástica y que luego de fraguar, adquiere propiedades de endurecimiento y resistencia.

$$\text{Cemento Pórtland} = \text{Clinker} + \text{Yeso}$$

Según Matallana Rodríguez (2019), el cemento constituye entre el 7% y el 15% del volumen total en el concreto. La cuantía depende del tipo de cemento empleado y también de las propiedades que se quieran lograr en el concreto. Normalmente, el cemento es el componente más costoso por unidad de peso en el concreto. Por ello, uno de los objetivos perseguidos en el diseño de mezclas es optimizar su cuantía, sin sacrificar las propiedades.

B. Composición química del Cemento Portland:

TABLA 8
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND

| Compuesto | Como óxido | Límites aproximados (%) |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Cal | CaO | 60 a 67 |
| Sílice | SiO ₂ | 17 a 25 |
| Alúmina | Al ₂ O ₃ | 3 a 8 |
| Óxido de hierro | Fe ₂ O ₃ | 0,5 a 6 |
| Óxido de magnesio | MgO | 0,5 a 4 |
| Alcalis | Na ₂ O, K ₂ O | 0,3 a 1,2 |
| Anhidrido sulfúrico ^A | SO ₃ | 2 o 3,5 |

FUENTE: LIBRO "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS."

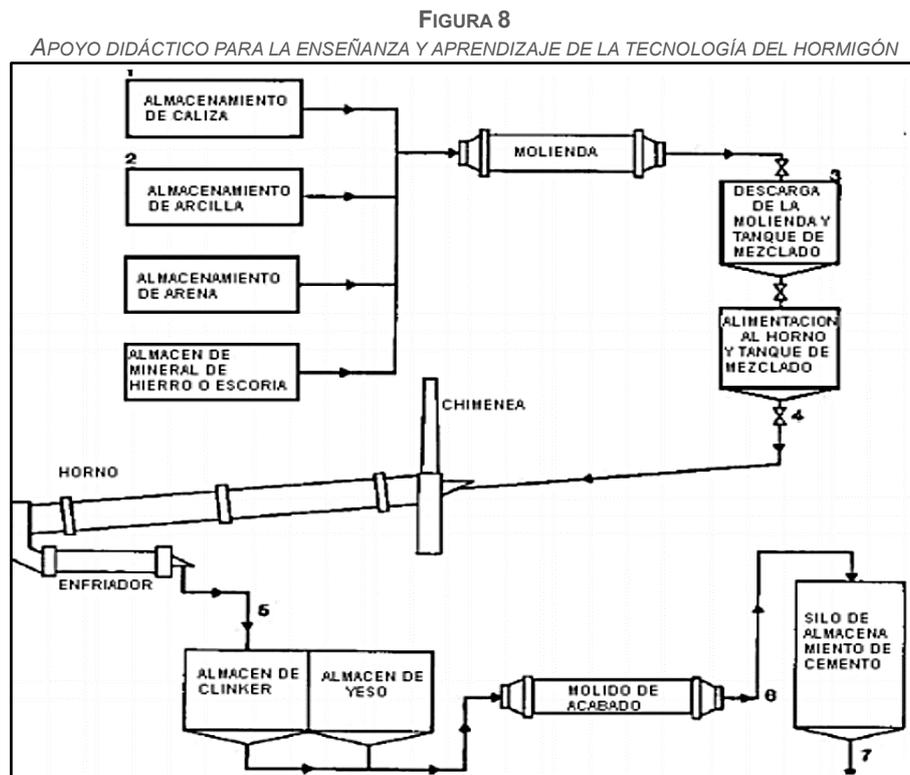
El Clinker, es un compuesto de forma granulada, con tamaños entre 5 y 65 mm, aproximadamente, formado a partir de la calcinación de caliza y arcilla a temperaturas que varían entre los 1.350 y 1.450°C formado por silicatos de calcio hidráulico y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio y aluminio (silicato tricálcico, silicato

di cálcico, aluminato tricálcico, ferro aluminato tetracálcico). como adición durante la molienda. Algunas de las propiedades de estos compuestos son:

- ✓ Silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$): Define la resistencia inicial en la semana 01 y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.
- ✓ Silicato di cálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$): Define la resistencia a largo plazo y tiene menor incidencia en el calor de hidratación.
- ✓ Aluminato tricálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$): Condiciona el fraguado rápido actuando como catalizador por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3%-6%) para controlarlo.

C. Fabricación del cemento Portland.

Para Quiroz Crespo & Salamanca Osuna (2006) los procedimientos de la fabricación del cemento son:



FUENTE: LIBRO "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS."



D. Clasificación de cementos.

- Cementos Portland Sin adición

Según Matallana Rodríguez (2019), en sentido estricto, el cemento Pórtland es lo que resulta de moler conjuntamente Clinker y yeso. Específicamente, la norma ASTM C-150 permite la inclusión hasta en 5% de caliza molida con el Clinker.

La ASTM enumera los tipos de cementos del I al V, los cuales son:

TABLA 9
TIPOS DE CEMENTOS

| Tipo de cemento | Uso | Ejemplo de uso |
|-----------------|--|---|
| I | Cuando no es requerida ninguna de las propiedades especiales de los otros cementos | Estructuras de concreto en general como vigas, columnas losas y muros, entre otras donde no son requeridas propiedades especiales de los demás cementos. |
| II | Cuando precisa moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación | Estructura de drenaje donde las concentraciones de sulfatos en aguas subterráneas son moderadas. Estructuras de masa considerable, como en muros de contención o cimentaciones masivas. Aguas freáticas o de infiltración, con moderadas concentraciones de sulfatos. |
| III | Cuando se requieren altas resistencias iniciales | En estructuras donde hay que desformaletar pronto, como estructuras industrializadas, o cuando la estructura debe ponerse al servicio rápidamente. |
| IV | Cuando es necesario bajo calor de hidratación | Para estructuras de concreto masivo, como grandes presas, donde existen altas diferencias de temperatura entre el interior y la parte externa de la estructura. |
| V | Cuando necesita alta resistencia a los sulfatos | Para estructuras en contacto con suelos o aguas con alto contenido de sulfatos. |

FUENTE: NORMA ASTM

- Cementos Portland con adición

Según la NTP 334.090 Es un cemento Pórtland hidráulico al que se agrega en el momento de la molienda del Clinker, una cantidad de puzolana natural activa. Según Matallana Rodríguez (2019), Los cementos adicionados provienen del cemento Pórtland mezclada con



una o más adiciones con puzolanas u otros materiales inorgánicos (escorias, caliza, etc.), que, en forma conjunta o independiente, contribuyen a desarrollar las propiedades del cemento

La norma ASTM C595 Clasifica a los cementos adicionados o mezclados de la siguiente manera:

TABLA 10
CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS ADICIONADOS O MEZCLADOS

| Denominación | Tipo | Propiedades y usos |
|---|-------|--|
| Cemento Portland de escoria de alto horno | IS | Para la construcción de concreto en general. El contenido de escoria puede variar entre el 25% y 70% de la masa de cemento. Opcionalmente pueden incluir aire (A), de moderada resistencia a los sulfatos (MS) O moderado calor de hidratación (MH). Ejemplo: cemento Portland con escoria de alto horno con inductor de aire 1S-A(MS) |
| Cemento Pórtland puzolánico | IP | Para uso de la construcción en general. El contenido de Puzolana puede estar entre 15% y 40% de la masa de cemento. Opcionalmente pueden incluir aire (A), de moderada resistencia a los sulfatos (MS) O moderado calor de hidratación (MH). Puede ser la combinación de cemento de alto horno y puzolana. |
| | P | Para construcciones que no requieren altas resistencias iniciales. El contenido de Puzolana puede estar entre 15% y 40% de la masa de cemento. Es posible especificar con bajo calor de hidratación (LH), moderada resistencia a los sulfatos (MS) o aire incorporado (A). Puede ser la combinación de cemento de alto horno y puzolana. |
| Cemento Pórtland modificado con puzolana | I(PM) | Para construcciones de concreto en general. Su fabricación está dada al combinar cemento Portland o cemento Pórtland de alto horno y una puzolana. El contenido de Puzolana es menor al 15% de la masa de cemento. Se pueden especificar con inductor de aire (A), Con moderada resistencia a los sulfatos (MS) O moderado calor de hidratación (MH). |
| Cemento de escoria o siderúrgico | S | Se fabrica mezclando escoria granulada de entorno. Con cemento Pórtland o con sal hidratada, Se usa con el cemento Portland para la elaboración de concreto, o con cal, para la elaboración de mortero. El contenido mínimo de escoria es de 70% y se puede especificar con aire incluido (A). Ejemplo S-A. |
| Cemento Pórtland modificado con escoria | I(SM) | Para la construcción de concreto en general. Se fabrica combinando escoria granulada de alto horno finamente molida con cemento Pórtland. El contenido de Escoria es menor al 25% de la masa del cemento. Se pueden especificar cómo incluso de aire (A), De moderada resistencia a los sulfatos (MS) o moderado calor de hidratación (MH); ejemplo: 1(SM)-A (MH). |

FUENTE: NORMA ASTM C595



- Cemento Portland multipropósito YURA IP (Usado en la investigación):

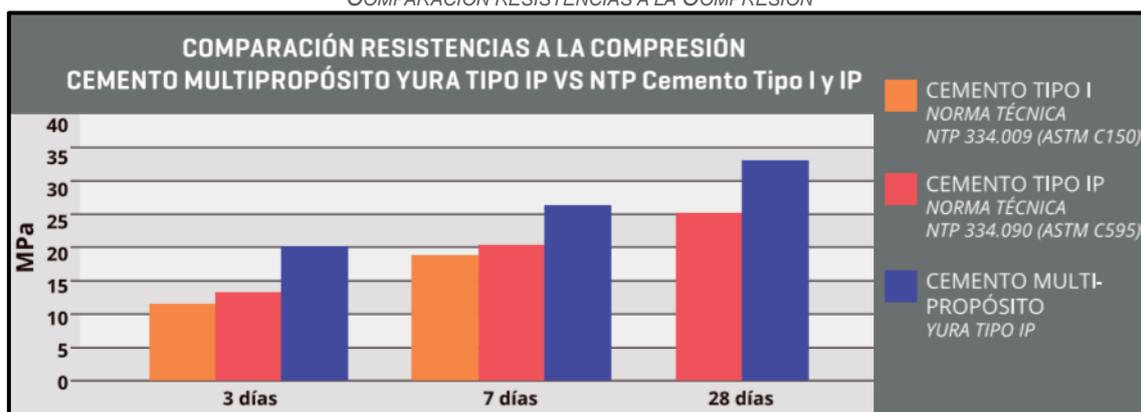
Según la ficha técnica de la empresa Cementos YURA S.A, El cemento portland IP es de uso multipropósito, fabricada a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Este producto puede ser usado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente en obras de alta exigencia de durabilidad. Debido a su contenido de puzolana natural, el cemento hace que desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que otros cementos ofrecen.

TABLA 11
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO IP

| REQUISITOS | CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP | | REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595 | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------|---|-----|
| REQUISITOS QUÍMICOS | | | | |
| MgO (%) | | | 6.00 Máx. | |
| SO ₃ (%) | 1.5 a 3.0 | | 4.00 Máx. | |
| Perdida por ignición (%) | 1.5 a 4.0 | | 5.00 Máx. | |
| REQUISITOS FÍSICOS | | | | |
| Peso Específico (gr/cm ³) | 2.75 a 2.85 | | - | |
| Expansión en autoclave (%) | 0.07 a 0.03 | | -0.20 a 0.80 | |
| Fraguado Vicat inicial (minutos) | 170 a 270 | | 45 a 420 | |
| Contenido de aire | 2.5 a 8.0 | | 12 Máx | |
| Resistencia a la compresión | kgf/cm ² | Mpa | kgf/cm ² | Mpa |
| 3 días | 175 a 200 | 17.1 a 19.6 | 133 Mín. | 13 |
| 7 días | 225 a 255 | 22 a 25 | 204 Mín. | 20 |
| 28 días | 306 a 340 | 30 a 33.3 | 255 Mín. | 25 |
| Resistencia a los sulfatos | % | | % | |
| % Expansión a los 6 meses | < 0.04 | | 0.05 Máx. | |
| % Expansión a 1 año | < 0.05 | | 0.10 Máx. | |

FUENTE: CEMENTOS YURA S.A

FIGURA 9
COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN



FUENTE: CEMENTOS YURA S.A



- Cementos Portland por desempeño

En los 90's se crearon las especificaciones de desempeño para los cementos hidráulicos ASTM C-1157, Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos (Performance Specification for Hydraulic Cements).

“Son cementos que no tienen restricciones para su composición química o sus constituyentes, con exigencias en propiedades de comportamiento que son predominantemente físicas, tales como resistencia, tiempo de fraguado, expansión por autoclave, entre otras.” (Matallana, 2019)

Según la NTP 334.082 los cementos por desempeño o Especificación de la Performance, se clasifican en:

TABLA 12
CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS POR DESEMPEÑO

| Denominación NTC 121 (ASTM C1157) | Tipo de Cemento | Ejemplos de uso |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--|
| UG (GU) | Uso general | Para uso en estructuras en general, pavimentos, pisos, losas, prefabricados y en general, en todas las aplicaciones donde no sean requeridas las propiedades especiales de los otros tipos de cemento. |
| ART (HE) | Alta resistencia temprana | Para estructuras que requieren menor tiempo en formaleta, o donde es necesario poner en uso la estructura en menor tiempo, concreto pre esforzado prefabricados. |
| MRS (MS) | Moderada resistencia a los sulfatos | Estructuras de drenaje, tuberías, plantas de tratamiento del agua y en contacto con aguas freáticas con baja concentración de sulfatos. |
| MCH (MH) | Moderado calor de hidratación | Estructuras medianamente masivas donde es prudente controlar el aumento de temperatura. |
| ARS (HS) | Alta resistencia a los sulfatos | Para estructuras en contacto con aguas o suelos con alto contenido de sulfatos como suelos con altas concentraciones de yeso. |
| BCH (LH) | Bajo calor de hidratación | Para estructuras consideradas masivas, en donde la diferencia de calor entre el interior y el exterior supera los 20 C°, como presas y cimentaciones masivas. |

FUENTE: NORMA NTP 334.082

En general podemos ilustrar la clasificación de cementos con lo siguiente:



TABLA 13
CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO Y APLICACIONES

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

FUENTE: NORMA NTP 334.082

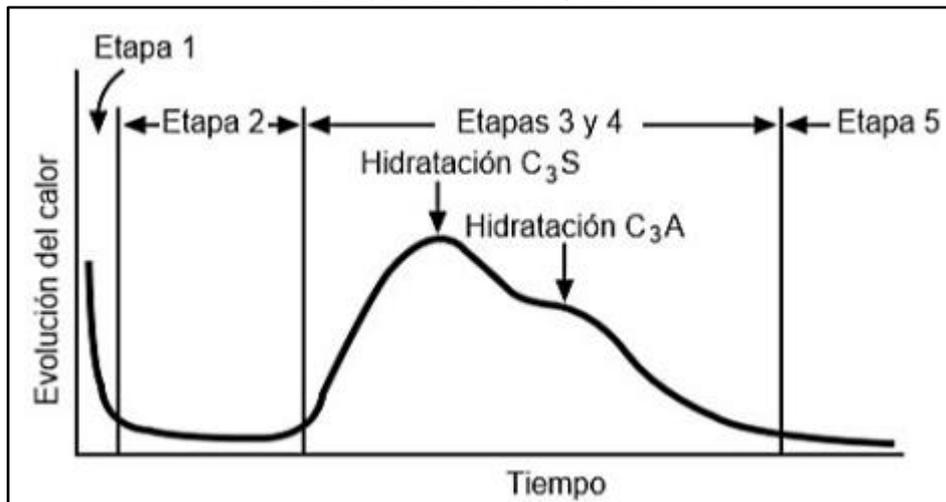
E. Etapas del proceso de hidratación del cemento:

- Calor de Hidratación

Para Abanto Castillo F. (2009) antes del proceso de endurecimiento completo, se producen reacciones que generan calor. Cuando las secciones son pequeñas el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse fácilmente, resulta un factor a tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a los 50°C, algunos investigadores han observado temperaturas mayores. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de ésta, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras.

Los cementos no generan calor a una tasa constante; la producción de calor durante la hidratación de un cemento portland tipo I (ASTM C 150).

FIGURA 10
EVOLUCIÓN DEL CALOR VS TIEMPO



FUENTE: NORMA NTP 334.082

- Fraguado

Para Rivva Lopez, E. (2000) cuando el cemento entra en contacto con el agua, ocurren una serie de reacciones químicas que producen y ocasionan cambios a la estructura interna de la pasta, conservando la mezcla en un estado plástico, durante un periodo de tiempo hasta alcanzar la etapa del endurecimiento, a este periodo se denomina fraguado. Lo ideal del fraguado es que no sea ni muy lenta ni tan rápida,

- Endurecimiento

En esta etapa se produce el aumento paulatino de resistencia del cemento hidratado en función del tiempo. Este fenómeno se produce después de la etapa del fraguado, y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes, la reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continúa de manera indefinida". (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.1.7.2. Agregados

1. Definición de agregado:

Para Torre C. (2004), antiguamente se decía que los agregados eran elementos que no intervenían de manera directa dentro de las reacciones químicas que ocurren en el concreto, actualmente se establece que este material, al ser el componente de mayor cantidad (alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del concreto), es el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.



Según la NTP 400.011 es el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial, que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cubica del concreto.

Para Sánchez de Guzmán D. (2001), los agregados, también llamados “Áridos”, son aquellos materiales granulados de origen natural o artificial, que, mezclados y aglomerados con el cemento y en presencia de agua, forman un todo compacto denominado concreto, este componente posee propiedades y características importantes que garantizan una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. Para Niño H. (2010) la calidad de los agregados está determinada por el origen, distribución granulométrica, densidad, forma, superficie entre otros.

2. Funciones de los agregados

“Proporcionar una masa de partículas capaces de resistir las acciones mecánicas o de desgaste, que puedan actuar sobre el comportamiento negativo del concreto” (Rivva Lopez, Naturaleza y materiales del concreto, 2000)

“Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cubica de concreto” (Rivva Lopez, Naturaleza y materiales del concreto, 2000)

“Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado, o de calentamiento de la pasta” (Rivva Lopez, Naturaleza y materiales del concreto, 2000)

3. Clasificación de los agregados:

A. Según su origen o procedencia:

i. Agregados Naturales:

Para Niño H. (2010), los áridos o agregados naturales se obtienen de la explotación de depósitos o canteras, depósitos de intemperismo (arenas y gravas), o son productos de arrastre de ríos (canto rodado).



ii. Agregados Artificiales:

“Son los obtenidos a partir de productos y procesos industriales. Son usados para propósitos especiales como en la elaboración de concretos livianos, donde es posible utilizar agregados de arcilla termoexpandida, ladrillo triturado, escorias de alto horno granuladas”. (Matallana, 2019)

B. Según su tamaño:

i. Agregados Finos:

Según Rivva Lopez (2000) es aquel agregado que pasa completamente el tamiz 3/8” y como mínimo en un 95% el Tamiz N°4.

ii. Agregados gruesos:

Asimismo, Rivva Lopez (2000) indica que se denomina como agregado grueso a aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N°4

TABLA 14
DENOMINACIÓN DEL AGREGADO SEGÚN EL TAMIZ RETENIDO

| Tamaño (mm) | Tamiz | Denominación | Clasificación | Uso en el concreto |
|---------------|-------------|--------------|-------------------|--------------------|
| < 0.002 | < N°200 | Arcilla | Fracción muy fina | No recomendable |
| 0.002 - 0.074 | N°200 | Limo | Agregado fino | Recomendable |
| 0.075 - 4.76 | N°200 - N°4 | Arena | Agregado grueso | Recomendable |
| 4.76 - 19.1 | N°4 - 3/4" | Gravilla | | |
| 19.1 - 50.8 | 3/4" - 2" | Grava | | |
| 50.8 - 152.4 | 2" - 6" | Piedra | | |
| > 152.4 | > 6" | Piedra bola | | |

FUENTE: “NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO”

C. Según su densidad

Según Torre C. (2004) Los agregados pueden clasificarse en agregados ligeros, normales y pesados, esto es:

i. Ligeros, (Gs < 2.5.)

Se utilizan para producir concreto aislante, para unidades de mampostería o estructural ligero que pesa entre 400 y 2000 kg/m³. Entre algunos agregados ligeros tenemos: la



arcilla esquistosa y la expandida, la escoria expandida, la Vermiculita, la Perlita, la Piedra Pómez y las Cenizas

ii. Normales, ($2.5 < G_s < 2.75$)

Los materiales principales que se usan en el concreto de peso normal, por lo común de 2300 a 2500 kg/m³, incluyen las arenas y gravas, roca triturada y escoria siderúrgica. Las rocas trituradas de uso más común son el Granito, Basalto, Arenisca, Piedra Caliza y Cuarcita.

iii. Pesados, ($G_s > 2.75$.)

Los agregados pesados, como la Magnetita, la Barita o el Hierro de desecho, se usan para producir concreto de 2900 a 3500 kg/m³, utilizado para blindaje contra la radiación y para contrapesos de concreto.

4. Características de los agregados

A. Características químicas de los agregados:

Pasquel Carbajal (1998) , Afirma que los agregados o áridos son altamente resistentes a los ataques químicos, debido a su condición de material inorgánico, sin embargo, existe una forma de ataque químico sobre los agregados producida por la reacción de ciertos agregados con los álcalis del cemento produciendo compuestos expansivo.

B. Características físicas de los agregados:

Pasquel Carbajal (1998), menciona que entre las principales características físicas de los agregados se encuentran:

- Resistencia
- Porosidad
- Densidad
- Humedad
- Gradación (granulometría)
- Peso Unitario
- Peso específico
- Absorción

Todas estas propiedades fueron reguladas, descritas y desarrolladas bajo las especificaciones de las normas que competen a esta investigación:

TABLA 15
ENSAYOS REALIZADOS Y NORMAS QUE LAS REGULAN

|  Universidad Andina del Cusco | NORMATIVA DE ENSAYOS | | |  |
|--|----------------------------|------------|--------------|---|
| DATOS ESPECÍFICOS | | | | |
| Responsables | Eyner G. Huanca Medina | | | |
| | Anghelo J.P. Palma Rimachi | | | |
| Ensayos Realizados | NTP | MTC | ASTM | |
| Granulometría Ag. Grueso | NTP 400.012 | MTC E 204 | ASTM-C136 | |
| | NTP 400.037 | | ASTM-C33 | |
| Granulometría Ag. Fino | NTP 400.012 | MTC E 204 | ASTM-C136 | |
| | NTP 400.037 | | ASTM-C33 | |
| % de Humedad - Ag. Grueso | NTP 339.185 | MTC E 108 | ASTM-D2216 | |
| % de Humedad - Ag. Grueso | NTP 339.185 | MTC E 108 | ASTM-D2216 | |
| P.U.S Y P.U.C. -Ag. Grueso | NTP 400.017 | MTC E 203 | ASTM-C29 | |
| P.U.S Y P.U.C. -Ag. Fino | NTP 400.017 | MTC E 203 | ASTM-C29 | |
| Peso Específico - Ag. Grueso | NTP 400.021 | MTC E 206 | ASTM-C127 | |
| Gravedad Específica - Ag. Fino | NTP 400.022 | MTC E 205 | ASTM-C128 | |
| Elaboración y curado de especímenes de concreto en Lab. | NTP 339.183 | MTC E 702 | ASTM-C192 | |
| Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos | NTP 339.034 | MTC E 704 | ASTM-C39-39M | |
| Asentamiento del concreto SLUMP | NTP 339.035 | MTC E 705 | ASTM-C143 | |
| Diseño de mezcla | Comité ACI 211.1 | | | |
| Módulo de elasticidad | | | ASTM-C469 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

I. RESISTENCIA:

Según Torre C. (2004), la resistencia de los agregados depende de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

Según la NTP 400.019, el método para determinar la resistencia mecánica del agregado se utiliza la máquina de los Ángeles, que consisten en someter un agregado a la abrasión, desgaste, impacto y trituración en un tambor de acero rotatorio que contiene un determinado número de esferas metálicas. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto.



II. POROSIDAD:

Según la investigación de Torre C. (2004) el término porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado. La porosidad es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

III. HUMEDAD

Según la NTP 339.185, MTC E-108 y ASTM D2216 , se define a la humedad como la cantidad de agua retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla y se expresa con la siguiente relación:

$$P = \frac{100 * (W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en %

W = Masa de la muestra húmeda original en gr.

D = Masa de la muestra seca en gr.

Los procedimientos para calcular el contenido de humedad de los agregados, fueron desarrollados en el capítulo III, de la presente investigación.

IV. GRANULOMETRIA

Según (Matallana Rodríguez 2019), nos referimos como granulometría, a la distribución en el tamaño de las partículas en una determinada cantidad de masa de agregado.

La elaboración de un buen concreto debe contener partículas de agregado con todos los tamaños, con el objetivo de ocupar los espacios vacíos dejados por las partículas más grandes.

Asimismo, el autor menciona que, la granulometría es, tal vez, la propiedad mas importante de los agregados, ya que sus variaciones pueden afectar en gran medida la uniformidad de una mezcla. A la hora de dosificar concreto, si las arenas tienen un alto contenido de fracción fina, requieren una mayor cantidad de cemento; mientras que en gravas muy gruesas y con poca arena, se producen mezclas poco trabajables. En general se debe procurar optar por

granulometrías sin excesos ni defectos de cualquier tamaño a esto llamamos la propiedad de tener una buena gradación.

FIGURA 11
GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en las normas NTP 400.012, MTC E-204 y ASTM C136, que establecen el método para determinar la distribución por tamaño de las partículas de los agregados fino y grueso (Análisis granulométrico). Esta normativa indica que una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas. Los tamices son un conjunto de bandejas con abertura cuadrada de distintos tamaños normalizados, por los cuales pasara o se retendrán cantidades de agregado; los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

TABLA 16:
DENOMINACIÓN DEL TAMIZ VS SU ABERTURA EN PULGADAS O MILÍMETROS

| DENOMINACIÓN DEL TAMIZ | ABERTURA EN PULGADAS | ABERTURA EN MILÍMETROS |
|------------------------|----------------------|------------------------|
| 3" | 3 | 75 |
| 1 1/2" | 1.5 | 37.5 |
| 3/4" | 0.75 | 19 |
| 3/8" | 0.375 | 9.5 |
| Nro. 4 | 0.187 | 4.75 |
| Nro. 8 | 0.00937 | 2.36 |
| Nro. 16 | 0.0469 | 1.8 |
| Nro. 30 | 0.0234 | 0.59 |
| Nro. 50 | 0.0117 | 0.295 |
| Nro. 100 | 0.0059 | 0.1475 |
| Nro. 200 | 0.0023 | 0.0737 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 12
TAMICES PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Definiciones:

- **MODULO DE FINEZA:** Es la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en la serie de tamices especificados que cumplen con la relación 1:2, desde el tamiz 150 μm (N° 100) hasta el tamiz 4,75 mm (N° 4) y dividido por 100. Sirve para determinar el grado de finura de un agregado, según los requisitos establecidos en la norma, su valor debe oscilar entre 2.3 y 3.1. Se determina mediante la siguiente relación:

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{Ret. acum. (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

Según Montejo Fonseca (2002) clasifica al agregado fino, según el módulo de fineza.

TABLA 17
PARÁMETROS DEL MÓDULO DE FINURA

| Módulo de Finura | Agregado Fino |
|------------------|--------------------|
| < 2.00 | Muy Fino |
| 2.00 - 2.30 | Fino |
| 2.30 - 2.60 | Ligeramente Fino |
| 2.60 - 2.90 | Mediano |
| 2.90 - 3.20 | Ligeramente Grueso |
| 3.20 - 3.50 | Grueso |
| > 3.50 | Muy grueso |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **TAMAÑO MÁXIMO:** Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado. Para Matallana Rodríguez (2019), Aplica para el agregado grueso. Es la abertura del menor tamiz que permite el paso del 100% de la muestra.



- TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL: Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido. Matallana Rodríguez (2019), afirma que el tamaño máximo nominal Se define como el tamiz que le sigue en abertura mayor a la de aquel, cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más.

V. DENSIDAD - PESO UNITARIO

“Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.” (Torres Carrillo, 2004)

Según la ASTM C 29 y NTP 400.017, el Peso Unitario se define como el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, incluyendo los vacíos y se determina de os formas, de manera suelta y compactada utilizando una varilla de 5/8”. Para determinar el valor numérico del Peso Unitario se utiliza la siguiente relación:

$$P.U.(\text{Suelto o compactado}) = \frac{\text{Peso de la muestra (gr)}}{\text{Volumen del molde (cm}^3\text{)}}$$

Para Pasquel Carbajal (1998), el valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1,500 y 1,700 kg/m³.

El procedimiento para determinar este parámetro fue desarrollado en el capítulo III de la presente investigación.

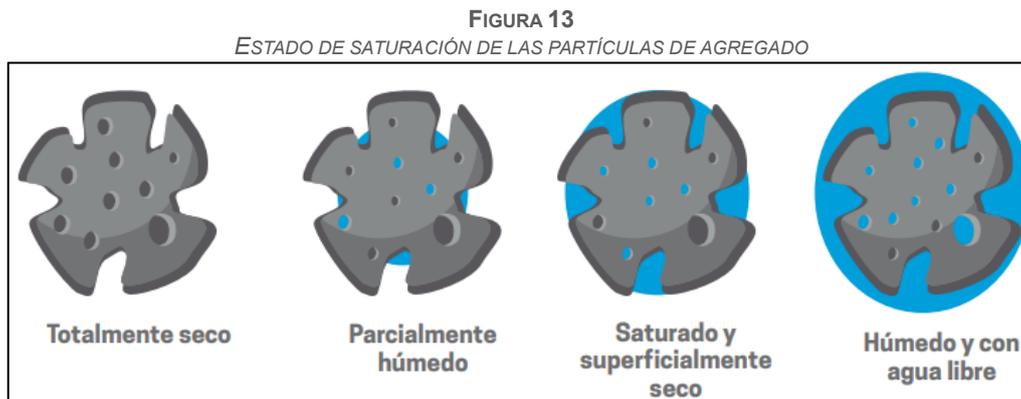
VI. PESO ESPECÍFICO

Es un parámetro que resulta de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas NTP 400.021 - ASTM C-127 para el agregado fino, y NTP 400.022 – ASTM C-128 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio. Las fórmulas para determinar estos valores, así como el procedimiento, son desarrollados en el capítulo III de la presente investigación.

VII. ABSORCIÓN

Matallana Rodríguez (2019), Define a la Absorción como la capacidad de absorber una determinada cantidad de agua de un material para ser depositado en sus poros. También se refiere al incremento en la masa, por la penetración de líquidos en los poros permeables, a este proceso se denomina como saturación del agregado.

Las partículas de agregado pueden tener alguno de los siguientes cuatro estados de saturación.



FUENTE: EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

La determinación de este parámetro está establecida en la norma NTP 400.021 - ASTM C-127 para el agregado fino, y NTP 400.022 – ASTM C-128 para el agregado grueso, y se obtiene mediante la siguiente relación:

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A = peso en el aire de la muestra seca

B = peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire

C = peso en el agua de la muestra saturada

El procedimiento para determinar este parámetro, es desarrollado en el capítulo III de la presente investigación.

5. Requisitos de cumplimiento para los agregados:

Los agregados finos y gruesos destinados a la preparación de concreto, deberán cumplir con los requisitos establecidos en la NTP 400.037.

- a) Con respecto a los límites de gradación: (Husos granulométricos):



TABLA 18
HUSOS GRANULOMÉTRICOS

| HUSO | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | 100 mm (4 in.) | 90 mm (3 1/2 in.) | 75 mm (3 in.) | 63 mm (2 1/2 in.) | 50 mm (2in.) | 37.5 (1 1/2 in.) | 25 mm (1 in) | 19 mm (3/4 in.) | 12.5 mm (1/2 in.) | 9.5 mm (3/8 in.) | 4.75 mm (N°4) | 2.36 mm (N°8) | 1.18 mm (N°16) | 300 um (N°50) |
|------|-------------------------------------|----------------|-------------------|---------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|-------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1 | 90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.) | 100 | 90 a 100 | - | 25 a 60 | - | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.) | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 50 mm a 25 mm (2 a 1 in.) | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - |
| 357 | 50 mm a 4.75 mm (2 in. a N°4) | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 35 a 70 | - | 10 a 30 | - | 0 a 5 | - | - | - |
| 4 | 37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a 3/4 in.) | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 467 | 37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. A N°4) | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 35 a 70 | - | 10 a 30 | 0 a 5 | - | - | - |
| 5 | 25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 56 | 25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 57 | 25 mm a 4.75 mm (1 in. a N°4) | - | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 25 a 60 | - | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 6 | 19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 25 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 67 | 19 mm a 4.75 mm (3/4 in. a N°4) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | - | 25 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 7 | 12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in. a N°4) | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - |
| 8 | 9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in. a N°8) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | - |
| 89 | 9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N°16) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9 | 4.75 mm a 1.18 mm (N°4 a N°16) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

FUENTE: NTP 400.037.

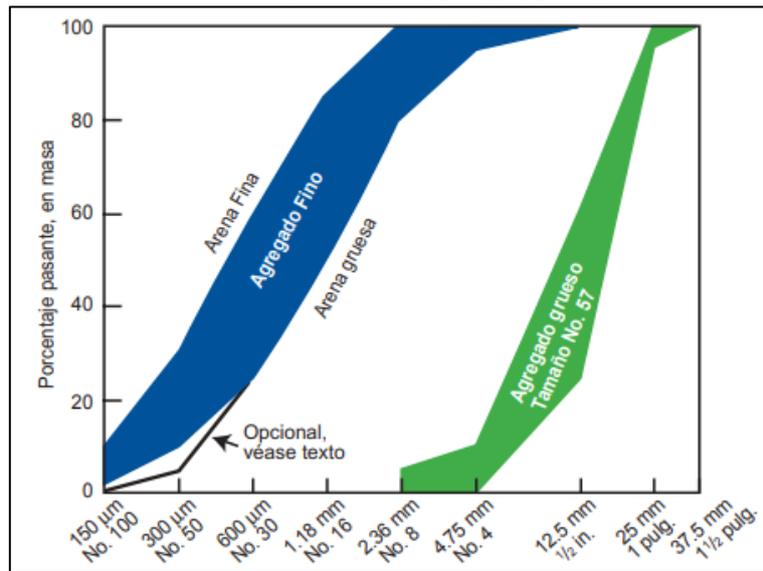


TABLA 19
TAMIZ VS % QUE PASA

| TAMIZ | PORCENTAJE QUE PASA |
|------------------|---------------------|
| 9.5 mm (3/8 in.) | 100 |
| 4.75 mm (N°4) | 95 a 100 |
| 2.36 mm (N°8) | 80 a 100 |
| 1.18 mm (N°16) | 50 a 85 |
| 600 um (N°30) | 25 a 60 |
| 300 um (N°50) | 05 a 30 |
| 150 um (N°100) | 0 a 10 |

FUENTE: NTP 400.037.

TABLA 20
% PASANTE VS NÚMERO DE MALLA DE TAMIZ



FUENTE: NTP 400.037.

- b) Con respecto a las sustancias dañinas: Se prescribe también que lo agregados con deben contener más de los porcentajes máximos permitidos de:

TABLA 21
TIPO DE PARTÍCULAS% MÁXIMO PERMITIDO EN LOS AGREGADOS

| Descripción | Agregados | |
|--------------------------------------|-----------|--------|
| | Fino | Grueso |
| Partículas deleznales | 3% | 5% |
| Material más fino que el tamiz N°200 | 5% | 1% |
| Carbón y lignito | 0.5 | 0.50% |

FUENTE: NTP 400.037.

- c) Con respecto al contenido de materia orgánica: El agregado fino y grueso no debe contener materia orgánica alguna.



TABLA 22
TIPO DE RESISTENCIA MECÁNICA VS 5 MÁXIMO

| Tipo de Resistencia Mecánica | % Máximo |
|----------------------------------|----------|
| Abrasión (Método de los Ángeles) | 50 |
| Impacto | 30 |

FUENTE: NTP 400.037.

- d) Con respecto a la resistencia mecánica: Los agregados gruesos deben presentar los siguientes parámetros con respecto a la abrasión e impacto.
- e) El agregado fino no debe tener más del 45% que pasa en alguna malla y retenida en la siguiente malla consecutiva, y su módulo de fineza no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1.
- f) El agregado grueso utilizado en concretos sujetos permanentemente a la acción de la humedad o contacto con suelos húmedos, no debe ser reactivo ya que se combinaría químicamente con los álcalis de cemento, por cuanto se produciría expansiones excesivas en el concreto o mortero.
- g) El límite máximo para el material que pasa la malla N°200, no deberá ser mayor del 3% con respecto a la masa total del agregado, al momento de realizar la granulometría.
- h) En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:
- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
 - Un tercio de la altura de las losas.
 - Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o duetos de presfuerzo.

2.2.1.7.3. Agua

Para Niño Hernández (2010), el agua, como componente del concreto, es el encargado de hidratar a las partículas de cemento, y hace que estas reaccionen químicamente para desarrollar propiedades aglutinantes. Al mezclarse con el cemento se produce la pasta, la cual puede ser más o menos fluida, según la cantidad de agua que se agregue. Al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado, parte del agua permanece en la estructura rígida de la pasta (agua de hidratación), y el resto es agua evaporable.



Según Matallana Rodríguez (2019), El agua de conforma, aproximadamente, el 15% en volumen del concreto. Cumple dos funciones básicas, que son:

- Hidratar al cemento para que desarrolle sus propiedades aglutinantes.
- Proporciona fluidez a la mezcla (manejabilidad) en estado fresco.

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, (2004), para todo grupo de materiales y condiciones de curado, la calidad del concreto endurecido es fuertemente influenciada por la cantidad de agua usada con relación a la cantidad de cemento. Cuando grandes cantidades de agua son innecesariamente empleadas, ellas diluyen la pasta de cemento (la cola o pegamento del concreto).

Para Torre C. (2004) El agua potable de uso común y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, menciona también que en nuestro país es muy frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras que no se encuentran dentro de la ciudad.

La NTP 339.088 establece los límites permisibles para el agua de mezcla y curado.

TABLA 23
LÍMITES PERMISIBLES PARA EL AGUA DE MEZCLA Y CURADO

| DESCRIPCIÓN | LÍMITE PERMISIBLE |
|---|-------------------|
| Sólidos en suspensión (residuo insoluble) | 5,000 ppm Máximo |
| Materia Orgánica | 3 ppm Máximo |
| Alcalinidad (NaHCO ₃) | 1,000 ppm Máximo |
| Sulfatos (ión SO ₄) | 600 ppm Máximo |
| Cloruros (ión Cl ⁻) | 1,000 ppm Máximo |
| pH | 5 a 8 Máximo |

FUENTE NTP 339.088

Requisitos del comité 318 del ACI para el agua

- El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.
- No deberá emplearse en el concreto aguas no potables, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.



- La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.
- Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable.

Para los ensayos realizados al agua, se consideran los siguientes:

- Normas: NTP 339.070: Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Pórtland.
- NTP 339.071: Ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas.
- NTP 339.072: Método de ensayo para determinar por oxidabilidad el contenido de materia orgánica de las aguas.
- NTP 339.073: Método de ensayo para determinar el ph de las aguas.
- NTP 339.074: Método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas.
- NTP 339.075: Método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas.
- NTP 339.076: Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas.

2.2.1.7.4. Aditivos

Según la Norma ASTM C 125, define al aditivo como “un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”. Sin embargo, la NTP 339.086, define a los aditivos como compuestos añadidos a los componentes fundamentales del concreto con el fin de modificar alguna de sus propiedades a favor de lo solicitado, como mejorar su trabajabilidad, aumentar su resistencia a compresión o tracción, disminuir los costos de producción, protección del concreto, modificar el tiempo de fragua, etc.

1. Clasificación:

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A: Reductores de agua (plastificantes).
- TIPO B: Retardadores de fragua.



- TIPO C: Acelerantes de fragua.
- TIPO D: Reductores de agua -retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.
- TIPO F: Super Reductores de agua (superplastificantes)
- TIPO G: Super Reductores de agua - acelerantes.

2. **Razones de Empleo:**

Según Abanto Castillo F. (2009) los aditivos son utilizados principalmente para mejorar una o varias de las siguientes características del concreto:

Aumentar la trabajabilidad, sin modificar el contenido del agua.

Retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.

Acelerar el desarrollo de la resistencia en la primera edad.

Modificar la velocidad de producción de calor de hidratación.

Reducir la exudación y sangrado.

Incrementar la durabilidad o resistencia en condiciones severas de exposición.

Reducir la permeabilidad a los líquidos.

Disminuir la segregación. •Reducir la contracción.

Incrementar la adherencia del concreto viejo y nuevo.

Mejorar la adherencia del concreto con el refuerzo.

3. **Propiedades del concreto con aditivos**

Según Niño Hernández (2010), indica que, en general, el concreto con aditivos es mas durable, resistente y que tiende a agrietarse menos que un concreto sin incorporación de este. Asimismo, menciona que las propiedades modificables del concreto con incorporación de aditivos, puede darse en tres etapas:

a) En estado fresco:

- Aumento de la manejabilidad para el mismo contenido de agua o disminución del contenido de agua para la misma manejabilidad.



- Reducción de la segregación por mayor cohesividad de Aumento de la bombeabilidad, lo que implica menor flujo.
- Aumento del tiempo de manejabilidad.
- b) Durante el fraguado:
 - Retardo o aceleramiento del fraguado del concreto.
 - Retardo o reducción en la generación de calor de hidratación.
 - Reducción o prevención de las grietas por contracción.
 - Control de la exudación o sangrado.
- c) En estado endurecido:
 - Aumento de resistencia en todas las edades.
 - Aumento de resistencia a compresión, flexión y tracción.
 - Aumento de la durabilidad o resistencia a condiciones severas de exposición. Disminución de la permeabilidad.
 - Control de la expansión causada por la reacción Alkali-Agregado.

4. **Aditivo Superplastificante (ASTM C-494)**

Según Sánchez de Guzmán D. (2001) los aditivos superplastificantes, son también llamados reductores de agua de alto rango, que cuando se adicionan a un concreto normal, le aporta mayor trabajabilidad. Para Torre C. (2004), este tipo de aditivos se adicionan a concretos bajos en la relación agua-cemento, para producir concretos muy fluidos y trabajables y estos pueden ser colocados con poca o ninguna vibración y compactación. Entre las principales aplicaciones tenemos:

- Colocación de concreto en secciones delgadas.
- Estructuras con altas densidades de aceros y espaciamientos cercanos.
- Concretos bajo el agua.
- Concreto bombeable para disminuir la presión de la bomba
- Incrementando la distancia de bombeo.



Según Sánchez de Guzmán D. (2001) los plastificantes también ayudan a que la absorción de agua por parte de los agregados, no afecte de manera significativa en la relación agua cemento, sin causar problemas de retardo de fraguado o exceso de inclusión de aire. Sin embargo, Niño Hernández (2010), agrega que los aditivos superplastificantes dispersan las partículas de cemento mediante la reducción de la atracción entre ellas evitando su aglutinación o formación de coágulos, con lo cual se logra:

- Mejor fluidez en la pasta.
- Menor segregación de los agregados.
- Mayor resistencia mecánica.
- Menor porosidad.
- Menor permeabilidad.
- Mayor resistencia a la penetración de químicos.
- Evita el aumento de la exudación.

ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Sikacem® (Usado en la investigación)

a) Descripción:

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

b) Usos:

SikaCem® Plastificante es recomendable para:

- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
- Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

c) Características y ventajas:

En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.



- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado en un 15% aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden de más del 15%.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero

TABLA 24
INFORMACIÓN DEL PRODUCTO -SIKACEM® PLASTIFICANTE

| INFORMACIÓN DEL PRODUCTO | |
|---------------------------------|--|
| Base Química | Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos. |
| Empaques | <ul style="list-style-type: none"> •Envases PET X 4L •Líquido marrón oscuro |
| Apariencia/Color | Líquido marrón oscuro |
| Vida Útil | 1 año |
| Condiciones de Almacenamiento | En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre +5°C y +30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa. |
| Densidad | 1.2 +/- 0.02 |

FUENTE FICHA TÉCNICA DE SIKACEM®

TABLA 25
INFORMACIÓN DE APLICACIÓN -SIKACEM® PLASTIFICANTE

| INFORMACIÓN DE APLICACIÓN | |
|----------------------------------|--|
| Dosificación Recomendada | <ul style="list-style-type: none"> •Como plastificante 250 ml por bolsa de cemento de 42.5 kg. •Como súper plastificante hasta 500 ml por bolsa de cemento de 42.5 kg. |

FUENTE FICHA TÉCNICA DE SIKACEM®



FIGURA 14
SIKACEM® PLASTIFICANTE



FUENTE GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

2.2.2. Cascote

Llamado también agregado reciclado. Según Rivva se han hecho investigaciones para determinar la eficacia de los materiales reciclados o productos de desecho para la elaboración de concreto, dichas investigaciones llegan a concluir que tal uso puede ser atractivo desde el punto de vista económico, así como de protección de medio ambiente. Asimismo, el autor menciona que los desechos de construcción pueden contener cantidades inconvenientes de ladrillo, vidrio, materiales que contiene algún tipo de reactivos o materiales de pobre calidad, es por eso que deben tomarse las precauciones necesarias para emplearlos como agregados.

Los agregados elaborados con material reciclado pueden tener una gran cantidad de propiedades físicas o químicas no deseables, es por eso que para emplearlos, es recomendable la aplicación de pruebas y ensayos continuos, con el objetivos de verificar que cumplan los requisitos mínimos que posee un agregado tradicional.

2.2.2.1. Agregados de concreto reciclado (ACR)

Según el Portal 360 en concreto, (2013) El agregado reciclado de concreto (ACR) no es otra cosa que la utilización como agregado de un concreto que ha sido previamente usado en otra obra que fue demolida y en la industria no serían más que escombros. En otras investigaciones de países avanzados se demostró que el agregado reciclado es una alternativa más al momento de construir. “La obtención de agregados de concreto reciclado se da como fruto de la trituración del concreto proveniente de la demolición de estructuras o del concreto sobrante de algunos procesos en que muchas veces se solidifica y se dispone como escombros”



Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, (2004), en los últimos años, el concepto de uso de concreto viejo proveniente de estructuras demolidas, pavimento rígido y otras se han indicado en muchos proyectos, resultando conveniente con respecto al ahorro de material y energía.

FIGURA 15
CASCOTE



FUENTE GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

El procedimiento para su elaboración involucra:

- Demolición y remoción de concreto viejo

FIGURA 16
DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS



FUENTE FOTOGRAFÍAS DE EXPLICATIVA DE LA WEB

- Trituración en los trituradores primarios y secundarios.
- Remoción del acero de refuerzo y otros artículos embebidos.
- Tamizado o zarandeo y apilamiento.



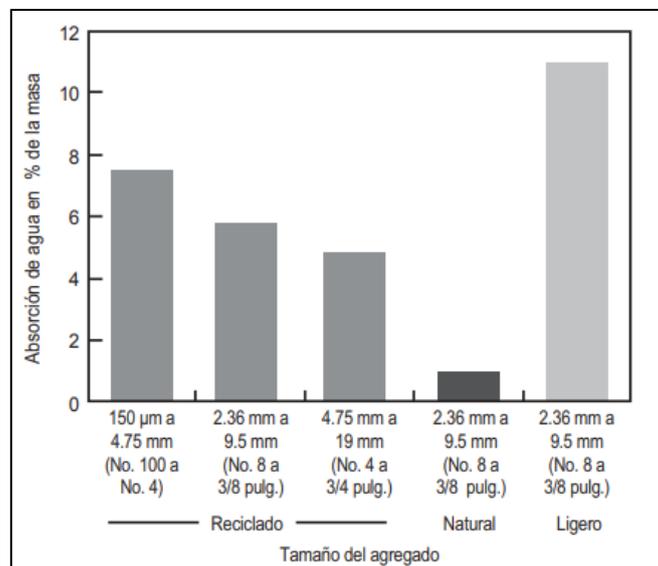
FIGURA 17
RUMA DE CASCOTE DE 1"



FUENTE FOTOGRAFÍAS DE EXPLICATIVA DE LA WEB

Kerkhoff y Siebel (2001) mencionan que el agregado de concreto reciclado generalmente tiene un mayor porcentaje de absorción y un peso específico menor que el agregado tradicional, ya que, este material es poroso. Los valores de absorción generalmente varían del 3% al 10%, dependiendo del concreto que se recicla. Esta absorción se encuentra entre los valores de agregados naturales y ligeros. Los valores aumentan a medida que el tamaño del agregado grueso disminuye. La alta absorción del agregado reciclado aumenta la demanda de agua para que se obtenga la misma trabajabilidad y revenimiento (asentamiento) si es comparado con un concreto con agregado convencional. El agregado reciclado seco absorbe agua durante y después del mezclado. Para evitar esto, el agregado reciclado se debe pre-humedecer o las pilas se deben mantener húmedas.

FIGURA 18
ABSORCIÓN DE AGUA VS TAMAÑO DEL AGREGADO



FUENTE: PROPIEDADES DEL HORMIGÓN CON ÁRIDOS RECICLADOS

Para Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, (2004), se deben producir mezclas de pruebas para la comprobación de la calidad de concreto preparado con agregado reciclado para determinar las proporciones adecuadas de la mezcla. Uno de los problemas potenciales del uso de concreto reciclado es la variabilidad en las propiedades del concreto viejo, que, a su vez, puede afectar las propiedades del concreto nuevo. Se lo puede evitar parcialmente con el control frecuente de las propiedades del concreto viejo que se esté reciclando. Se pueden hacer necesarios ajustes de las proporciones de la mezcla.

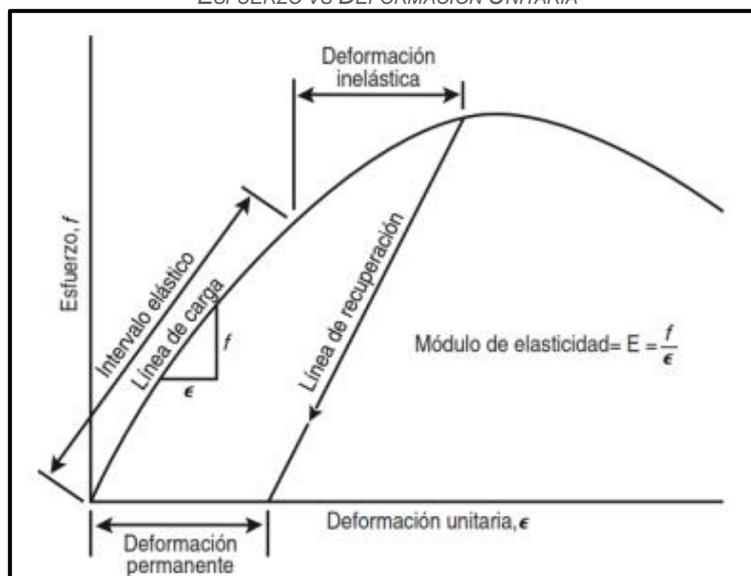
2.2.3. Módulo de Elasticidad

2.2.3.1. Definición

Según Ridell C. & Hidalgo O., 2002, el módulo de elasticidad o módulo de Young de un material es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico. Asimismo, los autores mencionan que el módulo de elasticidad o módulo de Young es función del ángulo de la línea esfuerzo deformación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material.

El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza, así también es la relación entre la fatiga unitaria y la correspondiente deformación unitaria en un material sometido a un esfuerzo que está por debajo del límite de elasticidad del material. También llamado módulo de elasticidad, módulo de Young, módulo elástico” (Pacasmayo, 2016).

FIGURA 19
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



FUENTE: APLICACIONES DE LOS TIPOS DE CEMENTO



2.2.3.2. Módulo de elasticidad del concreto.

Pasquel Carbajal (1998) aduce, que el módulo de elasticidad del concreto es la capacidad de deformación bajo una determinada carga, sin tener deformación permanente. Asimismo, el concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Para Rivva López (2000), generalmente se conoce como Módulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

Pasquel Carbajal (1998), afirma también, que los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250.000 a 350,000 kg/cm², y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto, y en relación inversa con la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores, y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres

Según ASTM C – 469:

El módulo de elasticidad es una medida de la tenacidad y rigidez, del concreto, definido por la ecuación:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad (kg/cm²)

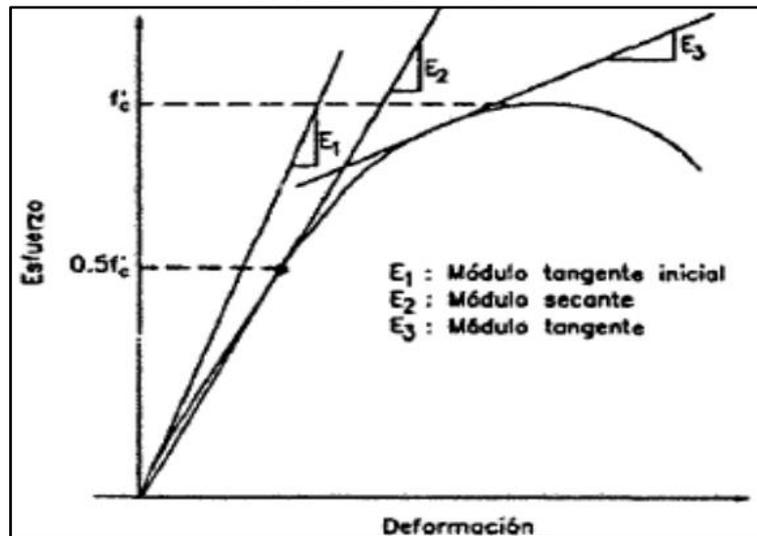
σ = Esfuerzo Axial (kg)

ε = Deformación Unitaria (cm²)

En general, los módulos de elasticidad se determinan a partir de pruebas a la compresión de cilindros de hormigón. Los diferentes valores que pueden determinarse a partir de una prueba incluyen el módulo tangente inicial, el módulo secante y el módulo cuerda. Cada uno de estos valores se puede representar por la pendiente de la recta adecuada.



FIGURA 20
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



FUENTE: "TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"

I. Módulo de Elasticidad Estático.

Llamado también Módulo de elasticidad Tangente, Su valor es variable en cada punto y viene medido por la inclinación de la tangente a la curva en dicho punto de la curva. Para Matallana Rodríguez (2019), la determinación del módulo de elasticidad estático del concreto se hace mediante el procedimiento dado en la norma ASTM C-469, y tiene como principio la aplicación de carga y la respectiva deformación unitaria generada. Para concretos de peso normal, el E varía entre 14.000 y 41.000 MPa (140.000 y 410.000 kg/cm² o de 2 a 6 millones de lbf/pul²). Así también estos valores se pueden determinar a partir de la fórmula:

$$E = K\sqrt{f'c}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad estático (MPa-kg/cm²-lib/pulg²)

f'c = Resistencia a la compresión (MPa- kg/ cm² - lb/pul²)

K = constante que depende de los materiales, su dosificación y del sistema de unidades en que se encuentre *f'c*; a saber:

K = 5.000, cuando *f'c* se expresa en MPa.

K = 15.500, cuando *f'c* se expresa en kgf/cm².

K = 57.000, cuando *f'c* se expresa en lbf/pul²



II. Módulo de elasticidad Secante

El módulo de elasticidad secante se usa para ensayos de laboratorio y para definir la deformabilidad de un concreto dado, su valor es variable en cada punto y viene medido por la inclinación de la recta que une el origen con dicho punto, que normalmente es un porcentaje de la tensión última. La ASTM recomienda la pendiente de la línea que une los puntos de la curva correspondiente a una deformación de 0.00005 y al 40 por ciento de la carga máxima

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\varepsilon_2 - 0.00005}$$

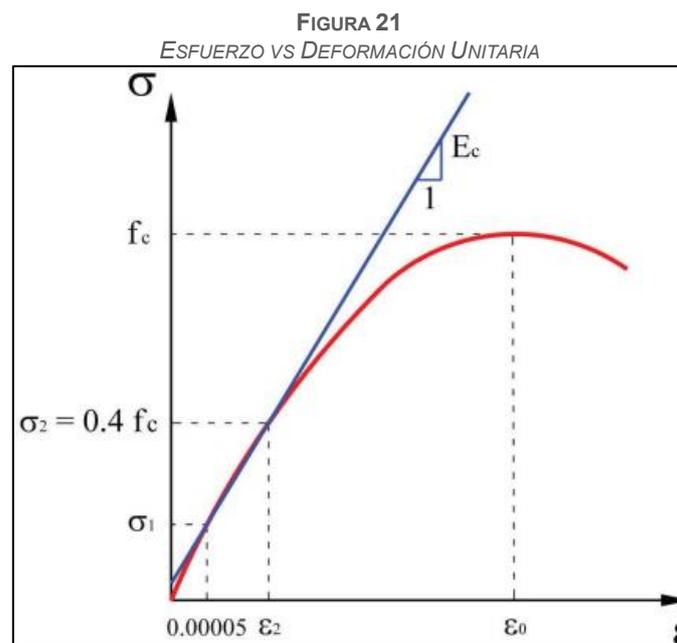
Donde:

E = módulo de elasticidad secante. (MPa)

S_2 = esfuerzo correspondiente al 40 % de la carga última

S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ε_1 , de 50 millonésima (MPa)

ε_2 = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2



El módulo de elasticidad y la resistencia pueden ser obtenidos en la misma carga suministrada, aun cuando los deformímetros sean prescindibles, removibles o adecuadamente protegidos para cumplir con los requerimientos de carga continúa dados en el método de ensayo ASTM C 39.



En este caso, registrar varias lecturas y determinar el valor de la deformación al 40 % de la carga última por interpolación.

2.2.4. Diseño de mezclas

2.2.4.1. Definición

Según Rivva Lopez, E. (2000), el diseño de mezclas es el procedimiento que consiste en determinar las proporciones de los componentes que forman el concreto. Asimismo, Torre C. (2004), indica que La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, es definida como el proceso que permite lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente y económico los requerimientos particulares del proyecto constructivo. Para Matallana Rodríguez (2019), además de la economía, las principales exigencias del concreto son la trabajabilidad adecuada en estado fresco, la resistencia, durabilidad, la densidad y la apariencia en estado endurecido.

Para Pasquel Carbajal (1998), el diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. Es importante mencionar que el diseño de mezcla sea aplicado de manera óptima, ya que, para cada obra existen distintas condicionantes ambientales, diseño estructural, calidad de materiales, mano de obra, equipo, etc.

Consideraciones para el diseño de mezclas – (Torre C. 2004)

Antes de dosificar una mezcla se debe tener conocimiento de la siguiente información:

- Los materiales.
- El elemento a vaciar, tamaño y forma de las estructuras.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura

Los métodos para calcular las proporciones de los componentes del concreto son muchos, siendo, tal vez, el del COMITÉ 211 .1 del Instituto Americano de Concreto ACI, uno de los mas conocidos. El diseño que contempla esta tesis esta justamente determinado bajo este método



que, en general, se basa en medir los materiales (cemento, agua, agregado grueso y agregado fino) en peso y volumen.

2.2.4.2. Método del comité 211 ACI

2.2.4.2.1. Definición

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas simplificado, el cual, en base a algunos valores conocidos establecidos en cuadros, permite obtener las proporciones de los diferentes componentes que integran la unidad cubica de concreto.

“El método se basa en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por ASTM C-33, define el agua de mezcla empíricamente en función del Tamaño Máximo del agregado y del SLUMP como medida de trabajabilidad, establece de manera empírica el volumen de agregado grueso compactado en seco en función del Tamaño Máximo de la piedra y el Módulo de Fineza de la arena exclusivamente, y correlaciona la relación Agua/Cemento en peso con la Resistencia en compresión. Las principales deficiencias de este método residen en que no está concebido para agregados marginales ni condiciones constructivas especiales” (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.4.2.2. Objetivo del método

El objetivo del método es determinar lo siguiente:

- Cantidad de cemento por metro cubico de concreto.
- Cantidad de agua por metro cubico de concreto.
- Cantidad de agregado grueso por metro cubico de concreto.
- Cantidad de aire por metro cubico de concreto.
- Cantidad de agregado fino por metro cubico de concreto.
- Requerimientos para el diseño de mezclas

Según Abanto Castillo F. (2009), siempre que sea posible, para la dosificación del concreto deberá tenerse en cuenta los datos obtenidos en laboratorio. Será útil la siguiente información de materiales disponibles:

- Análisis Granulométrico del Agregado fino y grueso.
- Peso unitario del agregado grueso.



- Peso específico de masa, porcentajes de absorción y humedad de los agregados a utilizarse.
- Tipo y marca del cemento Portland escogido.
- Peso específico del cemento Portland.
- Requerimientos de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles.
- Relaciones entre la resistencia y la relación agua cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregados.

2.2.4.2.3. Procedimiento

Los pasos desarrollados a continuación, son los establecidos por el Comité 211.1 de Instituto Americano de Concreto (ACI).

I. Selección de la resistencia requerida promedio (f'_{cr}):

- a) Cuando se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar:

Si tenemos por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos, según Rivva López, Diseño de Mezclas (2014), la desviación estándar se calculará a partir de los resultados con que se cuenta, aplicando la siguiente ecuación:

$$S_s = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Donde:

S_s: Desviación estándar

n: Numero de ensayos de la serie

X₁, X₂, X₃ ..., X_n: Resultado de las resistencias de muestras de ensayo individuales

\bar{X} : Promedio de todos los valores de resistencia

La resistencia a compresión promedio requerida (f'_{cr}) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada f'_c .



La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35 kg/cm² por debajo de la resistencia especificada $f'c$.

$$f'cr = f'c + 1,34Ss..... (1)$$

$$f'cr = f'c + 2,33Ss - 35..... (2)$$

Donde:

$f'cr$ = Resistencia a la compresión requerida (kg/cm²).

$f'c$ = Resistencia a compresión específica (kg/cm²).

Ss = Desviación estándar (kg/cm²).

- b) Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar:

Cuando no se cuenten con datos estadísticos, la resistencia promedio requerida debe ser determinada empleando los valores de la siguiente tabla.

TABLA 26
RESISTENCIA PROMEDIO CUANDO NO HAY REGISTRO DE RESULTADOS

| F'c (kg/cm ²) | F'cr (kg/cm ²) |
|---------------------------|----------------------------|
| menos de 210 | F'c +70 |
| 210 - 350 | F'c +84 |
| > 350 | F'c +98 |

FUENTE: "DISEÑO DE MEZCLAS"-RIVVA LOPEZ

II. Selección del asentamiento – SLUMP:

Rivva Lopez, E. (1992), afirma que: La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto la clasifican en:

TABLA 27
CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ACUERDO SU REVENIMIENTO

| Consistencia | Slump - Revenimiento | | Trabajabilidad |
|--------------|----------------------|----------|-----------------|
| | Pulg. | cm | |
| Seca | 0" - 2" | 0 - 5 | Poco trabajable |
| Plástica | 3" - 4" | 7.5 - 10 | Trabajable |
| Fluida | > 5" | > 12.5 | Muy trabajable |

FUENTE: "DISEÑO DE MEZCLAS"-RIVVA LOPEZ

Asimismo, se debe considerar el valor más conveniente empleando la tabla 24 preparada por el Comité 211.1 del ACI. Los rangos indicados en esta Tabla corresponden a concretos consolidados por vibración. Deberá emplearse mezclas de la mayor consistencia posible compatible con una adecuada colocación.

TABLA 28
ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS SEGÚN LA ESTRUCTURA

| Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras | | |
|---|---------------|---------------|
| TIPO | SLUMP Máx. | SLUMO Mín. |
| Zapatas y muros de cimentación reforzados | 3" | 1" |
| Cimentaciones simples y calzaduras | 3" | 1" |
| Vigas y muros armados | 4" | 1" |
| Columnas | 4" | 2" |
| Muros y pavimentos | 3" | 1" |
| Concreto ciclópeo | 2" | 1" |
| Concreto súper plastificado | 6" | 8" |

FUENTE: ACI

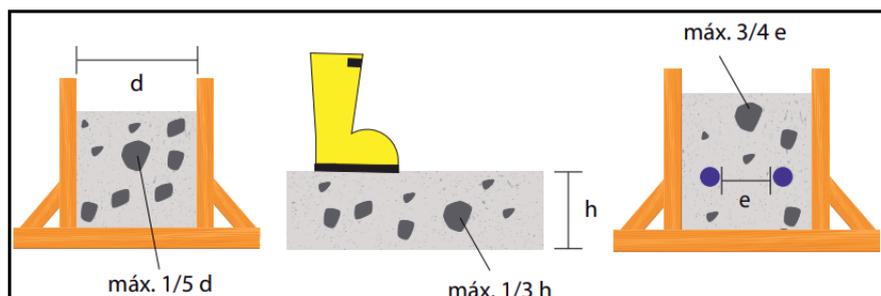
III. Selección del Tamaño Máximo Nominal del agregado:

La Norma NTP 400.037 define al "Tamaño Máximo Nominal" como a aquel que "corresponde el menor tamiz por la serie utilizada que produce el primer retenido" (Rivva Lopez, Diseño de mezclas, 1992)

Según Matallana Rodríguez (2019), para asegurar que el refuerzo quede adecuadamente embebido y para minimizar los hormigueros se limita el TMN, por las dimensiones de la estructura. El TMN en ningún caso debe exceder de:

- Un quinto ($1/5$) de la menor separación entre los lados de la formaleta.
- Un tercio ($1/3$) de la altura de la losa.
- Ni de las tres cuartas partes ($3/4$) del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales de refuerzo, paquetes de tendones de varillas, o de ductos.

FIGURA 22
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO SEGÚN LA ESTRUCTURA



FUENTE: "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS"



IV. Cálculo de la cantidad unitaria de Agua:

“La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado esta al estado seco. No presentándose generalmente el agregado al estado seco, la cantidad de agua seleccionada deberá posteriormente se corregida en función del porcentaje de absorción y contenido de humedad del agregado”. (Rivva Lopez, Diseño de mezclas, 1992)

Los valores de la cantidad de volumen unitario estarán en función de la selección de asentamiento SLUMP, tamaño máximo nominal del agregado TMN, y del contenido de aire en la mezcla según la siguiente tabla:

TABLA 29
LITROS POR M3 SEGÚN SLUMP Y TMN DEL AGREGADO

| Cantidades aproximadas de agua de amasado en kilogramos o litros por 1 m3 En función del SLUMP y el TMN del agregado | | | | | | |
|---|---|------|------|-----|--------|-----|
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | |
| SLUMP | Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 202 | 202 | 190 | 178 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | |
| SLUMP | Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 187 | 184 | 174 | 166 |

FUENTE: "DISEÑO DE MEZCLAS"-RIVVA LOPEZ

Para determinar el volumen de agua en m3 se utilizará la siguiente relación.

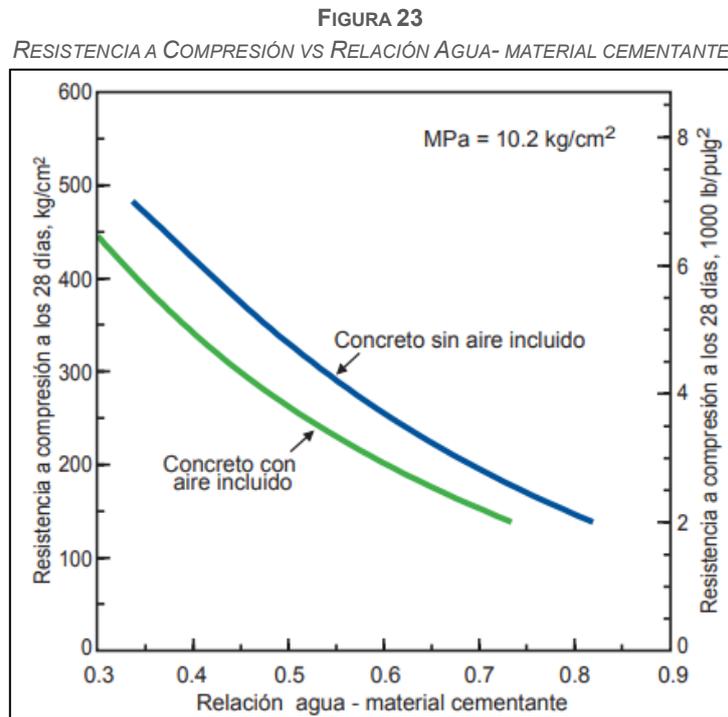
$$Volumen_{Agua} = \frac{Cantidad\ de\ agua\ de\ amasado\ kg}{Peso\ específico\ del\ agua\ kg/m^3}$$

V. Selección de la relación agua – cemento:

“La relación a/c requerida se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación a/c, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaran realmente.” (Torres Carrillo, 2004)



Niño Hernández (2010), indica que, puesto que los diferentes agregados y cementos producen generalmente resistencias distintas con la misma relación agua/cemento, la selección de la relación a/c se debe hacer con base en el desarrollo de graficas en donde se relaciona la resistencia promedio requerida y la relación agua cemento como indica la siguiente tabla:



FUENTE: "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS"

Según Matallana Rodríguez (2019), indica que, el ACI 211.1 recomienda el empleo de otra tabla, que tiene en cuenta parámetros como el asentamiento, el TMN y el contenido de aire. El valor hallado por cualquiera de los dos criterios asume que las partículas están en la condición saturada y superficialmente secas (SSS), por lo que es necesario sumarle el agua de absorción o restarle el agua libre, según sea el caso, antes de introducirlos en la mezcladora.

TABLA 30
RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA

| Relación agua cemento por resistencia | | |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| F'cr (kg/cm ²) | Relación a/c en peso | |
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 150 | 0.8 | 0.71 |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

FUENTE: "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS"



VI. Cálculo del contenido de cemento:

El contenido de cemento se determina mediante la siguiente relación:

$$Cant. \text{ Cemento (kg)} = \frac{Cant. \text{ de Agua (kg)}}{relación \text{ agua/cemento}}$$

En tanto el volumen de cemento por metro cubico de concreto se determina con:

$$Volumen_{Cemento} (m^3) = \frac{Cantidad \text{ de cemento (kg)}}{Peso \text{ específico del cemento (kg/m}^3)}$$

VII. Cálculo de la cantidad de agregado grueso:

Según Matallana Rodríguez (2019), la obtención de un buen concreto depende, en gran medida, de la granulometría de los agregados. Por este motivo, antes de dosificar las cantidades de arena y grava, se hace conveniente verificar que la distribución de sus tamaños se encuentre dentro de los Husos preestablecidos.

El método ACI, por el procedimiento de volumen absoluto, se puede realizar hallando el volumen de agregado grueso, por metro cúbico de concreto. Se basa en el volumen del agregado grueso, seco y compacto, por volumen unitario de concreto (m³), expresado por la relación b/b₀, en donde b es el volumen de las partículas de agregado grueso, por metro cúbico de concreto, y b₀ es el volumen de las partículas del agregado grueso, por metro cúbico de agregado grueso. Los valores b/b₀ han sido determinados en función del TMN y del módulo de finura de la arena (MF), y se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 31
PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

| Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto | | | | |
|---|---|------|------|------|
| TMN del Agregado Grueso | Volumen agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de fineza del fino (b/b ₀) | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

FUENTE: "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS"



El peso en kg. del agregado grueso será:

$$Peso_{Ag. Grueso}(kg) = (b/b_o) * (P.U. Seco Compactado)$$

En tanto el volumen de agregado grueso por metro cubico de concreto se determina con:

$$Volumen_{Ag. Grueso}(m^3) = \frac{Peso\ kg}{Peso\ específico\ kg/m^3}$$

VIII. Cálculo del contenido de aire atrapado:

Según Matallana Rodríguez (2019), se define al contenido de aire atrapado o natural, a las burbujas de aire presentes en la pasta como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra, o pueden encontrarse en la mezcla debido a que se han sido intencionalmente incorporadas a ella, en cuyo caso se les conoce como aire incorporado. Para calcular este porcentaje en función al TMN de agregado grueso, se utiliza los valores de la siguiente tabla:

TABLA 32
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

| Contenido del aire atrapado | |
|-----------------------------|-------------------|
| TMN Agregado Grueso | Aire Atrapado (%) |
| 3/8" | 3.00% |
| 1/2" | 2.50% |
| 3/4" | 2.00% |
| 1" | 1.50% |
| 1 1/2" | 1.00% |
| 2" | 0.50% |
| 3" | 0.30% |
| 4" | 0.20% |

FUENTE: "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS"

IX. Cálculo de la cantidad de agregado fino:

“Dado que la mezcla se elabora para 1m³ de concreto, el volumen de agregado fino resulta de la diferencia del volumen total y el volumen parcial de los componentes conocidos (Agua, cemento, agregado grueso, agregado fino y aire).” (Matallana, 2019)

$$\sum Volúmenes\ parciales = Vol. Agua + Vol. Cemento + Vol. Ag. grueso + Vol. Aire$$

$$Volumen_{Ag. Fino} = 1 - \sum Volúmenes\ parciales$$

El peso en kg. del agregado fino será:



$$\text{Peso del Ag Fino (kg)} = \text{Volumen}_{\text{Ag. Fino}} (\text{m}^3) * \text{Peso específico (kg/m}^3)$$

X. Corrección por humedad y absorción de los agregados:

Según Rivva López (1992). Generalmente los agregados utilizados en la preparación de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto agua absorbida como superficial. Así el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser reducida en una cantidad igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

$$\text{Peso Corregido}_{\text{Agregados}} = \text{Peso Absoluto} * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

Donde:

W%: Porcentaje de humedad de los agregados

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Agregados}} = \frac{(w\% - \% \text{ Abs}) * \text{Peso Ag. Seco}}{100}$$

Donde:

W%: Porcentaje de humedad de los agregados

% Abs: Porcentaje de absorción de los agregados

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de Diseño} - \text{Aporte de agua}_{\text{Agregados}}$$

2.2.5. Fundamentos estadísticos

2.2.5.1. Desviación Estándar

La desviación estándar o característica, es el promedio de desviación de las puntuaciones con respecto a la media (Jarman, 2013 y Levin, 2003). Esta medida se expresa en las unidades originales de medición de la distribución. Se interpreta en relación con la media. Cuanto mayor sea la dispersión de los datos alrededor de la media, mayor será la desviación estándar. (Hernández Sampieri, 2014)



Se define a la desviación estándar con la siguiente expresión:

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n}{n - 1}}$$

Donde:

D_s = Desviación estándar

x_i = Resultados de los ensayos

n = Número de ensayos

2.2.5.2. Coeficiente de variación

El coeficiente de variación (CV), es un cociente entre la desviación estándar y la media de los datos, expresado en porcentaje. Este parámetro es muy útil para evaluaciones estadísticas, permite comparar la variabilidad de diferentes muestras de una población o la variabilidad entre variables diferentes. En general un CV menor indica que los datos tienen poca variabilidad, que es lo mismo que decir que los valores observados son en general, cercanos al valor medio. (Discovski, 2008)

Se define el coeficiente de variación con la siguiente expresión:

$$CV = \frac{D_s}{\mu} \times 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación (%).

S = Desviación estándar.

μ = Media de los datos.

Confiabilidad:

En la tabla N° 29 se muestra distintos rangos en coeficiente de variación según el INEI, y su respectiva clasificación en cuanto a si la estimación es confiable o no en términos estadísticos.



TABLA 33
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RANGO DE COEF. DE VARIACIÓN

| Clasificación | Rango de coef. de variación CV (%) |
|---------------|------------------------------------|
| Muy Bueno | [0 - 5] |
| Bueno | [5 - 15] |
| Regular | [15 - 20] |
| Malo | [20 - 100] |

FUENTE: "EL CONCRETO, FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS"

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

- Los valores del módulo de elasticidad del concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante, presentan similitud a los valores del Módulo de elasticidad del concreto preparado con materiales tradicionales.

2.3.2. Hipótesis específica

- **Hipótesis específica N°1:** Los valores de la resistencia a la compresión del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante evaluados a los 7, 14 y 28 días después de su fabricación presentan similitud.
- **Hipótesis específica N°2:** Las características y propiedades de los agregados utilizados para la elaboración de concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante son adecuadas para elaborar un diseño de mezclas.
- **Hipótesis específica N°3:** El cascote utilizado como agregado grueso, cumple los requisitos necesarios para reemplazar de manera eficaz y eficiente al agregado grueso tradicional en la preparación de concreto.
- **Hipótesis específica N°4:** Las proporciones de los componentes del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante no sufren variaciones sustanciales en cuanto a cantidad.

2.4. Variables e indicadores

2.4.1. Identificación de variables

2.4.1.1. Variables dependientes



- **Módulo de elasticidad:** Parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza, también se puede decir que es una medida de la tenacidad y rigidez del material, o su capacidad elástica. Mientras mayor el valor del módulo, más rígido el material.

Indicador: Esfuerzo (kg)/Deformación Unitaria (cm²)

- **Resistencia a la compresión:** La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo.

Indicador: Fuerza(kg)/Área(cm²)

- **Concreto:** Material de construcción resistente para hacer bases y paredes que puede adoptar casi cualquier forma, este se constituye por una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse ofrecen una buena resistencia según sea los requerimientos del proyecto.

Indicador: Peso (kg), Volumen (m³), Peso Unitario (kg/m³)

2.4.1.2. Variables independientes

- **Cascote:** Se entiende por concreto reciclado, a todos los áridos (agregados) finos y gruesos que son obtenidos mediante procesos de demolición del mismo, para la reutilización posteriormente de un nuevo concreto.

Indicador: Granulometría, humedad en porcentaje, peso unitario en kg/m³, peso específico en kg/m³ y absorción en porcentaje.

- **Aditivo superplastificante:** los aditivos superplastificantes, son también llamados reductores de agua, que cuando se adicionan a un concreto normal, le aporta mayor trabajabilidad. Este tipo de aditivos se adicionan a concretos bajos en la relación agua-cemento, para producir concretos muy fluidos y trabajables y estos pueden ser colocados con poca o ninguna vibración y compactación, además poseen propiedades que aumentan la resistencia del concreto así como el aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.

Indicador: Volumen (ml) por (m³) de concreto

2.4.1.3. Variables intervinientes



- **Cemento:** Material de construcción y conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.

Indicador Peso en Kg.

- **Agregados tradicionales:** Material granular usado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. Puede utilizarse en su estado natural o triturado de acuerdo a su uso y aplicación.

Indicador: Granulometría, Humedad en porcentaje, peso unitario en kg/m³, peso específico en kg/m³ y Absorción en porcentaje.

- **Agua:** Material de suma importancia puesto que la cantidad influirá de manera directa al concreto en su trabajabilidad y posteriormente en su resistencia.

Indicador: Cantidad en litros o m³.

2.4.2. Operacionalización de las variables



TABLA 34
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|-----------------|--|---|
| VARIABLES | DESCRIPCIÓN | NIVEL | | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
| VARIABLE DEPENDIENTE | | | | | |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | Parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza | La resistencia a la compresión que tiene el concreto tradicional y concreto tradicional reemplazando agregado grueso por cascote y sus respectivas deformaciones unitarias | | Valor representado en el gráfico de esfuerzo vs deformación en kg/cm ² | Guías de información y formatos de evaluación de la resistencia a la compresión |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | Medida de la resistencia a la compresión de un elemento un miembro estructural a fuerzas uniaxiales | Resistencia a los 7 días | | Esfuerzo a compresión a la F/A (kg/cm ²) | Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. |
| | | Resistencia a los 14 días | | | |
| | | Resistencia a los 28 días | | | |
| CONCRETO | Es la mezcla aglomerada de agua, cemento Portland IP, agregados y aditivos de ser el caso. | Cemento | | IP (kg) | Método de ensayo normalizado para la determinación de las proporciones de componentes de concreto mediante un Diseño de mezcla. |
| | | Agregado Grueso | | Granulometría, Contenido de Humedad (%), Peso Específico, y Unitario(kg/m ³), Absorción (%). | |
| | | Agregado Fino | | | |
| | | Cascote | | | |
| | | Agua | | Cantidad(m ³) | |
| | | Aire | | Cantidad(m ³) | |
| | | Aditivo Superplastificante | | Cantidad(ml) | |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | | | | | |
| CASCOTE | Se entiende por cascote a todos los áridos o agregados gruesos y finos que son obtenidos mediante procesos de demolición del mismo. | Granulometría | | Bien - Mal (gradación) | Formatos y tablas de evaluación para ensayos de agregados. |
| | | Peso específico | | kg/m ³ | |
| | | Absorción | | % | |
| | | Densidad | | kg/cm ³ | |
| ADITIVO PLASTIFICANTE | Los aditivos plastificantes son suavizantes de la mezcla antes del fraguado haciéndolos más trabajables evita la segregación y mejoran la resistencia de concreto. | 500 ml por bolsa de cemento | | Cantidad (ml.) | Ficha y especificaciones técnicas del producto |
| VARIABLES INTERVINIENTES | | | | | |
| AGUA | El agua considerada como materia prima para la confección y el curado de concreto u hormigón, es un compuesto líquido formado por oxígeno e hidrógeno | Potable | | Volumen (lts.) | Formatos y tablas de evaluación para ensayos de tecnología de materiales. |
| | | No potable | | | |
| | | Alcalinidad | | | |
| | | Salinidad | | | |
| | | PH | | | |
| AGREGADOS | El agregado es un material granular (arena, grava, piedra triturada o escoria) usado con un medio cementante para formar concreto. Puede utilizarse en su estado natural o | Propiedades físicas y mecánicas | Granulometría | Bien - Mal (gradación) | Formatos y tablas de evaluación para ensayos de tecnología de materiales |
| | | | Peso Especifico | kg/m ³ | |
| | | | Absorción | % | |
| | | | Densidad | kg/cm ³ | |



| | bien triturado de acuerdo a su uso y aplicación. | | | | |
|---------|---|------|----|-----------------------------|--|
| CEMENTO | Material conglomerante de construcción formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. | TIPO | IP | Cantidad en Kilogramos (kg) | Formatos y tablas de evaluación para ensayos de tecnología de materiales |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Capítulo III. Método

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo, tomando en consideración a lo propuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2014: 4), que considera que este se genera a partir de un proceso objetivo en el que, a través de la medicación numérica y el análisis estadístico inferencial, se prueban las hipótesis previamente formuladas. Todo esto concuerda con el enfoque de la presente investigación, ya que, se determinó el Módulo de Elasticidad del concreto que tiene como agregado grueso al cascote y adicionado con aditivo superplastificante, para compararlo con el Módulo de elasticidad del concreto preparado con materiales tradicionales; todos estos datos fueron de carácter cuantitativo ya que se hizo una comparación numérica de los resultados de los respectivos ensayos realizados.

3.1.2. Nivel de investigación

La presente tesis es de nivel Descriptivo, puesto que se describirá algunas propiedades que posee el concreto que tiene como agregado grueso al cascote adicionado con aditivo superplastificante como es el módulo de elasticidad, en primer lugar, seguido de las resistencias y propiedades mecánicas que posee, para así relacionarlo y compararlo con las propiedades que tiene el concreto tradicional a través de los resultados de los ensayos en laboratorio, todo esto concuerda con lo mencionado por Sanpietri ,(pág. 125), que indica que el nivel descriptivo consiste en describir fenómenos, situaciones y contextos que detallan cómo son y como se manifiestan los datos.

3.1.3. Método de Investigación

El método de investigación de la presente tesis es el Hipotético-Deductivo, ya que según Bernat (2010), menciona que este método consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos.

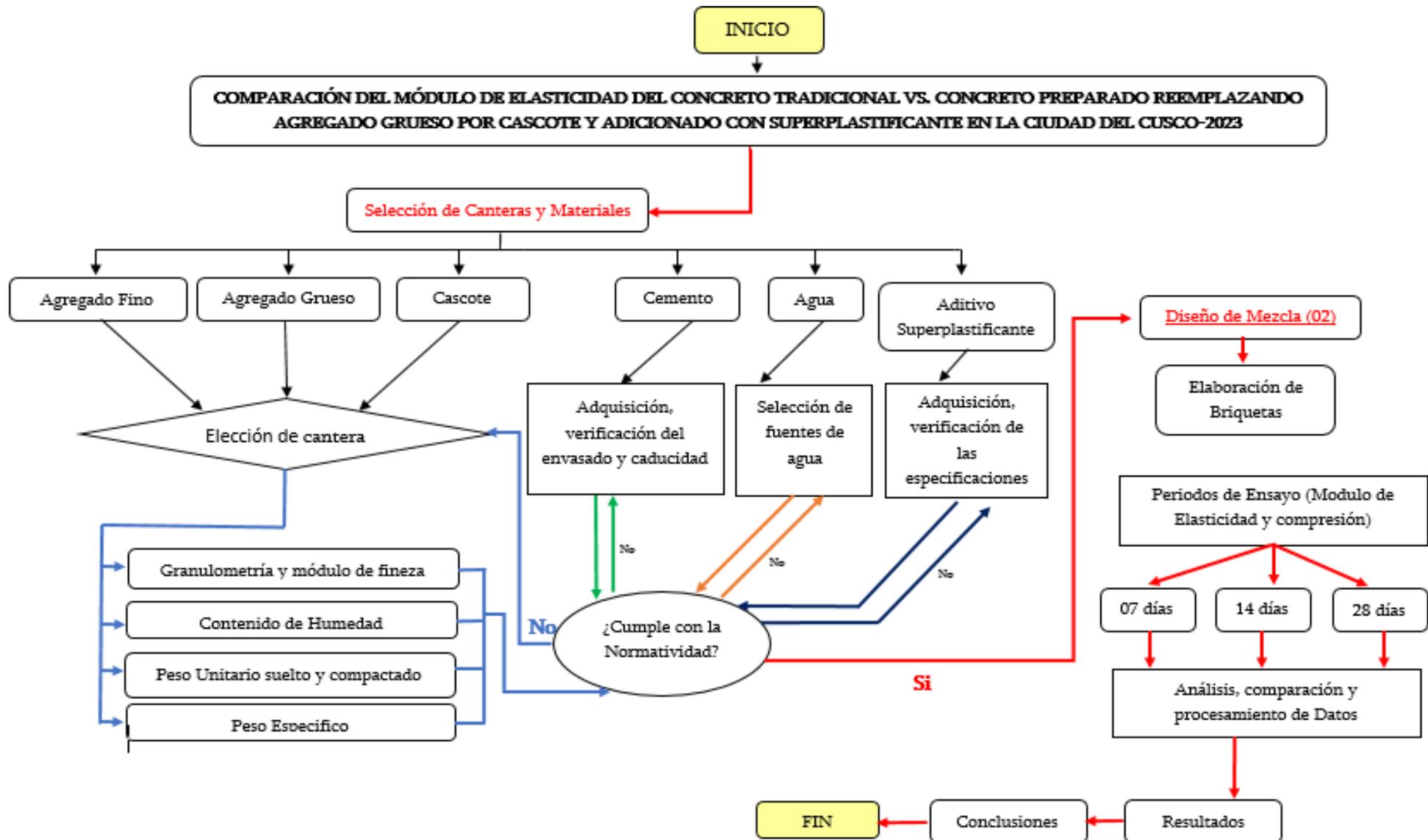
3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño Metodológico

La presente investigación presenta un diseño experimental, ya que este, es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones estímulos o tratamientos (variable independiente) para observar los efectos-reacciones que se producen (variable dependiente). Arias (2015)



3.2.2. Diseño de Ingeniería





3.3. Población y muestra

3.3.1. Descripción de la Población

Según Arias (2006 pag81), define a una población como una agrupación o conjunto de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación.

La población de estudio de la presente investigación está conformada por la totalidad de testigos de concreto con las siguientes características:

- ✓ Realizados con cemento de la marca YURA del tipo I
- ✓ Agregado grueso de la cantera de Zurite.
- ✓ Agregado grueso (Cascote) proveniente de demoliciones de veredas y demoliciones de pavimento rígido, etc.
- ✓ Agregado fino de la cantera de Huillqui.
- ✓ Agua potable de la ciudad de Cusco.
- ✓ Aditivo Superplastificante de la marca Sika.

Es necesario indicar que los testigos serán cilíndricos con un diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm. elaborados según las especificaciones de la norma.

La población total de la presente investigación tiene una cantidad total de 90 briquetas que se distribuyen en 2 grupos: 45 briquetas para los ensayos de determinación del módulo de elasticidad y resistencia a la compresión elaborado con materiales tradicionales 15 a los 07 días, 15 a los 14 días y 15 a los 28 días; así también 45 briquetas para los ensayos de determinación del módulo de elasticidad y resistencia a la compresión del concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con aditivo superplastificante 15 a los 07 días, 15 a los 14 días, y 15 a los 28 días.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción y cuantificación de la Muestra

La muestra será conforme a la población, debido a que se evaluarán los 90 testigos cilíndricos en su totalidad, es decir, la muestra es de tipo censal y está conformada por la preparación de briquetas o testigos cilíndricos con las siguientes características:

- ✓ 90 testigos cilíndricos realizados con cemento de la marca YURA del tipo I



- ✓ 90 testigos cilíndricos preparados con Agregado fino de la cantera de Huillqui.
- ✓ 90 testigos cilíndricos preparados con Agua potable de la ciudad de Cusco.
- ✓ 45 testigos preparados con Aditivo Superplastificante de la marca Sika
- ✓ 45 testigos cilíndricos preparados con agregado grueso de la cantera de Zurite.
- ✓ 45 testigos cilíndricos preparados con agregado grueso (Cascode) proveniente de demoliciones de veredas y demoliciones de pavimento rígido, etc.

TABLA 35
CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

| CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | | | | |
|------------------------------|----------------------|---------|----------------------|---------|
| Testigos (und.) | Concreto Tradicional | | Concreto con Cascode | |
| 90 | 15 | 7 días | 15 | 7 días |
| | 15 | 14 días | 15 | 14 días |
| | 15 | 28 días | 15 | 28 días |
| | 45 | | 45 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3.3. Método de Muestreo

“Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección informal. Se utilizan en muchas investigaciones, y a partir de ellas, se hacen inferencias sobre la población”. (Hernández, 2003, pag 326)

El método de muestreo que se utilizó en la investigación fue no probabilístico el cual, de acuerdo con Hernández Fernández, la cantidad de briquetas está en función al criterio de los investigadores.

3.3.4. Criterios de Inclusión

Las muestras se consideraron teniendo en cuenta los ensayos a realizar, la cantidad de pruebas necesarias y las limitaciones de la investigación, siendo el principal el ensayo la determinación del módulo de elasticidad en base a la compresión de testigos cilíndricos.

- ✓ Se aceptará briquetas cilíndricas de dimensiones de 30cm de altura y diámetro de 15cm
- ✓ Las Briquetas no deben tener cangrejas.
- ✓ Parte superior de briquetas no debe tener deformaciones las cuales alteren el resultado del proceso de compresión.
- ✓ La briqueta deberá ser vertical (ángulo de inclinación de 90° respecto la base).



- ✓ Se evaluarán briquetas con tiempo de curado de 7, 14 y 28 días.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos

Para la presente investigación se utilizaron formatos de elaboración propia para la recopilación y recolección de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, cabe recalcar que los ensayos se realizaron en las instalaciones del laboratorio de control de calidad de la empresa GEOTEST PERU S.A.C. y GRUPO ALLPA.

TABLA 36
FORMATO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | | |
|---|--------|---------------------------------|---------|---------|-----------------|------|------|
| | | GRANULOMETRÍA - AGREGADO GRUESO | | | | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | | |
| Masa de la Muestra | | 0.00 gr | | Muestra | AGREGADO GRUESO | | |
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso | % Ret. | % Ret. | Pasante | Huso | |
| Tamiz | mm. | Retenido | Parcial | Acumul. | % | Inf. | Sup. |
| 3 " | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1 " | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | | |
| N° 4 | 4.760 | | | | | | |
| N° 8 | 2.360 | | | | | | |
| N° 16 | 1.180 | | | | | | |
| N° 30 | 0.600 | | | | | | |
| N° 50 | 0.300 | | | | | | |
| N° 100 | 0.150 | | | | | | |
| N° 200 | 0.075 | | | | | | |
| Cazuela | | | | | | | |
| Lavado | | | | | | | |
| | | 0.00 | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 37
FORMATO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | | |
|--|--------|-------------------------------|----------------|----------------|---|------|------|
|  Universidad Andina del Cusco | | GRANULOMETRIA - AGREGADO FINO | | |  | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | | |
| Masa de la Muestra | | 0.00 gr | | Muestra | AGREGADO FINO | | |
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso Retenido | % Ret. Parcial | % Ret. Acumul. | Pasante % | Huso | |
| Tamiz | mm. | | | | | Inf. | Sup. |
| 3 " | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1 " | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | | |
| N° 4 | 4.760 | | | | | | |
| N° 8 | 2.360 | | | | | | |
| N° 16 | 1.180 | | | | | | |
| N° 30 | 0.600 | | | | | | |
| N° 50 | 0.300 | | | | | | |
| N° 100 | 0.150 | | | | | | |
| N°200 | 0.075 | | | | | | |
| Cazuela | | | | | | | |
| Lavado | | | | | | | |
| | | 0.00 | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 38
FORMATO GRANULOMETRÍA DEL CASCOTE

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | | |
|---|--------|-------------------------|---------|---------|---------|------|------|
| | | GRANULOMETRIA - CASCOTE | | | | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | | |
| Masa de la Muestra | | 0.00 gr | | Muestra | CASCOTE | | |
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso | % Ret. | % Ret. | Pasante | Huso | |
| Tamiz | mm. | Retenido | Parcial | Acumul. | % | Inf. | Sup. |
| 3 " | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1 " | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | | |
| N° 4 | 4.760 | | | | | | |
| N° 8 | 2.360 | | | | | | |
| N° 16 | 1.180 | | | | | | |
| N° 30 | 0.600 | | | | | | |
| N° 50 | 0.300 | | | | | | |
| N° 100 | 0.150 | | | | | | |
| N°200 | 0.075 | | | | | | |
| Cazuela | | | | | | | |
| Lavado | | | | | | | |
| | | 0.00 | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 39
FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | |
|---|-------------------|--|------|------|
| | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO | | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | : | | | |
| MUESTRA | : | :Agregado Grueso | | |
| FECHA | : | | | |
| RESPONSABLES | : | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | |
| | Número de Capsula | C-01 | C-02 | C-03 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | | | |
| Observaciones: | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 40
FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | |
|---|---|---|------|
|  Universidad Andina del Cusco | |  | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO | | | |
| AGREGADO FINO | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | |
| CANTERA | : | | |
| MUESTRA | : | Agregado Fino | |
| FECHA | : | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | |
| Número de Capsula | | C-01 | C-02 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | | |
| Observaciones: | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 41
FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CASCOTE

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | |
|---|---|---|------|
|  Universidad Andina del Cusco | |  | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD - CASCOTE | | | |
| CASCOTE | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | |
| CANTERA | : | | |
| MUESTRA | : | Cascote | |
| FECHA | : | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | |
| Número de Capsula | | C-01 | C-02 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | | |
| Observaciones: | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 42
FORMATO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | | |
|---|--|--|----|----|---|----|----|
|  Universidad Andina del Cusco | | PESO UNITARIO - AGREGADO GRUESO | | |  | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | | |
| CANTERA : | | | | | | | |
| MUESTRA : Agregado Grueso | | | | | | | |
| FECHA : | | | | | | | |
| RESPONSABLES : Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | | |
| P.U. AG. GRUESO | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | | |
| Muestra | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | | | | | | | |
| Altura del molde (cm) | | | | | | | |
| Peso del Molde (gr.) | | | | | | | |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 43
FORMATO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|----|----|---|----|----|
|  Universidad Andina del Cusco | | PESO UNITARIO - AGREGADO FINO | | |  | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | | |
| CANTERA : | | | | | | | |
| MUESTRA : Agregado Fino | | | | | | | |
| FECHA : | | | | | | | |
| RESPONSABLES : Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | | |
| P.U. AG. FINO | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | | |
| Muestra | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | | | | | | | |
| Altura del molde (cm) | | | | | | | |
| Peso del Molde (gr.) | | | | | | | |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 44
FORMATO PESO UNITARIO DEL CASCOTE

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|----|----|---|----|----|
|  | Universidad Andina del Cusco | PESO UNITARIO - CASCOTE | | |  | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | | |
| CANTERA : | | | | | | | |
| MUESTRA : Cascote | | | | | | | |
| FECHA : | | | | | | | |
| RESPONSABLES : Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | | |
| P.U. CASCOTE | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | | |
| Muestra | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | | | | | | | |
| Altura del molde (cm) | | | | | | | |
| Peso del Molde (gr.) | | | | | | | |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 45
FORMATO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|----|---|-------|
|  | Universidad Andina del Cusco | PESO ESPECÍFICO - Ag. Grueso | |  | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | |
| CANTERA : | | | | | |
| MUESTRA : Agregado Grueso | | | | | |
| FECHA : | | | | | |
| RESPONSABLES : Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | |
| Muestra | | | M1 | M2 | Prom. |
| Peso en el aire de la muestra seca (gr.) | | | A | | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.) | | | B | | |
| Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.) | | | C | | |
| Observaciones: | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 46

FORMATO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | |
|---|------------------------------|---|---|-------|
|  | Universidad Andina del Cusco | PESO ESPECÍFICO - Ag. Grueso |  | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | : | | | |
| MUESTRA | : | Agregado Grueso | | |
| FECHA | : | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | |
| Muestra | | M1 | M2 | Prom. |
| Peso en el aire de la muestra seca (gr.) | | A | | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.) | | B | | |
| Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.) | | C | | |
| Observaciones: | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 47

FORMATO PESO ESPECÍFICO DEL CASCOTE

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | |
|---|------------------------------|---|---|-------|
|  | Universidad Andina del Cusco | PESO ESPECÍFICO - Cascote |  | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | : | | | |
| MUESTRA | : | Cascote | | |
| FECHA | : | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | |
| CASCOTE | | | | |
| Muestra | | M1 | M2 | Prom. |
| Peso en el aire de la muestra seca (gr.) | | A | | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.) | | B | | |
| Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.) | | C | | |
| Observaciones: | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 48
FORMATO DISEÑO DE MEZCLA

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|-------------------|-----------------|---|--------------|
|  | Universidad Andina del Cusco | Resumen de Datos Necesarios - Diseño de Mezcla | | |  | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | |
| MUESTRA | : | Cemento, Agregado Grueso, Agregado Fino y Cascote | | | | |
| FECHA | : | | | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | |
| | | Cemento | Ag. Grueso | Ag. Fino | Cascote | (und) |
| P. Específico PeSSS | | | | | | kg/m3 |
| P.U. Compactado | | / | | | | kg/m3 |
| Humedad | | | | | | % |
| % Absorción | | | | | | |
| TM Ag. Grueso | | | Resist. De diseño | | | kg/cm2 |
| TMN Ag. Grueso | | | Tipo de Cemento | | | |
| Módulo de Fineza A.F. | | | Consistencia | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 49
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL

| Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de recolección de datos | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|----|--|----|---|----|-------------------|
|  | Universidad Andina del Cusco | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL | | | |  | | |
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | |
| Responsables: | | | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | |
| Concreto _____ - _____ días | | | | | | | | |
| N° | Nombre | Diametro Superior (cm) | | Diametro Inferior (cm) | | Altura (cm) | | Carga Maxima (KN) |
| | | d1 | d2 | d3 | d4 | h1 | h2 | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

3.4.2.1. Instrumentos para la granulometría de agregados

- ✓ Balanza
- ✓ Bandejas
- ✓ Brochas
- ✓ Juego de tamices normalizados

3.4.2.2. Instrumentos para el contenido de humedad de agregados

- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Bandejas o recipientes
- ✓ Horno de secado

3.4.2.3. Instrumentos para el peso unitario de agregados

- ✓ Balanzas
- ✓ Recipiente cilíndrico Proctor
- ✓ Varilla metálica
- ✓ Horno de secado

3.4.2.4. Instrumentos para el peso específico de agregados

- ✓ Balanza
- ✓ Picnómetro de 500 ml
- ✓ Cono de absorción
- ✓ Apisonador metálico
- ✓ Bomba de vacíos
- ✓ Bandejas metálicas
- ✓ Horno de secado
- ✓ Cesta de sumersión

3.4.2.5. Instrumentos para el ensayo de consistencia

- ✓ Cono de Abrams



- ✓ Barra metálica compactadora
- ✓ Flexómetro o wincha

3.4.2.6. Instrumentos para el ensayo de resistencia a la compresión

- ✓ Prensa Hidráulica calibrada
- ✓ Bernier
- ✓ Bandejas metálicas

3.4.2.7. Instrumentos para el ensayo de cálculo de módulo de elasticidad

- ✓ Prensa Hidráulica calibrada
- ✓ Bernier
- ✓ Deformímetros verticales y horizontales

3.4.3. Validez y confiabilidad de los instrumentos

La recopilación de datos para efectuar la presente investigación, fueron realizados en las instalaciones de los laboratorios de mecánica de Suelos, concreto y control de calidad de materiales de las empresas GEOTEST PERU S.A.C. y GRUPO, siendo la validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados, garantizados por dichos laboratorios y aprobados por parte del asesor de la presente investigación; dichos instrumentos utilizados, se rigen en los lineamientos establecidos en las normas internacionales, así como en la Norma Técnica Peruana.

3.5. Procedimientos de Recolección de datos y Análisis de datos

3.5.1. Procedimientos de recolección de Datos

3.5.1.1. Granulometría de los agregados gruesos

Se determinó la granulometría de los agregados gruesos según a los procedimientos establecidos y estipulados en las normas NTP 400.012, NTP 400.037, ASTM C 33 y MTC E 204. Que determina la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

a) Equipos y materiales.

- ✓ Balanza



- ✓ Brochas
- ✓ Horno de secado a temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Serie de tamices normalizados
- ✓ Barilla
- ✓ Agregado grueso (5 kg)

b) Procedimiento

Obtener la muestra de agregado de acuerdo a MTC E 201. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en este método.

FIGURA 24
OBTENCIÓN DE LOS AGREGADOS



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

TABLA 50
CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA

| Cantidad Mínima de muestra - Granulometría Ag. Grueso | | |
|--|-------|---|
| Tamaño Máximo Nominal | | Cantidad Mínima de Muestra de Ensayo |
| (Pulg.) | mm | kg |
| 3/8" | 9.5 | 1 |
| 1/2" | 12.5 | 2 |
| 3/4" | 19.0 | 5 |
| 1" | 25.0 | 10 |
| 1 1/2" | 37.5 | 15 |
| 2" | 50.0 | 20 |
| 2 1/2" | 63.0 | 35 |
| 3" | 75.0 | 60 |
| 3 1/2" | 90.0 | 100 |
| 4" | 100.0 | 150 |
| 5" | 125.0 | 300 |

FUENTE: MTC E 201



El procedimiento inicia con la reducción de la muestra con el método de cuarteo para así obtener una muestra representativa, obteniendo así una muestra de alrededor de 5 Kg. o una muestra que cumpla lo estipulado en la NTP 400.012. Este método consiste en formar un cúmulo del agregado escogido, para luego extenderlo en una superficie circular con un espesor uniforme procediéndose a dividir el cúmulo en cuatro partes semejantes con ayuda de una varilla, esto con el objetivo de seleccionar dos partes diametralmente opuestas y con propiedades visuales semejantes.

FIGURA 25
MÉTODO DEL CUARTEO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Una vez seleccionado el agregado grueso, se procede a lavar la muestra y secarla con un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 horas.

Con el agregado grueso ya lavado y secado, se procede a realizar el tamizado correspondiente, el cual se hizo de manera manual a una velocidad aproximada de 150 veces por minuto girando los tamices una sexta parte de revolución por cada 25 golpes aproximadamente.



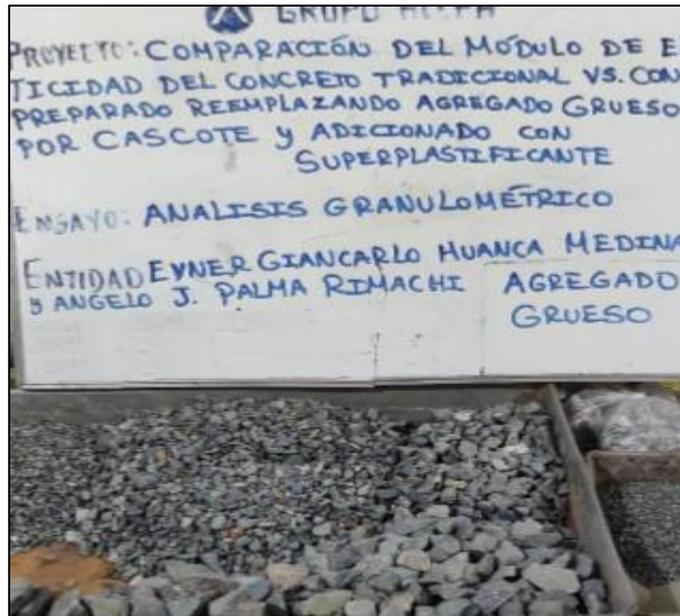
FIGURA 26
TAMIZADO DEL AGREGADO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

Pesar las cantidades retenidas en cada tamiz para su posterior análisis granulométrico.

FIGURA 27
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

c) Toma de datos

TABLA 51
RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

| Masa de la Muestra | | 5200.00 | gr | Muestra | AGREGADO GRUESO | | |
|--------------------|--------|----------------|---------|---------|-----------------|----------------------------|-------|
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso | % Ret. | % Ret. | Pasante | Huso 56 (TMN) | |
| Tamiz | mm. | Retenido (gr.) | Parcial | Acumul. | % | Inf. | Sup. |
| 3 " | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | 100.0 | 100.0 |
| 1 " | 25.400 | 390.00 | | | | 90.0 | 100.0 |
| 3/4" | 19.050 | 2144.48 | | | | 40.0 | 85.0 |
| 1/2" | 12.700 | 1706.12 | | | | 10.0 | 40.0 |
| 3/8" | 9.525 | 543.40 | | | | | 15.0 |
| N° 4 | 4.760 | 312.00 | | | | | 5.0 |
| N° 8 | 2.360 | 7.38 | | | | | |
| N° 16 | 1.180 | 6.95 | | | | | |
| N° 30 | 0.600 | 6.55 | | | | | |
| N° 50 | 0.300 | 4.61 | | | | | |
| N° 100 | 0.150 | 9.17 | | | | | |
| N°200 | 0.075 | 11.21 | | | | | |
| Cazuela | | 5.32 | | | | | |
| Lavado | | 52.81 | | | | REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS | |
| | | 5200.00 | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.2. Granulometría de los agregados finos

Se determinó la granulometría de los agregados finos según a los procedimientos establecidos y estipulados en las normas NTP 400.012, NTP 400.037, ASTM C 33 y MTC E 204. Que normaliza la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

a) Equipos y materiales.

- ✓ Balanza de aproximación 0.1g. y sensibilidad de 0.1%
- ✓ Brochas
- ✓ Horno de secado a temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Serie de tamices normalizados
- ✓ Barilla

- ✓ Agregado fino (3 kg)

b) Procedimiento

El procedimiento inicia con el método de cuarteo para así obtener una muestra representativa, obteniendo así una muestra de alrededor de 300g. como mínimo (NTP 400.012). Este método consiste en formar un cúmulo del agregado escogido, para luego extenderlo en una superficie circular con un espesor uniforme procediéndose a dividir el cúmulo en cuatro partes semejantes con ayuda de una varilla, esto con el objetivo de seleccionar dos partes diametralmente opuestas y con propiedades visuales semejantes.

TABLA 52
CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA

| Cantidad mínima de muestra - Granulometría Ag. Fino | |
|---|--------------------------------------|
| Tamaño Máximo Nominal | Cantidad Mínima de Muestra de ensayo |
| | kg |
| | 0.3 |

FUENTE: NTP 400.012

- Una vez seleccionado el material a usar, se procede a lavar la muestra y secarla con un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 horas.

FIGURA 28
LAVADO DEL AGREGADO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Con el agregado fino ya lavado y secado, se procede a realizar el tamizado correspondiente, el cual se hizo de manera manual a una velocidad aproximada de 150



veces por minuto girando los tamices una sexta parte de revolución por cada 25 golpes aproximadamente.

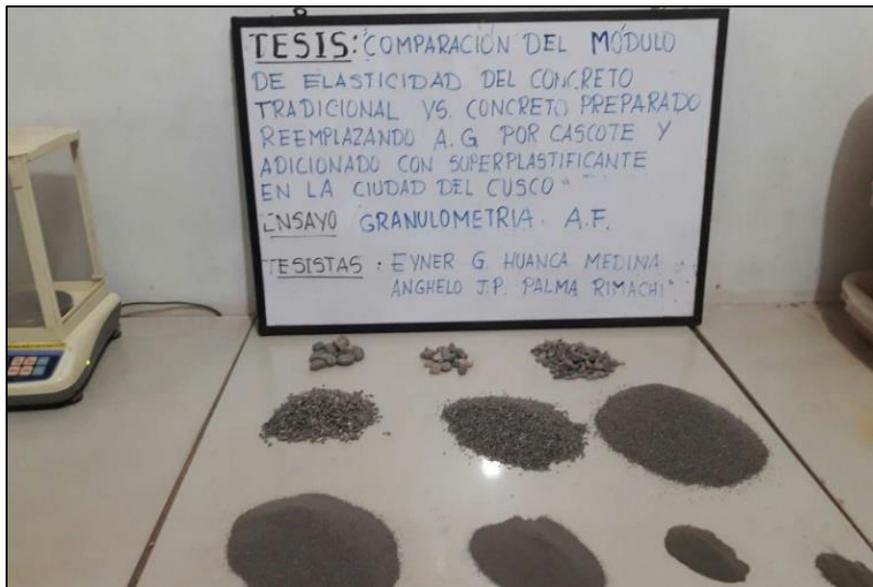
FIGURA 29
ENSAYO GRANULOMÉTRICO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Pesar las cantidades retenidas en cada tamiz para su posterior análisis granulométrico

FIGURA 30
ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



c) Toma de datos

TABLA 53
RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

|  Universidad Andina del Cusco | | RECOLECCION DE DATOS - GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO | | | |  Laboratorio Alpa | |
|--|--------|--|----------------|--------------------------------|-----------|--|-------|
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | FECHA: 10/03/2022 | | | |
| | | | | LUGAR: Laboratorio Alpa | | | |
| Masa de la Muestra | | 1600.00 gr | | Muestra | | AGREGADO FINO | |
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso | % Ret. Parcial | % Ret. Acumul. | Pasante % | Huso | |
| Tamiz | mm. | Retenido (gr.) | | | | Inf. | Sup. |
| 3 " | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1 " | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | 100.0 | 100.0 |
| N° 4 | 4.760 | 66.51 | | | | 95.0 | 100.0 |
| N° 8 | 2.360 | 245.12 | | | | 80.0 | 100.0 |
| N° 16 | 1.180 | 246.16 | | | | 50.0 | 85.0 |
| N° 30 | 0.600 | 316.94 | | | | 25.0 | 60.0 |
| N° 50 | 0.300 | 378.94 | | | | 5.0 | 30.0 |
| N° 100 | 0.150 | 198.66 | | | | | 10.0 |
| N°200 | 0.075 | 86.48 | | | | | |
| Cazuela | | 2.58 | | | | | |
| Lavado | | 58.61 | | | | REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS | |
| | | 1600.00 | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.3. Granulometría del Cascote

Se determinó la granulometría del cascote según a los procedimientos establecidos y estipulados en las normas NTP 400.012, NTP 400.037, ASTM C 33 y MTC E 204. Que normaliza la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

a) Equipos y materiales.

- ✓ Zaranda
- ✓ Balanza de aproximación 0.1g. y sensibilidad de 0.1%
- ✓ Brochas
- ✓ Horno de secado a temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Serie de tamices normalizados



- ✓ Barilla
- ✓ Agregado grueso (5 kg)

d) Procedimiento

- El procedimiento inicia seleccionando el material a usar que es cascote proveniente de la demolición de veredas y pistas, para esto se determino que se reemplazaría agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1", es así que se construyó una zaranda con mallas que tengan el mismo tamaño para poder escoger una determinada muestra.

FIGURA 31
ZARANDA DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

Seguidamente se procede a zarandear hasta obtener una muestra para empezar los procedimientos hechos al agregado grueso.

FIGURA 32
ZARANDEO DEL CASCOTE



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



- Se procedió a seleccionar cascote con el método de cuarteo para así obtener una muestra representativa, obteniendo así una muestra de alrededor de 5 Kg. o una muestra que cumpla lo estipulado en la NTP 400.012. Este método consiste en formar un cúmulo del agregado escogido, para luego extenderlo en una superficie circular con un espesor uniforme procediéndose a dividir el cúmulo en cuatro partes semejantes con ayuda de una varilla, esto con el objetivo de seleccionar dos partes diametralmente opuestas y con propiedades visuales semejantes.

FIGURA 33

CUARTEO DEL CASCOTE PARA PARA ESCOGER LA MUESTRA



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Una vez seleccionado el material a usar, se procede a lavar la muestra y secarla con un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 horas.
- Con el agregado grueso ya lavado y secado, se procede a realizar el tamizado correspondiente, el cual se hizo de manera manual a una velocidad aproximada de 150 veces por minuto girando los tamices una sexta parte de revolución por cada 25 golpes aproximadamente.
- Pesar las cantidades retenidas en cada tamiz para su posterior análisis granulométrico.



FIGURA 34
TAMIZADO DEL CASCOTE



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

FIGURA 35
ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL CASCOTE



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



e) Toma de datos

TABLA 54
RECOLECCIÓN DE DATOS DE GRANULOMETRÍA DEL CASCOTE

| Masa de la Muestra | | 4700.00 | gr | Muestra | CASCOTE | | |
|--------------------|--------|----------------|---------|---------|----------------|----------------------------|-------|
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso | % Ret. | % Ret. | Pasante | Huso 56 (TMN) | |
| Tamiz | mm. | Retenido (gr.) | Parcial | Acumul. | % | Inf. | Sup. |
| 3 " | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | 100.0 | 100.0 |
| 1 " | 25.400 | 685.64 | | | | 90.0 | 100.0 |
| 3/4" | 19.050 | 1764.25 | | | | 40.0 | 85.0 |
| 1/2" | 12.700 | 1235.00 | | | | 10.0 | 40.0 |
| 3/8" | 9.525 | 635.00 | | | | | 15.0 |
| N° 4 | 4.760 | 240.86 | | | | | 5.0 |
| N° 8 | 2.360 | 84.57 | | | | | |
| N° 16 | 1.180 | 7.80 | | | | | |
| N° 30 | 0.600 | 4.30 | | | | | |
| N° 50 | 0.300 | 3.00 | | | | | |
| N° 100 | 0.150 | 2.30 | | | | | |
| N°200 | 0.075 | 1.60 | | | | | |
| Cazuela | | 0.90 | | | | | |
| Lavado | | 34.78 | | | | REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS | |
| | | 4700.00 | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.4. Contenido de Humedad de los agregados grueso, fino y cascote

Se determinó el contenido de humedad de los agregados según a los procedimientos establecidos y estipulados en las normas NTP 339.185, MTC E 108 y ASTM-D2216, que normaliza el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

a) Equipos y materiales.

- ✓ Balanza de aproximación 0.1g. y sensibilidad de 0.1%
- ✓ Brochas
- ✓ Horno de secado a temperatura 110°C ± 5° C
- ✓ Recipientes o contenedores



b) Procedimiento

- Tomar una muestra representativa del agregado a evaluar, la cantidad se determinará según la NTP 339.185.
- Obtener el peso húmedo de la muestra en un recipiente, contenedor o tara.
- Colocar la muestra en una tara y depositarlo en el horno hasta obtener peso constante. La temperatura del horno debe estar a 105 °C a 115 °C. y el tiempo de secado aproximado será de 24 horas.
- Retirar la muestra del horno, dejarla enfriar y determinar el peso seco.
- Una vez obtenidos los datos, usar la siguiente relación para determinar el contenido de humedad:

$$P = \frac{100 * (W - D)}{D}$$

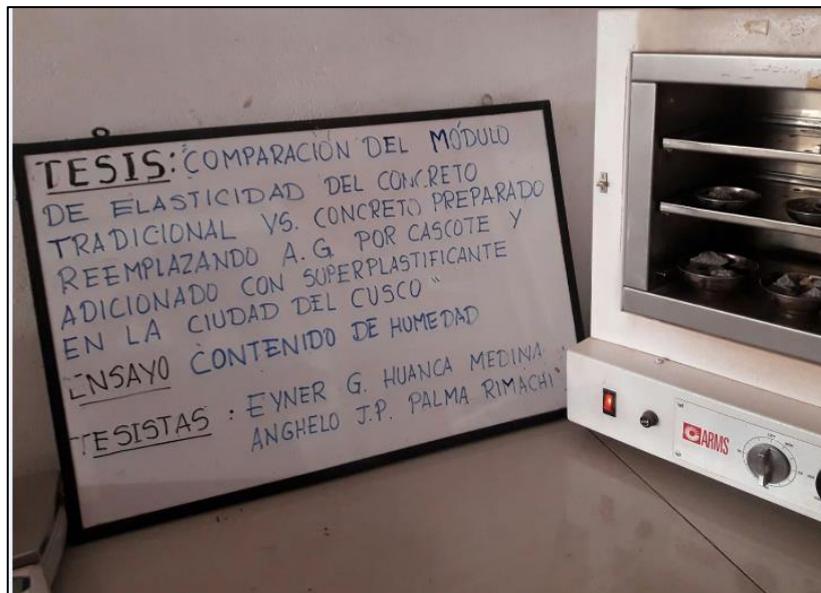
Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en %

W = Masa de la muestra húmeda original en gr.

D = Masa de la muestra seca en gr.

FIGURA 36
COLOCADO EN HORNO -CONTENIDO DE HUMEDAD



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

FIGURA 37
TOMA DE PESO FINAL - ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

c) Toma de datos

TABLA 55
RECOLECCIÓN DE DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD AG

|  Universidad Andina del Cusco | |  RECOLECCION DE DATOS CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO | | |
|--|--|---|-------------|-------------|
| AGREGADO GRUESO | | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | :Zurite | | | |
| MUESTRA | :Agregado Grueso | | | |
| FECHA | :10/03/2022 | LUGAR Lab. Allpa | | |
| RESPONSABLES | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| | Número de Capsula | C-01 | C-02 | C-03 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | 31.64 | 23.72 | 26.68 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | 127.16 | 122.04 | 123.6 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | 126.36 | 121.26 | 122.81 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 56

RECOLECCIÓN DE DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD AF

|  Universidad Andina del Cusco | |  RECOLECCION DE DATOS CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO | | |
|--|--|---|-------------|-------------|
| AGREGADO FINO | | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | :Huillqui | | | |
| MUESTRA | :Agregado Fino | | | |
| FECHA | :10/03/2022 | LUGAR | | Lab. Allpa |
| RESPONSABLES | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| | Número de Capsula | C-01 | C-02 | C-03 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | 18.02 | 18.32 | 18.17 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | 52.86 | 69.92 | 61.38 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | 51.64 | 68.14 | 59.88 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 57

RECOLECCIÓN DE DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD CASCOTE

|  Universidad Andina del Cusco | |  RECOLECCION DE DATOS CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO | | |
|---|--|--|-------------|-------------|
| CASCOTE | | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | : - | | | |
| MUESTRA | :Cascote | | | |
| FECHA | :10/03/2022 | LUGAR | | Lab. Allpa |
| RESPONSABLES | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| | Número de Capsula | C-01 | C-02 | C-03 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | 28.22 | 27.51 | 29.84 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | 142.32 | 138.51 | 140.52 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | 142.25 | 138.42 | 140.41 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.5. Peso unitario suelto y compactado de los agregados grueso, fino y cascote

Para la realización del ensayo de PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS se tuvieron en cuenta los procedimientos establecidos en la norma NPT 400.017, que establece el método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

a) Equipos y materiales.

- ✓ Balanza de aproximación 0.1 g. y sensibilidad de 0.1%



- ✓ Horno de secado a temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Molde metálico
- ✓ Recipientes, bandejas o contenedores
- ✓ Varilla metálica
- ✓ Brochas

b) Procedimiento

PESO UNITARIO SUELTO (PUS):

- Determinamos el volumen del molde metálico a utilizar, y se determina el volumen de este, en nuestro caso se utilizó un molde Proctor cuyo volumen ya está establecido

FIGURA 38
MATERIALES PARA PESO UNITARIO SUELTO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Pesar el molde metálico vacío.

FIGURA 39
PESO DEL MOLDE METÁLICO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



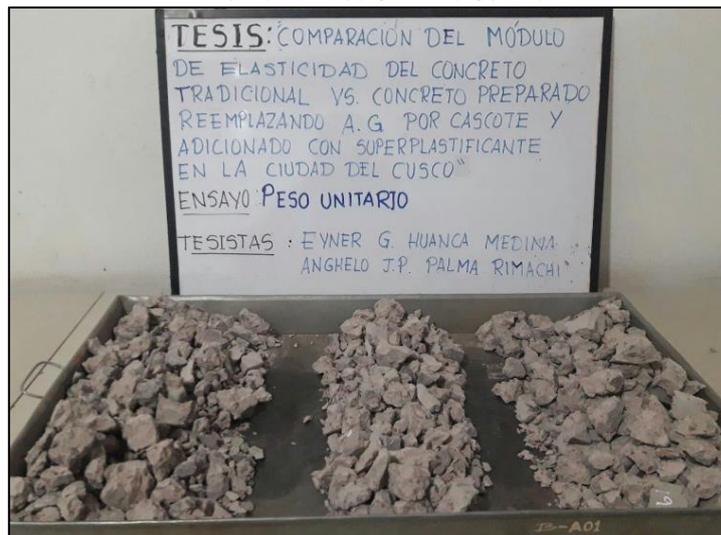
- Se vierte el agregado sin compactar hasta el ras del molde metálico, y enrasar el material con la ayuda de una varilla metálica. En caso del agregado grueso, se utilizan las piedrillas sobrantes para enrasar el material, colocándolas en los espacios vacíos.

FIGURA 40
ENRASADO DEL MATERIAL



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

FIGURA 41
ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- A continuación, luego de haber limpiado el molde y de habernos cerciorado de que no exista restos de material a las afueras ni en los bordes de nuestro molde lo pesamos y anotamos el peso.

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC):

- Determinamos el volumen del molde metálico a utilizar, y se determina el volumen de este, en nuestro caso se utilizó un molde Proctor cuyo volumen ya está establecido.



- Pesar el molde metálico vacío.
- Se vierte el agregado a una altura de 5 cm. Por encima del borde superior del molde en tres capas dando 25 golpes distribuidos de manera uniforme en cada capa. Cada capa debe estar a $\frac{1}{3}$ de la altura del molde.

FIGURA 42

MATERIALES DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Enrasar con la ayuda de una varilla metálica, limpiar y pesar.

FIGURA 43

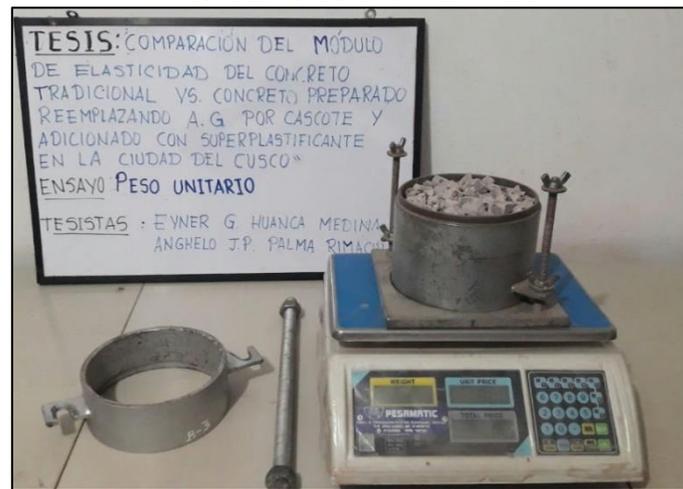
ENRASADO DE MATERIAL



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



FIGURA 44
PESO DEL AGREGADO CON EL MOLDE



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

Una vez obtenidos los datos, utilizar la siguiente fórmula para determinar tanto el peso unitario suelto y compactado

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m³

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T = Peso del recipiente de medida en kg

V = Volumen del recipiente de medida en m³



c) Toma de datos

TABLA 58
RECOLECCIÓN DE DATOS DE PESO UNITARIO AG

|  Universidad Andina del Cusco | | RECOLECCIÓN DE DATOS - PESO UNITARIO - AGREGADO GRUESO | | |  | |
|--|--|--|---------|---------|---|---------|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | |
| CANTERA | :Zurite | | | | | |
| MUESTRA | :Agregado Grueso | | | | | |
| FECHA y LUGAR | :12/03/2022 Laboratorio GEOTEST PERU S.A.C | | | | | |
| RESPONSABLES | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| P.U. AG. GRUESO | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | |
| Muestra | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 |
| Altura del molde (cm) | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 |
| Peso del Molde (gr.) | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | 12508.1 | 12553.3 | 12480.8 | 13137.1 | 13140.5 | 13138.6 |
| Observaciones: | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 59
RECOLECCIÓN DE DATOS DE PESO UNITARIO AF

|  Universidad Andina del Cusco | | RECOLECCIÓN DE DATOS - PESO UNITARIO - AGREGADO FINO | | |  | |
|--|--|--|---------|----------|---|----------|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | |
| CANTERA | :Huillqui | | | | | |
| MUESTRA | :Agregado Fino | | | | | |
| FECHA y LUGAR | :12/03/2022 Laboratorio GEOTEST PERU S.A.C | | | | | |
| RESPONSABLES | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| P.U. AG. FINO | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | |
| Muestra | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 |
| Altura del molde (cm) | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 |
| Peso del Molde (gr.) | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | 13216.8 | 13263 | 13277.4 | 13645.94 | 13602.21 | 13585.54 |
| Observaciones: | | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 60
RECOLECCIÓN DE DATOS DE PESO UNITARIO CASCOTE

| P.U. CASCOTE | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | |
|--------------------------------|---------|----------------------|---------|---------|--------------------------|-------|
| Muestra | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 |
| Altura del molde (cm) | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 |
| Peso del Molde (gr.) | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | 11840.3 | 11847 | 11851.4 | 12529.4 | 12395 | 12514 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.6. Peso específico y absorción del agregado grueso

a) Equipos y materiales.

- ✓ Balanza: Sensible a 0,5 g y con capacidad de 5 000 g ó más. La balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.
- ✓ Cesta con malla de alambre: Con abertura correspondiente al tamiz N° 6 o abertura menor, también se puede utilizar un recipiente de aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de 4 a 7 L para tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1 ½ pulg) o menores, y un cesto más grande como sea necesario para ensayar agregados con tamaños máximos mayores. El cesto deberá ser construido de tal forma de prevenir el aire atrapado cuando esté sumergido.
- ✓ Depósito de agua: Un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- ✓ Tamices: Un tamiz normalizado de 4,75 mm (N° 4) o de otros tamaños como sean necesarios, de acuerdo a la N.T.P. 350.001.
- ✓ Estufa: Una estufa capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

b) Procedimiento

- Se toma una muestra representativa estipulada en la NTP 400.021, se lleva y se sumerge en un balde con agua por 24 horas para su saturación.

FIGURA 45
REMOJADO DEL MATERIAL PARA SU SATURACIÓN



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

TABLA 61
CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA - PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

| Tamaño Máximo Nominal | | Cantidad Mínima de Muestra de ensayo |
|-----------------------|--------|--------------------------------------|
| (Pulg.) | mm | kg |
| 1/2" | 12.50 | 2.00 |
| 3/4" | 19.00 | 3.00 |
| 1" | 25.00 | 4.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 5.00 |
| 2" | 50.00 | 8.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 12.00 |
| 3" | 75.00 | 18.00 |
| 3 1/2" | 90.00 | 25.00 |
| 4" | 100.00 | 40.00 |
| 5" | 125.00 | 75.00 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Transcurrido el tiempo de saturación, se le vacía el agua, y se le va quitando humedad con una tela apropiada hasta conseguir que toda su superficie quede sin agua, pero no seca, sino opaca (estado superficialmente seco).

FIGURA 46

SECADO SUPERFICIAL DE LA MUESTRA

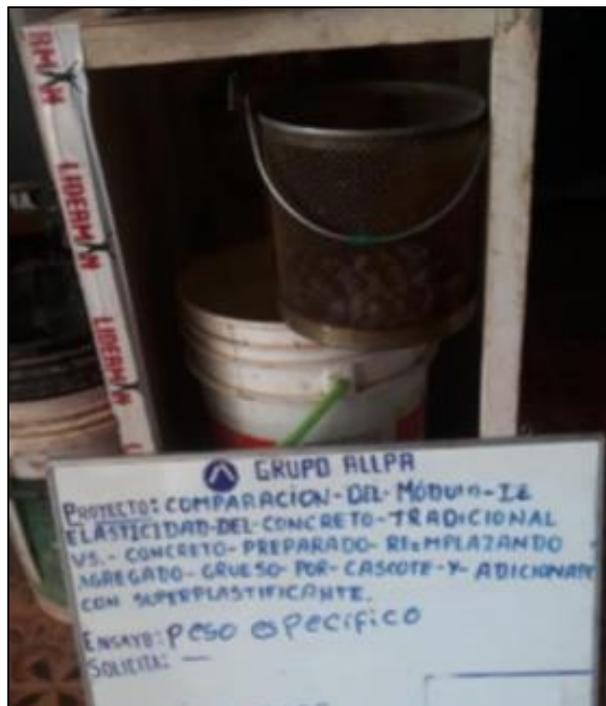


FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Se anota el peso de material en estado saturado superficialmente seco, con aproximación de 0.5 gr.
- Se coloca la muestra pesada en el cestillo y se determina y se determina el peso de la muestra sumergida completamente dentro del balde, conectando el cestillo a la balanza.

FIGURA 47

PESO DE LA MUESTRA EN EL CESTILLO - ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



- Se pone a secar la muestra en horno a 110°C hasta obtener una temperatura constante, se enfría a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anota el peso.

c) Toma de datos

TABLA 62
RECOLECCIÓN DE DATOS -PESO ESPECÍFICO- AGREGADO GRUESO

| | | | | |
|--|------------------------------------|---|--------------------------|-------|
| | Universidad Andina del Cusco | RECOLECCION DE DATOS - PESO ESPECÍFICO - AGREGADO GRUESO | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | : | Zurite | | |
| MUESTRA | : | Agregado Grueso | | |
| FECHA | : | 15/03/2022 | LUGAR: Laboratorio Allpa | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | |
| Muestra | | M1 | M2 | Prom. |
| Peso en el aire de la muestra seca (gr.) | A | 665.10 | 1228.40 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.) | B | 673.60 | 1247.10 | |
| Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.) | C | 423.60 | 778.90 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.7. Peso específico y absorción del agregado fino

a) Equipos y materiales.

- ✓ Balanza, con capacidad mínima de 1000 gr o más y sensibilidad de 0,1 g.
- ✓ Estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- ✓ Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,1 cm³ a 20 °C.
- ✓ Molde cónico, metálico de 40 – 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 – 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 – 3 mm de altura.
- ✓ Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340 – 15 g y terminada en un extremo en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 – 3 mm de diámetro

b) Procedimiento

- Se anota el peso del picnómetro con agua hasta el nivel de 500ml.
- De ser necesario se cuartea hasta conseguir una muestra representativa de más de 1 kg del material que pasa la malla N°4.
- Se sumerge en un balde con agua por 24 horas para lograr su saturación.



- Transcurrido el tiempo se vierte el agua con mucho cuidado para que no se pierda el material arcilloso
- El agregado húmedo se cocina a fuego lento, removiendo constantemente para que la humedad sea uniforme hasta alcanzar el estado superficialmente seco.
- En este punto se debe hacer la prueba del cono el cual consiste en colocar el agregado hasta rebalsar, se enrasa y se retira el cono:
- Si se queda con forma tronco-cónica, tiene más humedad que la correspondiente al estado superficialmente seco.

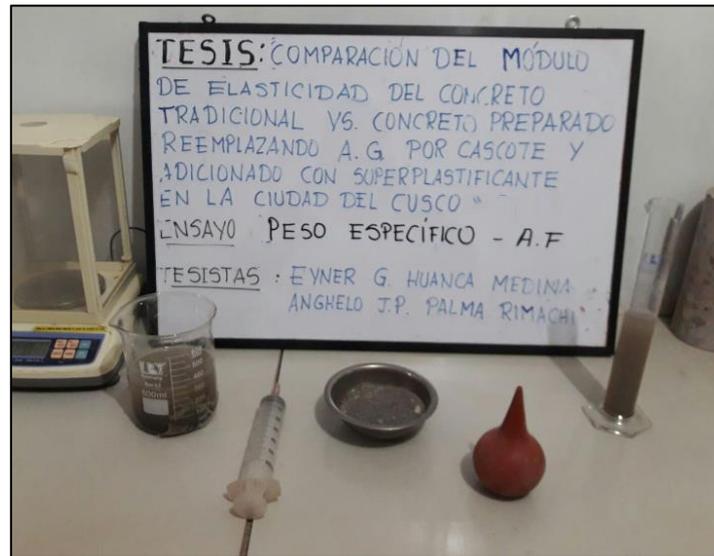
FIGURA 48
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Si se queda con forma cónica terminada en punta sin desmoronarse, tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco
- Si se desmorona, tiene menos humedad que la correspondiente al estado superficialmente seco.
- Una vez que el material se encuentre en el estado superficialmente seco, se pesa 500 gramos de material y se colocan en la fiola, y otros 500 gramos se ponen al horno a secar.
- Se llena la fiola hasta el nivel de los 1000ml y con la bomba de vacíos se le quitan los vacíos que tenga el material hasta que se eliminen las burbujas de aire.

FIGURA 49
MATERIALES PARA ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE A.F.



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Al día siguiente se procede a sacar el otro material de horno y se anota el peso.

c) Toma de datos

TABLA 63
RECOLECCIÓN DE DATOS - PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO

| | | | | | |
|--|---|---|---------------|------------------|--------------|
| | | RECOLECCION DE DATOS - PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | |
| CANTERA | : | Huillqui | | | |
| MUESTRA | : | Agregado Fino | | | |
| FECHA | : | 15/03/2022 | LUGAR: | Laboratorio Alpa | |
| RESPONSABLES | : | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | | |
| | | Muestra | M1 | M2 | Prom. |
| Peso del Material Seco a 105°C (gr.) | | A | 487.57 | 286.59 | - |
| Peso de la fiola + Agua (gr.) | | B | 669.61 | 669.64 | |
| Peso de la fiola + Muestra + Agua hasta la marca de calibración. | | C | 978.53 | 850.99 | |
| Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca. (gr.) | | S | 500.08 | 293.40 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.8. Peso específico y absorción del Cascote

a) Equipos y materiales.

Los equipos y materiales serán acorde a los utilizados para el agregado grueso, descrito líneas arriba.

b) Procedimiento

El procedimiento será acorde a los realizados para el agregado grueso descrito líneas arriba.

FIGURA 50
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL CASCOTE



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

c) Toma de datos

TABLA 64
RECOLECCIÓN DE DATOS - PESO ESPECÍFICO - CASCOTE

| | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|---------------|-------------------|--|
| | Universidad Andina del Cusco | RECOLECCION DE DATOS - PESO ESPECÍFICO - CASCOTE | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | |
| CANTERA | : | - | | | |
| MUESTRA | : | Cascote | | | |
| FECHA | : | 15/03/2022 | LUGAR: | Laboratorio Allpa | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| CASCOTE | | | | | |
| Muestra | | M1 | M2 | Prom. | |
| Peso en el aire de la muestra seca (gr.) | | A | 1418.50 | 1194.70 | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.) | | B | 1527.10 | 1276.20 | |
| Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.) | | C | 876.60 | 741.60 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.9. Elaboración de probetas cilíndricas y determinación de la consistencia de concreto

a) Equipos y materiales.

- ✓ Mezcladora de concreto de 6 pies³.
- ✓ Cono de Abraham.



- ✓ Briqueteras de 15*30 cm.
- ✓ Varilla de 5/8”.
- ✓ Martillo de goma
- ✓ Balanza (g).
- ✓ Cucharones.
- ✓ Cemento.
- ✓ Agregado grueso.
- ✓ Agregado fino.
- ✓ Cascote
- ✓ Agua
- ✓ Aditivo superplastificante

b) Procedimiento

MEZCLA DEL CONCRETO

- Como primer paso, verificamos el estado de los materiales a usar, asegurándonos que estén completos y limpios.
- Seguidamente se colocaron los moldes en una superficie plana y firme, lugar donde permanecerán hasta que se desmolden. Seguidamente pasamos a humedecer todas las superficies interiores de las briqueteras con petróleo para facilitar el desmoldado. Los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes que deben estar en contacto con el concreto deben ser de acero, hierro forjado, o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos, así también deben ser herméticas (MTC – E 702 y NTP 339.183).

“Los moldes deben tener una altura nominal interior igual a dos veces el diámetro nominal interior.” (ASTM C 470)

FIGURA 51

BRIQUETERAS CON PETRÓLEO EN CARAS INTERIORES



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Una vez realizados los pasos anteriores, se alistaron las proporciones calculadas en el diseño de mezclas para el cemento, agregados, agua y aditivos para el caso del concreto preparado con cascote.

FIGURA 52

PROPORCIONES DE MATERIALES LISTAS



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Seguidamente y antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo del agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo, cuando ésta se requiera, el aditivo se debe dispersar en el agua antes de su adición a la mezcla. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unas cuantas revoluciones se adicionan el agregado fino, el cemento y el agua en ese orden, esto con la mezcladora en funcionamiento.



FIGURA 53

VERTIDO DE MATERIALES EN LA MEZCLADORA

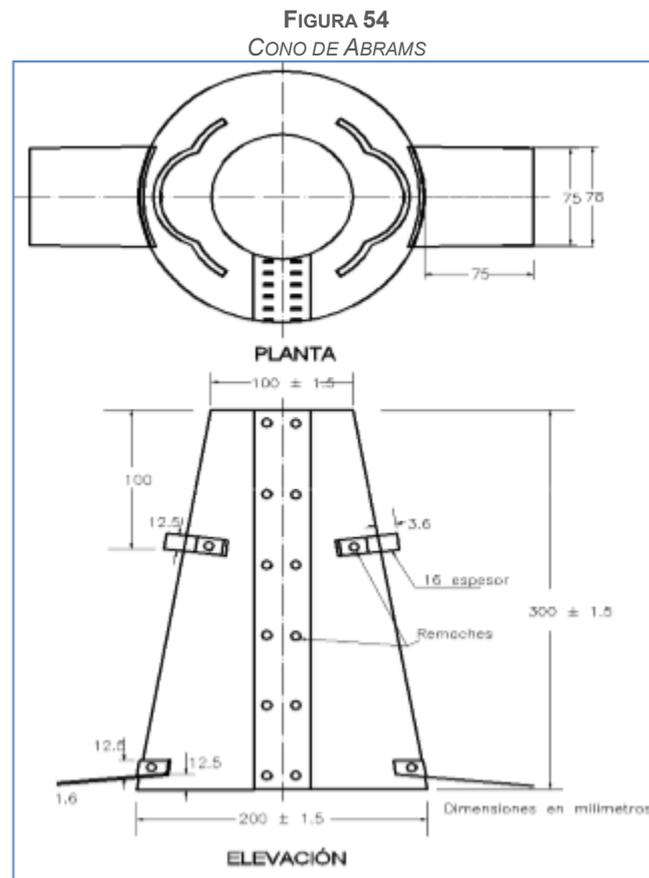


FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Seguidamente se debe mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación final.
- Seguidamente se deposita la mezcla de concreto a una carretilla asegurándonos que este esté libre de impurezas y limpia.

DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA

Se debe medir el asentamiento de acuerdo con la norma MTC E 705 y NTP 339.034, para esto se hace uso de un molde denominado cono de Abrams, el cual tiene las siguientes características.



FUENTE: NTP 339.034

- Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente. Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 67 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.
- Cada capa debe compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo se debe compactar en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior
- Al llenar la capa superior se debe apilar concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después que la última capa ha sido compactada se debe alisar a ras la superficie del concreto. Inmediatamente el molde es retirado, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical.



- El concreto del área que rodea la base del cono debe ser removido para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento. El alzado del molde debe hacerse en un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto. El ensayo de asentamiento se debe comenzar a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

FIGURA 55
PRUEBA DE SLUMP



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Inmediatamente después, se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen



FIGURA 56
MEDIDA DEL REVENIMIENTO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

COLOCACIÓN Y VACIADO DEL CONCRETO

- Primero se determina el lugar del moldeo, que debe ser lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas.
- Seguidamente se colocan las muestras sobre una superficie rígida ya elegida libre de vibraciones y libre de inclinaciones.
- Seguidamente colocamos el concreto en los moldes utilizando cucharones, la mezcla de concreto en el recipiente se debe remezclar continuamente durante el moldeo de los especímenes, con el objeto de prevenir la segregación
- Posteriormente se distribuye el concreto con la varilla compactadora, antes del inicio de la consolidación. La elección de la varilla y el número de golpes por capa, se deben considerar de acuerdo a los especificado en la norma NTP 339.035 y MTC E 702.

TABLA 65
DIÁMETRO DE VARILLA Y NÚMERO DE GOLPES POR CAPA

| CILINDROS | | |
|--|--|---------------------------|
| Diámetro del cilindro en mm (pulgadas) | Diámetro de varilla Número en mm (pulgadas) | Número de golpes por capa |
| 50 (2) a 150 (6) | 10 (3/8) 25 | 25 |
| 150 (6) | 16 (5/8) 25 | 25 |
| 200(8) | 16 (5/8) 50 | 50 |
| 250(10) | 16 (5/8) 75 | 75 |



| VIGAS Y PRISMAS | | |
|--|-------------------------------------|--|
| Área de la superficie superior de la muestra en cm^2 (pulg ²) | Diámetro de varilla en mm (pulgada) | Número de golpes por capa |
| 160(25) | 10(3/8) | 25 |
| 160(25) a 310(49) | 10(3/8) | 1 por cada 7 cm^2 (1pulg ²) de área |
| 320(50) o más | 16(3/8) | 1 por cada 14 m^2 (2pulg ²) de área |

FUENTE: NTP 339.035

FIGURA 57
ELABORADO DE BRIQUETAS DE CONCRETO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde. No se permite la adición de muestras que no sean representativas del concreto dentro de un molde insuficientemente llenado.
- Número de capas – El número de capas con el cual se fabrica el espécimen debe ser el especificado en la siguiente tabla:

TABLA 66
NÚMERO DE CAPAS REQUERIDAS EN LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS

| Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas) | Método de compactación | Número de capas | Altura aproximada De la capa en mm (pulgadas) |
|--|--|---|---|
| CILINDROS Hasta 300(12) Mayor que 300(12) | Apisonado(varillado) | 3 iguales | 100(4) |
| Hasta 460(18) Mayor que 460(18) | Apisonado(varillado) Vibración Vibración | Las requeridas 2 iguales 3 ó más | 200(4) |
| PRISMAS Hasta 200(8) Mayor que 200(8) | Apisonado(varillado) | 2 iguales | 100(4) |
| Hasta 200(8) Mayor que 200(8) | Apisonado(varillado) Vibración Vibración | 3 o más 1 2 o más | 200(8) C 172 |

FUENTE: NTP 339.035

- Después de llenar y compactar los moldes, se retiran los excesos de concreto con la varilla, manipulándose lo menos posible, dejando la cara lisa para dejarlos fraguar hasta el día siguiente.

FIGURA 58
GOLPEO CON MARTILLO DE GOMA PARA LA CORRECTA DISTRIBUCIÓN



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



FIGURA 59
BRIQUETAS DE CONCRETO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

DESENCOFRADO Y CURADO

- Pasado un tiempo de 24 horas, se procede a desencofrar o desmoldar los testigos cilíndricos teniendo mucho cuidado en no dañar las superficies de los testigos.
- Por último, se colocan los testigos de concreto en agua con el fin de curarlos hasta su respectivo análisis a los 7, 14 y 28 días.

3.5.1.10. Resistencia a la compresión

Se determinó la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas según a los procedimientos establecidos y estipulados en las normas NTP 339.034, ASTM C 39 – 39M y MTC E 704, como parte del ensayo de la determinación del módulo de elasticidad del concreto en testigos o probetas cilíndricas.

a) Equipos y materiales.

- ✓ Máquina de compresión Axial (Prensa Hidráulica).
- ✓ Vernier/rwegla metálica
- ✓ Briquetas de 15cm. x 30cm.

b) Procedimiento



- Una vez retirados los testigos de concreto del lugar de curación, se procedió a ubicarlos en el lugar donde se realizó las pruebas de determinación del módulo de elasticidad y resistencia a compresión.

FIGURA 60
TESTIGOS DE CONCRETO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Con ayuda del vernier y la regla metálica, se procedió a realizar las respectivas mediciones de diámetro inferior, superior y altura a las distintos testigos cilíndricos o briquetas, anotando los distintos valores en la hoja de instrumentos de laboratorio.

FIGURA 61
MEDIDA DE DIÁMETRO DE LAS BRIQUETAS

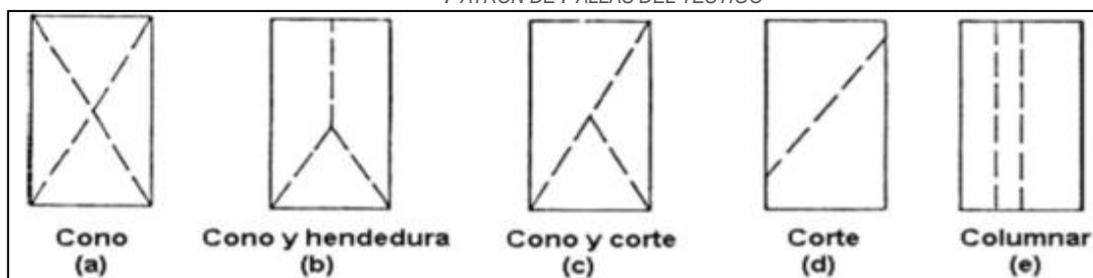


FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



- Se procede a verificar el estado de la máquina de ensayo, verificando que la calibración de esta haya sido realizada con no más de 12 meses antes de realizar la prueba (máxima cada 13 meses)
- Colocación de la Muestra – Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior, todo esto verificando que la briqueta se encuentre en la parte central de ambas caras.
- Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior, en nuestro caso no se usaron caras superiores ni inferiores de neopreno, ya que se quería obtener la deformación unitaria más exacta para la determinación más precisa del módulo de elasticidad, Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.
- Velocidad de Carga – Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos. La carga se deberá aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (35 ± 7 psi/s).
- Se aplica la carga hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra un patrón de falla definido como muestra el siguiente cuadro:

FIGURA 62
PATRÓN DE FALLAS DEL TESTIGO



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA



FIGURA 63
ROTURA DE BRIQUETAS



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Una vez obtenido la última lectura de la carga máxima obtenida anotararlo en la hoja de instrumentos de recolección de datos.

FIGURA 64
LECTURA DE LA CARGA MÁXIMA



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

- Cuando se ensayan cilindros sin refrentar, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última.



- Una vez obtenidos los datos, usar la relación:

$$Rc = 4G \pi \times D^2$$

Donde:

Rc = Es la resistencia de rotura a la compresión, en Kg/cm².

G = La carga máxima de rotura en (kg).

D = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en (cm).

c) Toma de datos

DIMENSIONES DE BRIQUETAS

TABLA 67

DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO TRADICIONAL A LOS 7 DÍAS

| Nombre | | Diámetro Superior (cm) | | Diámetro superior promedio (cm) | Diámetro Inferior (cm) | | Diámetro inferior promedio (cm) | Altura (cm) | | Altura promedio (cm) | Área (cm ²) |
|--------|--|------------------------|-------|---------------------------------|------------------------|-------|---------------------------------|-------------|-------|----------------------|-------------------------|
| | | d1 | d2 | | d3 | d4 | | h1 | h2 | | |
| 01 - A | | 14.92 | 14.95 | 14.94 | 15.00 | 15.18 | 15.09 | 30.00 | 30.10 | 30.05 | 177.06 |
| 02 - A | | 14.90 | 15.02 | 14.96 | 15.24 | 15.18 | 15.21 | 30.32 | 30.28 | 30.30 | 178.71 |
| 03 - A | | 15.28 | 15.21 | 15.25 | 14.99 | 14.95 | 14.97 | 30.17 | 30.32 | 30.25 | 179.30 |
| 04 - A | | 15.05 | 15.19 | 15.12 | 14.91 | 15.01 | 14.96 | 30.21 | 30.08 | 30.15 | 177.65 |
| 05 - A | | 14.94 | 15.19 | 15.07 | 14.93 | 15.10 | 15.02 | 30.16 | 30.11 | 30.14 | 177.78 |
| 06 - A | | 15.05 | 14.98 | 15.02 | 14.95 | 15.03 | 14.99 | 30.20 | 30.14 | 30.17 | 176.83 |
| 07 - A | | 15.15 | 15.00 | 15.08 | 15.18 | 14.99 | 15.09 | 30.07 | 30.17 | 30.12 | 178.72 |
| 08 - A | | 15.17 | 15.17 | 15.17 | 14.92 | 14.90 | 14.91 | 30.07 | 30.03 | 30.05 | 177.65 |
| 09 - A | | 14.92 | 15.02 | 14.97 | 15.04 | 15.12 | 15.08 | 30.09 | 30.20 | 30.15 | 177.30 |
| 10 - A | | 14.93 | 15.17 | 15.05 | 15.00 | 15.02 | 15.01 | 30.01 | 30.18 | 30.10 | 177.42 |
| 11 - A | | 15.14 | 14.99 | 15.07 | 14.94 | 15.03 | 14.99 | 30.00 | 30.13 | 30.07 | 177.42 |
| 12 - A | | 14.99 | 14.95 | 14.97 | 15.12 | 14.98 | 15.05 | 30.06 | 30.19 | 30.13 | 176.95 |
| 13 - A | | 14.90 | 14.95 | 14.93 | 15.12 | 15.04 | 15.08 | 30.15 | 30.20 | 30.18 | 176.83 |
| 14 - A | | 14.92 | 15.10 | 15.01 | 14.90 | 14.90 | 14.90 | 30.00 | 30.20 | 30.10 | 175.65 |
| 15 - A | | 15.11 | 14.98 | 15.05 | 15.01 | 15.20 | 15.11 | 30.12 | 30.14 | 30.13 | 178.60 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 68

DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO TRADICIONAL A LOS 14 DÍAS

| Nombre | | Diametro Superior (cm) | | Diametro superior promedio (cm) | Diametro Inferior (cm) | | Diametro inferior promedio (cm) | Altura (cm) | | Altura promedio (cm) | Área (cm ²) |
|--------|--|------------------------|-------|---------------------------------|------------------------|-------|---------------------------------|-------------|-------|----------------------|-------------------------|
| | | d1 | d2 | | d3 | d4 | | h1 | h2 | | |
| 16 - A | | 14.96 | 15.31 | 15.14 | 15.23 | 14.97 | 15.10 | 30.28 | 30.32 | 30.30 | 179.55 |
| 17 - A | | 15.31 | 15.23 | 15.27 | 15.02 | 15.11 | 15.07 | 30.22 | 30.08 | 30.15 | 180.73 |
| 18 - A | | 14.99 | 14.94 | 14.97 | 15.15 | 14.88 | 15.02 | 30.17 | 30.13 | 30.15 | 176.60 |
| 19 - A | | 15.08 | 15.00 | 15.04 | 14.98 | 14.80 | 14.89 | 30.04 | 30.06 | 30.05 | 175.89 |
| 20 - A | | 15.00 | 15.05 | 15.03 | 14.92 | 15.12 | 15.02 | 30.17 | 30.03 | 30.10 | 177.30 |
| 21 - A | | 14.99 | 14.95 | 14.97 | 15.16 | 14.97 | 15.07 | 30.07 | 30.08 | 30.08 | 177.18 |
| 22 - A | | 15.12 | 15.13 | 15.13 | 14.97 | 14.96 | 14.97 | 30.19 | 30.05 | 30.12 | 177.89 |
| 23 - A | | 14.92 | 15.19 | 15.06 | 15.00 | 14.97 | 14.99 | 30.00 | 30.06 | 30.03 | 177.30 |
| 24 - A | | 14.97 | 14.95 | 14.96 | 15.18 | 15.17 | 15.18 | 30.17 | 30.05 | 30.11 | 178.36 |
| 25 - A | | 15.08 | 14.94 | 15.01 | 15.02 | 15.08 | 15.05 | 30.17 | 30.02 | 30.10 | 177.42 |
| 26 - A | | 15.03 | 15.20 | 15.12 | 14.95 | 15.18 | 15.07 | 30.07 | 30.19 | 30.13 | 178.96 |
| 27 - A | | 14.90 | 15.20 | 15.05 | 15.04 | 15.07 | 15.06 | 30.04 | 30.11 | 30.08 | 178.01 |
| 28 - A | | 15.12 | 15.01 | 15.07 | 14.98 | 15.20 | 15.09 | 30.01 | 30.10 | 30.06 | 178.60 |
| 29 - A | | 15.14 | 14.96 | 15.05 | 15.11 | 14.96 | 15.04 | 30.08 | 30.00 | 30.04 | 177.78 |
| 30 - A | | 15.02 | 14.93 | 14.98 | 15.16 | 15.20 | 15.18 | 30.16 | 30.15 | 30.16 | 178.60 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 69

DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO TRADICIONAL A LOS 28 DÍAS

| Nombre | | Diametro Superior (cm) | | Diametro superior promedio (cm) | Diametro Inferior (cm) | | Diametro inferior promedio (cm) | Altura (cm) | | Altura promedio (cm) | Área (cm ²) |
|--------|--|------------------------|-------|---------------------------------|------------------------|-------|---------------------------------|-------------|-------|----------------------|-------------------------|
| | | d1 | d2 | | d3 | d4 | | h1 | h2 | | |
| 31 - A | | 15.08 | 15.20 | 15.14 | 15.10 | 15.14 | 15.12 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 179.79 |
| 32 - A | | 15.08 | 15.25 | 15.17 | 15.18 | 15.06 | 15.12 | 30.08 | 30.01 | 30.05 | 180.15 |
| 33 - A | | 15.11 | 15.20 | 15.16 | 15.20 | 15.04 | 15.12 | 30.30 | 30.20 | 30.25 | 180.03 |
| 34 - A | | 15.02 | 15.00 | 15.01 | 15.00 | 14.92 | 14.96 | 30.21 | 30.08 | 30.15 | 176.36 |
| 35 - A | | 14.94 | 15.02 | 14.98 | 15.20 | 15.00 | 15.10 | 30.17 | 30.04 | 30.11 | 177.66 |
| 36 - A | | 15.20 | 15.02 | 15.11 | 14.90 | 15.09 | 15.00 | 30.00 | 30.18 | 30.09 | 178.01 |
| 37 - A | | 15.20 | 14.95 | 15.08 | 14.93 | 14.92 | 14.93 | 30.03 | 30.11 | 30.07 | 176.83 |
| 38 - A | | 15.01 | 15.08 | 15.05 | 15.04 | 14.92 | 14.98 | 30.12 | 30.07 | 30.10 | 177.07 |
| 39 - A | | 15.18 | 15.11 | 15.15 | 14.90 | 14.99 | 14.95 | 30.17 | 30.08 | 30.13 | 177.89 |
| 40 - A | | 15.16 | 15.00 | 15.08 | 15.04 | 14.90 | 14.97 | 30.04 | 30.20 | 30.12 | 177.30 |
| 41 - A | | 14.91 | 15.19 | 15.05 | 15.18 | 15.16 | 15.17 | 30.16 | 30.11 | 30.14 | 179.31 |
| 42 - A | | 14.90 | 15.04 | 14.97 | 14.95 | 15.01 | 14.98 | 30.07 | 30.16 | 30.12 | 176.13 |
| 43 - A | | 14.96 | 15.17 | 15.07 | 14.96 | 14.99 | 14.98 | 30.01 | 30.15 | 30.08 | 177.30 |
| 44 - A | | 15.17 | 15.15 | 15.16 | 14.91 | 15.11 | 15.01 | 30.01 | 30.02 | 30.02 | 178.72 |
| 45 - A | | 14.95 | 15.01 | 14.98 | 15.18 | 14.94 | 15.06 | 30.02 | 30.16 | 30.09 | 177.18 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 70
DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO CON CASCOTE A LOS 7 DÍAS

|  | | RECOLECCIÓN DE DATOS - DIMENSIONES DE BRIQUETAS - CONCRETO CON CASCOTE | | | |  | | | | |
|---|------------------------|---|--|------------------------|-------|---|-------------|-------|----------------------|-------------------------|
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | | | |
| Responsables | | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | | |
| Fecha y Lugar | | | :30/03/2022 - Laboratorios Allpa | | | | | | | |
| CONCRETO CON CASCOTE - 7 DIAS | | | | | | | | | | |
| Nombre | Diametro Superior (cm) | | Diametro superior promedio (cm) | Diametro Inferior (cm) | | Diametro inferior promedio (cm) | Altura (cm) | | Altura promedio (cm) | Área (cm ²) |
| | d1 | d2 | | d3 | d4 | | h1 | h2 | | |
| 01 - B | 15.13 | 14.98 | 15.06 | 15.04 | 15.20 | 15.12 | 30.01 | 30.09 | 30.05 | 178.84 |
| 02 - B | 15.08 | 15.17 | 15.13 | 15.00 | 15.05 | 15.03 | 30.08 | 30.12 | 30.10 | 178.60 |
| 03 - B | 15.09 | 15.25 | 15.17 | 15.35 | 15.29 | 15.32 | 30.02 | 30.08 | 30.05 | 182.53 |
| 04 - B | 15.04 | 15.17 | 15.11 | 15.10 | 15.00 | 15.05 | 30.16 | 30.14 | 30.15 | 178.60 |
| 05 - B | 15.19 | 15.11 | 15.15 | 15.13 | 15.08 | 15.11 | 29.99 | 30.05 | 30.02 | 179.79 |
| 06 - B | 15.20 | 14.96 | 15.08 | 14.97 | 14.93 | 14.95 | 29.98 | 30.10 | 30.04 | 177.06 |
| 07 - B | 15.19 | 15.18 | 15.19 | 14.92 | 15.19 | 15.06 | 29.87 | 29.89 | 29.88 | 179.67 |
| 08 - B | 15.14 | 14.95 | 15.05 | 15.01 | 14.97 | 14.99 | 30.16 | 29.91 | 30.04 | 177.19 |
| 09 - B | 14.95 | 15.02 | 14.99 | 15.01 | 14.95 | 14.98 | 30.00 | 30.19 | 30.10 | 176.36 |
| 10 - B | 15.10 | 15.08 | 15.09 | 15.12 | 15.06 | 15.09 | 30.00 | 30.07 | 30.04 | 178.84 |
| 11 - B | 14.91 | 15.11 | 15.01 | 14.92 | 14.92 | 14.92 | 30.08 | 30.09 | 30.09 | 175.89 |
| 12 - B | 14.90 | 14.96 | 14.93 | 15.14 | 14.95 | 15.05 | 30.15 | 30.00 | 30.08 | 176.48 |
| 13 - B | 15.05 | 15.00 | 15.03 | 15.04 | 14.92 | 14.98 | 29.86 | 30.09 | 29.98 | 176.83 |
| 14 - B | 15.20 | 14.98 | 15.09 | 14.92 | 14.96 | 14.94 | 30.25 | 30.22 | 30.24 | 177.06 |
| 15 - B | 15.17 | 15.01 | 15.09 | 15.07 | 15.02 | 15.05 | 29.93 | 30.23 | 30.08 | 178.37 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 71

DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO CON CASCOTE A LOS 14 DÍAS

|  | | RECOLECCIÓN DE DATOS - DIMENSIONES DE BRIQUETAS - CONCRETO CON CASCOTE | | | |  | | Universidad Andina del Cusco | | |
|--|------------------------|---|---------------------------------|--|-------|---|-------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco- 2023" | | | | | | | | | | |
| Responsables | | | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | |
| Fecha y Lugar | | | | :09/04/2022 - Laboratorios Allpa | | | | | | |
| CONCRETO CON CASCOTE - 14 DIAS | | | | | | | | | | |
| Nombre | Diametro Superior (cm) | | Diametro superior promedio (cm) | Diametro Inferior (cm) | | Diametro inferior promedio (cm) | Altura (cm) | | Altura promedio (cm) | Área (cm ²) |
| | d1 | d2 | | d3 | d4 | | h1 | h2 | | |
| 16 - B | 14.85 | 14.90 | 14.88 | 15.02 | 15.24 | 15.13 | 29.94 | 29.96 | 29.95 | 176.82 |
| 17 - B | 14.47 | 14.57 | 14.52 | 14.34 | 14.30 | 14.32 | 30.17 | 30.13 | 30.15 | 163.31 |
| 18 - B | 14.70 | 14.75 | 14.73 | 14.92 | 14.88 | 14.90 | 30.00 | 30.20 | 30.10 | 172.38 |
| 19 - B | 14.60 | 14.84 | 14.72 | 15.32 | 15.30 | 15.31 | 30.15 | 30.25 | 30.20 | 177.00 |
| 20 - B | 14.96 | 14.97 | 14.97 | 14.90 | 15.11 | 15.01 | 30.17 | 30.05 | 30.11 | 176.48 |
| 21 - B | 15.10 | 15.18 | 15.14 | 15.05 | 14.97 | 15.01 | 30.01 | 29.96 | 29.99 | 178.48 |
| 22 - B | 14.92 | 14.96 | 14.94 | 15.13 | 15.19 | 15.16 | 29.90 | 30.18 | 30.04 | 177.89 |
| 23 - B | 15.12 | 15.06 | 15.09 | 15.10 | 15.18 | 15.14 | 30.11 | 29.88 | 30.00 | 179.43 |
| 24 - B | 14.99 | 15.10 | 15.05 | 15.16 | 15.04 | 15.10 | 29.91 | 30.01 | 29.96 | 178.49 |
| 25 - B | 15.18 | 14.91 | 15.05 | 15.15 | 15.18 | 15.17 | 30.07 | 29.98 | 30.03 | 179.31 |
| 26 - B | 15.04 | 15.10 | 15.07 | 15.11 | 14.99 | 15.05 | 30.10 | 29.98 | 30.04 | 178.13 |
| 27 - B | 14.95 | 14.91 | 14.93 | 15.07 | 15.18 | 15.13 | 29.98 | 30.02 | 30.00 | 177.41 |
| 28 - B | 15.13 | 14.95 | 15.04 | 15.03 | 15.07 | 15.05 | 30.09 | 30.11 | 30.10 | 177.78 |
| 29 - B | 14.98 | 15.00 | 14.99 | 15.14 | 15.11 | 15.13 | 30.13 | 30.23 | 30.18 | 178.13 |
| 30 - B | 15.07 | 15.01 | 15.04 | 15.10 | 14.90 | 15.00 | 30.06 | 30.18 | 30.12 | 177.19 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 72

DIMENSIONES DE BRIQUETAS- CONCRETO CON CASCOTE A LOS 28 DÍAS

| Nombre | | Diametro Superior (cm) | | Diametro superior promedio (cm) | Diametro Inferior (cm) | | Diametro inferior promedio (cm) | Altura (cm) | | Altura promedio (cm) | Área (cm ²) |
|--------|--|------------------------|-------|---------------------------------|------------------------|-------|---------------------------------|-------------|-------|----------------------|-------------------------|
| | | d1 | d2 | | d3 | d4 | | h1 | h2 | | |
| 31 - B | | 15.50 | 15.44 | 15.47 | 15.17 | 15.27 | 15.22 | 30.16 | 30.04 | 30.10 | 184.92 |
| 32 - B | | 14.89 | 14.99 | 14.94 | 15.79 | 15.91 | 15.85 | 29.80 | 30.00 | 29.90 | 185.98 |
| 33 - B | | 14.83 | 14.96 | 14.90 | 15.00 | 15.36 | 15.18 | 29.89 | 30.01 | 29.95 | 177.64 |
| 34 - B | | 14.90 | 14.92 | 14.91 | 15.09 | 15.25 | 15.17 | 29.97 | 30.03 | 30.00 | 177.65 |
| 35 - B | | 15.13 | 15.17 | 15.15 | 15.08 | 15.06 | 15.07 | 30.14 | 30.09 | 30.12 | 179.31 |
| 36 - B | | 14.91 | 15.09 | 15.00 | 15.20 | 15.09 | 15.15 | 30.14 | 29.97 | 30.06 | 178.48 |
| 37 - B | | 15.11 | 15.03 | 15.07 | 15.19 | 15.11 | 15.15 | 30.16 | 30.03 | 30.10 | 179.31 |
| 38 - B | | 14.90 | 15.15 | 15.03 | 15.01 | 14.98 | 15.00 | 30.01 | 30.20 | 30.11 | 177.07 |
| 39 - B | | 15.00 | 15.09 | 15.05 | 15.10 | 15.14 | 15.12 | 29.97 | 29.87 | 29.92 | 178.72 |
| 40 - B | | 14.92 | 15.12 | 15.02 | 15.00 | 15.06 | 15.03 | 30.21 | 30.02 | 30.12 | 177.30 |
| 41 - B | | 15.11 | 15.13 | 15.12 | 14.94 | 14.95 | 14.95 | 30.24 | 29.85 | 30.05 | 177.53 |
| 42 - B | | 15.17 | 14.99 | 15.08 | 15.15 | 15.04 | 15.10 | 30.23 | 30.09 | 30.16 | 178.84 |
| 43 - B | | 14.91 | 14.93 | 14.92 | 15.08 | 15.19 | 15.14 | 29.97 | 29.91 | 29.94 | 177.41 |
| 44 - B | | 14.95 | 15.11 | 15.03 | 15.12 | 15.19 | 15.16 | 30.22 | 30.05 | 30.14 | 178.96 |
| 45 - B | | 14.93 | 14.97 | 14.95 | 15.06 | 14.96 | 15.01 | 30.20 | 29.94 | 30.07 | 176.24 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

CARGAS MÁXIMA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TABLA 73
LECTURA DE CARGA MÁXIMA- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| Universidad Andina del Cusco | | RECOLECCIÓN DE DATOS - LECTURA DE CARGA MÁXIMA - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | |
|---|-------------------|--|-------------------|--------|-------------------|
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Nombre | Carga Maxima (KN) | Nombre | Carga Maxima (KN) | Nombre | Carga Maxima (KN) |
| 01 - A | 268.87 kN | 16 - A | 353.02 kN | 31 - A | 418.59 kN |
| 02 - A | 258.24 kN | 17 - A | 321.46 kN | 32 - A | 364.33 kN |
| 03 - A | 263.31 kN | 18 - A | 323.74 kN | 33 - A | 450.07 kN |
| 04 - A | 284.82 kN | 19 - A | 301.83 kN | 34 - A | 452.98 kN |
| 05 - A | 269.76 kN | 20 - A | 318.28 kN | 35 - A | 401.85 kN |
| 06 - A | 294.40 kN | 21 - A | 315.40 kN | 36 - A | 452.69 kN |
| 07 - A | 261.32 kN | 22 - A | 341.85 kN | 37 - A | 404.61 kN |
| 08 - A | 274.13 kN | 23 - A | 323.15 kN | 38 - A | 439.62 kN |
| 09 - A | 264.03 kN | 24 - A | 327.24 kN | 39 - A | 419.83 kN |
| 10 - A | 289.61 kN | 25 - A | 301.39 kN | 40 - A | 432.34 kN |
| 11 - A | 276.04 kN | 26 - A | 335.78 kN | 41 - A | 461.51 kN |
| 12 - A | 275.40 kN | 27 - A | 352.64 kN | 42 - A | 418.85 kN |
| 13 - A | 290.27 kN | 28 - A | 352.78 kN | 43 - A | 457.25 kN |
| 14 - A | 264.48 kN | 29 - A | 330.19 kN | 44 - A | 410.95 kN |
| 15 - A | 277.20 kN | 30 - A | 356.29 kN | 45 - A | 451.95 kN |
| Nombre | Carga Maxima (KN) | Nombre | Carga Maxima (KN) | Nombre | Carga Maxima (KN) |
| 01 - B | 256.62 kN | 16 - B | 375.13 kN | 31 - B | 408.29 kN |
| 02 - B | 291.49 kN | 17 - B | 343.41 kN | 32 - B | 419.69 kN |
| 03 - B | 297.69 kN | 18 - B | 393.25 kN | 33 - B | 415.24 kN |
| 04 - B | 294.39 kN | 19 - B | 398.31 kN | 34 - B | 451.66 kN |
| 05 - B | 294.06 kN | 20 - B | 366.26 kN | 35 - B | 388.70 kN |
| 06 - B | 272.09 kN | 21 - B | 381.76 kN | 36 - B | 404.96 kN |
| 07 - B | 277.24 kN | 22 - B | 409.86 kN | 37 - B | 450.94 kN |
| 08 - B | 254.80 kN | 23 - B | 407.37 kN | 38 - B | 437.99 kN |
| 09 - B | 277.76 kN | 24 - B | 371.57 kN | 39 - B | 399.98 kN |
| 10 - B | 256.92 kN | 25 - B | 389.85 kN | 40 - B | 444.42 kN |
| 11 - B | 280.43 kN | 26 - B | 383.63 kN | 41 - B | 432.47 kN |
| 12 - B | 296.82 kN | 27 - B | 407.92 kN | 42 - B | 419.07 kN |
| 13 - B | 241.91 kN | 28 - B | 345.40 kN | 43 - B | 425.24 kN |
| 14 - B | 255.85 kN | 29 - B | 376.00 kN | 44 - B | 435.02 kN |
| 15 - B | 261.44 kN | 30 - B | 428.65 kN | 45 - B | 413.74 kN |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.1.11. Determinación del módulo de Elasticidad

a) Equipos y materiales.

- ✓ Máquina de compresión Axial (Prensa Hidráulica).
- ✓ Vernier/regla metálica



- ✓ Briquetas de 15cm. x 30cm.
- ✓ Deformímetro(s).

b) Procedimiento

- Se toman las medidas de los diámetros y alturas de los testigos de concreto. Para luego ubicar el punto medio de la briqueta de ahí trazar dos líneas perpendiculares y alinear a la prensa hidráulica.
- Se colocan los deformímetros verticales, de tal forma que queden listos para iniciar con la aplicación de los esfuerzos verticales.

FIGURA 65
DEFORMÍMETROS VERTICALES



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

Seguidamente se hacen las lecturas del deformímetro vertical en variaciones de 10 líneas en 10 líneas, anotando simultáneamente los datos necesarios de los esfuerzos a los que se va sometiendo el espécimen para determinar esfuerzos a las 50 millonésimas de deformación y al 40% de carga que soporta la briqueta.



FIGURA 66
BRIQUETAS A ENSAYAR



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

FIGURA 67
LECTURA DE LOS DEFORMÍMETROS



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

FIGURA 68

TOMA DE DATOS DE DIALES Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

FIGURA 69

BRIQUETA CON DEFORMÍMETROS VERTICALES Y HORIZONTALES



FUENTE: GALERÍA FOTOGRÁFICA PROPIA

c) Toma de datos



TABLA 74
LECTURA DE DIAL VS FUERZA APLICADA C° TRADICIONAL

| Lectura Dial N° | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 |
|--------------------|--|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | Fuerza Aplicada (Kn) | | | | | | | | | | | | |
| 01 - A | | 39.98 | 74.35 | 114.89 | 137.83 | 168.58 | 196.42 | 215.55 | 230.39 | 243.71 | 257.39 | 266.5 | 268.87 | |
| 02 - A | | 37.19 | 70.64 | 103.94 | 138.74 | 164.22 | 187.98 | 205.62 | 224.65 | 231.56 | 246.94 | 251.47 | 257.28 | 258.24 |
| 03 - A | | 46.28 | 90.58 | 123.32 | 156.74 | 184.75 | 211.1 | 229.91 | 244.33 | 254.97 | 263.16 | 261.21 | 263.31 | |
| 04 - A | | 43.69 | 81.51 | 121.73 | 148.4 | 179.6 | 206.18 | 223.38 | 240.95 | 257.96 | 268.94 | 277.01 | 277.2 | 284.82 |
| 05 - A | | 43.64 | 80.81 | 116.72 | 152.18 | 177.95 | 202.03 | 222.77 | 240.37 | 255.73 | 263.97 | 269.76 | | |
| 06 - A | | 44.38 | 81.65 | 116.47 | 146.76 | 174.43 | 200.85 | 221.78 | 241.52 | 260.62 | 270.2 | 278.61 | 286.85 | 294.4 |
| 07 - A | | 46.54 | 92.79 | 135.13 | 169.62 | 193.97 | 215.49 | 228.44 | 240.34 | 249.74 | 258.27 | 260.27 | 261.32 | |
| 08 - A | | 49.8 | 98.51 | 142.97 | 168.08 | 191.77 | 210.88 | 227.55 | 242.58 | 254.86 | 262.35 | 268.08 | 271.33 | 274.13 |
| 09 - A | | 35.78 | 68.53 | 101.24 | 133.7 | 165.1 | 187.02 | 208.69 | 225.81 | 242.4 | 255.67 | 261.62 | 264.03 | |
| 10 - A | | 41.36 | 80 | 112.6 | 143.36 | 174.01 | 202.37 | 227.44 | 247.49 | 263.02 | 271.61 | 279.1 | 286.04 | 289.61 |
| 11 - A | | 42.98 | 80.92 | 109.81 | 138.67 | 165.79 | 191.24 | 212.75 | 232.28 | 246.55 | 258.24 | 268.28 | 276.04 | |
| 12 - A | | 44.21 | 84.43 | 121.64 | 154.01 | 184.37 | 209.13 | 228.99 | 246.83 | 262.9 | 275.4 | | | |
| 13 - A | | 43.99 | 81.84 | 115.19 | 148.45 | 178.03 | 207.04 | 230.88 | 246.21 | 260.87 | 274.87 | 288.69 | 290.27 | |
| 14 - A | | 43.88 | 82.94 | 115.5 | 141.74 | 166.3 | 189.72 | 212.66 | 231.91 | 244.3 | 254.92 | 264.48 | | |
| 15 - A | | 49.85 | 88.41 | 121.63 | 154.49 | 187.13 | 211.41 | 232.58 | 250.62 | 261.73 | 271.72 | 274.66 | 277.2 | |
| 16 - A | | 62.32 | 103.4 | 157.87 | 193.73 | 231.48 | 252.67 | 295.42 | 309.08 | 330.85 | 346.42 | 350.05 | 353.02 | |
| 17 - A | | 53.81 | 97.95 | 132.74 | 176.28 | 207.4 | 240.24 | 257.43 | 280.18 | 294.01 | 306.85 | 314.98 | 317.37 | 321.46 |
| 18 - A | | 44.54 | 87.55 | 128.57 | 162.99 | 196.87 | 223.18 | 252.2 | 273.55 | 289.81 | 302.13 | 312.43 | 318.95 | 323.74 |
| 19 - A | | 52.11 | 100.72 | 141.62 | 185.15 | 212.14 | 237.25 | 262.38 | 276.16 | 290.83 | 301.83 | | | |
| 20 - A | | 50.51 | 97.33 | 143.89 | 185.32 | 223.48 | 260.06 | 283.29 | 298.8 | 308.75 | 318.28 | | | |
| 21 - A | | 53.75 | 105.1 | 151.75 | 187.81 | 222.32 | 243.11 | 261.38 | 277.2 | 287.09 | 295.83 | 303.5 | 309.51 | 315.4 |
| 22 - A | | 54.93 | 106.24 | 154.57 | 193.62 | 230.37 | 265.6 | 287.76 | 305.18 | 321.7 | 333.42 | 341.85 | | |
| 23 - A | | 51.99 | 103.72 | 152.41 | 184.88 | 209.91 | 233.71 | 254.98 | 270.1 | 285.19 | 299.14 | 312.15 | 319.04 | 323.15 |
| 24 - A | | 51.68 | 100.95 | 147.33 | 193.35 | 229.98 | 263.7 | 291.04 | 312.78 | 323.15 | 327.24 | | | |
| 25 - A | | 50.91 | 97.1 | 136.3 | 169.73 | 197.46 | 218.34 | 238.52 | 257.41 | 275.86 | 286.08 | 293.05 | 297.79 | 301.39 |
| 26 - A | | 48.67 | 90.71 | 131.57 | 168.73 | 204.07 | 234.79 | 262.59 | 290.14 | 308.16 | 321.81 | 331.68 | 334.88 | 335.78 |
| 27 - A | | 51.97 | 100.7 | 148.85 | 194.22 | 238.44 | 272.88 | 300.17 | 317.13 | 332.27 | 347.1 | 352.64 | | |
| 28 - A | | 63.38 | 121.12 | 174.99 | 226.04 | 270.24 | 307.89 | 328.51 | 345.68 | 349.71 | 352.78 | | | |
| 29 - A | | 52.87 | 100.66 | 148.06 | 192.63 | 232.84 | 271.99 | 295.36 | 317.7 | 322.74 | 326.31 | 329.34 | 330.19 | |
| 30 - A | | 54.24 | 104.64 | 148.03 | 187.57 | 215.88 | 243.95 | 271.15 | 297.72 | 323.52 | 339.14 | 345.19 | 351.1 | 356.29 |
| 31 - A | | 71.63 | 137.17 | 192.83 | 243.94 | 289.33 | 328.1 | 358.42 | 385 | 402.09 | 416.73 | 418.59 | | |
| 32 - A | | 76.54 | 141.09 | 198.99 | 249.83 | 287.81 | 318.75 | 345.5 | 358.2 | 364.33 | | | | |
| 33 - A | | 67.54 | 133.18 | 184.61 | 233.36 | 282.05 | 322.94 | 358.25 | 385.04 | 407.39 | 424.99 | 436.18 | 448.5 | 450.07 |
| 34 - A | | 80.16 | 150.27 | 211.47 | 270.63 | 315.5 | 356.29 | 392.92 | 416.68 | 437.29 | 446.74 | 452.98 | | |
| 35 - A | | 62.48 | 122.78 | 180 | 231.89 | 275.19 | 313.34 | 349.17 | 374.32 | 389.16 | 401.85 | | | |
| 36 - A | | 62.34 | 124.4 | 186.42 | 242.69 | 296.74 | 334.92 | 366.27 | 388.61 | 409.15 | 424.86 | 439.32 | 452.01 | 452.69 |
| 37 - A | | 60.88 | 115.37 | 168.4 | 220.24 | 257.26 | 292.19 | 322.75 | 349.23 | 369.01 | 379.51 | 388.74 | 397.65 | 404.61 |
| 38 - A | | 66.98 | 128.02 | 180.52 | 229.67 | 276.48 | 320.35 | 360.74 | 387.15 | 409.61 | 430.18 | 435.11 | 439.62 | |
| 39 - A | | 66.02 | 130.04 | 180.11 | 224.99 | 265.76 | 303.69 | 340.63 | 377.35 | 407.48 | 419.83 | | | |
| 40 - A | | 53.3 | 102.24 | 142.08 | 181.56 | 219.01 | 254.41 | 289.35 | 323.08 | 352.37 | 379.03 | 405.34 | 423.86 | 432.34 |
| 41 - A | | 59.73 | 114.08 | 164 | 211.21 | 253.45 | 295.55 | 335.48 | 369.68 | 401.31 | 428.11 | 451.28 | 461.51 | |
| 42 - A | | 60.66 | 117.28 | 173.69 | 217.84 | 258.44 | 292.96 | 323.33 | 350.69 | 376.51 | 401.14 | 408.94 | 415.12 | 418.85 |
| 43 - A | | 64.27 | 128.46 | 188.52 | 244.84 | 300.67 | 348.93 | 397.02 | 426.16 | 449.11 | 457.25 | | | |
| 44 - A | | 54.24 | 107.08 | 158.64 | 208.09 | 254.51 | 295.38 | 328.7 | 357.36 | 383.67 | 395.14 | 403.71 | 407.42 | 410.95 |
| 45 - A | | 66.96 | 127.05 | 182.87 | 235.57 | 287.32 | 331.81 | 370.33 | 395.52 | 417.86 | 435.82 | 451.95 | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 75
LECTURA DE DIAL Vs FUERZA APLICADA C° CON CASCOTE

| Lectura Dial N° | | Fuerza Aplicada (Kn) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 |
| 01 - B | | 42.04 | 89.24 | 123.66 | 159.16 | 187.16 | 214.13 | 226.74 | 241.61 | 249.04 | 256.62 | | | |
| 02 - B | | 42.38 | 76.42 | 111.88 | 145.46 | 172.04 | 198.82 | 212.64 | 240.37 | 254.65 | 270.9 | 272.03 | 283.37 | 291.49 |
| 03 - B | | 50.27 | 81.94 | 121.67 | 148.44 | 184.59 | 207.94 | 232.19 | 250.15 | 265.35 | 280.52 | 285.72 | 295 | 297.69 |
| 04 - B | | 42.27 | 83.7 | 116.09 | 154.66 | 178.54 | 205.8 | 228.86 | 250.03 | 259.68 | 274.79 | 279.31 | 286.45 | 294.39 |
| 05 - B | | 53.98 | 105.57 | 148.3 | 187.55 | 223.2 | 252.1 | 271.22 | 281.64 | 290.42 | 294.06 | | | |
| 06 - B | | 50.87 | 91.65 | 128.67 | 161.4 | 187.14 | 208.78 | 224.9 | 240.59 | 255.34 | 263.96 | 272.09 | | |
| 07 - B | | 43.73 | 83.35 | 117.34 | 141.36 | 165.14 | 188.67 | 210.81 | 229.02 | 242.38 | 255.19 | 267.88 | 277.24 | |
| 08 - B | | 40.96 | 79.38 | 104.2 | 127.92 | 151.38 | 174.16 | 195.66 | 215.28 | 233.29 | 241.41 | 248.46 | 254 | 254.8 |
| 09 - B | | 51.29 | 101.71 | 148.81 | 186.43 | 220.22 | 251.2 | 260.98 | 270.37 | 274.59 | 277.76 | | | |
| 10 - B | | 51.54 | 94.48 | 136.67 | 158.76 | 176.98 | 195.09 | 211.75 | 228.31 | 239.22 | 248.14 | 256.92 | | |
| 11 - B | | 47.04 | 92.42 | 122.55 | 149.21 | 170.49 | 191.15 | 208.79 | 225.82 | 242.66 | 258.13 | 272.56 | 280.08 | 280.43 |
| 12 - B | | 44.17 | 84.55 | 121.26 | 157.21 | 189.29 | 217.01 | 238.21 | 255.91 | 273.33 | 289.76 | 292.84 | 295.48 | 296.82 |
| 13 - B | | 54.95 | 103.31 | 133.28 | 161.77 | 187.84 | 208.92 | 225.82 | 235.58 | 239.42 | 241.91 | | | |
| 14 - B | | 43.76 | 79.59 | 111 | 139.02 | 165.96 | 191.11 | 212.71 | 232.44 | 241.7 | 250.41 | 253.87 | 255.51 | 255.85 |
| 15 - B | | 42.88 | 80.25 | 113.71 | 142.54 | 166.3 | 182.5 | 197.8 | 212.04 | 223.6 | 234.84 | 245.55 | 255.86 | 261.44 |
| 16 - B | | 59 | 111.63 | 157.47 | 200.54 | 237.36 | 274.93 | 299.3 | 331.82 | 344.92 | 360.09 | 371.08 | 370.72 | 375.13 |
| 17 - B | | 55.6 | 104.62 | 142.59 | 185.76 | 218.78 | 251.54 | 274.69 | 297.06 | 321.17 | 324.25 | 336.21 | 343.41 | |
| 18 - B | | 56.23 | 122.08 | 170.08 | 214.35 | 254.24 | 290.1 | 318.7 | 342.4 | 365.67 | 381.4 | 387.51 | 390.87 | 393.25 |
| 19 - B | | 61.43 | 114.61 | 167.46 | 214.07 | 255.88 | 290.85 | 314.05 | 346.6 | 362.18 | 379.52 | 390.78 | 398.31 | 389.97 |
| 20 - B | | 64.33 | 121.64 | 177.39 | 230.48 | 270.48 | 310.29 | 345.56 | 356 | 362.65 | 366.26 | | | |
| 21 - B | | 50.51 | 100.63 | 149.7 | 193.69 | 236.72 | 266.54 | 290.22 | 313.52 | 334.18 | 353.38 | 365.08 | 376.17 | 381.76 |
| 22 - B | | 50.3 | 99.62 | 148.53 | 195.73 | 237.86 | 277.33 | 315.16 | 349.21 | 367.96 | 383.99 | 398.19 | 408.1 | 409.86 |
| 23 - B | | 51.65 | 102.08 | 149.57 | 195.71 | 232.5 | 268.85 | 301.41 | 332.94 | 364.22 | 392.18 | 407.37 | | |
| 24 - B | | 63.53 | 125.03 | 185.37 | 234.1 | 275.89 | 305.71 | 330.64 | 349.21 | 362.92 | 371.57 | | | |
| 25 - B | | 50.5 | 100.3 | 143.93 | 187.53 | 230.6 | 271.73 | 306.53 | 328.77 | 349.65 | 368.61 | 384.62 | 388.68 | 389.85 |
| 26 - B | | 52.26 | 104.17 | 152.49 | 197.19 | 236.95 | 270.58 | 296.21 | 321.25 | 345.61 | 362.77 | 377.68 | 383.63 | |
| 27 - B | | 54.23 | 103.26 | 150.13 | 196.2 | 239.96 | 281.91 | 316.92 | 350.23 | 375.17 | 396.16 | 404.5 | 407.68 | 407.92 |
| 28 - B | | 50.77 | 89.67 | 124.02 | 147.56 | 170.61 | 187.1 | 203.09 | 215.47 | 227.23 | 237.03 | | | |
| 29 - B | | 52.19 | 102.19 | 147.82 | 191.28 | 233.35 | 267.12 | 292.21 | 313.35 | 333.89 | 346.07 | 357.11 | 368.01 | 376 |
| 30 - B | | 53.67 | 105.51 | 154.92 | 198.51 | 241.08 | 281.42 | 319.74 | 351.54 | 378.34 | 403.61 | 428.65 | | |
| 31 - B | | 62.8 | 125.89 | 172.94 | 222.96 | 269.19 | 312.25 | 335.15 | 357.99 | 380 | 392.7 | 403.26 | 408.29 | |
| 32 - B | | 63.87 | 130.76 | 194.3 | 238.62 | 276.49 | 318.25 | 347.34 | 375.04 | 402.61 | 411.92 | 416.18 | 418.88 | 419.69 |
| 33 - B | | 64.97 | 132.23 | 184.25 | 231.23 | 279.67 | 319.62 | 343.55 | 370.38 | 389.59 | 404.47 | 415.24 | | |
| 34 - B | | 69.61 | 144.83 | 205.29 | 261.17 | 302.89 | 344.07 | 377.78 | 407.04 | 421.22 | 440.75 | 448.07 | 451.66 | |
| 35 - B | | 59.09 | 113.77 | 159.82 | 203.18 | 245.22 | 277.88 | 308.37 | 338.5 | 367.29 | 388.7 | | | |
| 36 - B | | 48.92 | 93.95 | 137.29 | 175.81 | 213.58 | 250.22 | 286.86 | 318.6 | 345.42 | 369.32 | 393.15 | 404.82 | 404.96 |
| 37 - B | | 50.23 | 100.28 | 146.49 | 190.95 | 232.99 | 274.43 | 313.59 | 352.14 | 387.88 | 418.34 | 441.86 | 450.73 | 450.94 |
| 38 - B | | 63.69 | 124.67 | 183.21 | 232.53 | 274.8 | 309.09 | 342.71 | 374.53 | 403.24 | 423.5 | 433.5 | 437.99 | |
| 39 - B | | 59.43 | 115.67 | 169.94 | 215.46 | 260.19 | 303.23 | 341.75 | 371.55 | 396.73 | 399.98 | | | |
| 40 - B | | 58.88 | 117.31 | 170.84 | 219.93 | 262.28 | 303.91 | 344.14 | 382.08 | 410.21 | 420.42 | 429.87 | 437.58 | 444.42 |
| 41 - B | | 55.08 | 107.74 | 159.82 | 211.88 | 262.97 | 309.19 | 343.4 | 372.33 | 398.81 | 415.72 | 432.47 | | |
| 42 - B | | 65.76 | 128.34 | 186.34 | 241.09 | 289.89 | 327.21 | 363 | 387.22 | 403.99 | 410.94 | 415.22 | 418.78 | 419.07 |
| 43 - B | | 64.22 | 126.01 | 186.78 | 245.89 | 304.39 | 342.9 | 375.49 | 398.87 | 417.67 | 425.24 | | | |
| 44 - B | | 64.29 | 112.41 | 158.85 | 204.65 | 247.18 | 287.63 | 327.9 | 366.07 | 395.09 | 412.41 | 424.29 | 432.63 | 435.02 |
| 45 - B | | 52.16 | 102.82 | 146.8 | 187.02 | 224.83 | 262.01 | 298.57 | 331.62 | 358.06 | 379.19 | 396.5 | 413.74 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.2. Procedimientos de Análisis de datos

3.5.2.1. Procedimiento de Análisis Granulométrico

3.5.2.1.1. Análisis granulométrico del agregado Grueso

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos del análisis granulométrico del agregado grueso se utilizaron las siguientes relaciones:

$$\% \text{Retenido parcial}(i) = \frac{\text{Peso retenido}(i) * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

$$\% \text{Retenido acumulado}(1) = \% \text{retenido parcial}(1)$$

$$\% \text{Retenido acumulado}(i) = \% \text{retenido parcial}(i) + \% \text{retenido acum.}(i - 1)$$

$$\% \text{Que pasa}(i) = 100 - \% \text{retenido acum.}(i)$$

Para la determinación del porcentaje retenido acumulado, el primer porcentaje retenido acumulado será igual al primer porcentaje retenido parcial. Desde el segundo porcentaje retenido acumulado se sumará el porcentaje retenido parcial más el porcentaje retenido acumulado anterior y así sucesivamente hasta completar todos los pesos registrados en los tamices.

Con los datos obtenidos del ensayo se calculó los porcentajes retenidos y porcentajes que pasan en cada uno de los tamices y comprobar si se encuentran dentro de los parámetros de la norma NTP. 400.012. y NTP 400.037.

Para determinar los límites granulométricos, se tomó en consideración la NTP 400.037., para este caso, se utilizará el Huso número 56, por la distribución granulométrica (el tamaño máximo nominal del agregado de estudio se encuentra entre los tamaños de 1” a n°4), donde se muestra posteriormente la curva granulométrica, en el eje de las abscisas (X) están ubicadas las aberturas de los diámetros de los tamices en milímetros en escala logarítmica, y en el eje de las ordenadas (Y) se ubican los porcentajes que pasan en escala aritmética.

b) Diagramas y tablas



TABLA 76
HUSOS SEGÚN EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

| HUSO | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | 100 mm (4 in.) | 90 mm (3 1/2 in.) | 75 mm (3 in.) | 63 mm (2 1/2 in.) | 50 mm (2in.) | 37.5 (1 1/2 in.) | 25 mm (1 in) | 19 mm (3/4 in.) | 12.5 mm (1/2 in.) | 9.5 mm (3/8 in.) | 4.75 mm (N°4) | 2.36 mm (N°8) | 1.18 mm (N°16) | 300 um (N°50) |
|------|-------------------------------------|----------------|-------------------|---------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|-------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1 | 90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.) | 100 | 90 a 100 | - | 25 a 60 | - | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.) | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 50 mm a 25 mm (2 a 1 in.) | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | | 0 a 5 | - | - | - | - | - |
| 357 | 50 mm a 4.75 mm (2 in. a N°4) | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 35 a 70 | | 10 a 30 | - | 0 a 5 | - | - | - |
| 4 | 37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a 3/4 in.) | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 467 | 37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. A N°4) | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 35 a 70 | - | 10 a 30 | 0 a 5 | - | - | - |
| 5 | 25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 56 | 25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 57 | 25 mm a 4.75 mm (1 in. a N°4) | - | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 25 a 60 | - | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 6 | 19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 25 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 67 | 19 mm a 4.75 mm (3/4 in. a N°4) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | | 25 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 7 | 12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in. a N°4) | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - |
| 8 | 9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in. a N°8) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | - |
| 89 | 9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N°16) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9 | 4.75 mm a 1.18 mm (N°4 a N°16) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

FUENTE: NTP 400.037



TABLA 77
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| Masa de la Muestra | | 5200.00 gr | | Muestra | | AGREGADO GRUESO | | Fecha | | 10/03/2022 | |
|--------------------|--------|---------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|-------|---|--|------------|--|
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso Retenido (gr.) | % Ret. Parcial | % Ret. Acumul. | Pasante % | Huso 56 | |  | | | |
| Tamiz | mm. | | | | | Inf. | Sup. | | | | |
| 3 " | 76.200 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.00 | 100.0 | 100.0 | | | | |
| 1 " | 25.400 | 390.00 | 7.50% | 7.50% | 92.50 | 90.0 | 100.0 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | 2144.48 | 41.24% | 48.74% | 51.26 | 40.0 | 85.0 | | | | |
| 1/2" | 12.700 | 1706.12 | 32.81% | 81.55% | 18.45 | 10.0 | 40.0 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | 543.40 | 10.45% | 92.00% | 8.00 | | 15.0 | | | | |
| N° 4 | 4.760 | 312.00 | 6.00% | 98.00% | 2.00 | | 5.0 | | | | |
| N° 8 | 2.360 | 7.38 | 0.14% | 98.14% | 1.86 | | | | | | |
| N° 16 | 1.180 | 6.95 | 0.13% | 98.28% | 1.72 | | | | | | |
| N° 30 | 0.600 | 6.55 | 0.13% | 98.40% | 1.60 | | | | | | |
| N° 50 | 0.300 | 4.61 | 0.09% | 98.49% | 1.51 | | | | | | |
| N° 100 | 0.150 | 9.17 | 0.18% | 98.67% | 1.33 | | | | | | |
| N°200 | 0.075 | 11.21 | 0.22% | 98.88% | 1.12 | | | | | | |
| Cazuela | | 5.32 | 0.10% | 98.98% | 1.02 | | | | | | |
| Lavado | | 52.81 | 1.02% | 100.00% | 0.00 | | | | | | |
| | | 5200.00 | 100.00% | | | | | | | | |

| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | |
|---------------------------|---------|
| Peso total Seco (gr.) | 5200.00 |
| Peso desues de lavar (gr) | 5147.19 |
| Pérdida por lavado (gr) | 52.81 |
| CARACTERÍSTICAS | |
| Cantera | Zurite |
| % Roca | 0.00% |
| % Grava | 98.00% |
| % Arena | 0.88% |
| % Finos | 1.12% |
| Módulo de Fineza | 8.20 |
| Tamaño Maximo TM | 1 1/2" |
| Tamaño Maximo Nominal | 1 " |

| GRAVA | ARENA | FINOS |
|--------|-------|-------|
| 98.00% | 0.88% | 1.12% |

| MODULO DE FINEZA |
|------------------|
| 8.20 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.2.2. Análisis Granulométrico y Módulo de Fineza del Agregado Fino

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos del análisis granulométrico del agregado grueso se utilizaron las siguientes relaciones:

$$\% \text{Retenido parcial}(i) = \frac{\text{Peso retenido}(i) * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

$$\% \text{Retenido acumulado}(1) = \% \text{retenido parcial}(1)$$



$$\% \text{Retenido acumulado } (i) = \% \text{ retenido parcial } (i) + \% \text{ retenido acum. } (i - 1)$$

$$\% \text{ Que pasa } (i) = 100 - \% \text{ retenido acum. } (i)$$

Para la determinación del porcentaje retenido acumulado, el primer porcentaje retenido acumulado será igual al primer porcentaje retenido parcial. Desde el segundo porcentaje retenido acumulado se sumará el porcentaje retenido parcial más el porcentaje retenido acumulado anterior y así sucesivamente hasta completar todos los pesos registrados en los tamices.

Con los datos obtenidos del ensayo se calculó los porcentajes retenidos y porcentajes que pasan en cada uno de los tamices y comprobar si se encuentran dentro de los parámetros de la norma NTP. 400.012. y NTP 400.037.

MÓDULO DE FINEZA

Se termino mediante la siguiente relación:

$$M. F. = \frac{\sum \% \text{ Ret. acum. } (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Cálculo:

$$M. F. = \frac{4.16 + 19.48 + 34.86 + 54.67 + 78.35 + 90.77}{100}$$

$$M. F. = 2.82$$



c) Diagramas y tablas

TABLA 78
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – AGREGADO FINO

| Masa de la Muestra | | 1600.00 gr | | Muestra | | AGREGADO FINO | | Fecha | | 10/03/2022 | |
|--------------------|--------|---------------------|----------------|----------------|-----------|------------------|-------|-------|--|------------|----------------------------|
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso Retenido (gr.) | % Ret. Parcial | % Ret. Acumul. | Pasante % | HUSO ESTABLECIDO | | | | | |
| Tamiz | mm. | | | | | Inf. | Sup. | | | | |
| 3 " | 76.200 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 2 1/2 " | 63.500 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 1 1/2 " | 38.100 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 1 " | 25.400 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 3/4 " | 19.050 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 1/2 " | 12.700 | | | | 100.00 | | | | | | |
| 3/8 " | 9.525 | | | | 100.00 | 100.0 | 100.0 | | | | |
| N° 4 | 4.760 | 66.51 | 4.16% | 4.16% | 95.84 | 95.0 | 100.0 | | | | |
| N° 8 | 2.360 | 245.12 | 15.32% | 19.48% | 80.52 | 80.0 | 100.0 | | | | |
| N° 16 | 1.180 | 246.16 | 15.39% | 34.86% | 65.14 | 50.0 | 85.0 | | | | |
| N° 30 | 0.600 | 316.94 | 19.81% | 54.67% | 45.33 | 25.0 | 60.0 | | | | |
| N° 50 | 0.300 | 378.94 | 23.68% | 78.35% | 21.65 | 5.0 | 30.0 | | | | |
| N° 100 | 0.150 | 198.66 | 12.42% | 90.77% | 9.23 | | 10.0 | | | | |
| N°200 | 0.075 | 86.48 | 5.41% | 96.18% | 3.82 | | | | | | |
| Cazuela | | 2.58 | 0.16% | 96.34% | 3.66 | | | | | | |
| Lavado | | 58.61 | 3.66% | 100.00% | | | | | | | REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS |
| b | | 1600.00 | 100.00% | | | | | | | | |

| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | |
|---------------------------|----------|
| Peso total Seco (gr.) | 1600.00 |
| Peso desues de lavar (gr) | 1541.39 |
| Pérdida por lavado (gr) | 58.61 |
| CARACTERÍSTICAS | |
| Cantera | Huillqui |
| % Roca | 0.00% |
| % Grava | 4.16% |
| % Arena | 92.02% |
| % Finos | 3.82% |
| Módulo de Fineza | 2.82 |
| Tamaño Maximo TM | 1/2" |
| Tamaño Maximo Nominal | N° 4 |

CURVA GRANULOMETRICA - A. FINO

| GRAVA | ARENA | FINOS |
|-------|--------|-------|
| 4.16% | 92.02% | 3.82% |

| MODULO DE FINEZA |
|------------------|
| 2.82 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.2.3. Análisis granulométrico del Cascote

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos del análisis granulométrico del cascote se utilizaron las siguientes relaciones:



$$\% \text{Retenido parcial}(i) = \frac{\text{Peso retenido}(i) * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

$$\% \text{Retenido acumulado}(1) = \% \text{ retenido parcial}(1)$$

$$\% \text{Retenido acumulado}(i) = \% \text{ retenido parcial}(i) + \% \text{ retenido acum.}(i - 1)$$

$$\% \text{Que pasa}(i) = 100 - \% \text{ retenido acum.}(i)$$

Para la determinación del porcentaje retenido acumulado, el primer porcentaje retenido acumulado será igual al primer porcentaje retenido parcial. Desde el segundo porcentaje retenido acumulado se sumará el porcentaje retenido parcial más el porcentaje retenido acumulado anterior y así sucesivamente hasta completar todos los pesos registrados en los tamices.

Con los datos obtenidos del ensayo se calculó los porcentajes retenidos y porcentajes que pasan en cada uno de los tamices y comprobar si, al igual que el agregado grueso, se encuentran dentro de los parámetros de la norma NTP 400.012. y NTP 400.037.

c) Diagramas y tablas



TABLA 79
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – CASCOTE

| Masa de la Muestra | | 4700.00 gr | | Muestra | | CASCOTE | | Fecha | | 10/03/2022 | |
|--------------------|--------|---------------------|---------|----------------|-------|----------------|--------|----------------------------|-------|------------|--|
| ABERTURA DEL TAMIZ | | Peso Retenido (gr.) | | % Ret. Parcial | | % Ret. Acumul. | | Pasante % | | Huso 57 | |
| Tamiz | mm. | | | | | | | Inf. | Sup. | | |
| 3 " | 76.200 | | | | | | | | | | |
| 2 1/2 " | 63.500 | | | | | | | | | | |
| 2 " | 50.800 | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 " | 38.100 | | | | | | | | | | |
| 1 " | 25.400 | 685.64 | 14.59% | 14.59% | 85.41 | 100.00 | 100.00 | 100.0 | 100.0 | | |
| 3/4 " | 19.050 | 1764.25 | 37.54% | 52.13% | 47.87 | 100.00 | 100.00 | 90.0 | 100.0 | | |
| 1/2 " | 12.700 | 1235.00 | 26.28% | 78.40% | 21.60 | 100.00 | 100.00 | 40.0 | 85.0 | | |
| 3/8 " | 9.525 | 635.00 | 13.51% | 91.91% | 8.09 | 100.00 | 100.00 | 10.0 | 40.0 | | |
| N° 4 | 4.760 | 240.86 | 5.12% | 97.04% | 2.96 | 100.00 | 100.00 | | 15.0 | | |
| N° 8 | 2.360 | 84.57 | 1.80% | 98.84% | 1.16 | 100.00 | 100.00 | | 5.0 | | |
| N° 16 | 1.180 | 7.80 | 0.17% | 99.00% | 1.00 | 100.00 | 100.00 | | | | |
| N° 30 | 0.600 | 4.30 | 0.09% | 99.09% | 0.91 | 100.00 | 100.00 | | | | |
| N° 50 | 0.300 | 3.00 | 0.06% | 99.16% | 0.84 | 100.00 | 100.00 | | | | |
| N° 100 | 0.150 | 2.30 | 0.05% | 99.21% | 0.79 | 100.00 | 100.00 | | | | |
| N° 200 | 0.075 | 1.60 | 0.03% | 99.24% | 0.76 | 100.00 | 100.00 | | | | |
| Cazuela | | 0.90 | 0.02% | 99.26% | 0.74 | 100.00 | 100.00 | | | | |
| Lavado | | 34.78 | 0.74% | 100.00% | | | | REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS | | | |
| | | 4700.00 | 100.00% | | | | | | | | |

| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | |
|---------------------------|---------|
| Peso total Seco (gr.) | 4700.00 |
| Peso desues de lavar (gr) | 4665.22 |
| Pérdida por lavado (gr) | 34.78 |
| CARACTERÍSTICAS | |
| Cantera | - |
| % Roca | 0.00% |
| % Grava | 97.04% |
| % Arena | 2.20% |
| % Finos | 0.76% |
| Módulo de Fineza | 8.29 |
| Tamaño Maximo TM | 1 1/2" |
| Tamaño Maximo Nominal | 1 " |

| GRAVA | ARENA | FINOS |
|--------|-------|-------|
| 97.04% | 2.20% | 0.76% |

| MODULO DE FINEZA |
|------------------|
| 8.29 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.3. Procedimiento de análisis de datos del Contenido de Humedad

3.5.3.1. Análisis de datos del Contenido de Humedad del agregado Grueso

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos del análisis granulométrico del cascote se utilizaron las siguientes relaciones:



$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en %

W = Masa de la muestra húmeda original en gr.

D = Masa de la muestra seca en gr.

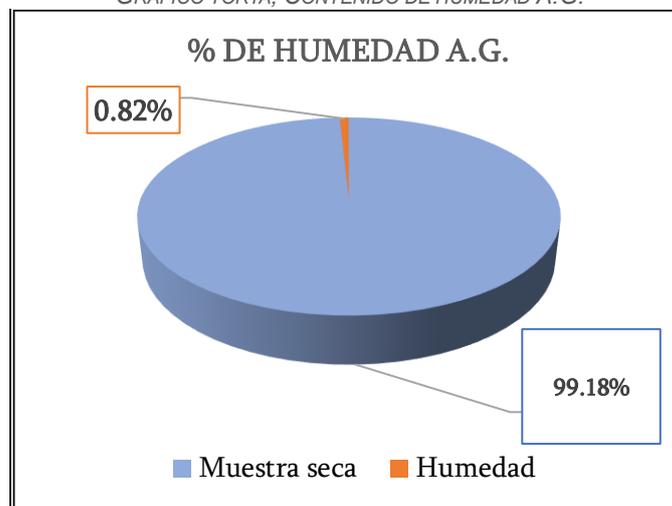
b) Diagramas y tablas

TABLA 80
CONTENIDO DE HUMEDAD- AGREGADO GRUESO

|  Universidad Andina del Cusco  | | CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185 MTC E 108 ASTM-D2216 | | |
|---|--|---|--------|--------|
| AGREGADO GRUESO | | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | :Zurite | | | |
| MUESTRA | :Agregado Grueso | | | |
| FECHA | 10/03/2022 | | | |
| RESPONSABLES | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| Número de Capsula | | D-01 | D-02 | D-03 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | 31.64 | 23.72 | 26.68 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | 127.16 | 122.04 | 123.6 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | 126.36 | 121.26 | 122.81 |
| Peso de la muestra húmeda (gr) | W = B-C | 95.52 | 98.32 | 96.92 |
| Peso de la muestra seca (gr) | D = C-A | 94.72 | 97.54 | 96.13 |
| Contenido de Humedad (%) | P=(W-D/D)*100 | 0.84% | 0.80% | 0.82% |
| Contenido de Humedad Promedio | | 0.82% | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

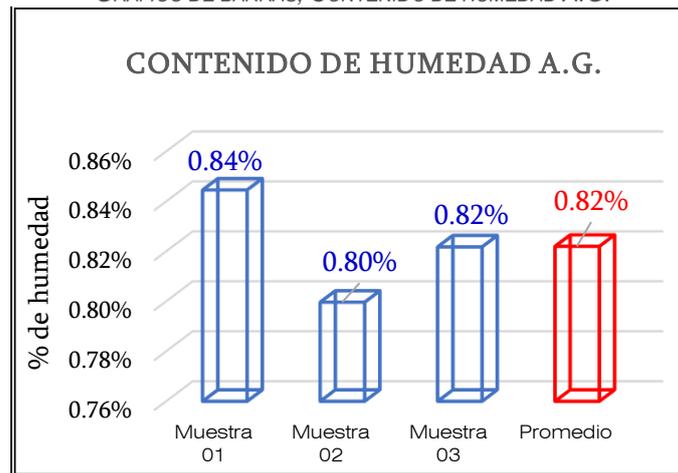
FIGURA 70
GRÁFICO TORTA, CONTENIDO DE HUMEDAD A. G.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 71
GRÁFICO DE BARRAS, CONTENIDO DE HUMEDAD A. G.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.3.2. Análisis de datos del Contenido de Humedad del agregado Fino

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos del análisis granulométrico del cascote se utilizaron las siguientes relaciones:

$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en %

W = Masa de la muestra húmeda original en gr.

D = Masa de la muestra seca en gr.

b) Diagramas y tablas

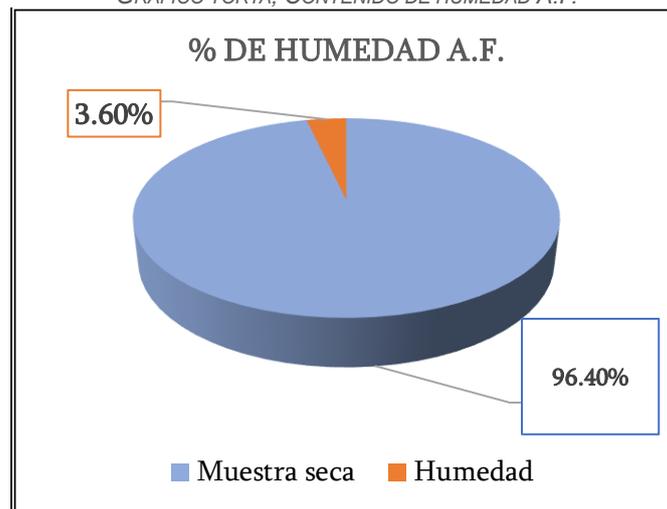


TABLA 81
CONTENIDO DE HUMEDAD- AGREGADO FINO

| | | | | | | | |
|---|-----------------|---|-------|-------|---|--|--|
|  Universidad Andina del Cusco | |  | | | CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185 MTC E 108 ASTM-D2216 | | |
| AGREGADO FINO | | | | | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | | |
| CANTERA | | :Huillqui | | | | | |
| MUESTRA | | :Agregado Fino | | | | | |
| FECHA | | 10/03/2022 | | | | | |
| RESPONSABLES | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| | | Número de Capsula | D-01 | D-02 | D-03 | | |
| Peso de la Capsula (gr) | A | 18.02 | 18.32 | 18.17 | | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | 52.86 | 69.92 | 61.38 | | | |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | 51.64 | 68.14 | 59.88 | | | |
| Peso de la muestra húmeda (gr) | W = B-C | 34.84 | 51.6 | 43.21 | | | |
| Peso de la muestra seca (gr) | D = C-A | 33.62 | 49.82 | 41.71 | | | |
| Contenido de Humedad (%) | $P=(W-D/D)*100$ | 3.63% | 3.57% | 3.60% | | | |
| Contenido de Humedad Promedio | | 3.60% | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

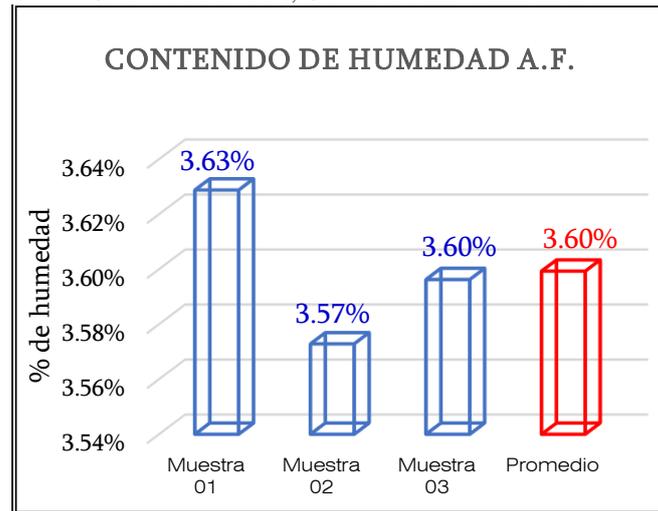
FIGURA 72
GRÁFICO TORTA, CONTENIDO DE HUMEDAD A.F.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 73
GRÁFICO DE BARRAS, CONTENIDO DE HUMEDAD A.F.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.3.3. Análisis de datos del Contenido de Humedad del Cascote

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos del análisis granulométrico del cascote se utilizaron las siguientes relaciones:

$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en %

W = Masa de la muestra húmeda original en gr.

D = Masa de la muestra seca en gr.

b) Diagramas y tablas



TABLA 82
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GASCOTE

|  Universidad Andina del Cusco | |  CONTENIDO DE HUMEDAD | | |
|--|--|--|-----------|------------|
| | | NTP 339.185 | MTC E 108 | ASTM-D2216 |
| GASCOTE | | | | |
| DATOS ESPECIFICOS | | | | |
| CANTERA | :Zurite | | | |
| MUESTRA | :Agregado Grueso | | | |
| FECHA | 10/03/2022 | | | |
| RESPONSABLES | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| Número de Capsula | | D-01 | D-02 | D-03 |
| Peso de la Capsula (gr) | A | 28.22 | 27.51 | 29.84 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Hum. (gr) | B | 142.32 | 138.51 | 140.52 |
| Peso de la Caps. (gr) + Muestra Seca. (gr) | C | 142.25 | 138.42 | 140.41 |
| Peso de la muestra húmeda (gr) | W = B-C | 114.1 | 111 | 110.68 |
| Peso de la muestra seca (gr) | D = C-A | 114.03 | 110.91 | 110.57 |
| Contenido de Humedad (%) | P=(W-D/D)*100 | 0.06% | 0.08% | 0.10% |
| Contenido de Humedad Promedio | | 0.08% | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.4. Procedimiento de análisis de datos del Peso Unitario

3.5.4.1. Análisis de datos del Peso Unitario suelto y compactado del agregado Grueso

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos de la determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de la cantera de Zurite, se utilizaron las siguientes relaciones:

$$Volumen\ del\ molde = \frac{\pi(diametro^2)}{4} * Altura$$

$$P.U._{(Suelto\ o\ compactado)} = \frac{Peso\ de\ la\ muestra\ (gr)}{Volumen\ del\ molde\ (cm^3)}$$

b) Diagramas y tablas



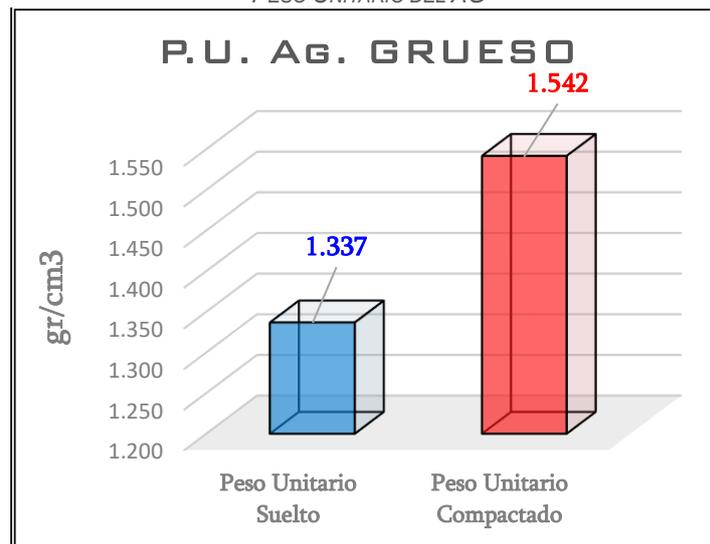
TABLA 83
PESO UNITARIO DE AG

|  Universidad Andina del Cusco | | PESO UNITARIO NTP 400.017 MTC E-203 ASTM-C29 | | |  | |
|---|---------|--|---------|---------|---|---------|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | |
| CANTERA : Zurite MUESTRA : Agregado Grueso FECHA : 12/03/2022 RESPONSABLES : Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | |
| P.U. AG. GRUESO | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | |
| Muestra | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 |
| Altura del molde (cm) | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 |
| Volumen del Molde (cm ³) | 3048.1 | 3048.1 | 3048.1 | 3048.1 | 3048.1 | 3048.1 |
| Peso del Molde (gr.) | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | 12508.1 | 12553.3 | 12480.8 | 13137.1 | 13140.5 | 13138.6 |
| Peso de la Muestra (gr.) | 4069.1 | 4114.3 | 4041.8 | 4698.1 | 4701.5 | 4699.6 |
| Densidad (gr./cm ³) | 1.335 | 1.350 | 1.326 | 1.541 | 1.542 | 1.542 |
| Densidad Promedio (gr./cm ³) | 1.337 | | | 1.542 | | |
| Rango* (gr./cm ³) | 0.024 | | | 0.001 | | |

*El rango debe ser menor a 0.04 g/cm³ para cumplir con la precisión exigida por el MTC

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 74
PESO UNITARIO DEL AG



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.4.2. Análisis de datos del Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos de la determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino de la cantera de Huillqui, se utilizaron las siguientes relaciones:



$$\text{Volumen del molde} = \frac{\pi(\text{diámetro}^2)}{4} * \text{Altura}$$

$$P. U. (\text{Suelto o compactado}) = \frac{\text{Peso de la muestra (gr)}}{\text{Volumen del molde (cm}^3\text{)}}$$

b) Diagramas y tablas

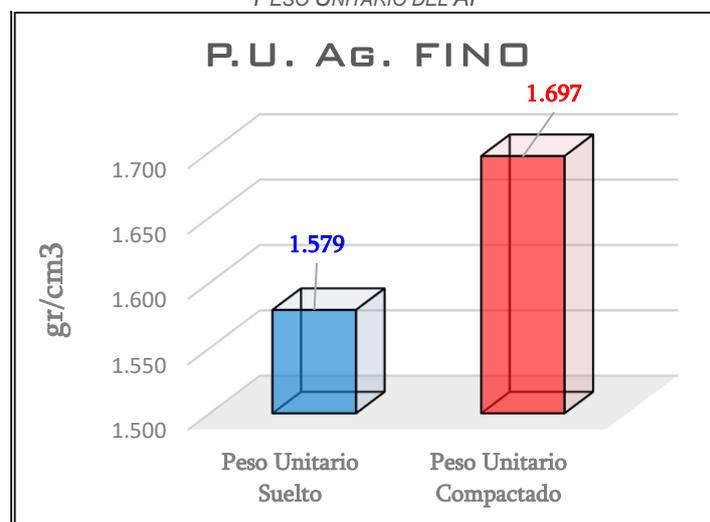
TABLA 84
PESO UNITARIO DEL AF

|  Universidad Andina del Cusco | | PESO UNITARIO NTP 400.017 MTC E-203 ASTM-C29 | | | |  | |
|---|---|--|-----------|---------------------------------|------------|---|--|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | | |
| CANTERA | : Huillqui | | | | | | |
| MUESTRA | : Agregado Fino | | | | | | |
| FECHA | : 12/03/2022 | | | | | | |
| RESPONSABLES | : Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | |
| P.U. AG. FINO | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | | | |
| Muestra | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 | |
| Diametro del molde (cm) | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | |
| Altura del molde (cm) | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | |
| Volumen del Molde (cm ³) | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 | |
| Peso del Molde (gr.) | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | 13216.8 | 13263 | 13277.4 | 13645.94 | 13602.21 | 13585.54 | |
| Peso de la Muestra (gr.) | 4777.8 | 4824 | 4838.4 | 5206.94 | 5163.21 | 5146.54 | |
| Densidad (gr./cm ³) | 1.567 | 1.583 | 1.587 | 1.708 | 1.694 | 1.688 | |
| Densidad Promedio (gr./cm ³) | 1.579 | | | 1.697 | | | |
| Rango* (gr./cm ³) | 0.020 | | | 0.020 | | | |

*El rango debe ser menor a 0.04 g/cm3 para cumplir con la precisión exigida por el MTC

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 75
PESO UNITARIO DEL AF



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.4.3. Análisis de datos del Peso Unitario suelto y compactado del Cascote

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos de la determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino de la cantera de Huillqui, se utilizaron las siguientes relaciones:

$$\text{Volumen del molde} = \frac{\pi(\text{diametro}^2)}{4} * \text{Altura}$$

$$P.U.(\text{Suelto o compactado}) = \frac{\text{Peso de la muestra (gr)}}{\text{Volumen del molde (cm}^3\text{)}}$$

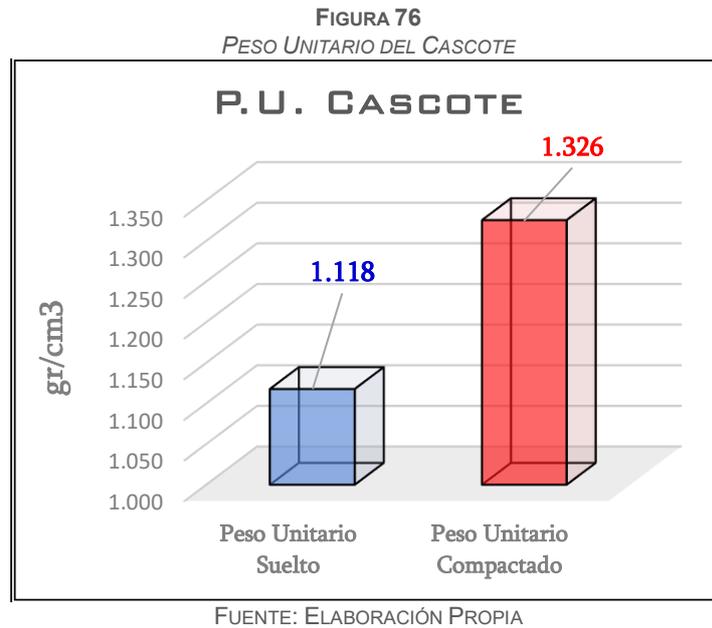
b) Diagramas y tablas

TABLA 85
PESO UNITARIO DEL CASCOTE

|  Universidad Andina del Cusco | | PESO UNITARIO NTP 400.017 MTC E-203 ASTM-C29 | | |  | | |
|--|---|--|---------|---------|--|---------|---------|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | | |
| CANTERA | : | - | | | | | |
| MUESTRA | : | Cascote | | | | | |
| FECHA | : | 12/03/2022 | | | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| P.U. CASCOTE | | Peso Unitario Suelto | | | Peso Unitario Compactado | | |
| Muestra | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Diametro del molde (cm) | | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 | 15.19 |
| Altura del molde (cm) | | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 | 16.82 |
| Volumen del Molde (cm ³) | | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 | 3048.12 |
| Peso del Molde (gr.) | | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 | 8439 |
| Peso del Molde + Muestra (gr.) | | 11840.3 | 11847 | 11851.4 | 12529.4 | 12395 | 12514 |
| Peso de la Muestra (gr.) | | 3401.3 | 3408 | 3412.4 | 4090.4 | 3956 | 4075 |
| Densidad (gr./cm ³) | | 1.116 | 1.118 | 1.120 | 1.342 | 1.298 | 1.337 |
| Densidad Promedio (gr./cm ³) | | 1.118 | | | 1.326 | | |
| Rango* (gr./cm ³) | | 0.00 | | | 0.04 | | |

*El rango debe ser menor o igual a 0.04 g/cm³ para cumplir con la precisión exigida por el MTC

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.5. Procedimiento de análisis de datos del Peso Específico y absorción

3.5.5.1. Análisis de datos del Peso Específico y absorción del agregado Grueso.

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos de la determinación del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso de la cantera de Zurite, se utilizaron las siguientes relaciones:

- i. PESO ESPECIFICO DE LA MASA (Pem):

$$Pem = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

A = peso en el aire de la muestra seca

B = peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire

C = peso en el agua de la muestra saturada

- ii. PESO ESPECIFICA DE UNA MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS)

$$PesSS = \frac{B}{B - C}$$



iii. PESO ESPECIFICO APARENTE (Pea)

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

iv. ABSORCION (Ab)

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

b) Diagramas y tablas

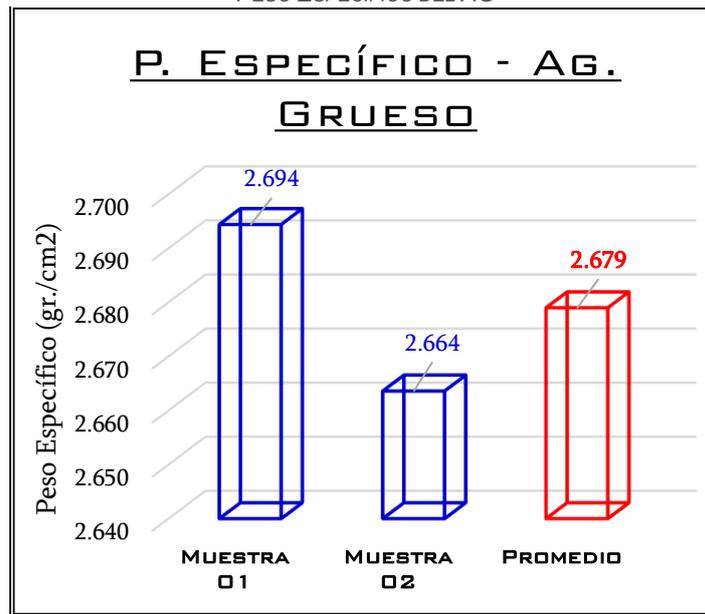
TABLA 86
PESO ESPECÍFICO DEL AG

|  Universidad Andina del Cusco | | PESO ESPECÍFICO NTP - 400.021 MTC E-206 | |  | |
|--|--------------|---|---------|---|--------------|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | |
| CANTERA | : | Zurite | | | |
| MUESTRA | : | Agregado Grueso | | | |
| FECHA | : | 15/03/2022 | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | |
| Muestra | | M1 | M2 | Prom. | |
| Peso en el aire de la muestra seca (gr.) | A | 665.10 | 1228.40 | | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.) | B | 673.60 | 1247.10 | | |
| Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.) | C | 423.60 | 778.90 | | |
| PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (gr./cm ³) | Pem | A/(B-C) | 2.660 | 2.624 | 2.642 |
| PESO ESPECÍFICA DE UNA MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr./cm ³) | PeSSS | B/(B-C) | 2.694 | 2.664 | 2.679 |
| PESO ESPECIFICO APARENTE (gr./cm ³) | Pea | A/(A-C) | 2.754 | 2.733 | 2.743 |
| ABSORCIÓN (%) | Ab(%) | B-A/A | 1.28% | 1.52% | 1.40% |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

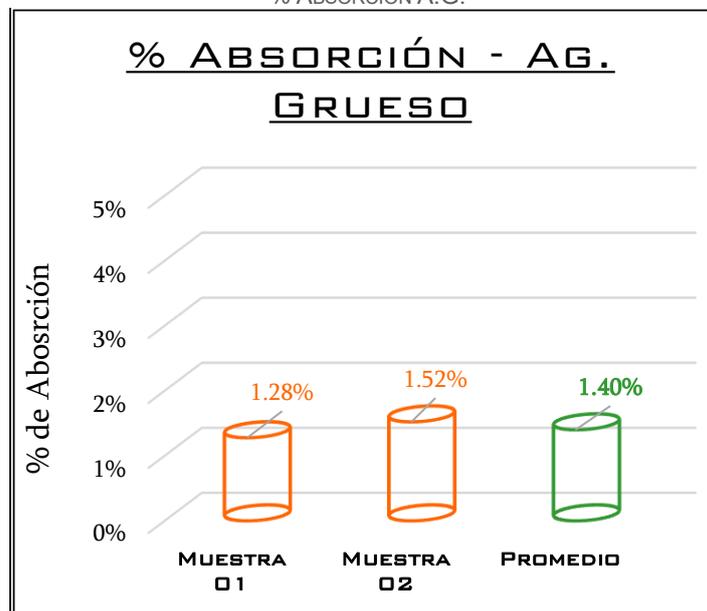


FIGURA 77
PESO ESPECÍFICO DEL AG



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 78
% ABSORCIÓN A.G.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.5.2. Análisis de datos del Peso Específico del agregado fino

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos de la determinación del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso de la cantera de Zurite, se utilizaron las siguientes relaciones:

- i. PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P_{em}):



$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$

Donde:

P_{em} = peso específico de la masa

A = peso en el aire de la muestra secada al horno

B = peso de la fiola llena con agua

C = peso de la fiola con la muestra y el agua hasta la marca de calibración

S = peso de la muestra saturada y superficialmente seca

- ii. PESO ESPECIFICA DE UNA MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA
(PeSSS)

$$P_{eSS} = \frac{S}{B + S - C}$$

- iii. PESO ESPECIFICO APARENTE (Pea)

$$P_{ea} = \frac{A}{B + A - C}$$

- iv. ABSORCION (Ab)

$$Ab(\%) = \frac{S - A}{S} * 100$$



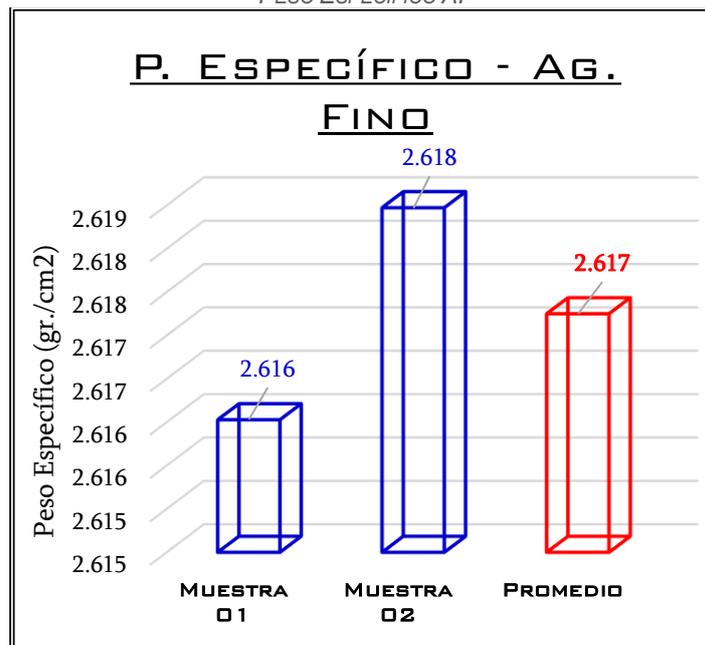
b) Diagramas y tablas

TABLA 87
PESO ESPECÍFICO DEL AF

|  Universidad Andina del Cusco | | PESO ESPECÍFICO NTP - 400.021 MTC E-206 | |  | | |
|--|---|---|-----------|---|-------|-------|
| DATOS ESPECÍFICOS | | | | | | |
| CANTERA | : | Huillqui | | | | |
| MUESTRA | : | Agregado Fino | | | | |
| FECHA | : | 15/03/2022 | | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | | | |
| Muestra | | M1 | M2 | Prom. | | |
| Peso del Material Seco a 105°C (gr.) | | A | 487.57 | 286.59 | | |
| Peso de la fiola + Agua (gr.) | | B | 669.61 | 669.64 | | |
| Peso de la fiola + Muestra + Agua hasta la marca de calibración. (gr.) | | C | 978.53 | 850.99 | | |
| Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca. (gr.) | | S | 500.08 | 293.40 | | |
| PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (gr./cm ³) | | Pem | A/(B+S-C) | 2.551 | 2.558 | 2.554 |
| SECA (gr./cm ³) | | PeSSS | S/(B+S-C) | 2.616 | 2.618 | 2.617 |
| PESO ESPECIFICO APARENTE (gr./cm ³) | | Pea | A/(B+A-C) | 2.729 | 2.723 | 2.726 |
| ABSORCIÓN (%) | | Ab(%) | S-A/A | 2.57% | 2.38% | 2.47% |

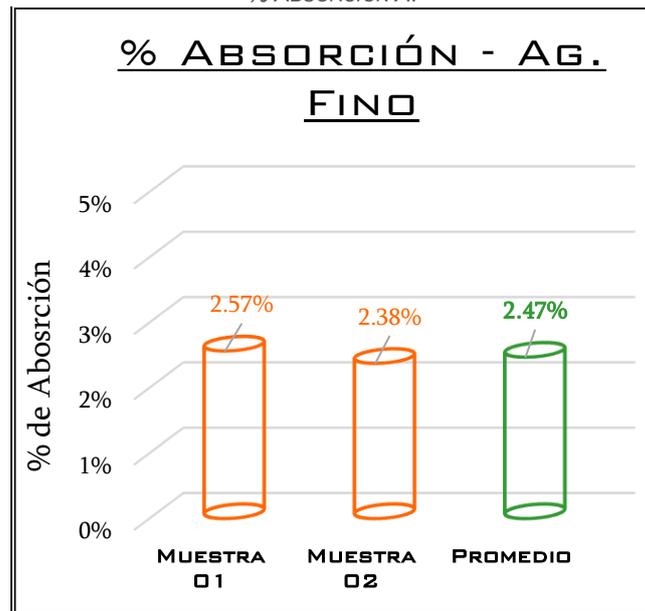
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 79
PESO ESPECÍFICO AF



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 80
% ABSORCIÓN AF



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.5.3. Análisis de datos del Peso Específico del Cascote.

a) Procesamiento

Para el procedimiento de análisis de datos de la determinación del peso específico y porcentaje de absorción del cascote, se utilizaron las mismas relaciones y fórmulas hechas a agregado grueso descritas líneas arriba.

b) Diagramas y tablas

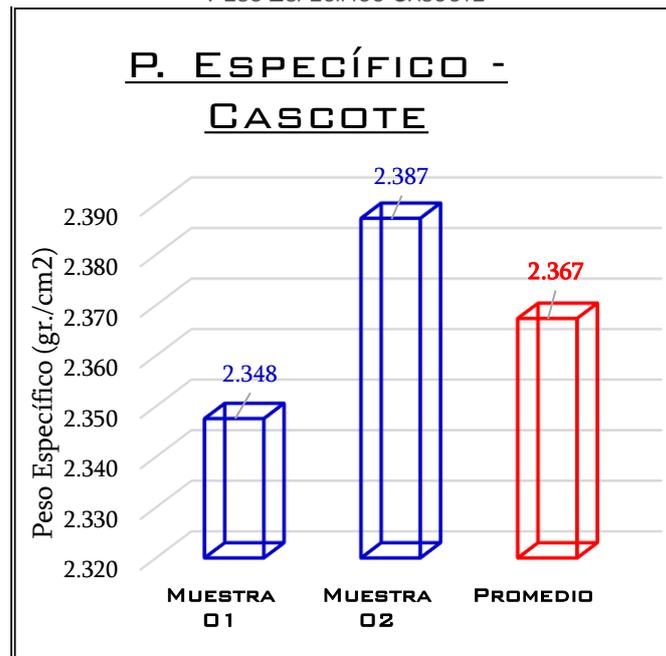
TABLA 88
PESO ESPECÍFICO DEL AF

|  Universidad Andina del Cusco | | PESO ESPECÍFICO NTP - 400.021 MTC E-206 | |  | |
|--|-------|---|---------|---|-------|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | |
| CANTERA | : | - | | | |
| MUESTRA | : | Cascote | | | |
| FECHA | : | 15/03/2022 | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | |
| CASCOTE | | | | | |
| Muestra | | M1 | M2 | Prom. | |
| Peso en el aire de la muestra seca (gr.) | A | 1418.50 | 1194.70 | | |
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.) | B | 1527.10 | 1276.20 | | |
| Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.) | C | 876.60 | 741.60 | | |
| PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (gr./cm ³) | Pem | A/(B-C) | 2.181 | 2.235 | 2.208 |
| PESO ESPECÍFICA DE UNA MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr./cm ³) | PeSSS | B/(B-C) | 2.348 | 2.387 | 2.367 |
| PESO ESPECIFICO APARENTE (gr./cm ³) | Pea | A/(A-C) | 2.618 | 2.637 | 2.627 |
| ABSORCIÓN (%) | Ab(%) | B-A/A | 7.66% | 6.82% | 7.24% |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

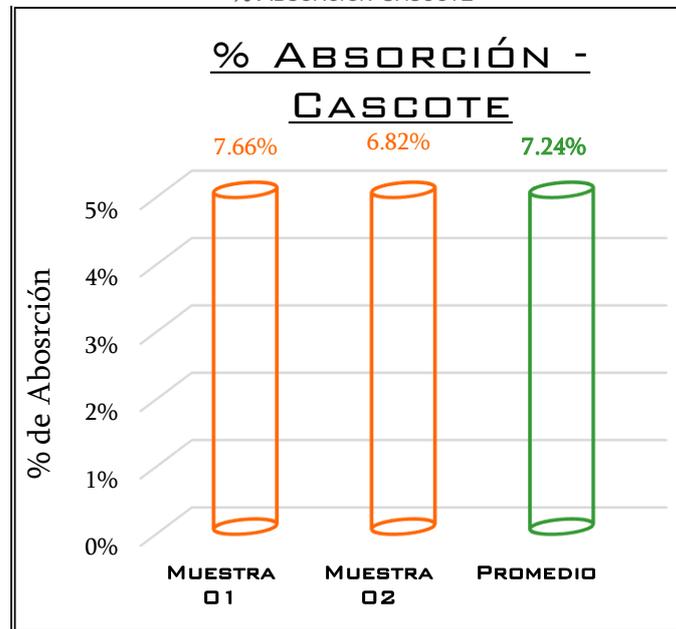


FIGURA 81
PESO ESPECÍFICO CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 82
% ABSORCIÓN CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.6. Procedimiento de análisis de datos del Diseño de Mezcla de concreto

Para la presente investigación se elaboraron dos diseños de mezcla, uno para el concreto preparado con materiales tradicionales; y el segundo diseño para el concreto reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con aditivo superplastificante. Las características de los materiales obtenidos en laboratorio y las especificaciones de diseño están detalladas en el siguiente cuadro resumen:



TABLA 89
RESUMEN DE DATOS AG, AF Y CASCOTE

| Universidad Andina del Cusco | | Resumen de Datos Necesarios - Diseño de Mezcla | | | | Logo | |
|------------------------------|---|---|-------------------|----------|----------|---------|--------|
| DATOS ESPECIFICOS | | | | | | | |
| MUESTRA | : | Cemento, Agregado Grueso, Agregado Fino y Cascote | | | | | |
| FECHA | : | 19/03/2022 | | | | | |
| RESPONSABLES | : | Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| | | Cemento | Ag. Grueso | Ag. Fino | Cascote | Aditivo | (und) |
| P. Específico PeSSS | | 2850 | 2679.00 | 2617.25 | 2367.39 | 1200.00 | kg/m3 |
| P.U. Compactado | | / | 1541.86 | 1696.86 | 1325.56 | / | kg/m3 |
| Humedad | | | 0.82% | 3.60% | 0.08% | | % |
| % Absorción | | | 1.40% | 2.47% | 7.24% | | % |
| TM Ag. Grueso | | 1 1/2" | Resist. De diseño | | 210 | | kg/cm2 |
| TMN Ag. Grueso | | 1 " | Tipo de Cemento | | Tipo IP | | |
| TM Cascote | | 1 1/2" | | | | | |
| TMN Cascote | | 1 " | Consistencia | | Plástica | | |
| Módulo de Fineza A.F. | | 2.82 | | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.6.1. Diseño de Mezcla – Concreto Tradicional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

3.5.6.1.1. Procesamiento

I. Selección de la resistencia requerida ($F'cr$)

Como no hay registro de resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores, usamos:

TABLA 90
RESISTENCIA REQUERIDA SEGÚN $F'c$

| $F'c$ (kg/cm ²) | $F'cr$ (kg/cm ²) |
|-----------------------------|------------------------------|
| menos de 210 | $F'c + 70$ |
| 210 - 350 | $F'c + 84$ |
| > 350 | $F'c + 98$ |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el caso de nuestro diseño de mezcla para el concreto tradicional, se tiene una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 , por lo cual:

$$f'cr = f'c + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$



II. Selección del Asentamiento

De acuerdo a las tablas 80 y 81 que toman en consideración la consistencia y el tipo de estructuras:

TABLA 91
ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS SEGÚN LA ESTRUCTURA

| Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras | | |
|---|-----------|-----------|
| TIPO | SLUMP Máx | SLUMO Mín |
| Zapatas y muros de cimentación reforzados | 3" | 1" |
| Cimentaciones simples y calzaduras | 3" | 1" |
| Vigas y muros armados | 4" | 1" |
| Columnas | 4" | 2" |
| Muros y pavimentos | 3" | 1" |
| Concreto ciclópeo | 2" | 1" |
| Concreto súper plastificado | 6" | 8" |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 92
CONSISTENCIA- SLUMP- TRABAJABILIDAD

| Consistencia | Slump - Revenimiento | | Trabajabilidad |
|--------------|----------------------|----------|-----------------|
| | Pulg. | cm | |
| Seca | 0" - 2" | 0 - 5 | Poco trabajable |
| Plástica | 3" - 4" | 7.5 - 10 | Trabajable |
| Fluida | > 5" | > 12.5 | Muy trabajable |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La selección del asentamiento será de: 3" – 4"

III. Cálculo de la cantidad de Agua

Para seleccionar el volumen o peso unitario de agua se consideraron las recomendaciones del Comité 211 del ACI, para esto se utilizó la tabla 82 para obtener la cantidad de agua por metro cúbico de concreto



TABLA 93
CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA EN FUNCIÓN AL SLUMP Y TMN

| Cantidades aproximadas de agua de amasado en kilogramos o litros por 1 m3 En función del SLUMP y el TMN del agregado | | | | | | |
|--|---|------|------|-----|--------|-----|
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | |
| SLUMP | Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 202 | 202 | 190 | 178 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | |
| SLUMP | Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 187 | 184 | 174 | 166 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El peso del Agua por m3 de concreto será: 193 kg

IV. Cálculo de la cantidad de Cemento

Relación agua-cemento:

Para obtener la relación agua/cemento cuando el agregado está en condición saturado superficialmente seco, se tomaron en cuenta los criterios de selección por resistencia del comité ACI 211, usando la tabla 83, considerando que la resistencia a compresión media del concreto es 294 kg/cm² sin aire incorporado.

TABLA 94
CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA EN FUNCIÓN AL SLUMP Y TMN

| Relación agua cemento por resistencia | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| F'cr (kg/cm ²) | Relación a/c en peso | |
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 150 | 0.8 | 0.71 |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Observamos que no existe un valor para la relación agua-cemento en la tabla anterior, para una resistencia requerida (F'cr) igual a 294 kg/cm²; en ese caso se procedió a interpolar valores de la siguiente manera:



$$\begin{array}{l} 300 \text{ ----- } 0.55 \\ 294 \text{ ----- } x \\ 250 \text{ ----- } 0.62 \end{array}$$

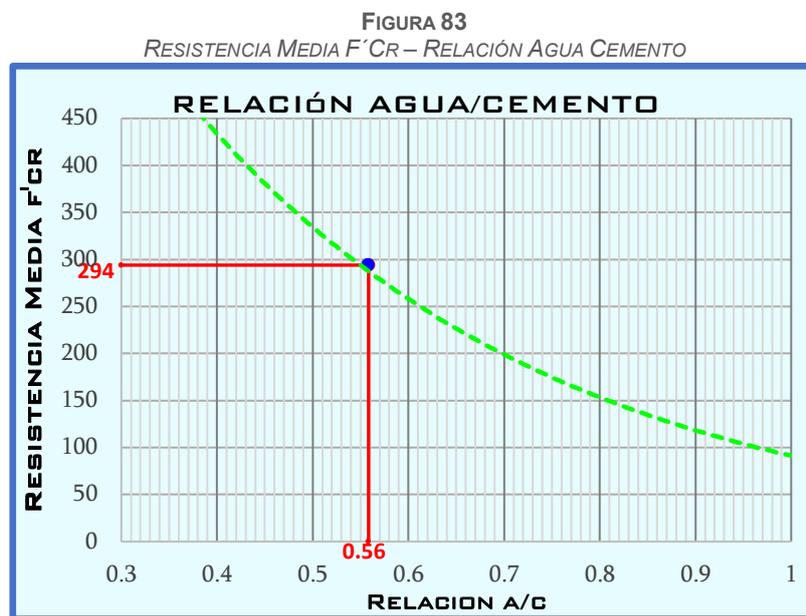
$$\frac{300 - 250}{294 - 250} = \frac{0.55 - x}{0.55 - 0.62}$$

$$\frac{50}{244} = \frac{0.55 - x}{-0.07}$$

$$0.56 = x$$

La relación a/c es de 0.56

- ✓ Otra manera de determinar y comprobar el valor de la relación agua cemento, es mediante el gráfico de la figura N°33, en el cual se traza una línea horizontal con el valor de la resistencia media, hasta el punto donde se intercepta con la curva de la relación agua-cemento y desde este último una línea vertical al eje “y”, para así obtener el valor de esta relación.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La relación a/c es de 0.56

Una vez obtenido el valor de la relación agua cemento, se aplicó la siguiente relación:

$$\text{Cant. Cemento} = \frac{\text{Cant. de Agua}}{\text{relación agua/cemento}}$$

$$\text{Cant. Cemento} = \frac{193 \text{ kg.}}{0.564}$$



$$\text{Cant. Cemento} = \frac{193 \text{ kg.}}{0.56}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 345.630 \text{ kg.}$$

El peso de cemento por m³ de concreto será: 345.630 kg

- ✓ La cantidad de cemento en bolsas se calculó dividiendo el peso de cemento por metro cubico de concreto entre 42.5 bolsas, esto es:

$$\text{Bolsas de cemento} = 345.360/42.5 = 8.13 \text{ Bls.}$$

V. Cálculo de la cantidad de Agregado Grueso

TABLA 95
PESO DEL AG POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

| Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto | | | | |
|---|--|------|------|------|
| TMN del Agregado Grueso | Volumen agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de fineza del fino (b/b0) | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

$$2.8 \text{ ----- } 2.82 \text{ ----- } 3.00$$

$$0.67 \text{ ----- } b/b0 \text{ ----- } 0.65$$

$$\frac{3.00 - 2.80}{3.00 - 2.82} = \frac{0.65 - 0.67}{0.65 - b/b0}$$

$$\frac{0.2}{0.18} = \frac{-0.02}{0.65 - b/b0}$$

$$0.668 \text{ m}^3 = b/b0$$

El peso en kg. del agregado grueso será:



$$\text{Peso} = (b/b_0) \cdot (\text{P.U. Seco Compactado})$$

$$\text{Peso} = (0.668 \text{ m}^3) \cdot (1541.86 \text{ kg/ m}^3)$$

$$\text{Peso} = 1029.960 \text{ kg}$$

El peso de Ag. Grueso por m³ de concreto será: 1029.960 kg

VI. Cálculo del contenido de Aire atrapado

TABLA 96
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

| Contenido del aire atrapado | |
|-----------------------------|-------------------|
| TMN Agregado Grueso | Aire Atrapado (%) |
| 3/8" | 3.00% |
| 1/2" | 2.50% |
| 3/4" | 2.00% |
| 1" | 1.50% |
| 1 1/2" | 1.00% |
| 2" | 0.50% |
| 3" | 0.30% |
| 4" | 0.20% |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El porcentaje de aire atrapado es de 1.5%

$$\text{Vol. de Aire} = \frac{1.5 \text{ m}^3}{100}$$

$$\text{Vol. de Aire} = 0.015 \text{ m}^3$$

El Volumen de aire por m³ de concreto es de 0.015 m³

VII. Cálculo de la cantidad de Agregado Fino por diferencia

Determinación de los volúmenes absolutos sin considerar el agregado fino:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso Absoluto (kg)}}{\text{Peso Específico (kg/m}^3)}$$

$$\sum \text{Volúmenes parciales} = \text{Vol.}_{\text{Agua}} + \text{Vol.}_{\text{Cemento}} + \text{Vol.}_{\text{Ag. grueso}} + \text{Vol.}_{\text{Aire}}$$



$$\text{Volumen}_{\text{Agua}} = \frac{193 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Cemento}} = \frac{345.630 \text{ kg}}{2850 \text{ kg/m}^3} = 0.121 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Ag. Grueso}} = \frac{1029.960 \text{ kg}}{2679 \text{ kg/m}^3} = 0.384 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Aire Atrapado}} = 0.015 \text{ m}^3 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\sum \text{Volúmenes parciales} = 0.714 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Ag. Fino}} = 1 - \sum \text{Volúmenes parciales}$$

$$\text{Volumen}_{\text{Ag. Fino}} = 1 - 0.714 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Ag. Fino}} = 1 - 0.714 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Ag. Fino}} = 0.286 \text{ m}^3$$

El Volumen de Agregado Fino por m3 de concreto es de 0.286 m³

$$\text{Peso del Ag Fino (kg)} = \text{Volumen}_{\text{Ag. Fino}} (\text{m}^3) * \text{Peso específico (kg/m}^3)$$

$$\text{Peso del Ag Fino} = 0.286 \text{ m}^3 * 2617.25 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del Ag Fino} = 729.239 \text{ kg}$$

El Peso en kg de Agregado Fino por m3 de concreto es de 729.239 kg

VIII. Resumen de los pesos Secos y volúmenes Absolutos:

TABLA 97
RESUMEN DE LOS PESO SECOS Y VOLÚMENES ABSOLUTOS

| ELEMENTO | Peso Abs. | P. específico | Volumen |
|-----------------|------------------------|----------------------------|----------------------|
| Agua | 193.00 kg | 1000.00 kg/m ³ | 0.193 m ³ |
| Cemento | 345.63 kg | 2850.00 kg/m ³ | 0.121 m ³ |
| Ag. Grueso Seco | 1029.96 kg | 1029.960 kg/m ³ | 0.384 m ³ |
| Ag. Fino Seco | 749.239 kg | 749.239 kg/m ³ | 0.286 m ³ |
| Aire | | | 0.015 m ³ |
| TOTAL | 2318 kg/m ³ | | 1.00 m ³ |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



IX. Corrección por Humedad y Absorción de los Agregados

- ✓ Para la corrección del peso de los agregados por % de humedad se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Peso Corregido}_{\text{Agregados}} = \text{Peso Absoluto} * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

Donde:

W%: Porcentaje de humedad de los agregados

$$\text{Peso Corregido}_{\text{Ag. Grueso}} = 1029.960 \text{ kg} * \left(\frac{0.82}{100} + 1 \right) = 1038.43 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Corregido}_{\text{Ag. Fino}} = 749.239 \text{ kg} * \left(\frac{3.60}{100} + 1 \right) = 776.21 \text{ kg}$$

TABLA 98
RESUMEN PESO ABSOLUTO SECO- CONTENIDO DE HUMEDAD- PESO CORREGIDO

| ELEMENTO | PESO ABSOLUTO SECO | CORRECCIÓN POR HUMEDAD % | PESO CORREGIDO |
|------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| AGREGADO GRUESO HÚMEDO | 1029.960 kg | 100.82% | 1038.43 kg |
| AGREGADO FINO HÚMEDO | 749.239 kg | 103.60% | 776.21 kg |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para calcular el Aporte de agua en kilogramos o litros a la mezcla se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Agregados}} = \frac{(w\% - \% \text{ Abs}) * \text{Peso Ag. Seco}}{100}$$

Donde:

W%: Porcentaje de humedad de los agregados

% Abs: Porcentaje de absorción de los agregados

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Ag. Grueso}} = \frac{(0.82 - 1.40) * 1029.930 \text{ kg.}}{100} = - 5.95 \text{ kg.}$$

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Ag. Fino}} = \frac{(3.60 - 2.47) * 749.239 \text{ kg.}}{100} = 8.45 \text{ kg.}$$

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Agregados}} = 2.50 \text{ kg}$$



TABLA 99
RESUMEN HUMEDAD- ABSORCIÓN CONTRIBUCIÓN DE AGUA

| ELEMENTO | Humedad | Absorción | Humedad Superficial | Contribución de agua |
|----------|---------|-----------|---------------------|----------------------|
| A.Grueso | 0.82% | 1.40% | -0.58% | -5.95 kg |
| A. Fino | 3.60% | 2.47% | 1.13% | 8.45 kg |
| | | | TOTAL | 2.50 kg |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- ✓ Para calcular el contenido de agua corregida o agua efectiva se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de Diseño} - \text{Contribución de agua}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 193.000 \text{ kg.} - 2.500 \text{ kg}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 190.5 \text{ kg}$$

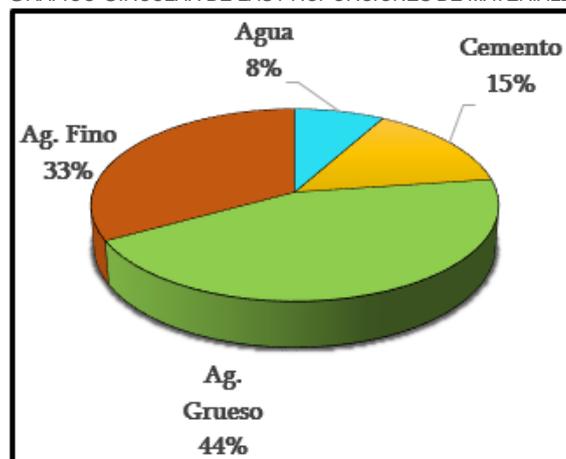
X. Diseño Final Corregido por humedad y absorción para 01 m3 de Concreto

TABLA 100
RESUMEN HUMEDAD- ABSORCIÓN CONTRIBUCIÓN DE AGUA

| ELEMENTO | Peso Corregido | Volumen Corregido |
|-----------------|----------------|-------------------|
| Agua Efectiva | 190.50 kg | 0.191 m3 |
| Cemento | 345.63 kg | 0.121 m3 |
| Agregado Grueso | 1038.43 kg | 0.388 m3 |
| Agregado Fino | 776.21 kg | 0.297 m3 |
| TOTAL | 2350.70 kg | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 84
GRÁFICO CIRCULAR DE LAS PROPORCIONES DE MATERIALES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



XI. Diseño Final: Proporciones para 01 bolsa de cemento

TABLA 101
PROPORCIONES DE MATERIALES PARA 1 BLS. DE CEMENTO

| Proporciones para 01 bolsa de cemento | |
|---------------------------------------|-----------|
| Agua | 23.42 lt. |
| Cemento | 1.00 bls |
| Ag. Grueso | 127.69 m3 |
| Ag. Fino | 95.45 m3 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

XII. Diseño Final: Proporciones para 01 kg. de cemento

TABLA 102
PROPORCIONES EN PESO PARA 1KG DE CEMENTO

| Proporciones para 01 kg. de cemento | |
|-------------------------------------|----------|
| Agua | 0.55 lt. |
| Cemento | 1 kg. |
| Ag. Grueso | 3 kg. |
| Ag. Fino | 2.25 kg. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.6.2. Diseño de Mezcla – Concreto con Cascote $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$

(a) Procesamiento

I. Selección de la resistencia requerida (F'_{cr})

Como no hay registro de resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores, usamos:

TABLA 103
RESISTENCIA REQUERIDA F'_{CR}

| F'_c (kg/cm ²) | F'_{cr} (kg/cm ²) |
|------------------------------|---------------------------------|
| menos de 210 | $F'_c + 70$ |
| 210 - 350 | $F'_c + 84$ |
| > 350 | $F'_c + 98$ |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el caso de nuestro diseño de mezcla para el concreto tradicional, se tiene una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 , por lo cual:

$$f'_{cr} = f'_c + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$



II. Selección del Asentamiento

De acuerdo a las tablas 93 y 94 se toman en consideración la consistencia según el tipo de estructuras:

TABLA 104
ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS

| Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras | | |
|---|-----------|-----------|
| TIPO | SLUMP Máx | SLUMP Mín |
| Zapatas y muros de cimentación reforzados | 3" | 1" |
| Cimentaciones simples y calzaduras | 3" | 1" |
| Vigas y muros armados | 4" | 1" |
| Columnas | 4" | 2" |
| Muros y pavimentos | 3" | 1" |
| Concreto ciclópeo | 2" | 1" |
| Concreto súper plastificado | 6" | 8" |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 105
CONSISTENCIA -SLUMP- TRABAJABILIDAD

| Consistencia | Slump - Revenimiento | | Trabajabilidad |
|--------------|----------------------|----------|-----------------|
| | Pulg. | cm | |
| Seca | 0" - 2" | 0 - 5 | Poco trabajable |
| Plástica | 3" - 4" | 7.5 - 10 | Trabajable |
| Fluida | > 5" | > 12.5 | Muy trabajable |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La selección del asentamiento será de: 3" - 4"

III. Cálculo de la cantidad de Agua

Para seleccionar el volumen o peso unitario de agua se consideraron las recomendaciones del Comité 211 del ACI, para esto se utilizó la tabla 95 para obtener la cantidad de agua por metro cúbico de concreto



TABLA 106
CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA X M3 DE CONCRETO

| Cantidades aproximadas de agua de amasado en kilogramos o litros por 1 m3 En función del SLUMP y el TMN del agregado | | | | | | |
|--|---|------|------|-----|--------|-----|
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | |
| SLUMP | Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 202 | 202 | 190 | 178 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | |
| SLUMP | Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 187 | 184 | 174 | 166 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El peso del Agua por m3 de concreto será: 193 kg

IV. Cálculo de la cantidad de Cemento

Relación agua-cemento:

Para obtener la relación agua/cemento cuando el agregado está en condición saturado superficialmente seco, se tomaron en cuenta los criterios de selección por resistencia del comité ACI 211, usando la tabla....., considerando que la resistencia a compresión media del concreto es 294 kg/cm2 sin aire incorporado.

TABLA 107
RELACIÓN AGUA- CEMENTO POR RESISTENCIA

| Relación agua cemento por resistencia | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| F'cr (kg/cm2) | Relación a/c en peso | |
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 150 | 0.8 | 0.71 |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Observamos que no existe un valor para la relación agua-cemento en la tabla anterior, para una resistencia requerida (F'cr) igual a 294 kg/cm2; en ese caso se procedió a interpolar valores de la siguiente manera:



$$300 \text{ ----- } 0.55$$

$$294 \text{ ----- } x$$

$$250 \text{ ----- } 0.62$$

$$\frac{300 - 250}{294 - 250} = \frac{0.55 - x}{0.55 - 0.62}$$

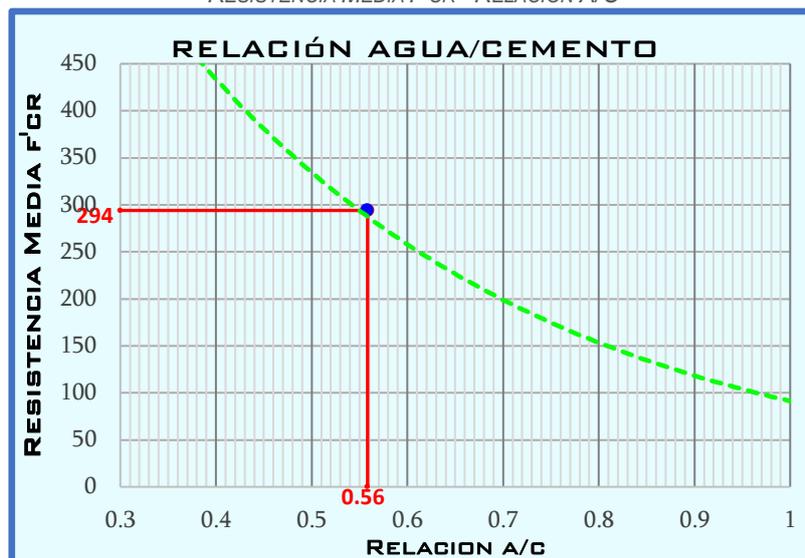
$$\frac{50}{244} = \frac{0.55 - x}{-0.07}$$

$$0.56 = x$$

La relación a/c es de 0.56

- ✓ Otra manera de determinar y comprobar el valor de la relación agua cemento, es mediante el gráfico de la figura 43, en la cual, se traza una línea horizontal con el valor de la resistencia media, hasta el punto donde se intercepta con la curva de la relación agua-cemento y desde este último una línea vertical al eje “y”, para así obtener el valor de esta relación.

FIGURA 85
RESISTENCIA MEDIA F'CR - RELACIÓN A/C



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La relación a/c es de 0.56

Una vez obtenido el valor de la relación agua cemento, se aplicó la siguiente relación:



$$\text{Cant. Cemento} = \frac{\text{Cant. de Agua}}{\text{relación agua/cemento}}$$

$$\text{Cant. Cemento} = \frac{193 \text{ kg.}}{0.564}$$

$$\text{Cant. Cemento} = \frac{193 \text{ kg.}}{0.56}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 345.630 \text{ kg.}$$

El peso de cemento por m3 de concreto será: 345.630 kg

- ✓ La cantidad de cemento en bolsas se calculó dividiendo el peso de cemento por metro cubico de concreto entre 42.5 bolsas, esto es:

$$\text{Bolsas de cemento} = 345.360/42.5 = 8.13 \text{ Bls.}$$

V. Cálculo de la cantidad de Cascote

TABLA 108
PESO DEL AGREGADO X UND. DE VOLUMEN DE CONCRETO

| Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto | | | | |
|---|--|------|------|------|
| TMN del Agregado Grueso | Volumen agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de fineza del fino (b/b0) | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

$$2.8 \text{ ----- } 2.82 \text{ ----- } 3.00$$

$$0.67 \text{ ----- } b/b0 \text{ ----- } 0.65$$

$$\frac{3.00 - 2.80}{3.00 - 2.82} = \frac{0.65 - 0.67}{0.65 - b/b0}$$



$$\frac{0.2}{0.18} = \frac{-0.02}{0.65 - b/bo}$$

$$0.668 \text{ m}^3 = b/bo$$

El peso en kg. del cascote en kg. será:

$$\text{Peso} = (b/bo) * (P.U. \text{ Seco Compactado})$$

$$\text{Peso} = (0.668 \text{ m}^3) * (1325.56 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso} = 885.476 \text{ kg}$$

El peso de Cascote por m3 de concreto será: 885.476 kg

VI. Cálculo del contenido de Aire atrapado

TABLA 109
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

| Contenido del aire atrapado | |
|-----------------------------|-------------------|
| TMN Agregado Gueso | Aire Atrapado (%) |
| 3/8" | 3.00% |
| 1/2" | 2.50% |
| 3/4" | 2.00% |
| 1" | 1.50% |
| 1 1/2" | 1.00% |
| 2" | 0.50% |
| 3" | 0.30% |
| 4" | 0.20% |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El porcentaje de aire atrapado es de 1.5%

$$\text{Vol. de Aire} = \frac{1.5 \text{ m}^3}{100}$$

$$\text{Vol. de Aire} = 0.015 \text{ m}^3$$

El Volumen de aire por m3 de concreto es de 0.015 m³

VII. Calculo de la cantidad de Aditivo Superplastificante

- ✓ Para determinar el volumen de Aditivo superplastificante, se utilizó la ficha técnica del producto, SikaCem® Aditivo Plastificante, que indica que para usar este producto como



superplastificante, se dosifica con 500 ml. por bolsa de cemento de 42.5 kg, en ese sentido:

Del cálculo de la cantidad de cemento, se determinó que para un metro cúbico de concreto, se utilizaran 8.13 Bls de cemento. De esto se asume que:

$$\text{Cantidad de aditivo (m}^3\text{)} = \frac{\text{Dosificación (L)} * \# \text{ de Bolsas}}{1000}$$

$$\text{Cantidad de aditivo (m}^3\text{)} = \frac{0.5 \text{ L} * 8.13}{1000}$$

$$\text{Cantidad de aditivo} = 0.004065 \text{ m}^3$$

El Volumen de aditivo por m³ de concreto es de 0.004065 m³

Para el cálculo del Peso del aditivo, se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Peso de aditivo (kg)} = \text{P. específico del aditivo (kg/m}^3\text{)} * \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

$$\text{Peso de aditivo (kg)} = 1200 \text{ kg/m}^3 * 0.004065 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Peso de aditivo} = 4.878 \text{ kg}$$

El Peso de aditivo por m³ de concreto es de 4.878 kg

VIII. Cálculo de la cantidad de Agregado Fino por diferencia

Determinación de los volúmenes absolutos sin considerar el agregado fino:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso Absoluto (kg)}}{\text{Peso Específico (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen}_{\text{Agua}} = \frac{193 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Cemento}} = \frac{345.630 \text{ kg}}{2850 \text{ kg/m}^3} = 0.121 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Cascote}} = \frac{885.476 \text{ kg}}{2367.39 \text{ kg/m}^3} = 0.374 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Aire Atrapado}} = 0.015 \text{ m}^3 = 0.015 \text{ m}^3$$



$$Volumen_{Aditivo} = \frac{4.878 \text{ kg}}{1200 \text{ kg/m}^3} = 0.004 \text{ m}^3$$

$$\sum Volúmenes parciales = 0.707 \text{ m}^3$$

$$Volumen_{Ag. Fino} = 1 - \sum Volúmenes parciales$$

$$Volumen_{Ag. Fino} = 1 - 0.707 \text{ m}^3$$

$$Volumen_{Ag. Fino} = 0.293 \text{ m}^3$$

El Volumen de Agregado Fino por m3 de concreto es de 0.293 m³

Peso del Ag Fino (kg) = Volumen_{Ag. Fino}(m³) * Peso específico (kg/m³)

$$\text{Peso del Ag Fino} = 0.293 \text{ m}^3 * 2617.25 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del Ag Fino} = 765.889 \text{ kg}$$

El Peso en kg de Agregado Fino por m3 de concreto es de 765.889 kg

IX. Resumen de los pesos Secos y volúmenes Absolutos:

TABLA 110
TABLA RESUMEN

| ELEMENTO | Peso Abs. | P. específico | Volumen |
|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|
| Agua | 193.00 kg | 1000.00 kg/m ³ | 0.193 m ³ |
| Cemento | 345.63 kg | 2850.00 kg/m ³ | 0.121 m ³ |
| Cascote Seco | 885.476 kg | 2367.39 kg/m ³ | 0.374 m ³ |
| Ag. Fino Seco | 765.889 kg | 2617.25 kg/m ³ | 0.293 m ³ |
| Aire | - | - | 0.015 m ³ |
| Aditivo | 4.878 kg | 1200.00 kg/m ³ | 0.004m ³ |
| TOTAL | 2195 kg/m ³ | | 1.00 m ³ |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

X. Corrección por Humedad y Absorción de los Agregados

- ✓ Para la corrección del peso de los agregados por % de humedad se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Peso Corregido}_{Agregados} = \text{Peso Absoluto} * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

Donde:

W%: Porcentaje de humedad de los agregados



$$\text{Peso Corregido}_{\text{Cascote}} = 885.476 \text{ kg} * \left(\frac{0.08}{100} + 1 \right) = 886.19 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Corregido}_{\text{Ag. Fino}} = 776.889 \text{ kg} * \left(\frac{3.60}{100} + 1 \right) = 793.46 \text{ kg}$$

TABLA 111
CORRECCIÓN POR HUMEDAD

| ELEMENTO | PESO ABSOLUTO SECO | CORRECCIÓN POR HUMEDAD % | PESO CORREGIDO |
|----------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| CASCOTE HÚMEDO | 885.476 kg | 100.08% | 886.19 kg |
| AGREGADO FINO HÚMEDO | 765.889 kg | 103.60% | 793.46 kg |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- ✓ Para calcular el Aporte de agua en kilogramos o litros a la mezcla se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Agregados}} = \frac{(w\% - \% \text{ Abs}) * \text{Peso Ag. Seco}}{100}$$

Donde:

W%: Porcentaje de humedad de los agregados

% Abs: Porcentaje de absorción de los agregados

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Cascote}} = \frac{(0.08 - 7.24) * 885.476 \text{ kg.}}{100} = - 63.38 \text{ kg.}$$

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Ag. Fino}} = \frac{(3.60 - 2.47) * 765.889 \text{ kg.}}{100} = 8.64 \text{ kg.}$$

$$\text{Aporte de agua}_{\text{Agregados}} = -54.74 \text{ kg}$$

TABLA 112
APOORTE DE AGUA

| ELEMENTO | Humedad | Absorción | Humedad Superficial | Contribución de agua |
|----------|---------|-----------|---------------------|----------------------|
| A.Grueso | 0.08% | 7.24% | -7.16% | -63.38 kg |
| A. Fino | 3.60% | 2.47% | 1.13% | 8.64 kg |
| | | | TOTAL | -54.74 kg |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



- ✓ Para calcular el contenido de agua corregida o agua efectiva se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de Diseño} - \text{Contribución de agua}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 193.000 \text{ kg.} - -54.62 \text{ kg}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 247.74 \text{ kg}$$

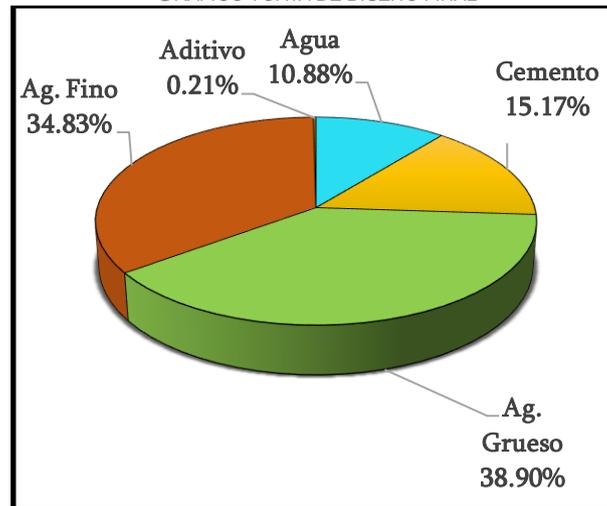
XI. Diseño Final Corregido por humedad y absorción para 01 m³ de Concreto

TABLA 113
DISEÑO FINAL POR CORRECCIÓN DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN

| ELEMENTO | Peso Corregido | Volumen Corregido |
|-----------------|-------------------|----------------------|
| Agua Efectiva | 247.74 kg | 0.248 m ³ |
| Cemento | 345.63 kg | 0.121 m ³ |
| Agregado Grueso | 886.19 kg | 0.374 m ³ |
| Agregado Fino | 793.46 kg | 0.303 m ³ |
| Aditivo | 4.88 kg | 0.004 m ³ |
| TOTAL | 2350.70 kg | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 86
GRÁFICO TORTA DE DISEÑO FINAL



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Diseño Final: Proporciones para 01 bolsa de cemento

TABLA 114
PROPORCIONES PARA BOLSA DE CEMENTO

| Proporciones para 01 bolsa de cemento | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Agua | 30.46 lt. |
| Cemento | 1.00 bls |
| Ag. Grueso | 108.97 m ³ |
| Ag. Fino | 97.57 m ³ |
| Aditivo | 500.00 ml |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



XII. Diseño Final: Proporciones para 01 kg. de cemento

TABLA 115
PROPORCIONES EN PARA 1KG. DE CEMENTO

| Proporciones para 01 kg. de cemento | |
|-------------------------------------|----------|
| Agua | 0.72 lt. |
| Cemento | 1.00 kg. |
| Ag. Grueso | 2.56 kg. |
| Ag. Fino | 2.30 kg. |
| Aditivo | 11.76 ml |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5.7. Procedimiento de análisis de datos de la Resistencia a Compresión

a) Procesamiento

Para el procesamiento de los datos recolectados en el ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos, se utilizaron los datos obtenidos de las dimensiones de cada briqueta, y las lecturas de carga máxima soportada por cada una de ellas mediante las siguientes relaciones:

Obtención del Área:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A = Área de la superficie de la base de la briqueta (cm²)

D = Es el diámetro promedio (cm)

Obtención de la carga máxima de rotura en kg.

$$G = \frac{F * 1000}{g}$$

Donde:

G = La carga máxima de rotura en (kg).

F = Es la fuerza máxima aplicada en (kN)

g = Es la aceleración de la gravedad (m/s²)

Obtención de la Resistencia de rotura a la compresión:

$$R_c = \frac{G}{A}$$



Donde:

R_c = Es la resistencia de rotura a la compresión, en Kg/cm².

G = La carga máxima de rotura en (kg).

A = Área de la superficie de la base de la briqueta (cm²)

Obtención de la desviación estándar y coeficiente de variación:

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2/n}{n - 1}}$$

Donde:

D_s = Desviación estándar

x_i = Resultados de los ensayos

n = Número de ensayos

Se define el coeficiente de variación con la siguiente expresión:

$$CV = \frac{D_s}{\mu} * 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación (%).

D_s = Desviación estándar.

μ = Media de los datos.

b) Diagramas y tablas



TABLA 116
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO TRADICIONAL -07 DÍAS

|  Universidad Andina del Cusco | | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS | | | |  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | |
|---|-----------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------|---|-----------------------|--------------------------|
| | | NTP 339.034 | MTC E 704 | ASTM-C39-39M | | | | |
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | |
| Responsables | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | |
| Resistencia a la Compresion de Concreto Tradicional - 07 Dias | | | | | | | | |
| Nombre | Area | Edad | % Resistencia Nominal | Resist. de Diseño | Fuerza Aplicada | Carga Max. Aplicada (G) | Resist. Obtenida | % de Resistencia Hallada |
| - | cm ² | dias | % | (kg/cm ²) | KN | kg | (kg/cm ²) | % |
| 01 - A | 177.06 | 7 | 65% | 210 | 268.87 kN | 27416.13 | 154.84 | 73.73% |
| 02 - A | 178.71 | 7 | 65% | 210 | 258.24 kN | 26332.21 | 147.35 | 70.16% |
| 03 - A | 179.30 | 7 | 65% | 210 | 263.31 kN | 26849.19 | 149.74 | 71.31% |
| 04 - A | 177.65 | 7 | 65% | 210 | 284.82 kN | 29042.52 | 163.48 | 77.85% |
| 05 - A | 177.78 | 7 | 65% | 210 | 269.76 kN | 27506.88 | 154.73 | 73.68% |
| 06 - A | 176.83 | 7 | 65% | 210 | 294.40 kN | 30019.37 | 169.76 | 80.84% |
| 07 - A | 178.72 | 7 | 65% | 210 | 261.32 kN | 26646.27 | 149.09 | 71.00% |
| 08 - A | 177.65 | 7 | 65% | 210 | 274.13 kN | 27952.48 | 157.35 | 74.93% |
| 09 - A | 177.30 | 7 | 65% | 210 | 264.03 kN | 26922.61 | 151.85 | 72.31% |
| 10 - A | 177.42 | 7 | 65% | 210 | 289.61 kN | 29530.95 | 166.44 | 79.26% |
| 11 - A | 177.42 | 7 | 65% | 210 | 276.04 kN | 28147.24 | 158.65 | 75.55% |
| 12 - A | 176.95 | 7 | 65% | 210 | 275.40 kN | 28081.98 | 158.70 | 75.57% |
| 13 - A | 176.83 | 7 | 65% | 210 | 290.27 kN | 29598.25 | 167.38 | 79.71% |
| 14 - A | 175.65 | 7 | 65% | 210 | 264.48 kN | 26968.49 | 153.53 | 73.11% |
| 15 - A | 178.60 | 7 | 65% | 210 | 277.20 kN | 28265.52 | 158.26 | 75.36% |

| Resist. Promedio (kg/cm ²) | Desviacion Estandar S | Coef. De Variacion C.V. |
|--|-----------------------|-------------------------|
| 157.41 | 6.88 | 4.37% |

Diagrama de Dispersión - Resistencia a la compresion - Concreto Tradicional - 07 dias

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

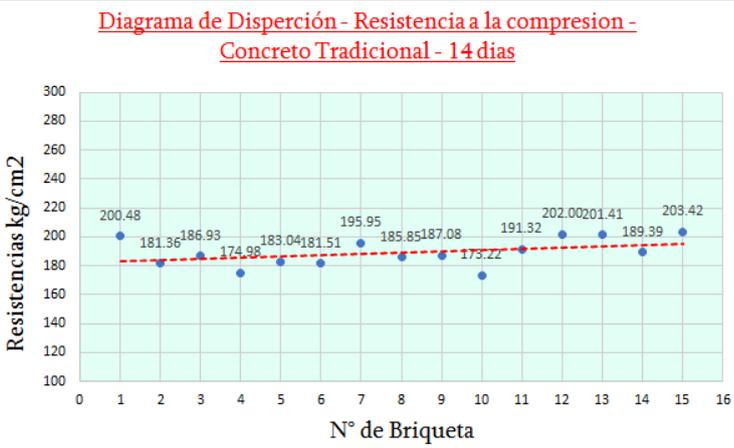


TABLA 117
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO TRADICIONAL- 14 DÍAS

|  Universidad Andina del Cusco | | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS | | | |  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | |
|---|-----------------|---|--|-----------------------|-----------------|---|-----------------------|--------------------------|
| | | NTP 339.034 | MTC E 704 | ASTM-C39-39M | | | | |
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | |
| Responsables | | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Resistencia a la Compresion de Concreto Tradicional - 14 Dias | | | | | | | | |
| Nombre | Area | Edad | % Resistencia Nominal | Resist. de Diseño | Fuerza Aplicada | Carga Max. Aplicada (G) | Resist. Obtenida | % de Resistencia Hallada |
| - | cm ² | dias | % | (kg/cm ²) | KN | kg | (kg/cm ²) | % |
| 16 - A | 179.55 | 14 | 90% | 210 | 353.02 kN | 35996.74 | 200.48 | 95.47% |
| 17 - A | 180.73 | 14 | 90% | 210 | 321.46 kN | 32778.63 | 181.36 | 86.36% |
| 18 - A | 176.60 | 14 | 90% | 210 | 323.74 kN | 33011.11 | 186.93 | 89.01% |
| 19 - A | 175.89 | 14 | 90% | 210 | 301.83 kN | 30777.00 | 174.98 | 83.32% |
| 20 - A | 177.30 | 14 | 90% | 210 | 318.28 kN | 32454.37 | 183.04 | 87.16% |
| 21 - A | 177.18 | 14 | 90% | 210 | 315.40 kN | 32160.70 | 181.51 | 86.43% |
| 22 - A | 177.89 | 14 | 90% | 210 | 341.85 kN | 34857.75 | 195.95 | 93.31% |
| 23 - A | 177.30 | 14 | 90% | 210 | 323.15 kN | 32950.95 | 185.85 | 88.50% |
| 24 - A | 178.36 | 14 | 90% | 210 | 327.24 kN | 33368.00 | 187.08 | 89.09% |
| 25 - A | 177.42 | 14 | 90% | 210 | 301.39 kN | 30732.13 | 173.22 | 82.48% |
| 26 - A | 178.96 | 14 | 90% | 210 | 335.78 kN | 34238.81 | 191.32 | 91.11% |
| 27 - A | 178.01 | 14 | 90% | 210 | 352.64 kN | 35957.99 | 202.00 | 96.19% |
| 28 - A | 178.60 | 14 | 90% | 210 | 352.78 kN | 35972.26 | 201.41 | 95.91% |
| 29 - A | 177.78 | 14 | 90% | 210 | 330.19 kN | 33668.81 | 189.39 | 90.18% |
| 30 - A | 178.60 | 14 | 90% | 210 | 356.29 kN | 36330.17 | 203.42 | 96.87% |

| Resist. Promedio (kg/cm ²) | Desviacion Estandar S | Coef. De Variacion C.V. |
|--|-----------------------|-------------------------|
| 189.20 | 9.74 | 5.15% |

Diagrama de Dispersión - Resistencia a la compresion - Concreto Tradicional - 14 dias



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

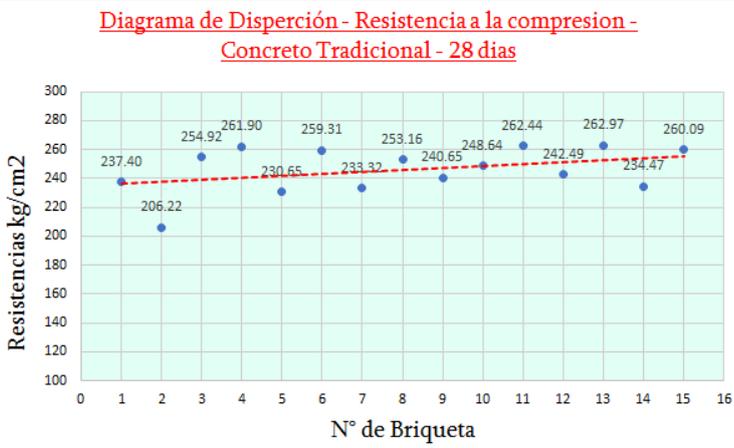


TABLA 118
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO TRADICIONAL- 28 DÍAS

|  Universidad Andina del Cusco | | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS | | | |  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | |
|---|-----------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------|---|-----------------------|--------------------------|
| | | NTP 339.034 | | MTC E 704 | | ASTM-C39-39M | | |
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | |
| Responsables | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | | |
| Resistencia a la Compresion de Concreto Tradicional - 28 Dias | | | | | | | | |
| Nombre | Area | Edad | % Resistencia Nominal | Resist. de Diseño | Fuerza Aplicada | Carga Max. Aplicada (G) | Resist. Obtenida | % de Resistencia Hallada |
| - | cm ² | dias | % | (kg/cm ²) | KN | kg | (kg/cm ²) | % |
| 31 - A | 179.79 | 28 | 100% | 210 | 418.59 kN | 42682.78 | 237.40 | 113.05% |
| 32 - A | 180.15 | 28 | 100% | 210 | 364.33 kN | 37149.99 | 206.22 | 98.20% |
| 33 - A | 180.03 | 28 | 100% | 210 | 450.07 kN | 45892.73 | 254.92 | 121.39% |
| 34 - A | 176.36 | 28 | 100% | 210 | 452.98 kN | 46189.46 | 261.90 | 124.72% |
| 35 - A | 177.66 | 28 | 100% | 210 | 401.85 kN | 40975.83 | 230.65 | 109.83% |
| 36 - A | 178.01 | 28 | 100% | 210 | 452.69 kN | 46159.89 | 259.31 | 123.48% |
| 37 - A | 176.83 | 28 | 100% | 210 | 404.61 kN | 41257.27 | 233.32 | 111.10% |
| 38 - A | 177.07 | 28 | 100% | 210 | 439.62 kN | 44827.16 | 253.16 | 120.55% |
| 39 - A | 177.89 | 28 | 100% | 210 | 419.83 kN | 42809.22 | 240.65 | 114.60% |
| 40 - A | 177.30 | 28 | 100% | 210 | 432.34 kN | 44084.84 | 248.64 | 118.40% |
| 41 - A | 179.31 | 28 | 100% | 210 | 461.51 kN | 47059.24 | 262.44 | 124.97% |
| 42 - A | 176.13 | 28 | 100% | 210 | 418.85 kN | 42709.29 | 242.49 | 115.47% |
| 43 - A | 177.30 | 28 | 100% | 210 | 457.25 kN | 46624.86 | 262.97 | 125.22% |
| 44 - A | 178.72 | 28 | 100% | 210 | 410.95 kN | 41903.74 | 234.47 | 111.65% |
| 45 - A | 177.18 | 28 | 100% | 210 | 451.95 kN | 46084.43 | 260.09 | 123.85% |

| Resist. Promedio | Desviacion Estandar | Coef. De Variacion |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| (kg/cm ²) | S | C.V. |
| 245.91 | 15.93 | 6.48% |

Diagrama de Dispersión - Resistencia a la compresion - Concreto Tradicional - 28 dias



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

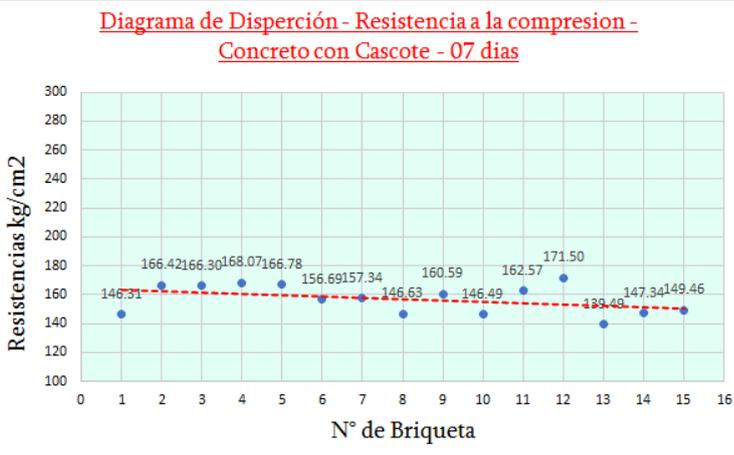


TABLA 119
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON CASCOTE- 07 DÍAS

|  Universidad Andina del Cusco | | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS | | | |  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | |
|---|-----------------|---|--|-----------------------|-----------------|---|-----------------------|--------------------------|
| | | NTP 339.034 | | MTC E 704 | | ASTM-C39-39M | | |
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | |
| Responsables | | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Resistencia a la Compresion de Concreto con Cascote - 07 Dias | | | | | | | | |
| Nombre | Area | Edad | % Resistencia Nominal | Resist. de Diseño | Fuerza Aplicada | Carga Max. Aplicada (G) | Resist. Obtenida | % de Resistencia Hallada |
| - | cm ² | dias | % | (kg/cm ²) | KN | kg | (kg/cm ²) | % |
| 01 - B | 178.84 | 7 | 65% | 210 | 256.62 kN | 26167.02 | 146.31 | 69.67% |
| 02 - B | 178.60 | 7 | 65% | 210 | 291.49 kN | 29722.65 | 166.42 | 79.25% |
| 03 - B | 182.53 | 7 | 65% | 210 | 297.69 kN | 30354.85 | 166.30 | 79.19% |
| 04 - B | 178.60 | 7 | 65% | 210 | 294.39 kN | 30018.35 | 168.07 | 80.03% |
| 05 - B | 179.79 | 7 | 65% | 210 | 294.06 kN | 29984.70 | 166.78 | 79.42% |
| 06 - B | 177.06 | 7 | 65% | 210 | 272.09 kN | 27744.47 | 156.69 | 74.61% |
| 07 - B | 179.67 | 7 | 65% | 210 | 277.24 kN | 28269.60 | 157.34 | 74.93% |
| 08 - B | 177.19 | 7 | 65% | 210 | 254.80 kN | 25981.44 | 146.63 | 69.83% |
| 09 - B | 176.36 | 7 | 65% | 210 | 277.76 kN | 28322.63 | 160.59 | 76.47% |
| 10 - B | 178.84 | 7 | 65% | 210 | 256.92 kN | 26197.61 | 146.49 | 69.75% |
| 11 - B | 175.89 | 7 | 65% | 210 | 280.43 kN | 28594.88 | 162.57 | 77.42% |
| 12 - B | 176.48 | 7 | 65% | 210 | 296.82 kN | 30266.14 | 171.50 | 81.67% |
| 13 - B | 176.83 | 7 | 65% | 210 | 241.91 kN | 24667.07 | 139.49 | 66.43% |
| 14 - B | 177.06 | 7 | 65% | 210 | 255.85 kN | 26088.51 | 147.34 | 70.16% |
| 15 - B | 178.37 | 7 | 65% | 210 | 261.44 kN | 26658.51 | 149.46 | 71.17% |

| Resist. Promedio (kg/cm ²) | Desviacion Estandar S | Coef. De Variacion C.V. |
|--|-----------------------|-------------------------|
| 156.80 | 10.13 | 6.46% |

Diagrama de Disperción - Resistencia a la compresion - Concreto con Cascote - 07 dias



| N° de Briqueta | Resistencia (kg/cm ²) |
|----------------|-----------------------------------|
| 1 | 146.31 |
| 2 | 166.42 |
| 3 | 166.30 |
| 4 | 168.07 |
| 5 | 166.78 |
| 6 | 156.69 |
| 7 | 157.34 |
| 8 | 146.63 |
| 9 | 160.59 |
| 10 | 146.49 |
| 11 | 162.57 |
| 12 | 171.50 |
| 13 | 139.49 |
| 14 | 147.34 |
| 15 | 149.46 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 120
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON CASCOTE- 14 DÍAS

|  Universidad Andina del Cusco | | | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS | | | |  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | |
|---|-----------------|------|---|-----------------------|-----------------|-------------------------|---|--------------------------|
| | | | NTP 339.034 | MTC E 704 | ASTM-C39-39M | | | |
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | |
| Responsables | | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Resistencia a la Compresion de Concreto con Cascote - 14 Dias | | | | | | | | |
| Nombre | Area | Edad | % Resistencia Nominal | Resist. de Diseño | Fuerza Aplicada | Carga Max. Aplicada (G) | Resist. Obtenida | % de Resistencia Hallada |
| - | cm ² | dias | % | (kg/cm ²) | KN | kg | (kg/cm ²) | % |
| 16 - B | 176.82 | 14 | 90% | 210 | 375.13 kN | 38251.25 | 216.33 | 103.01% |
| 17 - B | 163.31 | 14 | 90% | 210 | 343.41 kN | 35016.82 | 214.43 | 102.11% |
| 18 - B | 172.38 | 14 | 90% | 210 | 393.25 kN | 40098.91 | 232.62 | 110.77% |
| 19 - B | 177.00 | 14 | 90% | 210 | 398.31 kN | 40614.87 | 229.46 | 109.27% |
| 20 - B | 176.48 | 14 | 90% | 210 | 366.26 kN | 37346.79 | 211.62 | 100.77% |
| 21 - B | 178.48 | 14 | 90% | 210 | 381.76 kN | 38927.30 | 218.10 | 103.86% |
| 22 - B | 177.89 | 14 | 90% | 210 | 409.86 kN | 41792.60 | 234.94 | 111.88% |
| 23 - B | 179.43 | 14 | 90% | 210 | 407.37 kN | 41538.70 | 231.50 | 110.24% |
| 24 - B | 178.49 | 14 | 90% | 210 | 371.57 kN | 37888.24 | 212.28 | 101.08% |
| 25 - B | 179.31 | 14 | 90% | 210 | 389.85 kN | 39752.22 | 221.69 | 105.57% |
| 26 - B | 178.13 | 14 | 90% | 210 | 383.63 kN | 39117.98 | 219.60 | 104.57% |
| 27 - B | 177.41 | 14 | 90% | 210 | 407.92 kN | 41594.78 | 234.45 | 111.64% |
| 28 - B | 177.78 | 14 | 90% | 210 | 345.40 kN | 35219.74 | 198.11 | 94.34% |
| 29 - B | 178.13 | 14 | 90% | 210 | 376.00 kN | 38339.96 | 215.24 | 102.49% |
| 30 - B | 177.19 | 14 | 90% | 210 | 428.65 kN | 43708.58 | 246.68 | 117.47% |

| Resist. Promedio (kg/cm ²) | Desviacion Estandar S | Coef. De Variacion C.V. |
|--|-----------------------|-------------------------|
| 222.47 | 12.29 | 5.53% |

Diagrama de Dispersión - Resistencia a la compresion - Concreto con Cascote - 14 dias

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 121
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CON CASCOTE- 28 DÍAS

|  Universidad Andina del Cusco | | | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS | | | |  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | |
|---|-----------------|------|---|-----------------------|-----------------|-------------------------|---|--------------------------|
| | | | NTP 339.034 | MTC E 704 | ASTM-C39-39M | | | |
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | | | | |
| Responsables | | | :Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Resistencia a la Compresion de Concreto con Cascote - 28 Dias | | | | | | | | |
| Nombre | Area | Edad | % Resistencia Nominal | Resist. de Diseño | Fuerza Aplicada | Carga Max. Aplicada (G) | Resist. Obtenida | % de Resistencia Hallada |
| - | cm ² | días | % | (kg/cm ²) | KN | kg | (kg/cm ²) | % |
| 31 - B | 184.92 | 28 | 100% | 210 | 408.29 kN | 41632.51 | 225.13 | 107.21% |
| 32 - B | 185.98 | 28 | 100% | 210 | 419.69 kN | 42794.94 | 230.10 | 109.57% |
| 33 - B | 177.64 | 28 | 100% | 210 | 415.24 kN | 42341.18 | 238.35 | 113.50% |
| 34 - B | 177.65 | 28 | 100% | 210 | 451.66 kN | 46054.86 | 259.25 | 123.45% |
| 35 - B | 179.31 | 28 | 100% | 210 | 388.70 kN | 39634.95 | 221.04 | 105.26% |
| 36 - B | 178.48 | 28 | 100% | 210 | 404.96 kN | 41292.95 | 231.36 | 110.17% |
| 37 - B | 179.31 | 28 | 100% | 210 | 450.94 kN | 45981.44 | 256.43 | 122.11% |
| 38 - B | 177.07 | 28 | 100% | 210 | 437.99 kN | 44660.96 | 252.22 | 120.11% |
| 39 - B | 178.72 | 28 | 100% | 210 | 399.98 kN | 40785.15 | 228.20 | 108.67% |
| 40 - B | 177.30 | 28 | 100% | 210 | 444.42 kN | 45316.61 | 255.59 | 121.71% |
| 41 - B | 177.53 | 28 | 100% | 210 | 432.47 kN | 44098.09 | 248.39 | 118.28% |
| 42 - B | 178.84 | 28 | 100% | 210 | 419.07 kN | 42731.72 | 238.94 | 113.78% |
| 43 - B | 177.41 | 28 | 100% | 210 | 425.24 kN | 43360.86 | 244.41 | 116.38% |
| 44 - B | 178.96 | 28 | 100% | 210 | 435.02 kN | 44358.11 | 247.87 | 118.03% |
| 45 - B | 176.24 | 28 | 100% | 210 | 413.74 kN | 42188.23 | 239.38 | 113.99% |

| Resist. Promedio | Desviacion Estandar | Coef. De Variacion |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| (kg/cm ²) | S | C.V. |
| 241.11 | 12.14 | 5.03% |

Diagrama de Dispersión - Resistencia a la compresion - Concreto con Cascote - 28 dias

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.8. Procedimiento de análisis de datos – Módulo de Elasticidad

a) Procesamiento

Para el procesamiento de los datos recolectados en el ensayo de módulo de elasticidad en testigos cilíndrico, se utilizaron los datos obtenidos de las deformaciones longitudinales unitarias de las briquetas que fueron sometidas a esfuerzos de compresión. Una vez obtenidos los datos, se utilizó la siguiente relación:

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

Donde:

E_c = módulo de elasticidad secante. (MPa)

S_2 = esfuerzo correspondiente al 40 % de la carga última

S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésima (MPa)

ϵ_2 = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2

b) Diagramas y tablas

3.5.8.1.1. Módulo de Elasticidad -7 días (1A-15A)



TABLA 122
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 1-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 1-A | Altura Prom. | L = 30.05 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.94 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 15.09 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.06377 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 154.53 | | |

1-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.06377 | 0.00 |
| 5 | 39.98 | 0.005 | 4076.68 | 0.00017 | 177.09324 | 23.02 |
| 10 | 74.35 | 0.01 | 7581.32 | 0.00033 | 177.12272 | 42.80 |
| 15 | 114.89 | 0.015 | 11715.10 | 0.00050 | 177.15220 | 66.13 |
| 20 | 137.83 | 0.02 | 14054.25 | 0.00067 | 177.18170 | 79.32 |
| 25 | 168.58 | 0.025 | 17189.76 | 0.00083 | 177.21121 | 97.00 |
| 30 | 196.42 | 0.03 | 20028.55 | 0.00100 | 177.24072 | 113.00 |
| 35 | 215.55 | 0.035 | 21979.20 | 0.00116 | 177.27025 | 123.99 |
| 40 | 230.39 | 0.04 | 23492.40 | 0.00133 | 177.29978 | 132.50 |
| 45 | 243.71 | 0.045 | 24850.62 | 0.00150 | 177.32933 | 140.14 |
| 50 | 257.39 | 0.05 | 26245.54 | 0.00166 | 177.35888 | 147.98 |
| 55 | 266.5 | 0.055 | 27174.47 | 0.00183 | 177.38845 | 153.19 |
| 60 | 268.87 | 0.06 | 27416.13 | 0.00200 | 177.41802 | 154.53 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = 61.81 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------------|
| 42.80 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 61.81 Kg/cm ² | ε₂ |
| 66.13 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00047

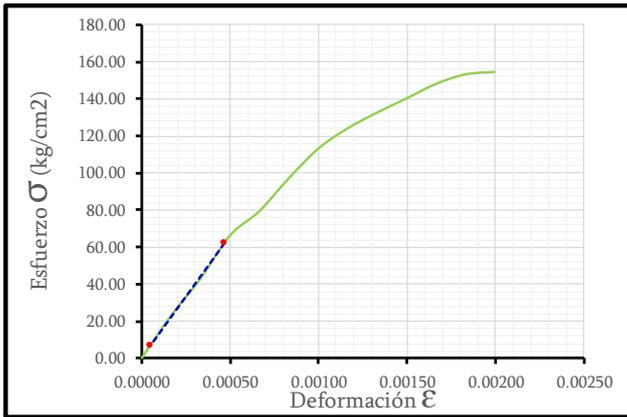
(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 23.02 Kg/cm ² |

S₁ = 6.92 Kg/cm²

$$E_c = \frac{61.81 - 6.92}{0.00047 - 0.00005}$$

E_c = 131,211.02 Kg/cm²



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 123
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 2-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 2-A | Altura Prom. | L = 30.30 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.96 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 15.21 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 178.71075 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 147.03 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.71075 | 0.00 |
| 5 | 37.19 | 0.005 | 3792.19 | 0.00017 | 178.74025 | 21.22 |
| 10 | 70.64 | 0.01 | 7203.02 | 0.00033 | 178.76975 | 40.29 |
| 15 | 103.94 | 0.015 | 10598.55 | 0.00050 | 178.79927 | 59.28 |
| 20 | 138.74 | 0.02 | 14147.04 | 0.00066 | 178.82879 | 79.11 |
| 25 | 164.22 | 0.025 | 16745.18 | 0.00083 | 178.85833 | 93.62 |
| 30 | 187.98 | 0.03 | 19167.94 | 0.00099 | 178.88787 | 107.15 |
| 35 | 205.62 | 0.035 | 20966.66 | 0.00116 | 178.91743 | 117.19 |
| 40 | 224.65 | 0.04 | 22907.11 | 0.00132 | 178.94699 | 128.01 |
| 45 | 231.56 | 0.045 | 23611.71 | 0.00149 | 178.97656 | 131.93 |
| 50 | 246.94 | 0.05 | 25179.97 | 0.00165 | 179.00614 | 140.67 |
| 55 | 251.47 | 0.055 | 25641.89 | 0.00182 | 179.03574 | 143.22 |
| 60 | 257.28 | 0.06 | 26234.32 | 0.00198 | 179.06534 | 146.51 |
| 65 | 258.24 | 0.065 | 26332.21 | 0.00215 | 179.09495 | 147.03 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 58.81 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 40.29 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 58.81 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 59.28 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00049 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 21.22 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 6.43 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{58.81 - 6.43}{0.00049 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 118,779.68 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 124
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 3-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 3-A | Altura Prom. | L = 30.25 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.25 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 14.97 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 179.30051 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 149.45 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.30051 | 0.00 |
| 5 | 46.28 | 0.005 | 4719.08 | 0.00017 | 179.33015 | 26.32 |
| 10 | 90.58 | 0.01 | 9236.26 | 0.00033 | 179.35980 | 51.50 |
| 15 | 123.32 | 0.015 | 12574.69 | 0.00050 | 179.38946 | 70.10 |
| 20 | 156.74 | 0.02 | 15982.46 | 0.00066 | 179.41913 | 89.08 |
| 25 | 184.75 | 0.025 | 18838.58 | 0.00083 | 179.44882 | 104.98 |
| 30 | 211.1 | 0.03 | 21525.44 | 0.00099 | 179.47851 | 119.93 |
| 35 | 229.91 | 0.035 | 23443.46 | 0.00116 | 179.50821 | 130.60 |
| 40 | 244.33 | 0.04 | 24913.84 | 0.00132 | 179.53792 | 138.77 |
| 45 | 254.97 | 0.045 | 25998.78 | 0.00149 | 179.56764 | 144.79 |
| 50 | 263.16 | 0.05 | 26833.89 | 0.00165 | 179.59737 | 149.41 |
| 55 | 261.21 | 0.055 | 26635.06 | 0.00182 | 179.62710 | 148.28 |
| 60 | 263.31 | 0.06 | 26849.19 | 0.00198 | 179.65685 | 149.45 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 59.78 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 51.50 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 59.78 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 70.10 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00040 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50 millonésimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 26.32 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.96 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{59.78 - 7.96}{0.00040 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 146,305.28 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 125
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 4-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 4-A | Altura Prom. | L = | 30.15 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 15.12 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = | 14.96 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = | 177.65329 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 163.13 | | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.65329 | 0.00 |
| 5 | 43.69 | 0.005 | 4454.98 | 0.00017 | 177.68276 | 25.07 |
| 10 | 81.51 | 0.01 | 8311.41 | 0.00033 | 177.71224 | 46.77 |
| 15 | 121.73 | 0.015 | 12412.56 | 0.00050 | 177.74172 | 69.83 |
| 20 | 148.4 | 0.02 | 15132.05 | 0.00066 | 177.77122 | 85.12 |
| 25 | 179.6 | 0.025 | 18313.45 | 0.00083 | 177.80072 | 103.00 |
| 30 | 206.18 | 0.03 | 21023.76 | 0.00100 | 177.83024 | 118.22 |
| 35 | 223.38 | 0.035 | 22777.61 | 0.00116 | 177.85977 | 128.06 |
| 40 | 240.95 | 0.04 | 24569.19 | 0.00133 | 177.88930 | 138.12 |
| 45 | 257.96 | 0.045 | 26303.66 | 0.00149 | 177.91885 | 147.84 |
| 50 | 268.94 | 0.05 | 27423.27 | 0.00166 | 177.94840 | 154.11 |
| 55 | 277.01 | 0.055 | 28246.15 | 0.00182 | 177.97796 | 158.71 |
| 60 | 277.2 | 0.06 | 28265.52 | 0.00199 | 178.00754 | 158.79 |
| 65 | 284.82 | 0.065 | 29042.52 | 0.00216 | 178.03712 | 163.13 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 65.25 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 46.77 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 65.25 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 69.83 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00046 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 25.07 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.56 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{65.25 - 7.56}{0.00046 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 139,164.77 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

$$E_c = \frac{65.25 - 7.56}{0.00046 - 0.00005}$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 127
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 6-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 6-A | Altura Prom. | L = 30.17 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.02 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 14.99 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 176.77337 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 169.45 | | |

6-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.77337 | 0.00 |
| 5 | 44.38 | 0.005 | 4525.34 | 0.00017 | 176.80267 | 25.60 |
| 10 | 81.65 | 0.01 | 8325.69 | 0.00033 | 176.83199 | 47.08 |
| 15 | 116.47 | 0.015 | 11876.21 | 0.00050 | 176.86131 | 67.15 |
| 20 | 146.76 | 0.02 | 14964.82 | 0.00066 | 176.89064 | 84.60 |
| 25 | 174.43 | 0.025 | 17786.28 | 0.00083 | 176.91998 | 100.53 |
| 30 | 200.85 | 0.03 | 20480.27 | 0.00099 | 176.94933 | 115.74 |
| 35 | 221.78 | 0.035 | 22614.46 | 0.00116 | 176.97869 | 127.78 |
| 40 | 241.52 | 0.04 | 24627.31 | 0.00133 | 177.00805 | 139.13 |
| 45 | 260.62 | 0.045 | 26574.90 | 0.00149 | 177.03743 | 150.11 |
| 50 | 270.2 | 0.05 | 27551.75 | 0.00166 | 177.06682 | 155.60 |
| 55 | 278.61 | 0.055 | 28409.30 | 0.00182 | 177.09622 | 160.42 |
| 60 | 286.85 | 0.06 | 29249.52 | 0.00199 | 177.12563 | 165.13 |
| 65 | 294.4 | 0.065 | 30019.37 | 0.00215 | 177.15505 | 169.45 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 67.78 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 67.15 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 67.78 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 84.60 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00050 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 25.60 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.72 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{67.78 - 7.72}{0.00050 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 132,528.47 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 128
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 7-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 7-A | Altura Prom. | L = 30.12 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.08 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 15.09 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.60455 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 148.89 | | |

7-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.60455 | 0.00 |
| 5 | 46.54 | 0.005 | 4745.59 | 0.00017 | 178.63420 | 26.57 |
| 10 | 92.79 | 0.01 | 9461.61 | 0.00033 | 178.66387 | 52.96 |
| 15 | 135.13 | 0.015 | 13778.93 | 0.00050 | 178.69354 | 77.11 |
| 20 | 169.62 | 0.02 | 17295.81 | 0.00066 | 178.72322 | 96.77 |
| 25 | 193.97 | 0.025 | 19778.73 | 0.00083 | 178.75292 | 110.65 |
| 30 | 215.49 | 0.03 | 21973.08 | 0.00100 | 178.78262 | 122.90 |
| 35 | 228.44 | 0.035 | 23293.57 | 0.00116 | 178.81233 | 130.27 |
| 40 | 240.34 | 0.04 | 24506.98 | 0.00133 | 178.84206 | 137.03 |
| 45 | 249.74 | 0.045 | 25465.48 | 0.00149 | 178.87179 | 142.37 |
| 50 | 258.27 | 0.05 | 26335.27 | 0.00166 | 178.90153 | 147.21 |
| 55 | 260.27 | 0.055 | 26539.21 | 0.00183 | 178.93128 | 148.32 |
| 60 | 261.32 | 0.06 | 26646.27 | 0.00199 | 178.96105 | 148.89 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 59.56 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 52.96 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 59.56 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 77.11 Kg/cm ² | 0.00050 |

$$\epsilon_2 = 0.00038$$

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 26.57 Kg/cm ² |

$$S_1 = 8.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = \frac{59.56 - 8.00}{0.00038 - 0.00005}$$

$$E_c = 157,485.50 \text{ Kg/cm}^2$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 129
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 8-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 8-A | Altura Prom. | L = 30.09 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.17 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 14.91 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 177.64505 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 157.01 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.64505 | 0.00 |
| 5 | 49.8 | 0.005 | 5078.01 | 0.00017 | 177.67457 | 28.58 |
| 10 | 98.51 | 0.01 | 10044.87 | 0.00033 | 177.70411 | 56.53 |
| 15 | 142.97 | 0.015 | 14578.36 | 0.00050 | 177.73365 | 82.02 |
| 20 | 168.08 | 0.02 | 17138.78 | 0.00066 | 177.76320 | 96.41 |
| 25 | 191.77 | 0.025 | 19554.40 | 0.00083 | 177.79277 | 109.98 |
| 30 | 210.88 | 0.03 | 21503.01 | 0.00100 | 177.82234 | 120.92 |
| 35 | 227.55 | 0.035 | 23202.81 | 0.00116 | 177.85192 | 130.46 |
| 40 | 242.58 | 0.04 | 24735.39 | 0.00133 | 177.88151 | 139.06 |
| 45 | 254.86 | 0.045 | 25987.56 | 0.00150 | 177.91112 | 146.07 |
| 50 | 262.35 | 0.05 | 26751.30 | 0.00166 | 177.94073 | 150.34 |
| 55 | 268.08 | 0.055 | 27335.58 | 0.00183 | 177.97035 | 153.60 |
| 60 | 271.33 | 0.06 | 27666.97 | 0.00199 | 177.99998 | 155.43 |
| 65 | 274.13 | 0.065 | 27952.48 | 0.00216 | 178.02963 | 157.01 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 62.80 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 56.53 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 62.80 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 82.02 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00037 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonésimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 28.58 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.60 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{62.80 - 8.60}{0.00037 - 0.00005}$$

| | |
|----------------|---------------------------------|
| E _c | = 167,684.39 Kg/cm ² |
|----------------|---------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 130
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 9-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 9-A | Altura Prom. | L = | 30.15 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 14.97 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = | 15.08 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = | 177.30175 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 151.54 | | | |

9-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.30175 | 0.00 |
| 5 | 35.78 | 0.005 | 3648.41 | 0.00017 | 177.33116 | 20.57 |
| 10 | 68.53 | 0.01 | 6987.87 | 0.00033 | 177.36058 | 39.40 |
| 15 | 101.24 | 0.015 | 10323.24 | 0.00050 | 177.39000 | 58.20 |
| 20 | 133.7 | 0.02 | 13633.12 | 0.00066 | 177.41944 | 76.84 |
| 25 | 165.1 | 0.025 | 16834.91 | 0.00083 | 177.44889 | 94.87 |
| 30 | 187.02 | 0.03 | 19070.05 | 0.00100 | 177.47835 | 107.45 |
| 35 | 208.69 | 0.035 | 21279.70 | 0.00116 | 177.50781 | 119.88 |
| 40 | 225.81 | 0.04 | 23025.39 | 0.00133 | 177.53729 | 129.69 |
| 45 | 242.4 | 0.045 | 24717.04 | 0.00149 | 177.56678 | 139.20 |
| 50 | 255.67 | 0.05 | 26070.15 | 0.00166 | 177.59627 | 146.79 |
| 55 | 261.62 | 0.055 | 26676.86 | 0.00182 | 177.62578 | 150.19 |
| 60 | 264.03 | 0.06 | 26922.61 | 0.00199 | 177.65529 | 151.54 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 60.62 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 58.20 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 60.62 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 76.84 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00052 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50milonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 20.57 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 6.20 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{60.62 - 6.20}{0.00052 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 116,008.20 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 131
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 10-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 10-A | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 15.01 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.42184 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 166.09 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.42184 | 0.00 |
| 5 | 41.36 | 0.005 | 4217.40 | 0.00017 | 177.45131 | 23.77 |
| 10 | 80 | 0.01 | 8157.44 | 0.00033 | 177.48080 | 45.96 |
| 15 | 112.6 | 0.015 | 11481.59 | 0.00050 | 177.51030 | 64.68 |
| 20 | 143.36 | 0.02 | 14618.13 | 0.00066 | 177.53980 | 82.34 |
| 25 | 174.01 | 0.025 | 17743.45 | 0.00083 | 177.56932 | 99.92 |
| 30 | 202.37 | 0.03 | 20635.26 | 0.00100 | 177.59885 | 116.19 |
| 35 | 227.44 | 0.035 | 23191.60 | 0.00116 | 177.62838 | 130.56 |
| 40 | 247.49 | 0.04 | 25236.06 | 0.00133 | 177.65793 | 142.05 |
| 45 | 263.02 | 0.045 | 26819.62 | 0.00150 | 177.68748 | 150.94 |
| 50 | 271.61 | 0.05 | 27695.52 | 0.00166 | 177.71705 | 155.84 |
| 55 | 279.1 | 0.055 | 28459.26 | 0.00183 | 177.74662 | 160.11 |
| 60 | 286.04 | 0.06 | 29166.92 | 0.00199 | 177.77621 | 164.07 |
| 65 | 289.61 | 0.065 | 29530.95 | 0.00216 | 177.80580 | 166.09 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 66.43 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 64.68 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 66.43 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 82.34 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00051 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 23.77 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.15 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{66.43 - 7.15}{0.00051 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 127,531.32 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 132
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 11-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 11-A | Altura Prom. | L = 30.07 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.07 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 14.99 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 177.30287 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 158.44 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.30287 | 0.00 |
| 5 | 42.98 | 0.005 | 4382.58 | 0.00017 | 177.33236 | 24.71 |
| 10 | 80.92 | 0.01 | 8251.25 | 0.00033 | 177.36185 | 46.52 |
| 15 | 109.81 | 0.015 | 11197.10 | 0.00050 | 177.39136 | 63.12 |
| 20 | 138.67 | 0.02 | 14139.90 | 0.00067 | 177.42087 | 79.70 |
| 25 | 165.79 | 0.025 | 16905.27 | 0.00083 | 177.45040 | 95.27 |
| 30 | 191.24 | 0.03 | 19500.36 | 0.00100 | 177.47994 | 109.87 |
| 35 | 212.75 | 0.035 | 21693.69 | 0.00116 | 177.50948 | 122.21 |
| 40 | 232.28 | 0.04 | 23685.12 | 0.00133 | 177.53904 | 133.41 |
| 45 | 246.55 | 0.045 | 25140.21 | 0.00150 | 177.56860 | 141.58 |
| 50 | 258.24 | 0.05 | 26332.21 | 0.00166 | 177.59818 | 148.27 |
| 55 | 268.28 | 0.055 | 27355.97 | 0.00183 | 177.62776 | 154.01 |
| 60 | 276.04 | 0.06 | 28147.24 | 0.00200 | 177.65736 | 158.44 |

| | |
|--|-------------------------------------|
| $E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$ | |
| S₂ (40%) = | 63.37 Kg/cm² |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 63.12 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 63.37 Kg/cm ² | ε₂ |
| 79.70 Kg/cm ² | 0.00067 |
| ε₂ = | 0.00050 |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50milonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 24.71 Kg/cm ² |
| S₁ = | 7.43 Kg/cm² |
| $E_c = \frac{63.37 - 7.43}{0.00050 - 0.00005}$ | |
| E_c = | 123,937.92 Kg/cm² |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 133
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 12-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 12-A | Altura Prom. | L = 30.13 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 14.97 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 15.05 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.94903 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 158.44 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.94903 | 0.00 |
| 5 | 44.21 | 0.005 | 4508.00 | 0.00017 | 176.97840 | 25.47 |
| 10 | 84.43 | 0.01 | 8609.16 | 0.00033 | 177.00778 | 48.64 |
| 15 | 121.64 | 0.015 | 12403.39 | 0.00050 | 177.03716 | 70.06 |
| 20 | 154.01 | 0.02 | 15704.09 | 0.00066 | 177.06656 | 88.69 |
| 25 | 184.37 | 0.025 | 18799.84 | 0.00083 | 177.09597 | 106.16 |
| 30 | 209.13 | 0.03 | 21324.56 | 0.00100 | 177.12539 | 120.39 |
| 35 | 228.99 | 0.035 | 23349.65 | 0.00116 | 177.15482 | 131.80 |
| 40 | 246.83 | 0.04 | 25168.76 | 0.00133 | 177.18425 | 142.05 |
| 45 | 262.9 | 0.045 | 26807.38 | 0.00149 | 177.21370 | 151.27 |
| 50 | 275.4 | 0.05 | 28081.98 | 0.00166 | 177.24316 | 158.44 |

| | |
|---|-------------------------------------|
| $E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$ | |
| S₂ (40%) = | 63.38 Kg/cm² |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 48.64 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 63.38 Kg/cm ² | ε₂ |
| 70.06 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε₂ = | 0.00045 |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 25.47 Kg/cm ² |
| S₁ = | 7.67 Kg/cm² |
| $E_c = \frac{63.38 - 7.67}{0.00045 - 0.00005}$ | |
| E_c = | 140,638.11 Kg/cm² |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 134
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 13-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 13-A | Altura Prom. | L = 30.18 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.93 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 15.08 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 167.11 | Área Inicial | A _o = 176.76878 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 167.11 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.76878 | 0.00 |
| 5 | 43.99 | 0.005 | 4485.57 | 0.00017 | 176.79807 | 25.37 |
| 10 | 81.84 | 0.01 | 8345.06 | 0.00033 | 176.82737 | 47.19 |
| 15 | 115.19 | 0.015 | 11745.69 | 0.00050 | 176.85668 | 66.41 |
| 20 | 148.45 | 0.02 | 15137.15 | 0.00066 | 176.88600 | 85.58 |
| 25 | 178.03 | 0.025 | 18153.36 | 0.00083 | 176.91533 | 102.61 |
| 30 | 207.04 | 0.03 | 21111.45 | 0.00099 | 176.94467 | 119.31 |
| 35 | 230.88 | 0.035 | 23542.37 | 0.00116 | 176.97402 | 133.03 |
| 40 | 246.21 | 0.04 | 25105.54 | 0.00133 | 177.00338 | 141.84 |
| 45 | 260.87 | 0.045 | 26600.39 | 0.00149 | 177.03274 | 150.26 |
| 50 | 274.87 | 0.05 | 28027.94 | 0.00166 | 177.06212 | 158.29 |
| 55 | 288.69 | 0.055 | 29437.14 | 0.00182 | 177.09151 | 166.23 |
| 60 | 290.27 | 0.06 | 29598.25 | 0.00199 | 177.12091 | 167.11 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 66.84 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 66.41 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 66.84 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 85.58 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00050 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 25.37 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.66 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{66.84 - 7.66}{0.00050 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 131,311.31 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 135
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 14-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 14-A | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.01 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 14.90 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 175.65351 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 153.25 | | |

14-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 175.65351 | 0.00 |
| 5 | 43.88 | 0.005 | 4474.36 | 0.00017 | 175.68270 | 25.47 |
| 10 | 82.94 | 0.01 | 8457.22 | 0.00033 | 175.71189 | 48.13 |
| 15 | 115.5 | 0.015 | 11777.30 | 0.00050 | 175.74109 | 67.02 |
| 20 | 141.74 | 0.02 | 14452.94 | 0.00066 | 175.77030 | 82.23 |
| 25 | 166.3 | 0.025 | 16957.28 | 0.00083 | 175.79953 | 96.46 |
| 30 | 189.72 | 0.03 | 19345.37 | 0.00100 | 175.82876 | 110.02 |
| 35 | 212.66 | 0.035 | 21684.51 | 0.00116 | 175.85800 | 123.31 |
| 40 | 231.91 | 0.04 | 23647.39 | 0.00133 | 175.88725 | 134.45 |
| 45 | 244.3 | 0.045 | 24910.78 | 0.00150 | 175.91651 | 141.61 |
| 50 | 254.92 | 0.05 | 25993.68 | 0.00166 | 175.94578 | 147.74 |
| 55 | 264.48 | 0.055 | 26968.49 | 0.00183 | 175.97506 | 153.25 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 61.30 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 48.13 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 61.30 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 67.02 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00045 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 25.47 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.67 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{61.30 - 7.67}{0.00045 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 134,736.18 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 136
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 15-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 07 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 15-A | Altura Prom. | L = 30.13 cm |
| Fecha de Moldeo | 22/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 29/03/2022 | | D ₂ = 15.11 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.48544 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 158.05 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.48544 | 0.00 |
| 5 | 49.85 | 0.005 | 5083.10 | 0.00017 | 178.51507 | 28.47 |
| 10 | 88.41 | 0.01 | 9014.99 | 0.00033 | 178.54470 | 50.49 |
| 15 | 121.63 | 0.015 | 12402.37 | 0.00050 | 178.57435 | 69.45 |
| 20 | 154.49 | 0.02 | 15753.03 | 0.00066 | 178.60400 | 88.20 |
| 25 | 187.13 | 0.025 | 19081.27 | 0.00083 | 178.63366 | 106.82 |
| 30 | 211.41 | 0.03 | 21557.05 | 0.00100 | 178.66334 | 120.66 |
| 35 | 232.58 | 0.035 | 23715.71 | 0.00116 | 178.69302 | 132.72 |
| 40 | 250.62 | 0.04 | 25555.22 | 0.00133 | 178.72271 | 142.99 |
| 45 | 261.73 | 0.045 | 26688.08 | 0.00149 | 178.75242 | 149.30 |
| 50 | 271.72 | 0.05 | 27706.74 | 0.00166 | 178.78213 | 154.97 |
| 55 | 274.66 | 0.055 | 28006.53 | 0.00183 | 178.81185 | 156.63 |
| 60 | 277.2 | 0.06 | 28265.52 | 0.00199 | 178.84158 | 158.05 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 63.22 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 50.49 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 63.22 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 69.45 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00044 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 28.47 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.58 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{63.22 - 8.58}{0.00044 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 138,929.98 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.8.1.2. Módulo de Elasticidad -14 días (16A-30A)

TABLA 137
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 16-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 16-A | Altura Prom. | L = 30.30 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.14 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.10 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 179.55302 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 200.08 | | |

16-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.55302 | 0.00 |
| 5 | 62.32 | 0.005 | 6354.64 | 0.00017 | 179.58265 | 35.39 |
| 10 | 103.4 | 0.01 | 10543.49 | 0.00033 | 179.61229 | 58.70 |
| 15 | 157.87 | 0.015 | 16097.69 | 0.00050 | 179.64195 | 89.61 |
| 20 | 193.73 | 0.02 | 19754.26 | 0.00066 | 179.67161 | 109.95 |
| 25 | 231.48 | 0.025 | 23603.55 | 0.00083 | 179.70128 | 131.35 |
| 30 | 252.67 | 0.03 | 25764.25 | 0.00099 | 179.73097 | 143.35 |
| 35 | 295.42 | 0.035 | 30123.38 | 0.00116 | 179.76066 | 167.57 |
| 40 | 309.08 | 0.04 | 31516.26 | 0.00132 | 179.79036 | 175.29 |
| 45 | 330.85 | 0.045 | 33736.11 | 0.00149 | 179.82008 | 187.61 |
| 50 | 346.42 | 0.05 | 35323.75 | 0.00165 | 179.84980 | 196.41 |
| 55 | 350.05 | 0.055 | 35693.89 | 0.00182 | 179.87953 | 198.43 |
| 60 | 353.02 | 0.06 | 35996.74 | 0.00198 | 179.90927 | 200.08 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 80.03 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 58.70 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 80.03 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 89.61 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00044 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 35.39 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.72 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{80.03 - 10.72}{0.00044 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 175,952.40 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 138
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 17-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 17-A | Altura Prom. | L = 30.15 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.27 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.07 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 180.73496 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 180.97 | | |

17-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 180.73496 | 0.00 |
| 5 | 53.81 | 0.005 | 5486.90 | 0.00017 | 180.76494 | 30.35 |
| 10 | 97.95 | 0.01 | 9987.76 | 0.00033 | 180.79493 | 55.24 |
| 15 | 132.74 | 0.015 | 13535.23 | 0.00050 | 180.82492 | 74.85 |
| 20 | 176.28 | 0.02 | 17974.92 | 0.00066 | 180.85493 | 99.39 |
| 25 | 207.4 | 0.025 | 21148.16 | 0.00083 | 180.88495 | 116.91 |
| 30 | 240.24 | 0.03 | 24496.79 | 0.00100 | 180.91498 | 135.40 |
| 35 | 257.43 | 0.035 | 26249.62 | 0.00116 | 180.94501 | 145.07 |
| 40 | 280.18 | 0.04 | 28569.39 | 0.00133 | 180.97506 | 157.86 |
| 45 | 294.01 | 0.045 | 29979.61 | 0.00149 | 181.00512 | 165.63 |
| 50 | 306.85 | 0.05 | 31288.88 | 0.00166 | 181.03519 | 172.83 |
| 55 | 314.98 | 0.055 | 32117.87 | 0.00182 | 181.06526 | 177.38 |
| 60 | 317.37 | 0.06 | 32361.58 | 0.00199 | 181.09535 | 178.70 |
| 65 | 321.46 | 0.065 | 32778.63 | 0.00216 | 181.12545 | 180.97 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 72.39 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 55.24 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 72.39 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 74.85 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00048 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 30.35 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 9.15 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{72.39 - 9.15}{0.00048 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 148,209.17 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 139
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 18-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 18-A | Altura Prom. | L = 30.15 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.97 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.02 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 176.59631 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 186.53 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.59631 | 0.00 |
| 5 | 44.54 | 0.005 | 4541.65 | 0.00017 | 176.62560 | 25.71 |
| 10 | 87.55 | 0.01 | 8927.30 | 0.00033 | 176.65490 | 50.54 |
| 15 | 128.57 | 0.015 | 13110.02 | 0.00050 | 176.68421 | 74.20 |
| 20 | 162.99 | 0.02 | 16619.76 | 0.00066 | 176.71353 | 94.05 |
| 25 | 196.87 | 0.025 | 20074.44 | 0.00083 | 176.74286 | 113.58 |
| 30 | 223.18 | 0.03 | 22757.21 | 0.00100 | 176.77220 | 128.74 |
| 35 | 252.2 | 0.035 | 25716.33 | 0.00116 | 176.80155 | 145.45 |
| 40 | 273.55 | 0.04 | 27893.34 | 0.00133 | 176.83091 | 157.74 |
| 45 | 289.81 | 0.045 | 29551.34 | 0.00149 | 176.86028 | 167.09 |
| 50 | 302.13 | 0.05 | 30807.59 | 0.00166 | 176.88966 | 174.16 |
| 55 | 312.43 | 0.055 | 31857.86 | 0.00182 | 176.91904 | 180.07 |
| 60 | 318.95 | 0.06 | 32522.69 | 0.00199 | 176.94844 | 183.80 |
| 65 | 323.74 | 0.065 | 33011.11 | 0.00216 | 176.97785 | 186.53 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 74.61 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 74.20 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 74.61 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 94.05 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00050 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 25.71 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.75 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{74.61 - 7.75}{0.00050 - 0.00005}$$

| | |
|----------------|---------------------------------|
| E _c | = 148,263.42 Kg/cm ² |
|----------------|---------------------------------|

$$E_c = \frac{74.61 - 7.75}{0.00050 - 0.00005}$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 141
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 20-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 20-A | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.03 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.02 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.24512 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 182.80 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.24512 | 0.00 |
| 5 | 50.51 | 0.005 | 5150.40 | 0.00017 | 177.27457 | 29.05 |
| 10 | 97.33 | 0.01 | 9924.54 | 0.00033 | 177.30403 | 55.97 |
| 15 | 143.89 | 0.015 | 14672.17 | 0.00050 | 177.33350 | 82.74 |
| 20 | 185.32 | 0.02 | 18896.71 | 0.00066 | 177.36297 | 106.54 |
| 25 | 223.48 | 0.025 | 22787.80 | 0.00083 | 177.39246 | 128.46 |
| 30 | 260.06 | 0.03 | 26517.79 | 0.00100 | 177.42196 | 149.46 |
| 35 | 283.29 | 0.035 | 28886.51 | 0.00116 | 177.45146 | 162.79 |
| 40 | 298.8 | 0.04 | 30468.03 | 0.00133 | 177.48098 | 171.67 |
| 45 | 308.75 | 0.045 | 31482.61 | 0.00150 | 177.51050 | 177.36 |
| 50 | 318.28 | 0.05 | 32454.37 | 0.00166 | 177.54004 | 182.80 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 73.12 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 55.97 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 73.12 Kg/cm ² | ε₂ |
| 82.74 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε₂ = 0.00044 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 29.05 Kg/cm ² |
| S₁ = 8.75 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{73.12 - 8.75}{0.00044 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 165,640.20 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 142
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 21-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 21-A | Altura Prom. | L = 30.08 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.97 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.07 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.12539 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 181.18 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.12539 | 0.00 |
| 5 | 53.75 | 0.005 | 5480.78 | 0.00017 | 177.15484 | 30.94 |
| 10 | 105.1 | 0.01 | 10716.83 | 0.00033 | 177.18429 | 60.48 |
| 15 | 151.75 | 0.015 | 15473.64 | 0.00050 | 177.21376 | 87.32 |
| 20 | 187.81 | 0.02 | 19150.61 | 0.00066 | 177.24324 | 108.05 |
| 25 | 222.32 | 0.025 | 22669.52 | 0.00083 | 177.27272 | 127.88 |
| 30 | 243.11 | 0.03 | 24789.44 | 0.00100 | 177.30222 | 139.81 |
| 35 | 261.38 | 0.035 | 26652.39 | 0.00116 | 177.33173 | 150.30 |
| 40 | 277.2 | 0.04 | 28265.52 | 0.00133 | 177.36124 | 159.37 |
| 45 | 287.09 | 0.045 | 29273.99 | 0.00150 | 177.39077 | 165.03 |
| 50 | 295.83 | 0.05 | 30165.19 | 0.00166 | 177.42030 | 170.02 |
| 55 | 303.5 | 0.055 | 30947.28 | 0.00183 | 177.44985 | 174.40 |
| 60 | 309.51 | 0.06 | 31560.11 | 0.00199 | 177.47940 | 177.82 |
| 65 | 315.4 | 0.065 | 32160.70 | 0.00216 | 177.50897 | 181.18 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 72.47 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 60.48 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 72.47 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 87.32 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00041 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 30.94 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 9.31 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{72.47 - 9.31}{0.00041 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 177,078.90 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 143
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 22-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 22-A | Altura Prom. | L = | 30.12 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 15.13 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = | 14.97 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = | 177.77144 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 195.72 | | | |

22-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.77144 | 0.00 |
| 5 | 54.93 | 0.005 | 5601.10 | 0.00017 | 177.80095 | 31.50 |
| 10 | 106.24 | 0.01 | 10833.08 | 0.00033 | 177.83048 | 60.92 |
| 15 | 154.57 | 0.015 | 15761.19 | 0.00050 | 177.86001 | 88.62 |
| 20 | 193.62 | 0.02 | 19743.04 | 0.00066 | 177.88956 | 110.98 |
| 25 | 230.37 | 0.025 | 23490.36 | 0.00083 | 177.91911 | 132.03 |
| 30 | 265.6 | 0.03 | 27082.70 | 0.00100 | 177.94868 | 152.19 |
| 35 | 287.76 | 0.035 | 29342.31 | 0.00116 | 177.97825 | 164.86 |
| 40 | 305.18 | 0.04 | 31118.59 | 0.00133 | 178.00784 | 174.82 |
| 45 | 321.7 | 0.045 | 32803.10 | 0.00149 | 178.03743 | 184.25 |
| 50 | 333.42 | 0.05 | 33998.16 | 0.00166 | 178.06703 | 190.93 |
| 55 | 341.85 | 0.055 | 34857.75 | 0.00183 | 178.09665 | 195.72 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 78.29 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 60.92 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 78.29 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 88.62 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00044 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 31.50 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 9.49 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{78.29 - 9.49}{0.00044 - 0.00005}$$

E_c = 178,186.11 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 144
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 23-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 23-A | Altura Prom. | L = 30.03 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.06 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 14.99 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.18518 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 185.57 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.18518 | 0.00 |
| 5 | 51.99 | 0.005 | 5301.32 | 0.00017 | 177.21468 | 29.91 |
| 10 | 103.72 | 0.01 | 10576.12 | 0.00033 | 177.24420 | 59.67 |
| 15 | 152.41 | 0.015 | 15540.94 | 0.00050 | 177.27373 | 87.67 |
| 20 | 184.88 | 0.02 | 18851.84 | 0.00067 | 177.30326 | 106.33 |
| 25 | 209.91 | 0.025 | 21404.10 | 0.00083 | 177.33281 | 120.70 |
| 30 | 233.71 | 0.03 | 23830.94 | 0.00100 | 177.36236 | 134.36 |
| 35 | 254.98 | 0.035 | 25999.80 | 0.00117 | 177.39193 | 146.57 |
| 40 | 270.1 | 0.04 | 27541.55 | 0.00133 | 177.42150 | 155.23 |
| 45 | 285.19 | 0.045 | 29080.25 | 0.00150 | 177.45109 | 163.88 |
| 50 | 299.14 | 0.05 | 30502.70 | 0.00167 | 177.48068 | 171.86 |
| 55 | 312.15 | 0.055 | 31829.31 | 0.00183 | 177.51029 | 179.31 |
| 60 | 319.04 | 0.06 | 32531.86 | 0.00200 | 177.53990 | 183.24 |
| 65 | 323.15 | 0.065 | 32950.95 | 0.00216 | 177.56953 | 185.57 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 74.23 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 59.67 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 74.23 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 87.67 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00042 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.91 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.98 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{74.23 - 8.98}{0.00042 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 176,537.18 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 145
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 24-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 24-A | Altura Prom. | L = 30.11 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.96 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.18 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.29952 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 186.84 | | |

24-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.29952 | 0.00 |
| 5 | 51.68 | 0.005 | 5269.71 | 0.00017 | 178.32913 | 29.55 |
| 10 | 100.95 | 0.01 | 10293.67 | 0.00033 | 178.35876 | 57.71 |
| 15 | 147.33 | 0.015 | 15022.94 | 0.00050 | 178.38839 | 84.21 |
| 20 | 193.35 | 0.02 | 19715.51 | 0.00066 | 178.41803 | 110.50 |
| 25 | 229.98 | 0.025 | 23450.60 | 0.00083 | 178.44768 | 131.41 |
| 30 | 263.7 | 0.03 | 26888.96 | 0.00100 | 178.47735 | 150.66 |
| 35 | 291.04 | 0.035 | 29676.76 | 0.00116 | 178.50702 | 166.25 |
| 40 | 312.78 | 0.04 | 31893.55 | 0.00133 | 178.53670 | 178.64 |
| 45 | 323.15 | 0.045 | 32950.95 | 0.00149 | 178.56639 | 184.53 |
| 50 | 327.24 | 0.05 | 33368.00 | 0.00166 | 178.59609 | 186.84 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 74.73 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 57.71 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 74.73 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 84.21 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00044 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.55 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.90 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{74.73 - 8.90}{0.00044 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 169,346.60 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 146
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 25-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 25-A | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.01 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.05 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.42184 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 172.84 | | |

25-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.42184 | 0.00 |
| 5 | 50.91 | 0.005 | 5191.19 | 0.00017 | 177.45131 | 29.25 |
| 10 | 97.1 | 0.01 | 9901.09 | 0.00033 | 177.48080 | 55.79 |
| 15 | 136.3 | 0.015 | 13898.24 | 0.00050 | 177.51030 | 78.30 |
| 20 | 169.73 | 0.02 | 17307.03 | 0.00066 | 177.53980 | 97.48 |
| 25 | 197.46 | 0.025 | 20134.60 | 0.00083 | 177.56932 | 113.39 |
| 30 | 218.34 | 0.03 | 22263.69 | 0.00100 | 177.59885 | 125.36 |
| 35 | 238.52 | 0.035 | 24321.40 | 0.00116 | 177.62838 | 136.92 |
| 40 | 257.41 | 0.04 | 26247.58 | 0.00133 | 177.65793 | 147.74 |
| 45 | 275.86 | 0.045 | 28128.89 | 0.00150 | 177.68748 | 158.31 |
| 50 | 286.08 | 0.05 | 29171.00 | 0.00166 | 177.71705 | 164.14 |
| 55 | 293.05 | 0.055 | 29881.72 | 0.00183 | 177.74662 | 168.11 |
| 60 | 297.79 | 0.06 | 30365.05 | 0.00199 | 177.77621 | 170.80 |
| 65 | 301.39 | 0.065 | 30732.13 | 0.00216 | 177.80580 | 172.84 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 69.14 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 55.79 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 69.14 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 78.30 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00043 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.25 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.81 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{69.14 - 8.81}{0.00043 - 0.00005}$$

E_c = 158,454.59 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 147
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 26-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 26-A | Altura Prom. | L = 30.13 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.12 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.07 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.84103 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 191.04 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.84103 | 0.00 |
| 5 | 48.67 | 0.005 | 4962.78 | 0.00017 | 178.87072 | 27.75 |
| 10 | 90.71 | 0.01 | 9249.52 | 0.00033 | 178.90041 | 51.70 |
| 15 | 131.57 | 0.015 | 13415.93 | 0.00050 | 178.93011 | 74.98 |
| 20 | 168.73 | 0.02 | 17205.06 | 0.00066 | 178.95982 | 96.14 |
| 25 | 204.07 | 0.025 | 20808.61 | 0.00083 | 178.98955 | 116.26 |
| 30 | 234.79 | 0.03 | 23941.06 | 0.00100 | 179.01928 | 133.73 |
| 35 | 262.59 | 0.035 | 26775.77 | 0.00116 | 179.04902 | 149.54 |
| 40 | 290.14 | 0.04 | 29584.99 | 0.00133 | 179.07877 | 165.21 |
| 45 | 308.16 | 0.045 | 31422.45 | 0.00149 | 179.10854 | 175.44 |
| 50 | 321.81 | 0.05 | 32814.32 | 0.00166 | 179.13831 | 183.18 |
| 55 | 331.68 | 0.055 | 33820.74 | 0.00183 | 179.16809 | 188.77 |
| 60 | 334.88 | 0.06 | 34147.04 | 0.00199 | 179.19788 | 190.55 |
| 65 | 335.78 | 0.065 | 34238.81 | 0.00216 | 179.22768 | 191.04 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$S_2 (40\%) = 76.41 \text{ Kg/cm}^2$$

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 74.98 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 76.41 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 96.14 Kg/cm ² | 0.00066 |

$$\epsilon_2 = 0.00051$$

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 27.75 Kg/cm ² |

$$S_1 = 8.36 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = \frac{76.41 - 8.36}{0.00051 - 0.00005}$$

$$E_c = 148,234.49 \text{ Kg/cm}^2$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 149
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 28-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 28-A | Altura Prom. | L = 30.06 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.07 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.09 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.54523 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 201.14 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.54523 | 0.00 |
| 5 | 63.38 | 0.005 | 6462.73 | 0.00017 | 178.57494 | 36.19 |
| 10 | 121.12 | 0.01 | 12350.36 | 0.00033 | 178.60465 | 69.15 |
| 15 | 174.99 | 0.015 | 17843.38 | 0.00050 | 178.63437 | 99.89 |
| 20 | 226.04 | 0.02 | 23048.84 | 0.00067 | 178.66410 | 129.01 |
| 25 | 270.24 | 0.025 | 27555.83 | 0.00083 | 178.69385 | 154.21 |
| 30 | 307.89 | 0.03 | 31394.92 | 0.00100 | 178.72360 | 175.66 |
| 35 | 328.51 | 0.035 | 33497.50 | 0.00116 | 178.75336 | 187.40 |
| 40 | 345.68 | 0.04 | 35248.29 | 0.00133 | 178.78313 | 197.16 |
| 45 | 349.71 | 0.045 | 35659.22 | 0.00150 | 178.81292 | 199.42 |
| 50 | 352.78 | 0.05 | 35972.26 | 0.00166 | 178.84271 | 201.14 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 80.46 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 69.15 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 80.46 Kg/cm ² | ε₂ |
| 99.89 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε₂ = 0.00039 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 36.19 Kg/cm ² |
| S₁ = 10.88 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{80.46 - 10.88}{0.00039 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 202,346.11 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 150
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 29-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 29-A | Altura Prom. | L = 30.04 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = 15.04 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.71734 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 189.07 | | |

29-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.71734 | 0.00 |
| 5 | 52.87 | 0.005 | 5391.05 | 0.00017 | 177.74693 | 30.33 |
| 10 | 100.66 | 0.01 | 10264.10 | 0.00033 | 177.77652 | 57.74 |
| 15 | 148.06 | 0.015 | 15097.38 | 0.00050 | 177.80613 | 84.91 |
| 20 | 192.63 | 0.02 | 19642.09 | 0.00067 | 177.83574 | 110.45 |
| 25 | 232.84 | 0.025 | 23742.22 | 0.00083 | 177.86537 | 133.48 |
| 30 | 271.99 | 0.03 | 27734.27 | 0.00100 | 177.89500 | 155.90 |
| 35 | 295.36 | 0.035 | 30117.26 | 0.00117 | 177.92465 | 169.27 |
| 40 | 317.7 | 0.04 | 32395.23 | 0.00133 | 177.95430 | 182.04 |
| 45 | 322.74 | 0.045 | 32909.15 | 0.00150 | 177.98396 | 184.90 |
| 50 | 326.31 | 0.05 | 33273.17 | 0.00166 | 178.01364 | 186.91 |
| 55 | 329.34 | 0.055 | 33582.14 | 0.00183 | 178.04332 | 188.62 |
| 60 | 330.19 | 0.06 | 33668.81 | 0.00200 | 178.07302 | 189.07 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 75.63 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 57.74 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 75.63 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 84.91 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00044 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 30.33 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 9.11 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{75.63 - 9.11}{0.00044 - 0.00005}$$

E_c = 169,476.65 Kg/cm²

The graph plots Stress (σ) in kg/cm² on the y-axis (0.00 to 200.00) against Strain (ε) on the x-axis (0.00000 to 0.00250). A blue dashed line represents the linear elastic portion, with a slope of E_c. A red dot marks the point (0.00017, 30.33). A green solid line shows the full stress-strain curve, which curves downwards after the peak stress of approximately 189 kg/cm².

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 151
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 30-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 30-A | Altura Prom. | L = | 30.16 cm |
| Fecha de Moldeo | 25/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 14.98 cm |
| Fecha de Rotura | 08/04/2022 | | D ₂ = | 15.18 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = | 178.53710 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 203.05 | | | |

30-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.53710 | 0.00 |
| 5 | 54.24 | 0.005 | 5530.74 | 0.00017 | 178.56671 | 30.97 |
| 10 | 104.64 | 0.01 | 10669.93 | 0.00033 | 178.59632 | 59.74 |
| 15 | 148.03 | 0.015 | 15094.32 | 0.00050 | 178.62594 | 84.50 |
| 20 | 187.57 | 0.02 | 19126.13 | 0.00066 | 178.65558 | 107.06 |
| 25 | 215.88 | 0.025 | 22012.85 | 0.00083 | 178.68522 | 123.19 |
| 30 | 243.95 | 0.03 | 24875.09 | 0.00099 | 178.71487 | 139.19 |
| 35 | 271.15 | 0.035 | 27648.62 | 0.00116 | 178.74453 | 154.68 |
| 40 | 297.72 | 0.04 | 30357.91 | 0.00133 | 178.77420 | 169.81 |
| 45 | 323.52 | 0.045 | 32988.68 | 0.00149 | 178.80389 | 184.50 |
| 50 | 339.14 | 0.05 | 34581.42 | 0.00166 | 178.83358 | 193.37 |
| 55 | 345.19 | 0.055 | 35198.33 | 0.00182 | 178.86328 | 196.79 |
| 60 | 351.1 | 0.06 | 35800.96 | 0.00199 | 178.89299 | 200.12 |
| 65 | 356.29 | 0.065 | 36330.17 | 0.00216 | 178.92271 | 203.05 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = 81.22 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------------|
| 59.74 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 81.22 Kg/cm ² | ε₂ |
| 84.50 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00048

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 30.97 Kg/cm ² |

S₁ = 9.34 Kg/cm²

$$E_c = \frac{81.22 - 9.34}{0.00048 - 0.00005}$$

E_c = 168,979.28 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.8.1.3. Módulo de Elasticidad 28 días (31A-45A)

TABLA 152
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 31-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 31-A | Altura Prom. | L = 30.00 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.14 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 15.12 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 179.79083 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 236.97 | | |

31-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplcada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.79083 | 0.00 |
| 5 | 71.63 | 0.005 | 7303.97 | 0.00017 | 179.82080 | 40.62 |
| 10 | 137.17 | 0.01 | 13986.95 | 0.00033 | 179.85078 | 77.77 |
| 15 | 192.83 | 0.015 | 19662.49 | 0.00050 | 179.88077 | 109.31 |
| 20 | 243.94 | 0.02 | 24874.07 | 0.00067 | 179.91077 | 138.26 |
| 25 | 289.33 | 0.025 | 29502.40 | 0.00083 | 179.94078 | 163.96 |
| 30 | 328.1 | 0.03 | 33455.69 | 0.00100 | 179.97081 | 185.90 |
| 35 | 358.42 | 0.035 | 36547.36 | 0.00117 | 180.00084 | 203.04 |
| 40 | 385 | 0.04 | 39257.67 | 0.00133 | 180.03088 | 218.06 |
| 45 | 402.09 | 0.045 | 41000.31 | 0.00150 | 180.06093 | 227.70 |
| 50 | 416.73 | 0.05 | 42493.12 | 0.00167 | 180.09099 | 235.95 |
| 55 | 418.59 | 0.055 | 42682.78 | 0.00183 | 180.12106 | 236.97 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

S₂ (40%) = 94.79 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------------|
| 77.77 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 94.79 Kg/cm ² | ε₂ |
| 109.31 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00042

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 40.62 Kg/cm ² |

S₁ = 12.19 Kg/cm²

$$E_c = \frac{94.79 - 12.19}{0.00042 - 0.00005}$$

E_c = 221,297.03 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 153
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 32-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 32-A | Altura Prom. | L = 30.05 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.17 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 15.12 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 180.14709 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 205.91 | | |

32-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 180.14709 | 0.00 |
| 5 | 76.54 | 0.005 | 7804.63 | 0.00017 | 180.17707 | 43.32 |
| 10 | 141.09 | 0.01 | 14386.66 | 0.00033 | 180.20706 | 79.83 |
| 15 | 198.99 | 0.015 | 20290.61 | 0.00050 | 180.23706 | 112.58 |
| 20 | 249.83 | 0.02 | 25474.66 | 0.00067 | 180.26707 | 141.32 |
| 25 | 287.81 | 0.025 | 29347.40 | 0.00083 | 180.29709 | 162.77 |
| 30 | 318.75 | 0.03 | 32502.29 | 0.00100 | 180.32712 | 180.24 |
| 35 | 345.5 | 0.035 | 35229.94 | 0.00116 | 180.35716 | 195.33 |
| 40 | 358.2 | 0.04 | 36524.93 | 0.00133 | 180.38721 | 202.48 |
| 45 | 364.33 | 0.045 | 37149.99 | 0.00150 | 180.41727 | 205.91 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 82.36 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 79.83 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 82.36 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 112.58 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00035 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 43.32 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 13.02 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{82.36 - 13.02}{0.00035 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 234,570.73 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 154
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 33-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 33-A | Altura Prom. | L = 30.25 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.16 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 15.12 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 180.02834 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 254.37 | | |

33-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 180.02834 | 0.00 |
| 5 | 67.54 | 0.005 | 6886.92 | 0.00017 | 180.05810 | 38.25 |
| 10 | 133.18 | 0.01 | 13580.10 | 0.00033 | 180.08787 | 75.41 |
| 15 | 184.61 | 0.015 | 18824.31 | 0.00050 | 180.11765 | 104.51 |
| 20 | 233.36 | 0.02 | 23795.25 | 0.00066 | 180.14744 | 132.09 |
| 25 | 282.05 | 0.025 | 28760.07 | 0.00083 | 180.17725 | 159.62 |
| 30 | 322.94 | 0.03 | 32929.54 | 0.00099 | 180.20706 | 182.73 |
| 35 | 358.25 | 0.035 | 36530.03 | 0.00116 | 180.23688 | 202.68 |
| 40 | 385.04 | 0.04 | 39261.75 | 0.00132 | 180.26671 | 217.80 |
| 45 | 407.39 | 0.045 | 41540.74 | 0.00149 | 180.29655 | 230.40 |
| 50 | 424.99 | 0.05 | 43335.37 | 0.00165 | 180.32640 | 240.32 |
| 55 | 436.18 | 0.055 | 44476.39 | 0.00182 | 180.35626 | 246.60 |
| 60 | 448.5 | 0.06 | 45732.64 | 0.00198 | 180.38613 | 253.53 |
| 65 | 450.07 | 0.065 | 45892.73 | 0.00215 | 180.41601 | 254.37 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|-------|
| S ₂ (40%) = | ##### |
|------------------------|-------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 75.41 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 101.75 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 104.51 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00048 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 38.25 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 11.57 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{101.75 - 11.57}{0.00048 - 0.00005}$$

E_c = 209,630.69 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 156
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 35-A

| BRIQUETA - C ^o TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|---|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 35-A | Altura Prom. | L = 30.11 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.98 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 15.10 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.65549 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 230.26 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.65549 | 0.00 |
| 5 | 62.48 | 0.005 | 6370.96 | 0.00017 | 177.68500 | 35.86 |
| 10 | 122.78 | 0.01 | 12519.63 | 0.00033 | 177.71452 | 70.45 |
| 15 | 180 | 0.015 | 18354.24 | 0.00050 | 177.74404 | 103.26 |
| 20 | 231.89 | 0.02 | 23645.36 | 0.00066 | 177.77358 | 133.01 |
| 25 | 275.19 | 0.025 | 28060.57 | 0.00083 | 177.80312 | 157.82 |
| 30 | 313.34 | 0.03 | 31950.65 | 0.00100 | 177.83268 | 179.67 |
| 35 | 349.17 | 0.035 | 35604.16 | 0.00116 | 177.86224 | 200.18 |
| 40 | 374.32 | 0.04 | 38168.66 | 0.00133 | 177.89182 | 214.56 |
| 45 | 389.16 | 0.045 | 39681.86 | 0.00149 | 177.92140 | 223.03 |
| 50 | 401.85 | 0.05 | 40975.83 | 0.00166 | 177.95100 | 230.26 |

| | |
|---|---------------------------------|
| E _c = $\frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$ | |
| S ₂ (40%) = | 92.11 Kg/cm ² |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 70.45 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 92.11 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 103.26 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε ₂ = | 0.00044 |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 35.86 Kg/cm ² |
| S ₁ = | 10.80 Kg/cm ² |
| E _c = $\frac{92.11 - 10.80}{0.00044 - 0.00005}$ | |
| E _c | = 207,573.21 Kg/cm ² |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 157
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 36-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 36-A | Altura Prom. | L = 30.09 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.11 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 15.00 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.95116 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 258.84 | | |

36-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.95116 | 0.00 |
| 5 | 62.34 | 0.005 | 6356.68 | 0.00017 | 177.98073 | 35.72 |
| 10 | 124.4 | 0.01 | 12684.82 | 0.00033 | 178.01032 | 71.26 |
| 15 | 186.42 | 0.015 | 19008.87 | 0.00050 | 178.03991 | 106.77 |
| 20 | 242.69 | 0.02 | 24746.61 | 0.00066 | 178.06951 | 138.97 |
| 25 | 296.74 | 0.025 | 30257.98 | 0.00083 | 178.09913 | 169.89 |
| 30 | 334.92 | 0.03 | 34151.12 | 0.00100 | 178.12875 | 191.72 |
| 35 | 366.27 | 0.035 | 37347.81 | 0.00116 | 178.15839 | 209.63 |
| 40 | 388.61 | 0.04 | 39625.78 | 0.00133 | 178.18803 | 222.38 |
| 45 | 409.15 | 0.045 | 41720.20 | 0.00150 | 178.21768 | 234.10 |
| 50 | 424.86 | 0.05 | 43322.12 | 0.00166 | 178.24735 | 243.04 |
| 55 | 439.32 | 0.055 | 44796.57 | 0.00183 | 178.27702 | 251.28 |
| 60 | 452.01 | 0.06 | 46090.55 | 0.00199 | 178.30670 | 258.49 |
| 65 | 452.69 | 0.065 | 46159.89 | 0.00216 | 178.33640 | 258.84 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|-------|
| S ₂ (40%) = | ##### |
|------------------------|-------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------------|
| 71.26 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 103.53 Kg/cm ² | ε₂ |
| 106.77 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------------|---------|
| ε₂ = | 0.00048 |
|------------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 35.72 Kg/cm ² |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S₁ = | 10.75 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{103.53 - 10.75}{0.00048 - 0.00005}$$

E_c = 214,104.70 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 158
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 37-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 37-A | Altura Prom. | L = 30.07 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.08 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 14.93 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.71017 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 232.97 | | |

37-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.71017 | 0.00 |
| 5 | 60.88 | 0.005 | 6207.81 | 0.00017 | 176.73956 | 35.12 |
| 10 | 115.37 | 0.01 | 11764.05 | 0.00033 | 176.76895 | 66.55 |
| 15 | 168.4 | 0.015 | 17171.41 | 0.00050 | 176.79836 | 97.12 |
| 20 | 220.24 | 0.02 | 22457.43 | 0.00067 | 176.82778 | 127.00 |
| 25 | 257.26 | 0.025 | 26232.28 | 0.00083 | 176.85721 | 148.32 |
| 30 | 292.19 | 0.03 | 29794.02 | 0.00100 | 176.88664 | 168.44 |
| 35 | 322.75 | 0.035 | 32910.17 | 0.00116 | 176.91609 | 186.02 |
| 40 | 349.23 | 0.04 | 35610.28 | 0.00133 | 176.94555 | 201.25 |
| 45 | 369.01 | 0.045 | 37627.21 | 0.00150 | 176.97501 | 212.61 |
| 50 | 379.51 | 0.05 | 38697.87 | 0.00166 | 177.00449 | 218.63 |
| 55 | 388.74 | 0.055 | 39639.03 | 0.00183 | 177.03398 | 223.91 |
| 60 | 397.65 | 0.06 | 40547.57 | 0.00200 | 177.06347 | 229.00 |
| 65 | 404.61 | 0.065 | 41257.27 | 0.00216 | 177.09298 | 232.97 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = 93.19 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------------|
| 66.55 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 93.19 Kg/cm ² | ε₂ |
| 97.12 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00048

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 35.12 Kg/cm ² |

S₁ = 10.56 Kg/cm²

$$E_c = \frac{93.19 - 10.56}{0.00048 - 0.00005}$$

E_c = 193,310.05 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 159
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 38-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 38-A | Altura Prom. | L = | 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = | 14.98 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = | 177.00840 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 252.74 | | | |

38-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.00840 | 0.00 |
| 5 | 66.98 | 0.005 | 6829.82 | 0.00017 | 177.03781 | 38.58 |
| 10 | 128.02 | 0.01 | 13053.94 | 0.00033 | 177.06723 | 73.72 |
| 15 | 180.52 | 0.015 | 18407.26 | 0.00050 | 177.09666 | 103.94 |
| 20 | 229.67 | 0.02 | 23418.99 | 0.00066 | 177.12610 | 132.22 |
| 25 | 276.48 | 0.025 | 28192.11 | 0.00083 | 177.15554 | 159.14 |
| 30 | 320.35 | 0.03 | 32665.44 | 0.00100 | 177.18500 | 184.36 |
| 35 | 360.74 | 0.035 | 36783.93 | 0.00116 | 177.21447 | 207.57 |
| 40 | 387.15 | 0.04 | 39476.90 | 0.00133 | 177.24394 | 222.73 |
| 45 | 409.61 | 0.045 | 41767.11 | 0.00150 | 177.27343 | 235.61 |
| 50 | 430.18 | 0.05 | 43864.59 | 0.00166 | 177.30293 | 247.40 |
| 55 | 435.11 | 0.055 | 44367.29 | 0.00183 | 177.33243 | 250.19 |
| 60 | 439.62 | 0.06 | 44827.16 | 0.00199 | 177.36195 | 252.74 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|-------|
| S ₂ (40%) = | ##### |
|------------------------|-------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 73.72 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 101.10 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 103.94 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00048 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 38.58 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 11.61 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{101.10 - 11.61}{0.00048 - 0.00005}$$

E_c = 206,798.79 Kg/cm²

The graph plots Stress (σ) in kg/cm² on the y-axis (0.00 to 300.00) against Strain (ε) on the x-axis (0.00000 to 0.00250). A linear portion is shown with a dashed line, and a non-linear portion with a solid line. Key points are marked: (0,0), (0.00005, S₁), (0.00017, 38.58), and (0.00048, S₂).

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 161
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 40-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 40-A | Altura Prom. | L = 30.12 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.08 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 14.97 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.30175 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 248.11 | | |

40-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.30175 | 0.00 |
| 5 | 53.3 | 0.005 | 5434.89 | 0.00017 | 177.33119 | 30.65 |
| 10 | 102.24 | 0.01 | 10425.21 | 0.00033 | 177.36064 | 58.78 |
| 15 | 142.08 | 0.015 | 14487.61 | 0.00050 | 177.39009 | 81.67 |
| 20 | 181.56 | 0.02 | 18513.31 | 0.00066 | 177.41956 | 104.35 |
| 25 | 219.01 | 0.025 | 22332.01 | 0.00083 | 177.44904 | 125.85 |
| 30 | 254.41 | 0.03 | 25941.67 | 0.00100 | 177.47852 | 146.17 |
| 35 | 289.35 | 0.035 | 29504.44 | 0.00116 | 177.50802 | 166.21 |
| 40 | 323.08 | 0.04 | 32943.82 | 0.00133 | 177.53752 | 185.56 |
| 45 | 352.37 | 0.045 | 35930.46 | 0.00149 | 177.56704 | 202.35 |
| 50 | 379.03 | 0.05 | 38648.92 | 0.00166 | 177.59657 | 217.62 |
| 55 | 405.34 | 0.055 | 41331.70 | 0.00183 | 177.62610 | 232.69 |
| 60 | 423.86 | 0.06 | 43220.15 | 0.00199 | 177.65565 | 243.28 |
| 65 | 432.34 | 0.065 | 44084.84 | 0.00216 | 177.68520 | 248.11 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 99.24 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 81.67 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 99.24 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 104.35 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00063 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 30.65 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 9.23 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{99.24 - 9.23}{0.00063 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 156,096.29 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 162
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 41-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 41-A | Altura Prom. | L = | 30.14 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = | 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = | 15.17 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = | 179.31308 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 261.92 | | | |

41-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.31308 | 0.00 |
| 5 | 59.73 | 0.005 | 6090.55 | 0.00017 | 179.34283 | 33.96 |
| 10 | 114.08 | 0.01 | 11632.51 | 0.00033 | 179.37259 | 64.85 |
| 15 | 164 | 0.015 | 16722.75 | 0.00050 | 179.40236 | 93.21 |
| 20 | 211.21 | 0.02 | 21536.66 | 0.00066 | 179.43214 | 120.03 |
| 25 | 253.45 | 0.025 | 25843.79 | 0.00083 | 179.46193 | 144.01 |
| 30 | 295.55 | 0.03 | 30136.64 | 0.00100 | 179.49173 | 167.90 |
| 35 | 335.48 | 0.035 | 34208.22 | 0.00116 | 179.52155 | 190.55 |
| 40 | 369.68 | 0.04 | 37695.52 | 0.00133 | 179.55137 | 209.94 |
| 45 | 401.31 | 0.045 | 40920.77 | 0.00149 | 179.58120 | 227.87 |
| 50 | 428.11 | 0.05 | 43653.51 | 0.00166 | 179.61104 | 243.04 |
| 55 | 451.28 | 0.055 | 46016.11 | 0.00182 | 179.64089 | 256.16 |
| 60 | 461.51 | 0.06 | 47059.24 | 0.00199 | 179.67075 | 261.92 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|-------|
| S ₂ (40%) = | ##### |
|------------------------|-------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 93.21 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 104.77 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 120.03 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00057 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 33.96 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.24 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{104.77 - 10.24}{0.00057 - 0.00005}$$

E_c = 182,085.71 Kg/cm²

The graph plots Stress (σ) in kg/cm² on the y-axis (0.00 to 300.00) against Strain (ε) on the x-axis (0.00000 to 0.00250). A blue dashed line represents the linear elastic portion, and a red solid line shows the overall stress-strain curve. Key points are marked: (0,0), (0.00005, 0), (0.00017, 33.96), (0.00057, 10.24), and (0.00050, 93.21).

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 163
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 42-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 42-A | Altura Prom. | L = 30.12 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 14.97 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 14.98 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.12601 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 241.97 | | |

42-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.12601 | 0.00 |
| 5 | 60.66 | 0.005 | 6185.38 | 0.00017 | 176.15525 | 35.11 |
| 10 | 117.28 | 0.01 | 11958.80 | 0.00033 | 176.18450 | 67.88 |
| 15 | 173.69 | 0.015 | 17710.82 | 0.00050 | 176.21377 | 100.51 |
| 20 | 217.84 | 0.02 | 22212.71 | 0.00066 | 176.24304 | 126.03 |
| 25 | 258.44 | 0.025 | 26352.61 | 0.00083 | 176.27232 | 149.50 |
| 30 | 292.96 | 0.03 | 29872.54 | 0.00100 | 176.30161 | 169.44 |
| 35 | 323.33 | 0.035 | 32969.31 | 0.00116 | 176.33091 | 186.97 |
| 40 | 350.69 | 0.04 | 35759.15 | 0.00133 | 176.36022 | 202.76 |
| 45 | 376.51 | 0.045 | 38391.96 | 0.00149 | 176.38954 | 217.65 |
| 50 | 401.14 | 0.05 | 40903.44 | 0.00166 | 176.41887 | 231.85 |
| 55 | 408.94 | 0.055 | 41698.79 | 0.00183 | 176.44821 | 236.32 |
| 60 | 415.12 | 0.06 | 42328.95 | 0.00199 | 176.47756 | 239.85 |
| 65 | 418.85 | 0.065 | 42709.29 | 0.00216 | 176.50692 | 241.97 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 96.79 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 67.88 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 96.79 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 100.51 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00048 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 35.11 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.58 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{96.79 - 10.58}{0.00048 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 200,920.12 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 164
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 43-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 43-A | Altura Prom. | L = 30.08 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.07 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 14.98 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 177.18455 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 262.71 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.18455 | 0.00 |
| 5 | 64.27 | 0.005 | 6553.48 | 0.00017 | 177.21401 | 36.98 |
| 10 | 128.46 | 0.01 | 13098.81 | 0.00033 | 177.24347 | 73.90 |
| 15 | 188.52 | 0.015 | 19223.00 | 0.00050 | 177.27295 | 108.44 |
| 20 | 244.84 | 0.02 | 24965.84 | 0.00066 | 177.30244 | 140.81 |
| 25 | 300.67 | 0.025 | 30658.71 | 0.00083 | 177.33193 | 172.89 |
| 30 | 348.93 | 0.03 | 35579.69 | 0.00100 | 177.36144 | 200.61 |
| 35 | 397.02 | 0.035 | 40483.33 | 0.00116 | 177.39096 | 228.22 |
| 40 | 426.16 | 0.04 | 43454.68 | 0.00133 | 177.42048 | 244.92 |
| 45 | 449.11 | 0.045 | 45794.84 | 0.00150 | 177.45002 | 258.07 |
| 50 | 457.25 | 0.05 | 46624.86 | 0.00166 | 177.47956 | 262.71 |

| | |
|------------------------|-------|
| S ₂ (40%) = | ##### |
|------------------------|-------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 73.90 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 105.08 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 108.44 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00048 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 36.98 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 11.12 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{105.08 - 11.12}{0.00048 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 217,234.32 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 165
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 44-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 44-A | Altura Prom. | L = 30.02 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.16 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = 15.01 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.71861 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 233.96 | | |

44-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.71861 | 0.00 |
| 5 | 54.24 | 0.005 | 5530.74 | 0.00017 | 178.74838 | 30.94 |
| 10 | 107.08 | 0.01 | 10918.73 | 0.00033 | 178.77816 | 61.07 |
| 15 | 158.64 | 0.015 | 16176.20 | 0.00050 | 178.80795 | 90.47 |
| 20 | 208.09 | 0.02 | 21218.52 | 0.00067 | 178.83775 | 118.65 |
| 25 | 254.51 | 0.025 | 25951.87 | 0.00083 | 178.86757 | 145.09 |
| 30 | 295.38 | 0.03 | 30119.30 | 0.00100 | 178.89739 | 168.36 |
| 35 | 328.7 | 0.035 | 33516.88 | 0.00117 | 178.92722 | 187.32 |
| 40 | 357.36 | 0.04 | 36439.28 | 0.00133 | 178.95706 | 203.62 |
| 45 | 383.67 | 0.045 | 39122.06 | 0.00150 | 178.98691 | 218.57 |
| 50 | 395.14 | 0.05 | 40291.63 | 0.00167 | 179.01677 | 225.07 |
| 55 | 403.71 | 0.055 | 41165.49 | 0.00183 | 179.04664 | 229.91 |
| 60 | 407.42 | 0.06 | 41543.80 | 0.00200 | 179.07652 | 231.99 |
| 65 | 410.95 | 0.065 | 41903.74 | 0.00217 | 179.10641 | 233.96 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = 93.58 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------------|
| 90.47 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 93.58 Kg/cm ² | ε₂ |
| 118.65 Kg/cm ² | 0.00067 |

ε₂ = 0.00052

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 30.94 Kg/cm ² |

S₁ = 9.29 Kg/cm²

$$E_c = \frac{93.58 - 9.29}{0.00052 - 0.00005}$$

E_c = 180,083.52 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 166
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 45-A

| BRIQUETA - C° TRADICIONAL 28 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 45-A | Altura Prom. | L = | 30.09 cm |
| Fecha de Moldeo | 28/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 14.98 cm |
| Fecha de Rotura | 25/04/2022 | | D ₂ = | 15.06 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = | 177.18488 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 259.62 | | | |

45-A

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.18488 | 0.00 |
| 5 | 66.96 | 0.005 | 6827.78 | 0.00017 | 177.21433 | 38.53 |
| 10 | 127.05 | 0.01 | 12955.03 | 0.00033 | 177.24379 | 73.09 |
| 15 | 182.87 | 0.015 | 18646.88 | 0.00050 | 177.27325 | 105.19 |
| 20 | 235.57 | 0.02 | 24020.60 | 0.00066 | 177.30273 | 135.48 |
| 25 | 287.32 | 0.025 | 29297.44 | 0.00083 | 177.33222 | 165.21 |
| 30 | 331.81 | 0.03 | 33834.00 | 0.00100 | 177.36171 | 190.76 |
| 35 | 370.33 | 0.035 | 37761.80 | 0.00116 | 177.39122 | 212.87 |
| 40 | 395.52 | 0.04 | 40330.38 | 0.00133 | 177.42074 | 227.31 |
| 45 | 417.86 | 0.045 | 42608.34 | 0.00150 | 177.45026 | 240.11 |
| 50 | 435.82 | 0.05 | 44439.69 | 0.00166 | 177.47980 | 250.39 |
| 55 | 451.95 | 0.055 | 46084.43 | 0.00183 | 177.50934 | 259.62 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

S₂ (40%) = #####

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------------|
| 73.09 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 103.85 Kg/cm ² | ε₂ |
| 105.19 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00049

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 38.53 Kg/cm ² |

S₁ = 11.59 Kg/cm²

$$E_c = \frac{103.85 - 11.59}{0.00049 - 0.00005}$$

E_c = 208,924.39 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 168
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 2-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 2-B | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.13 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 15.03 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 178.60261 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 166.06 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.60261 | 0.00 |
| 5 | 42.38 | 0.005 | 4321.40 | 0.00017 | 178.63228 | 24.19 |
| 10 | 76.42 | 0.01 | 7792.39 | 0.00033 | 178.66196 | 43.62 |
| 15 | 111.88 | 0.015 | 11408.18 | 0.00050 | 178.69165 | 63.84 |
| 20 | 145.46 | 0.02 | 14832.26 | 0.00066 | 178.72136 | 82.99 |
| 25 | 172.04 | 0.025 | 17542.57 | 0.00083 | 178.75107 | 98.14 |
| 30 | 198.82 | 0.03 | 20273.27 | 0.00100 | 178.78079 | 113.40 |
| 35 | 212.64 | 0.035 | 21682.47 | 0.00116 | 178.81052 | 121.26 |
| 40 | 240.37 | 0.04 | 24510.04 | 0.00133 | 178.84027 | 137.05 |
| 45 | 254.65 | 0.045 | 25966.15 | 0.00150 | 178.87002 | 145.17 |
| 50 | 270.9 | 0.05 | 27623.13 | 0.00166 | 178.89978 | 154.41 |
| 55 | 272.03 | 0.055 | 27738.35 | 0.00183 | 178.92955 | 155.02 |
| 60 | 283.37 | 0.06 | 28894.67 | 0.00199 | 178.95933 | 161.46 |
| 65 | 291.49 | 0.065 | 29722.65 | 0.00216 | 178.98913 | 166.06 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 66.42 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 63.84 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 66.42 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 82.99 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00052 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 24.19 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.28 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{66.42 - 7.28}{0.00052 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 125,639.44 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 169
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 3-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 3-B | Altura Prom. | L = 30.05 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.17 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 15.32 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 182.52999 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 165.94 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 182.52999 | 0.00 |
| 5 | 50.27 | 0.005 | 5125.93 | 0.00017 | 182.56037 | 28.08 |
| 10 | 81.94 | 0.01 | 8355.26 | 0.00033 | 182.59075 | 45.76 |
| 15 | 121.67 | 0.015 | 12406.44 | 0.00050 | 182.62115 | 67.94 |
| 20 | 148.44 | 0.02 | 15136.13 | 0.00067 | 182.65155 | 82.87 |
| 25 | 184.59 | 0.025 | 18822.27 | 0.00083 | 182.68197 | 103.03 |
| 30 | 207.94 | 0.03 | 21203.22 | 0.00100 | 182.71240 | 116.05 |
| 35 | 232.19 | 0.035 | 23675.95 | 0.00116 | 182.74283 | 129.56 |
| 40 | 250.15 | 0.04 | 25507.29 | 0.00133 | 182.77328 | 139.56 |
| 45 | 265.35 | 0.045 | 27057.20 | 0.00150 | 182.80374 | 148.01 |
| 50 | 280.52 | 0.05 | 28604.06 | 0.00166 | 182.83421 | 156.45 |
| 55 | 285.72 | 0.055 | 29134.29 | 0.00183 | 182.86468 | 159.32 |
| 60 | 295 | 0.06 | 30080.55 | 0.00200 | 182.89517 | 164.47 |
| 65 | 297.69 | 0.065 | 30354.85 | 0.00216 | 182.92567 | 165.94 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 66.38 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 45.76 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 66.38 Kg/cm ² | ε₂ |
| 67.94 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε₂ = 0.00049 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 28.08 Kg/cm ² |
| S₁ = 8.44 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{66.38 - 8.44}{0.00049 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 132,440.84 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 170
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 4-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 4-B | Altura Prom. | L = 30.15 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.11 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 15.05 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 178.60386 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 167.71 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.60386 | 0.00 |
| 5 | 42.27 | 0.005 | 4310.19 | 0.00017 | 178.63349 | 24.13 |
| 10 | 83.7 | 0.01 | 8534.72 | 0.00033 | 178.66312 | 47.77 |
| 15 | 116.09 | 0.015 | 11837.46 | 0.00050 | 178.69276 | 66.24 |
| 20 | 154.66 | 0.02 | 15770.37 | 0.00066 | 178.72242 | 88.24 |
| 25 | 178.54 | 0.025 | 18205.36 | 0.00083 | 178.75208 | 101.85 |
| 30 | 205.8 | 0.03 | 20985.01 | 0.00100 | 178.78175 | 117.38 |
| 35 | 228.86 | 0.035 | 23336.39 | 0.00116 | 178.81144 | 130.51 |
| 40 | 250.03 | 0.04 | 25495.05 | 0.00133 | 178.84113 | 142.56 |
| 45 | 259.68 | 0.045 | 26479.05 | 0.00149 | 178.87083 | 148.03 |
| 50 | 274.79 | 0.05 | 28019.78 | 0.00166 | 178.90055 | 156.62 |
| 55 | 279.31 | 0.055 | 28480.68 | 0.00182 | 178.93027 | 159.17 |
| 60 | 286.45 | 0.06 | 29208.73 | 0.00199 | 178.96000 | 163.21 |
| 65 | 294.39 | 0.065 | 30018.35 | 0.00216 | 178.98974 | 167.71 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 67.08 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 66.24 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 67.08 Kg/cm ² | ε₂ |
| 88.24 Kg/cm ² | 0.00066 |
| ε₂ = 0.00050 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 24.13 Kg/cm ² |
| S₁ = 7.27 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{67.08 - 7.27}{0.00050 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 131,784.77 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 171
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 5-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 5-B | Altura Prom. | L = 30.02 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.15 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 15.11 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 179.73110 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 166.55 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.73110 | 0.00 |
| 5 | 53.98 | 0.005 | 5504.23 | 0.00017 | 179.76104 | 30.62 |
| 10 | 105.57 | 0.01 | 10764.76 | 0.00033 | 179.79100 | 59.87 |
| 15 | 148.3 | 0.015 | 15121.85 | 0.00050 | 179.82096 | 84.09 |
| 20 | 187.55 | 0.02 | 19124.10 | 0.00067 | 179.85093 | 106.33 |
| 25 | 223.2 | 0.025 | 22759.25 | 0.00083 | 179.88091 | 126.52 |
| 30 | 252.1 | 0.03 | 25706.13 | 0.00100 | 179.91090 | 142.88 |
| 35 | 271.22 | 0.035 | 27655.76 | 0.00117 | 179.94090 | 153.69 |
| 40 | 281.64 | 0.04 | 28718.26 | 0.00133 | 179.97091 | 159.57 |
| 45 | 290.42 | 0.045 | 29613.54 | 0.00150 | 180.00093 | 164.52 |
| 50 | 294.06 | 0.05 | 29984.70 | 0.00167 | 180.03096 | 166.55 |

| | |
|---|---------------------------------|
| E _c = $\frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$ | |
| S ₂ (40%) = | 66.62 Kg/cm ² |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 59.87 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 66.62 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 84.09 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε ₂ = | 0.00038 |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 30.62 Kg/cm ² |
| S ₁ = | 9.19 Kg/cm ² |
| E _c = $\frac{66.62 - 9.19}{0.00038 - 0.00005}$ | |
| E _c | = 174,285.66 Kg/cm ² |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 172
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 6-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 6-B | Altura Prom. | L = 30.04 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.08 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 14.95 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.06487 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 156.40 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.06487 | 0.00 |
| 5 | 50.87 | 0.005 | 5187.11 | 0.00017 | 177.09435 | 29.29 |
| 10 | 91.65 | 0.01 | 9345.37 | 0.00033 | 177.12384 | 52.76 |
| 15 | 128.67 | 0.015 | 13120.22 | 0.00050 | 177.15333 | 74.06 |
| 20 | 161.4 | 0.02 | 16457.63 | 0.00067 | 177.18284 | 92.89 |
| 25 | 187.14 | 0.025 | 19082.29 | 0.00083 | 177.21235 | 107.68 |
| 30 | 208.78 | 0.03 | 21288.88 | 0.00100 | 177.24188 | 120.11 |
| 35 | 224.9 | 0.035 | 22932.60 | 0.00117 | 177.27142 | 129.36 |
| 40 | 240.59 | 0.04 | 24532.48 | 0.00133 | 177.30096 | 138.37 |
| 45 | 255.34 | 0.045 | 26036.50 | 0.00150 | 177.33052 | 146.82 |
| 50 | 263.96 | 0.05 | 26915.47 | 0.00166 | 177.36008 | 151.76 |
| 55 | 272.09 | 0.055 | 27744.47 | 0.00183 | 177.38966 | 156.40 |

| | | |
|------------------------|--|--------------------------|
| E _c (40%) = | | 62.56 Kg/cm ² |
|------------------------|--|--------------------------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 52.76 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 62.56 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 74.06 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00041 |
|------------------|---------|

| | |
|--|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50 millonésimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.29 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.80 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{62.56 - 8.80}{0.00041 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 149,561.51 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 173
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 7-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 7-B | Altura Prom. | L = 29.88 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.19 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 15.06 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 179.55001 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 157.13 | | |

7-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.55001 | 0.00 |
| 5 | 43.73 | 0.005 | 4459.06 | 0.00017 | 179.58006 | 24.83 |
| 10 | 83.35 | 0.01 | 8499.03 | 0.00033 | 179.61012 | 47.32 |
| 15 | 117.34 | 0.015 | 11964.92 | 0.00050 | 179.64019 | 66.60 |
| 20 | 141.36 | 0.02 | 14414.19 | 0.00067 | 179.67027 | 80.23 |
| 25 | 165.14 | 0.025 | 16838.99 | 0.00084 | 179.70036 | 93.71 |
| 30 | 188.67 | 0.03 | 19238.30 | 0.00100 | 179.73046 | 107.04 |
| 35 | 210.81 | 0.035 | 21495.87 | 0.00117 | 179.76057 | 119.58 |
| 40 | 229.02 | 0.04 | 23352.71 | 0.00134 | 179.79070 | 129.89 |
| 45 | 242.38 | 0.045 | 24715.00 | 0.00151 | 179.82083 | 137.44 |
| 50 | 255.19 | 0.05 | 26021.21 | 0.00167 | 179.85097 | 144.68 |
| 55 | 267.88 | 0.055 | 27315.18 | 0.00184 | 179.88112 | 151.85 |
| 60 | 277.24 | 0.06 | 28269.60 | 0.00201 | 179.91128 | 157.13 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 62.85 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 47.32 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 62.85 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 66.60 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00047 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 24.83 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.42 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{62.85 - 7.42}{0.00047 - 0.00005}$$

E_c = 132,157.08 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 174
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 8-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 8-B | Altura Prom. | L = 30.04 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 14.99 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.12657 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 146.37 | | |

8-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.12657 | 0.00 |
| 5 | 40.96 | 0.005 | 4176.61 | 0.00017 | 177.15605 | 23.58 |
| 10 | 79.38 | 0.01 | 8094.22 | 0.00033 | 177.18555 | 45.68 |
| 15 | 104.2 | 0.015 | 10625.06 | 0.00050 | 177.21506 | 59.96 |
| 20 | 127.92 | 0.02 | 13043.74 | 0.00067 | 177.24457 | 73.59 |
| 25 | 151.38 | 0.025 | 15435.91 | 0.00083 | 177.27410 | 87.07 |
| 30 | 174.16 | 0.03 | 17758.74 | 0.00100 | 177.30363 | 100.16 |
| 35 | 195.66 | 0.035 | 19951.06 | 0.00117 | 177.33318 | 112.51 |
| 40 | 215.28 | 0.04 | 21951.67 | 0.00133 | 177.36274 | 123.77 |
| 45 | 233.29 | 0.045 | 23788.11 | 0.00150 | 177.39230 | 134.10 |
| 50 | 241.41 | 0.05 | 24616.09 | 0.00166 | 177.42188 | 138.74 |
| 55 | 248.46 | 0.055 | 25334.96 | 0.00183 | 177.45146 | 142.77 |
| 60 | 254 | 0.06 | 25899.87 | 0.00200 | 177.48106 | 145.93 |
| 65 | 254.8 | 0.065 | 25981.44 | 0.00216 | 177.51066 | 146.37 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 58.55 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 45.68 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 58.55 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 59.96 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00048 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 23.58 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.08 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{58.55 - 7.08}{0.00048 - 0.00005}$$

E_c = 118,882.71 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 175
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 9-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 9-B | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.99 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 14.98 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.30249 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 160.38 | | |

9-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.30249 | 0.00 |
| 5 | 51.29 | 0.005 | 5229.94 | 0.00017 | 176.33178 | 29.66 |
| 10 | 101.71 | 0.01 | 10371.16 | 0.00033 | 176.36108 | 58.81 |
| 15 | 148.81 | 0.015 | 15173.86 | 0.00050 | 176.39039 | 86.02 |
| 20 | 186.43 | 0.02 | 19009.89 | 0.00066 | 176.41971 | 107.75 |
| 25 | 220.22 | 0.025 | 22455.39 | 0.00083 | 176.44904 | 127.26 |
| 30 | 251.2 | 0.03 | 25614.36 | 0.00100 | 176.47838 | 145.14 |
| 35 | 260.98 | 0.035 | 26611.60 | 0.00116 | 176.50773 | 150.77 |
| 40 | 270.37 | 0.04 | 27569.08 | 0.00133 | 176.53709 | 156.17 |
| 45 | 274.59 | 0.045 | 27999.39 | 0.00150 | 176.56646 | 158.58 |
| 50 | 277.76 | 0.05 | 28322.63 | 0.00166 | 176.59584 | 160.38 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 64.15 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 58.81 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 64.15 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 86.02 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00036 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.66 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.93 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{64.15 - 8.93}{0.00036 - 0.00005}$$

E_c = 175,398.87 Kg/cm²

The graph plots Stress (σ) in kg/cm² on the y-axis (0.00 to 180.00) against Strain (ε) on the x-axis (0.00000 to 0.00200). A blue line represents the linear elastic portion, passing through points (0,0), (0.00017, 29.66), and (0.00036, 64.15). A green curve represents the non-linear portion of the stress-strain relationship.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 176
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 10-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 10-B | Altura Prom. | L = 30.04 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.09 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 15.09 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.84152 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 146.22 | | |

10-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.84152 | 0.00 |
| 5 | 51.54 | 0.005 | 5255.43 | 0.00017 | 178.87130 | 29.38 |
| 10 | 94.48 | 0.01 | 9633.93 | 0.00033 | 178.90108 | 53.85 |
| 15 | 136.67 | 0.015 | 13935.96 | 0.00050 | 178.93087 | 77.88 |
| 20 | 158.76 | 0.02 | 16188.44 | 0.00067 | 178.96067 | 90.46 |
| 25 | 176.98 | 0.025 | 18046.29 | 0.00083 | 178.99048 | 100.82 |
| 30 | 195.09 | 0.03 | 19892.93 | 0.00100 | 179.02031 | 111.12 |
| 35 | 211.75 | 0.035 | 21591.72 | 0.00117 | 179.05014 | 120.59 |
| 40 | 228.31 | 0.04 | 23280.31 | 0.00133 | 179.07998 | 130.00 |
| 45 | 239.22 | 0.045 | 24392.78 | 0.00150 | 179.10983 | 136.19 |
| 50 | 248.14 | 0.05 | 25302.34 | 0.00166 | 179.13969 | 141.24 |
| 55 | 256.92 | 0.055 | 26197.61 | 0.00183 | 179.16956 | 146.22 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 58.49 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 53.85 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 58.49 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 77.88 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00036 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.38 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.83 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{58.49 - 8.83}{0.00036 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 157,654.73 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 177
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 11-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 11-B | Altura Prom. | L = 30.09 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.01 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 14.92 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 175.88929 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 162.22 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 175.88929 | 0.00 |
| 5 | 47.04 | 0.005 | 4796.57 | 0.00017 | 175.91852 | 27.27 |
| 10 | 92.42 | 0.01 | 9423.88 | 0.00033 | 175.94776 | 53.56 |
| 15 | 122.55 | 0.015 | 12496.18 | 0.00050 | 175.97702 | 71.01 |
| 20 | 149.21 | 0.02 | 15214.64 | 0.00066 | 176.00628 | 86.44 |
| 25 | 170.49 | 0.025 | 17384.52 | 0.00083 | 176.03555 | 98.76 |
| 30 | 191.15 | 0.03 | 19491.18 | 0.00100 | 176.06483 | 110.70 |
| 35 | 208.79 | 0.035 | 21289.89 | 0.00116 | 176.09412 | 120.90 |
| 40 | 225.82 | 0.04 | 23026.41 | 0.00133 | 176.12342 | 130.74 |
| 45 | 242.66 | 0.045 | 24743.55 | 0.00150 | 176.15273 | 140.47 |
| 50 | 258.13 | 0.05 | 26321.00 | 0.00166 | 176.18205 | 149.40 |
| 55 | 272.56 | 0.055 | 27792.39 | 0.00183 | 176.21138 | 157.72 |
| 60 | 280.08 | 0.06 | 28559.19 | 0.00199 | 176.24072 | 162.05 |
| 65 | 280.43 | 0.065 | 28594.88 | 0.00216 | 176.27007 | 162.22 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 64.89 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 53.56 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 64.89 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 71.01 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00044 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 27.27 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.20 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{64.89 - 8.20}{0.00044 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 145,266.19 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 178
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 12-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 12-B | Altura Prom. | L = 30.08 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.93 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 15.05 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.41759 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 171.19 | | |

12-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.41759 | 0.00 |
| 5 | 44.17 | 0.005 | 4503.93 | 0.00017 | 176.44692 | 25.53 |
| 10 | 84.55 | 0.01 | 8621.39 | 0.00033 | 176.47626 | 48.85 |
| 15 | 121.26 | 0.015 | 12364.64 | 0.00050 | 176.50561 | 70.05 |
| 20 | 157.21 | 0.02 | 16030.39 | 0.00066 | 176.53497 | 90.81 |
| 25 | 189.29 | 0.025 | 19301.52 | 0.00083 | 176.56433 | 109.32 |
| 30 | 217.01 | 0.03 | 22128.07 | 0.00100 | 176.59371 | 125.30 |
| 35 | 238.21 | 0.035 | 24289.79 | 0.00116 | 176.62310 | 137.52 |
| 40 | 255.91 | 0.04 | 26094.63 | 0.00133 | 176.65250 | 147.72 |
| 45 | 273.33 | 0.045 | 27870.91 | 0.00150 | 176.68191 | 157.75 |
| 50 | 289.76 | 0.05 | 29546.24 | 0.00166 | 176.71132 | 167.20 |
| 55 | 292.84 | 0.055 | 29860.30 | 0.00183 | 176.74075 | 168.95 |
| 60 | 295.48 | 0.06 | 30129.50 | 0.00199 | 176.77019 | 170.44 |
| 65 | 296.82 | 0.065 | 30266.14 | 0.00216 | 176.79964 | 171.19 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 68.48 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 48.85 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 68.48 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 70.05 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00049 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 25.53 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.68 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{68.48 - 7.68}{0.00049 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 139,345.72 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 179
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 13-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 13-B | Altura Prom. | L = 29.98 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.03 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 14.98 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.77310 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 139.31 | | |

13-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.77310 | 0.00 |
| 5 | 54.95 | 0.005 | 5603.14 | 0.00017 | 176.80259 | 31.69 |
| 10 | 103.31 | 0.01 | 10534.31 | 0.00033 | 176.83208 | 59.57 |
| 15 | 133.28 | 0.015 | 13590.29 | 0.00050 | 176.86159 | 76.84 |
| 20 | 161.77 | 0.02 | 16495.36 | 0.00067 | 176.89111 | 93.25 |
| 25 | 187.84 | 0.025 | 19153.67 | 0.00083 | 176.92063 | 108.26 |
| 30 | 208.92 | 0.03 | 21303.15 | 0.00100 | 176.95017 | 120.39 |
| 35 | 225.82 | 0.035 | 23026.41 | 0.00117 | 176.97971 | 130.11 |
| 40 | 235.58 | 0.04 | 24021.62 | 0.00133 | 177.00927 | 135.71 |
| 45 | 239.42 | 0.045 | 24413.17 | 0.00150 | 177.03883 | 137.90 |
| 50 | 241.91 | 0.05 | 24667.07 | 0.00167 | 177.06841 | 139.31 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 55.72 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 31.69 Kg/cm ² | 0.00017 |
| 55.72 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 59.57 Kg/cm ² | 0.00033 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00031 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 31.69 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 9.50 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{55.72 - 9.50}{0.00031 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 177,415.21 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 180
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 14-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 14-B | Altura Prom. | L = 30.24 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.09 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = 14.94 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.06377 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 147.02 | | |

14-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.06377 | 0.00 |
| 5 | 43.76 | 0.005 | 4462.12 | 0.00017 | 177.09306 | 25.20 |
| 10 | 79.59 | 0.01 | 8115.63 | 0.00033 | 177.12235 | 45.82 |
| 15 | 111 | 0.015 | 11318.45 | 0.00050 | 177.15165 | 63.89 |
| 20 | 139.02 | 0.02 | 14175.59 | 0.00066 | 177.18096 | 80.01 |
| 25 | 165.96 | 0.025 | 16922.61 | 0.00083 | 177.21028 | 95.49 |
| 30 | 191.11 | 0.03 | 19487.10 | 0.00099 | 177.23961 | 109.95 |
| 35 | 212.71 | 0.035 | 21689.61 | 0.00116 | 177.26895 | 122.35 |
| 40 | 232.44 | 0.04 | 23701.44 | 0.00132 | 177.29830 | 133.68 |
| 45 | 241.7 | 0.045 | 24645.66 | 0.00149 | 177.32766 | 138.98 |
| 50 | 250.41 | 0.05 | 25533.80 | 0.00165 | 177.35702 | 143.97 |
| 55 | 253.87 | 0.055 | 25886.61 | 0.00182 | 177.38640 | 145.93 |
| 60 | 255.51 | 0.06 | 26053.84 | 0.00198 | 177.41579 | 146.85 |
| 65 | 255.85 | 0.065 | 26088.51 | 0.00215 | 177.44519 | 147.02 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 58.81 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 45.82 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 58.81 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 63.89 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00045 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 25.20 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.62 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{58.81 - 7.62}{0.00045 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 128,123.53 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 181
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 15-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 15-B | Altura Prom. | L = | 30.08 cm |
| Fecha de Moldeo | 23/03/2022 | Diametro | D ₁ = | 15.09 cm |
| Fecha de Rotura | 30/03/2022 | | D ₂ = | 15.05 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = | 178.30820 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 149.18 | | | |

15-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.30820 | 0.00 |
| 5 | 42.88 | 0.005 | 4372.39 | 0.00017 | 178.33784 | 24.52 |
| 10 | 80.25 | 0.01 | 8182.93 | 0.00033 | 178.36750 | 45.88 |
| 15 | 113.71 | 0.015 | 11594.78 | 0.00050 | 178.39716 | 64.99 |
| 20 | 142.54 | 0.02 | 14534.52 | 0.00066 | 178.42683 | 81.46 |
| 25 | 166.3 | 0.025 | 16957.28 | 0.00083 | 178.45652 | 95.02 |
| 30 | 182.5 | 0.03 | 18609.16 | 0.00100 | 178.48621 | 104.26 |
| 35 | 197.8 | 0.035 | 20169.27 | 0.00116 | 178.51591 | 112.98 |
| 40 | 212.04 | 0.04 | 21621.29 | 0.00133 | 178.54563 | 121.10 |
| 45 | 223.6 | 0.045 | 22800.04 | 0.00150 | 178.57535 | 127.68 |
| 50 | 234.84 | 0.05 | 23946.16 | 0.00166 | 178.60508 | 134.07 |
| 55 | 245.55 | 0.055 | 25038.24 | 0.00183 | 178.63483 | 140.16 |
| 60 | 255.86 | 0.06 | 26089.53 | 0.00199 | 178.66458 | 146.03 |
| 65 | 261.44 | 0.065 | 26658.51 | 0.00216 | 178.69434 | 149.18 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 59.67 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 45.88 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 59.67 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 64.99 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00045 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 24.52 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 7.37 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{59.67 - 7.37}{0.00045 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 129,964.28 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.8.3.1. Módulo de Elasticidad -14 días (16B-30B)

TABLA 182
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 16-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 16-B | Altura Prom. | L = 29.95 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.88 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.13 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 176.82014 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 215.86 | | |

16-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.82014 | 0.00 |
| 5 | 59 | 0.005 | 6016.11 | 0.00017 | 176.84967 | 34.02 |
| 10 | 111.63 | 0.01 | 11382.69 | 0.00033 | 176.87920 | 64.35 |
| 15 | 157.47 | 0.015 | 16056.90 | 0.00050 | 176.90875 | 90.76 |
| 20 | 200.54 | 0.02 | 20448.66 | 0.00067 | 176.93830 | 115.57 |
| 25 | 237.36 | 0.025 | 24203.12 | 0.00083 | 176.96786 | 136.77 |
| 30 | 274.93 | 0.03 | 28034.06 | 0.00100 | 176.99744 | 158.39 |
| 35 | 299.3 | 0.035 | 30519.02 | 0.00117 | 177.02702 | 172.40 |
| 40 | 331.82 | 0.04 | 33835.02 | 0.00134 | 177.05661 | 191.10 |
| 45 | 344.92 | 0.045 | 35170.80 | 0.00150 | 177.08622 | 198.61 |
| 50 | 360.09 | 0.05 | 36717.65 | 0.00167 | 177.11583 | 207.31 |
| 55 | 371.08 | 0.055 | 37838.28 | 0.00184 | 177.14545 | 213.60 |
| 60 | 370.72 | 0.06 | 37801.57 | 0.00200 | 177.17509 | 213.36 |
| 65 | 375.13 | 0.065 | 38251.25 | 0.00217 | 177.20473 | 215.86 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 86.34 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 64.35 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 86.34 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 90.76 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00047 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 34.02 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.19 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{86.34 - 10.19}{0.00047 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 180,080.60 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 183
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 17-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 17-B | Altura Prom. | L = 30.15 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.52 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 14.32 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 163.30501 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 214.00 | | |

17-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 163.30501 | 0.00 |
| 5 | 55.6 | 0.005 | 5669.42 | 0.00017 | 163.33210 | 34.71 |
| 10 | 104.62 | 0.01 | 10667.89 | 0.00033 | 163.35919 | 65.30 |
| 15 | 142.59 | 0.015 | 14539.61 | 0.00050 | 163.38630 | 88.99 |
| 20 | 185.76 | 0.02 | 18941.57 | 0.00066 | 163.41341 | 115.91 |
| 25 | 218.78 | 0.025 | 22308.56 | 0.00083 | 163.44054 | 136.49 |
| 30 | 251.54 | 0.03 | 25649.03 | 0.00100 | 163.46767 | 156.91 |
| 35 | 274.69 | 0.035 | 28009.58 | 0.00116 | 163.49481 | 171.32 |
| 40 | 297.06 | 0.04 | 30290.61 | 0.00133 | 163.52196 | 185.24 |
| 45 | 321.17 | 0.045 | 32749.06 | 0.00149 | 163.54912 | 200.24 |
| 50 | 324.25 | 0.05 | 33063.12 | 0.00166 | 163.57628 | 202.13 |
| 55 | 336.21 | 0.055 | 34282.66 | 0.00182 | 163.60346 | 209.55 |
| 60 | 343.41 | 0.06 | 35016.82 | 0.00199 | 163.63065 | 214.00 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 85.60 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

$$E_2 = 0.00047$$

$$E_c = \frac{85.60 - 10.47}{0.00047 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.47 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = 177,295.28 \text{ Kg/cm}^2$$

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------------|
| 65.30 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 85.60 Kg/cm ² | ε₂ |
| 88.99 Kg/cm ² | 0.00050 |

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 34.71 Kg/cm ² |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 184
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 18-B

| BRIQUETA - C ^o CON CASCO 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|---|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 18-B | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.73 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 14.90 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 172.37683 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 232.12 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 172.37683 | 0.00 |
| 5 | 56.23 | 0.005 | 5733.66 | 0.00017 | 172.40547 | 33.26 |
| 10 | 122.08 | 0.01 | 12448.25 | 0.00033 | 172.43412 | 72.19 |
| 15 | 170.08 | 0.015 | 17342.71 | 0.00050 | 172.46278 | 100.56 |
| 20 | 214.35 | 0.02 | 21856.84 | 0.00066 | 172.49144 | 126.71 |
| 25 | 254.24 | 0.025 | 25924.34 | 0.00083 | 172.52012 | 150.27 |
| 30 | 290.1 | 0.03 | 29580.91 | 0.00100 | 172.54881 | 171.44 |
| 35 | 318.7 | 0.035 | 32497.20 | 0.00116 | 172.57750 | 188.30 |
| 40 | 342.4 | 0.04 | 34913.84 | 0.00133 | 172.60621 | 202.27 |
| 45 | 365.67 | 0.045 | 37286.63 | 0.00150 | 172.63492 | 215.99 |
| 50 | 381.4 | 0.05 | 38890.59 | 0.00166 | 172.66365 | 225.24 |
| 55 | 387.51 | 0.055 | 39513.61 | 0.00183 | 172.69238 | 228.81 |
| 60 | 390.87 | 0.06 | 39856.23 | 0.00199 | 172.72113 | 230.75 |
| 65 | 393.25 | 0.065 | 40098.91 | 0.00216 | 172.74988 | 232.12 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$S_2 (40\%) = 92.85 \text{ Kg/cm}^2$$

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 72.19 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 92.85 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 100.56 Kg/cm ² | 0.00050 |

$$\epsilon_2 = 0.00045$$

(*) Interpolación de la Resist. para la 50milionesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 33.26 Kg/cm ² |

$$S_1 = 10.01 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = \frac{92.85 - 10.01}{0.00045 - 0.00005}$$

$$E_c = 205,458.19 \text{ Kg/cm}^2$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 185
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 19-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 19-B | Altura Prom. | L = 30.20 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 14.72 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.31 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.99984 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 229.01 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.99984 | 0.00 |
| 5 | 61.43 | 0.005 | 6263.89 | 0.00017 | 177.02915 | 35.38 |
| 10 | 114.61 | 0.01 | 11686.55 | 0.00033 | 177.05847 | 66.00 |
| 15 | 167.46 | 0.015 | 17075.56 | 0.00050 | 177.08780 | 96.42 |
| 20 | 214.07 | 0.02 | 21828.29 | 0.00066 | 177.11714 | 123.24 |
| 25 | 255.88 | 0.025 | 26091.57 | 0.00083 | 177.14649 | 147.29 |
| 30 | 290.85 | 0.03 | 29657.39 | 0.00099 | 177.17585 | 167.39 |
| 35 | 314.05 | 0.035 | 32023.04 | 0.00116 | 177.20521 | 180.71 |
| 40 | 346.6 | 0.04 | 35342.10 | 0.00132 | 177.23459 | 199.41 |
| 45 | 362.18 | 0.045 | 36930.76 | 0.00149 | 177.26398 | 208.34 |
| 50 | 379.52 | 0.05 | 38698.89 | 0.00166 | 177.29338 | 218.28 |
| 55 | 390.78 | 0.055 | 39847.05 | 0.00182 | 177.32278 | 224.71 |
| 60 | 398.31 | 0.06 | 40614.87 | 0.00199 | 177.35220 | 229.01 |
| 65 | 389.97 | 0.065 | 39764.45 | 0.00215 | 177.38163 | 224.17 |

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 66.00 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 91.60 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 96.42 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00047 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | s ₁ |
| 0.00017 | 35.38 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| s ₁ = | 10.69 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{91.60 - 10.69}{0.00047 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 192,454.29 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 186
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 20-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 20-B | Altura Prom. | L = 30.11 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 14.97 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.01 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.36102 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 211.41 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.36102 | 0.00 |
| 5 | 64.33 | 0.005 | 6559.60 | 0.00017 | 176.39031 | 37.19 |
| 10 | 121.64 | 0.01 | 12403.39 | 0.00033 | 176.41961 | 70.31 |
| 15 | 177.39 | 0.015 | 18088.10 | 0.00050 | 176.44892 | 102.51 |
| 20 | 230.48 | 0.02 | 23501.58 | 0.00066 | 176.47824 | 133.17 |
| 25 | 270.48 | 0.025 | 27580.30 | 0.00083 | 176.50757 | 156.26 |
| 30 | 310.29 | 0.03 | 31639.65 | 0.00100 | 176.53691 | 179.22 |
| 35 | 345.56 | 0.035 | 35236.06 | 0.00116 | 176.56626 | 199.56 |
| 40 | 356 | 0.04 | 36300.60 | 0.00133 | 176.59562 | 205.56 |
| 45 | 362.65 | 0.045 | 36978.69 | 0.00149 | 176.62499 | 209.36 |
| 50 | 366.26 | 0.05 | 37346.79 | 0.00166 | 176.65437 | 211.41 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 84.56 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 70.31 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 84.56 Kg/cm ² | ε₂ |
| 102.51 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε₂ = 0.00041 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 37.19 Kg/cm ² |
| S₁ = 11.20 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{84.56 - 11.20}{0.00041 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 206,299.72 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 187
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 21-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 21-B | Altura Prom. | L = 29.99 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.14 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.01 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 178.48283 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 217.63 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.48283 | 0.00 |
| 5 | 50.51 | 0.005 | 5150.40 | 0.00017 | 178.51259 | 28.85 |
| 10 | 100.63 | 0.01 | 10261.04 | 0.00033 | 178.54237 | 57.47 |
| 15 | 149.7 | 0.015 | 15264.61 | 0.00050 | 178.57215 | 85.48 |
| 20 | 193.69 | 0.02 | 19750.18 | 0.00067 | 178.60194 | 110.58 |
| 25 | 236.72 | 0.025 | 24137.86 | 0.00083 | 178.63174 | 135.13 |
| 30 | 266.54 | 0.03 | 27178.55 | 0.00100 | 178.66155 | 152.12 |
| 35 | 290.22 | 0.035 | 29593.15 | 0.00117 | 178.69137 | 165.61 |
| 40 | 313.52 | 0.04 | 31969.00 | 0.00133 | 178.72121 | 178.88 |
| 45 | 334.18 | 0.045 | 34075.66 | 0.00150 | 178.75105 | 190.63 |
| 50 | 353.38 | 0.05 | 36033.45 | 0.00167 | 178.78090 | 201.55 |
| 55 | 365.08 | 0.055 | 37226.47 | 0.00183 | 178.81076 | 208.19 |
| 60 | 376.17 | 0.06 | 38357.30 | 0.00200 | 178.84063 | 214.48 |
| 65 | 381.76 | 0.065 | 38927.30 | 0.00217 | 178.87051 | 217.63 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 87.05 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 85.48 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 87.05 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 110.58 Kg/cm ² | 0.00067 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00051 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 28.85 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.65 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{87.05 - 8.65}{0.00051 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 170,212.10 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

$$E_c = \frac{87.05 - 8.65}{0.00051 - 0.00005}$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 188
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 22-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 22-B | Altura Prom. | L = 30.04 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.94 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.16 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.88514 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 234.43 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.88514 | 0.00 |
| 5 | 50.3 | 0.005 | 5128.99 | 0.00017 | 177.91476 | 28.83 |
| 10 | 99.62 | 0.01 | 10158.05 | 0.00033 | 177.94438 | 57.09 |
| 15 | 148.53 | 0.015 | 15145.30 | 0.00050 | 177.97401 | 85.10 |
| 20 | 195.73 | 0.02 | 19958.19 | 0.00067 | 178.00366 | 112.12 |
| 25 | 237.86 | 0.025 | 24254.10 | 0.00083 | 178.03331 | 136.23 |
| 30 | 277.33 | 0.03 | 28278.78 | 0.00100 | 178.06297 | 158.81 |
| 35 | 315.16 | 0.035 | 32136.23 | 0.00117 | 178.09264 | 180.45 |
| 40 | 349.21 | 0.04 | 35608.24 | 0.00133 | 178.12232 | 199.91 |
| 45 | 367.96 | 0.045 | 37520.14 | 0.00150 | 178.15202 | 210.61 |
| 50 | 383.99 | 0.05 | 39154.69 | 0.00166 | 178.18172 | 219.75 |
| 55 | 398.19 | 0.055 | 40602.63 | 0.00183 | 178.21143 | 227.83 |
| 60 | 408.1 | 0.06 | 41613.13 | 0.00200 | 178.24115 | 233.47 |
| 65 | 409.86 | 0.065 | 41792.60 | 0.00216 | 178.27088 | 234.43 |

| | |
|--|----------------|
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 85.10 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 93.77 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 112.12 Kg/cm ² | 0.00067 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00055 |
|------------------|---------|

| | |
|---|--------------------------|
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | s ₁ |
| 0.00017 | 28.83 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| s ₁ = | 8.66 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{93.77 - 8.66}{0.00055 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 169,290.62 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

$$E_c = \frac{93.77 - 8.66}{0.00055 - 0.00005}$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 189
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 23-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 23-B | Altura Prom. | L = 30.00 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.09 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.14 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 179.43411 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 231.07 | | |

23-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.43411 | 0.00 |
| 5 | 51.65 | 0.005 | 5266.65 | 0.00017 | 179.46402 | 29.35 |
| 10 | 102.08 | 0.01 | 10408.89 | 0.00033 | 179.49394 | 57.99 |
| 15 | 149.57 | 0.015 | 15251.35 | 0.00050 | 179.52387 | 84.95 |
| 20 | 195.71 | 0.02 | 19956.15 | 0.00067 | 179.55381 | 111.14 |
| 25 | 232.5 | 0.025 | 23707.56 | 0.00083 | 179.58376 | 132.01 |
| 30 | 268.85 | 0.03 | 27414.09 | 0.00100 | 179.61372 | 152.63 |
| 35 | 301.41 | 0.035 | 30734.17 | 0.00117 | 179.64369 | 171.08 |
| 40 | 332.94 | 0.04 | 33949.22 | 0.00133 | 179.67367 | 188.95 |
| 45 | 364.22 | 0.045 | 37138.78 | 0.00150 | 179.70366 | 206.67 |
| 50 | 392.18 | 0.05 | 39989.80 | 0.00167 | 179.73366 | 222.49 |
| 55 | 407.37 | 0.055 | 41538.70 | 0.00183 | 179.76367 | 231.07 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 92.43 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 84.95 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 92.43 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 111.14 Kg/cm ² | 0.00067 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00055 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.35 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.80 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{92.43 - 8.80}{0.00055 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 168,067.22 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 190
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 24-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 24-B | Altura Prom. | L = 29.96 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.10 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.42636 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 211.99 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.42636 | 0.00 |
| 5 | 63.53 | 0.005 | 6478.03 | 0.00017 | 178.45614 | 36.30 |
| 10 | 125.03 | 0.01 | 12749.06 | 0.00033 | 178.48594 | 71.43 |
| 15 | 185.37 | 0.015 | 18901.80 | 0.00050 | 178.51574 | 105.88 |
| 20 | 234.1 | 0.02 | 23870.70 | 0.00067 | 178.54555 | 133.70 |
| 25 | 275.89 | 0.025 | 28131.95 | 0.00083 | 178.57537 | 157.54 |
| 30 | 305.71 | 0.03 | 31172.63 | 0.00100 | 178.60521 | 174.53 |
| 35 | 330.64 | 0.035 | 33714.69 | 0.00117 | 178.63505 | 188.74 |
| 40 | 349.21 | 0.04 | 35608.24 | 0.00134 | 178.66490 | 199.30 |
| 45 | 362.92 | 0.045 | 37006.22 | 0.00150 | 178.69476 | 207.09 |
| 50 | 371.57 | 0.05 | 37888.24 | 0.00167 | 178.72463 | 211.99 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 84.80 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 71.43 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 84.80 Kg/cm ² | ε₂ |
| 105.88 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε₂ = 0.00040 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 36.30 Kg/cm ² |
| S₁ = 10.88 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{84.80 - 10.88}{0.00040 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 212,094.43 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 191
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 25-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 25-B | Altura Prom. | L = 30.03 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.17 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 179.19442 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 221.36 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.19442 | 0.00 |
| 5 | 50.5 | 0.005 | 5149.38 | 0.00017 | 179.22426 | 28.73 |
| 10 | 100.3 | 0.01 | 10227.39 | 0.00033 | 179.25411 | 57.06 |
| 15 | 143.93 | 0.015 | 14676.25 | 0.00050 | 179.28397 | 81.86 |
| 20 | 187.53 | 0.02 | 19122.06 | 0.00067 | 179.31385 | 106.64 |
| 25 | 230.6 | 0.025 | 23513.82 | 0.00083 | 179.34373 | 131.11 |
| 30 | 271.73 | 0.03 | 27707.76 | 0.00100 | 179.37362 | 154.47 |
| 35 | 306.53 | 0.035 | 31256.25 | 0.00117 | 179.40352 | 174.22 |
| 40 | 328.77 | 0.04 | 33524.01 | 0.00133 | 179.43343 | 186.83 |
| 45 | 349.65 | 0.045 | 35653.10 | 0.00150 | 179.46335 | 198.67 |
| 50 | 368.61 | 0.05 | 37586.42 | 0.00167 | 179.49328 | 209.40 |
| 55 | 384.62 | 0.055 | 39218.93 | 0.00183 | 179.52322 | 218.46 |
| 60 | 388.68 | 0.06 | 39632.92 | 0.00200 | 179.55317 | 220.73 |
| 65 | 389.85 | 0.065 | 39752.22 | 0.00216 | 179.58313 | 221.36 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$S_2 (40\%) = 88.54 \text{ Kg/cm}^2$$

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 81.86 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 88.54 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 106.64 Kg/cm ² | 0.00067 |

$$\epsilon_2 = 0.00054$$

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 28.73 Kg/cm ² |

$$S_1 = 8.63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = \frac{88.54 - 8.63}{0.00054 - 0.00005}$$

$$E_c = 161,639.38 \text{ Kg/cm}^2$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 192
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 26-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 26-B | Altura Prom. | L = | 30.04 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 15.07 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = | 15.05 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = | 178.13105 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 219.16 | | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.13105 | 0.00 |
| 5 | 52.26 | 0.005 | 5328.85 | 0.00017 | 178.16071 | 29.91 |
| 10 | 104.17 | 0.01 | 10622.00 | 0.00033 | 178.19037 | 59.61 |
| 15 | 152.49 | 0.015 | 15549.10 | 0.00050 | 178.22004 | 87.25 |
| 20 | 197.19 | 0.02 | 20107.07 | 0.00067 | 178.24973 | 112.80 |
| 25 | 236.95 | 0.025 | 24161.31 | 0.00083 | 178.27942 | 135.52 |
| 30 | 270.58 | 0.03 | 27590.50 | 0.00100 | 178.30912 | 154.73 |
| 35 | 296.21 | 0.035 | 30203.94 | 0.00117 | 178.33884 | 169.36 |
| 40 | 321.25 | 0.04 | 32757.21 | 0.00133 | 178.36856 | 183.65 |
| 45 | 345.61 | 0.045 | 35241.15 | 0.00150 | 178.39829 | 197.54 |
| 50 | 362.77 | 0.05 | 36990.92 | 0.00166 | 178.42804 | 207.32 |
| 55 | 377.68 | 0.055 | 38511.27 | 0.00183 | 178.45779 | 215.80 |
| 60 | 383.63 | 0.06 | 39117.98 | 0.00200 | 178.48755 | 219.16 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 87.67 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 87.25 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 87.67 Kg/cm ² | ε₂ |
| 112.80 Kg/cm ² | 0.00067 |
| ε₂ = 0.00050 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 29.91 Kg/cm ² |
| S₁ = 8.99 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{87.67 - 8.99}{0.00050 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 174,047.78 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 193
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 27-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 27-B | Altura Prom. | L = 30.00 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.93 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.13 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 177.35567 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 234.02 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | Ai | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.35567 | 0.00 |
| 5 | 54.23 | 0.005 | 5529.72 | 0.00017 | 177.38523 | 31.17 |
| 10 | 103.26 | 0.01 | 10529.21 | 0.00033 | 177.41481 | 59.35 |
| 15 | 150.13 | 0.015 | 15308.45 | 0.00050 | 177.44439 | 86.27 |
| 20 | 196.2 | 0.02 | 20006.12 | 0.00067 | 177.47398 | 112.73 |
| 25 | 239.96 | 0.025 | 24468.24 | 0.00083 | 177.50359 | 137.85 |
| 30 | 281.91 | 0.03 | 28745.79 | 0.00100 | 177.53320 | 161.92 |
| 35 | 316.92 | 0.035 | 32315.69 | 0.00117 | 177.56282 | 182.00 |
| 40 | 350.23 | 0.04 | 35712.25 | 0.00133 | 177.59246 | 201.09 |
| 45 | 375.17 | 0.045 | 38255.33 | 0.00150 | 177.62210 | 215.37 |
| 50 | 396.16 | 0.05 | 40395.64 | 0.00167 | 177.65175 | 227.39 |
| 55 | 404.5 | 0.055 | 41246.05 | 0.00183 | 177.68142 | 232.13 |
| 60 | 407.68 | 0.06 | 41570.31 | 0.00200 | 177.71109 | 233.92 |
| 65 | 407.92 | 0.065 | 41594.78 | 0.00217 | 177.74077 | 234.02 |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 93.61 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 86.27 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 93.61 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 112.73 Kg/cm ² | 0.00067 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00055 |
|------------------|---------|

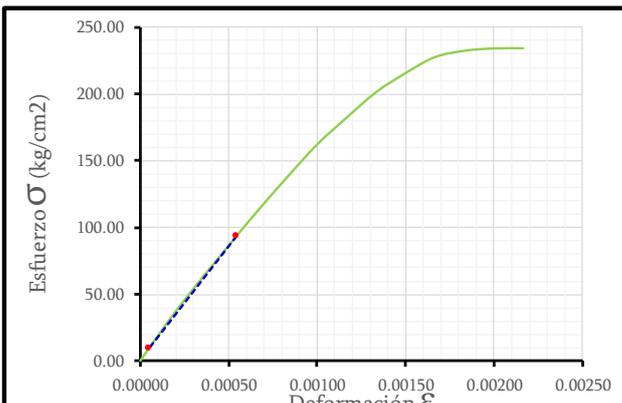
(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 31.17 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 9.35 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{93.61 - 9.35}{0.00055 - 0.00005}$$

| | |
|----------------|---------------------------------|
| E _c | = 169,796.42 Kg/cm ² |
|----------------|---------------------------------|



$$E_c = \frac{93.61 - 9.35}{0.00055 - 0.00005}$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 194
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 28-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 28-B | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.04 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.05 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.77645 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 135.73 | | |

28-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.77645 | 0.00 |
| 5 | 50.77 | 0.005 | 5176.91 | 0.00017 | 177.80598 | 29.12 |
| 10 | 89.67 | 0.01 | 9143.47 | 0.00033 | 177.83553 | 51.42 |
| 15 | 124.02 | 0.015 | 12646.07 | 0.00050 | 177.86508 | 71.10 |
| 20 | 147.56 | 0.02 | 15046.40 | 0.00066 | 177.89465 | 84.58 |
| 25 | 170.61 | 0.025 | 17396.76 | 0.00083 | 177.92422 | 97.78 |
| 30 | 187.1 | 0.03 | 19078.21 | 0.00100 | 177.95381 | 107.21 |
| 35 | 203.09 | 0.035 | 20708.68 | 0.00116 | 177.98340 | 116.35 |
| 40 | 215.47 | 0.04 | 21971.04 | 0.00133 | 178.01301 | 123.42 |
| 45 | 227.23 | 0.045 | 23170.18 | 0.00150 | 178.04262 | 130.14 |
| 50 | 237.03 | 0.05 | 24169.47 | 0.00166 | 178.07225 | 135.73 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 54.29 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 51.42 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 54.29 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 71.10 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00036 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.12 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.76 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{54.29 - 8.76}{0.00036 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 148,541.71 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 195
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 29-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE 14 DIAS | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 29-B | Altura Prom. | L = 30.18 cm |
| Fecha de Moldeo | 26/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.99 cm |
| Fecha de Rotura | 09/04/2022 | | D ₂ = 15.13 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.06842 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 214.85 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.06842 | 0.00 |
| 5 | 52.19 | 0.005 | 5321.71 | 0.00017 | 178.09792 | 29.88 |
| 10 | 102.19 | 0.01 | 10420.11 | 0.00033 | 178.12744 | 58.50 |
| 15 | 147.82 | 0.015 | 15072.91 | 0.00050 | 178.15696 | 84.60 |
| 20 | 191.28 | 0.02 | 19504.44 | 0.00066 | 178.18650 | 109.46 |
| 25 | 233.35 | 0.025 | 23794.23 | 0.00083 | 178.21604 | 133.51 |
| 30 | 267.12 | 0.03 | 27237.69 | 0.00099 | 178.24560 | 152.81 |
| 35 | 292.21 | 0.035 | 29796.06 | 0.00116 | 178.27516 | 167.14 |
| 40 | 313.35 | 0.04 | 31951.67 | 0.00133 | 178.30474 | 179.20 |
| 45 | 333.89 | 0.045 | 34046.09 | 0.00149 | 178.33432 | 190.91 |
| 50 | 346.07 | 0.05 | 35288.06 | 0.00166 | 178.36392 | 197.84 |
| 55 | 357.11 | 0.055 | 36413.79 | 0.00182 | 178.39352 | 204.12 |
| 60 | 368.01 | 0.06 | 37525.24 | 0.00199 | 178.42313 | 210.32 |
| 65 | 376 | 0.065 | 38339.96 | 0.00215 | 178.45276 | 214.85 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$S_2 (40\%) = 85.94 \text{ Kg/cm}^2$$

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 84.60 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 85.94 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 109.46 Kg/cm ² | 0.00066 |

$$\epsilon_2 = 0.00051$$

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 29.88 Kg/cm ² |

$$S_1 = 9.02 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = \frac{85.94 - 9.02}{0.00051 - 0.00005}$$

$$E_c = 168,719.12 \text{ Kg/cm}^2$$

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.5.8.3.2. Módulo de Elasticidad -28 días (31B-45B)

TABLA 197
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 31-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 31-B | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.47 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.22 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 184.92467 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 224.68 | | |

31-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 184.92467 | 0.00 |
| 5 | 62.8 | 0.005 | 6403.59 | 0.00017 | 184.95539 | 34.62 |
| 10 | 125.89 | 0.01 | 12836.75 | 0.00033 | 184.98613 | 69.39 |
| 15 | 172.94 | 0.015 | 17634.34 | 0.00050 | 185.01687 | 95.31 |
| 20 | 222.96 | 0.02 | 22734.78 | 0.00066 | 185.04762 | 122.86 |
| 25 | 269.19 | 0.025 | 27448.76 | 0.00083 | 185.07839 | 148.31 |
| 30 | 312.25 | 0.03 | 31839.50 | 0.00100 | 185.10916 | 172.00 |
| 35 | 335.15 | 0.035 | 34174.57 | 0.00116 | 185.13995 | 184.59 |
| 40 | 357.99 | 0.04 | 36503.52 | 0.00133 | 185.17074 | 197.13 |
| 45 | 380 | 0.045 | 38747.83 | 0.00150 | 185.20155 | 209.22 |
| 50 | 392.7 | 0.05 | 40042.83 | 0.00166 | 185.23236 | 216.18 |
| 55 | 403.26 | 0.055 | 41119.61 | 0.00183 | 185.26319 | 221.95 |
| 60 | 408.29 | 0.06 | 41632.51 | 0.00199 | 185.29402 | 224.68 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 89.87 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------|
| 69.39 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 89.87 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 95.31 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00046 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 34.62 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.42 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{89.87 - 10.42}{0.00046 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 192,153.27 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 198
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 32-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 32-B | Altura Prom. | L = 29.90 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.94 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.85 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 185.98150 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 229.60 | | |

32-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 185.98150 | 0.00 |
| 5 | 63.87 | 0.005 | 6512.70 | 0.00017 | 186.01261 | 35.01 |
| 10 | 130.76 | 0.01 | 13333.33 | 0.00033 | 186.04372 | 71.67 |
| 15 | 194.3 | 0.015 | 19812.38 | 0.00050 | 186.07485 | 106.48 |
| 20 | 238.62 | 0.02 | 24331.60 | 0.00067 | 186.10599 | 130.74 |
| 25 | 276.49 | 0.025 | 28193.13 | 0.00084 | 186.13713 | 151.46 |
| 30 | 318.25 | 0.03 | 32451.31 | 0.00100 | 186.16829 | 174.31 |
| 35 | 347.34 | 0.035 | 35417.56 | 0.00117 | 186.19946 | 190.21 |
| 40 | 375.04 | 0.04 | 38242.07 | 0.00134 | 186.23064 | 205.35 |
| 45 | 402.61 | 0.045 | 41053.33 | 0.00151 | 186.26183 | 220.41 |
| 50 | 411.92 | 0.05 | 42002.65 | 0.00167 | 186.29303 | 225.47 |
| 55 | 416.18 | 0.055 | 42437.03 | 0.00184 | 186.32424 | 227.76 |
| 60 | 418.88 | 0.06 | 42712.35 | 0.00201 | 186.35546 | 229.20 |
| 65 | 419.69 | 0.065 | 42794.94 | 0.00217 | 186.38669 | 229.60 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 91.84 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 71.67 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 91.84 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 106.48 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00043 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 35.01 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.47 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{91.84 - 10.47}{0.00043 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 213,371.14 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 199
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 33-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 33-B | Altura Prom. | L = 29.95 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.90 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.18 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.64293 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 237.91 | | |

33-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.64293 | 0.00 |
| 5 | 64.97 | 0.005 | 6624.86 | 0.00017 | 177.67259 | 37.29 |
| 10 | 132.23 | 0.01 | 13483.23 | 0.00033 | 177.70226 | 75.88 |
| 15 | 184.25 | 0.015 | 18787.60 | 0.00050 | 177.73194 | 105.71 |
| 20 | 231.23 | 0.02 | 23578.06 | 0.00067 | 177.76163 | 132.64 |
| 25 | 279.67 | 0.025 | 28517.39 | 0.00083 | 177.79133 | 160.40 |
| 30 | 319.62 | 0.03 | 32591.01 | 0.00100 | 177.82105 | 183.28 |
| 35 | 343.55 | 0.035 | 35031.10 | 0.00117 | 177.85077 | 196.97 |
| 40 | 370.38 | 0.04 | 37766.90 | 0.00134 | 177.88050 | 212.32 |
| 45 | 389.59 | 0.045 | 39725.71 | 0.00150 | 177.91024 | 223.29 |
| 50 | 404.47 | 0.05 | 41242.99 | 0.00167 | 177.93999 | 231.78 |
| 55 | 415.24 | 0.055 | 42341.18 | 0.00184 | 177.96975 | 237.91 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = 95.16 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------------|
| 75.88 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 95.16 Kg/cm ² | ε₂ |
| 105.71 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00044

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 37.29 Kg/cm ² |

S₁ = 11.17 Kg/cm²

$$E_c = \frac{95.16 - 11.17}{0.00044 - 0.00005}$$

E_c = 214,368.53 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 200
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 34-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 34-B | Altura Prom. | L = 30.00 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.91 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.17 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A ₀ = 177.64505 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 258.73 | | |

34-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.64505 | 0.00 |
| 5 | 69.61 | 0.005 | 7097.99 | 0.00017 | 177.67466 | 39.95 |
| 10 | 144.83 | 0.01 | 14768.02 | 0.00033 | 177.70428 | 83.10 |
| 15 | 205.29 | 0.015 | 20933.01 | 0.00050 | 177.73391 | 117.78 |
| 20 | 261.17 | 0.02 | 26630.98 | 0.00067 | 177.76356 | 149.81 |
| 25 | 302.89 | 0.025 | 30885.08 | 0.00083 | 177.79321 | 173.71 |
| 30 | 344.07 | 0.03 | 35084.12 | 0.00100 | 177.82287 | 197.30 |
| 35 | 377.78 | 0.035 | 38521.46 | 0.00117 | 177.85254 | 216.59 |
| 40 | 407.04 | 0.04 | 41505.05 | 0.00133 | 177.88222 | 233.33 |
| 45 | 421.22 | 0.045 | 42950.95 | 0.00150 | 177.91192 | 241.42 |
| 50 | 440.75 | 0.05 | 44942.39 | 0.00167 | 177.94162 | 252.57 |
| 55 | 448.07 | 0.055 | 45688.79 | 0.00183 | 177.97133 | 256.72 |
| 60 | 451.66 | 0.06 | 46054.86 | 0.00200 | 178.00105 | 258.73 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|-------|
| S ₂ (40%) = | ##### |
|------------------------|-------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 83.10 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 103.49 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 117.78 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00043 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 39.95 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 11.98 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{103.49 - 11.98}{0.00043 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 239,965.98 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 201
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 35-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 35-B | Altura Prom. | L = 30.12 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.15 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.07 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 179.31465 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 220.67 | | |

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.31465 | 0.00 |
| 5 | 59.09 | 0.005 | 6025.29 | 0.00017 | 179.34442 | 33.60 |
| 10 | 113.77 | 0.01 | 11600.90 | 0.00033 | 179.37420 | 64.67 |
| 15 | 159.82 | 0.015 | 16296.52 | 0.00050 | 179.40399 | 90.84 |
| 20 | 203.18 | 0.02 | 20717.85 | 0.00066 | 179.43379 | 115.46 |
| 25 | 245.22 | 0.025 | 25004.59 | 0.00083 | 179.46360 | 139.33 |
| 30 | 277.88 | 0.03 | 28334.86 | 0.00100 | 179.49343 | 157.86 |
| 35 | 308.37 | 0.035 | 31443.87 | 0.00116 | 179.52326 | 175.15 |
| 40 | 338.5 | 0.04 | 34516.16 | 0.00133 | 179.55310 | 192.23 |
| 45 | 367.29 | 0.045 | 37451.82 | 0.00149 | 179.58295 | 208.55 |
| 50 | 388.7 | 0.05 | 39634.95 | 0.00166 | 179.61281 | 220.67 |

| | |
|---|--------------------------|
| S₂ (40%) = 88.27 Kg/cm² | |
| (*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última | |
| 64.67 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 88.27 Kg/cm ² | ε₂ |
| 90.84 Kg/cm ² | 0.00050 |
| ε₂ = 0.00048 | |
| (*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria | |
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 33.60 Kg/cm ² |
| S₁ = 10.12 Kg/cm² | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

$$E_c = \frac{88.27 - 10.12}{0.00048 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 181,022.76 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 202
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 36-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 36-B | Altura Prom. | L = 30.06 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.00 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.15 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.42283 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 230.93 | | |

36-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.42283 | 0.00 |
| 5 | 48.92 | 0.005 | 4988.27 | 0.00017 | 178.45251 | 27.95 |
| 10 | 93.95 | 0.01 | 9579.89 | 0.00033 | 178.48220 | 53.67 |
| 15 | 137.29 | 0.015 | 13999.18 | 0.00050 | 178.51191 | 78.42 |
| 20 | 175.81 | 0.02 | 17926.99 | 0.00067 | 178.54162 | 100.41 |
| 25 | 213.58 | 0.025 | 21778.32 | 0.00083 | 178.57134 | 121.96 |
| 30 | 250.22 | 0.03 | 25514.43 | 0.00100 | 178.60107 | 142.86 |
| 35 | 286.86 | 0.035 | 29250.54 | 0.00116 | 178.63081 | 163.75 |
| 40 | 318.6 | 0.04 | 32487.00 | 0.00133 | 178.66057 | 181.84 |
| 45 | 345.42 | 0.045 | 35221.78 | 0.00150 | 178.69033 | 197.11 |
| 50 | 369.32 | 0.05 | 37658.82 | 0.00166 | 178.72010 | 210.71 |
| 55 | 393.15 | 0.055 | 40088.71 | 0.00183 | 178.74988 | 224.27 |
| 60 | 404.82 | 0.06 | 41278.68 | 0.00200 | 178.77967 | 230.89 |
| 65 | 404.96 | 0.065 | 41292.95 | 0.00216 | 178.80948 | 230.93 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 92.37 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 78.42 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 92.37 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 100.41 Kg/cm ² | 0.00067 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00060 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 27.95 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|-------------------------|
| S ₁ = | 8.40 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------|

$$E_c = \frac{92.37 - 8.40}{0.00060 - 0.00005}$$

E_c = 151,420.89 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 203
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 37-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 37-B | Altura Prom. | L = 30.10 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diámetro | D ₁ = 15.07 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.15 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 179.31465 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 255.88 | | |

37-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 179.31465 | 0.00 |
| 5 | 50.23 | 0.005 | 5121.85 | 0.00017 | 179.34444 | 28.56 |
| 10 | 100.28 | 0.01 | 10225.35 | 0.00033 | 179.37424 | 57.01 |
| 15 | 146.49 | 0.015 | 14937.29 | 0.00050 | 179.40405 | 83.26 |
| 20 | 190.95 | 0.02 | 19470.79 | 0.00066 | 179.43387 | 108.51 |
| 25 | 232.99 | 0.025 | 23757.52 | 0.00083 | 179.46370 | 132.38 |
| 30 | 274.43 | 0.03 | 27983.07 | 0.00100 | 179.49354 | 155.90 |
| 35 | 313.59 | 0.035 | 31976.14 | 0.00116 | 179.52340 | 178.12 |
| 40 | 352.14 | 0.04 | 35907.01 | 0.00133 | 179.55326 | 199.98 |
| 45 | 387.88 | 0.045 | 39551.34 | 0.00150 | 179.58313 | 220.24 |
| 50 | 418.34 | 0.05 | 42657.29 | 0.00166 | 179.61301 | 237.50 |
| 55 | 441.86 | 0.055 | 45055.57 | 0.00183 | 179.64290 | 250.81 |
| 60 | 450.73 | 0.06 | 45960.03 | 0.00199 | 179.67280 | 255.80 |
| 65 | 450.94 | 0.065 | 45981.44 | 0.00216 | 179.70271 | 255.88 |

S₂ (40%) = #####

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------------|
| 83.26 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 102.35 Kg/cm ² | ε₂ |
| 108.51 Kg/cm ² | 0.00066 |

ε₂ = 0.00062

(*) Interpolación de la Resist. para la 50milonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 28.56 Kg/cm ² |

S₁ = 8.60 Kg/cm²

$$E_c = \frac{102.35 - 8.60}{0.00062 - 0.00005}$$

E_c = 163,358.56 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 204
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 38-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 38-B | Altura Prom. | L = 30.11 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.03 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.00 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 176.95011 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 251.89 | | |

38-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.95011 | 0.00 |
| 5 | 63.69 | 0.005 | 6494.34 | 0.00017 | 176.97950 | 36.70 |
| 10 | 124.67 | 0.01 | 12712.35 | 0.00033 | 177.00890 | 71.82 |
| 15 | 183.21 | 0.015 | 18681.55 | 0.00050 | 177.03830 | 105.52 |
| 20 | 232.53 | 0.02 | 23710.61 | 0.00066 | 177.06772 | 133.91 |
| 25 | 274.8 | 0.025 | 28020.80 | 0.00083 | 177.09715 | 158.22 |
| 30 | 309.09 | 0.03 | 31517.28 | 0.00100 | 177.12659 | 177.94 |
| 35 | 342.71 | 0.035 | 34945.45 | 0.00116 | 177.15604 | 197.26 |
| 40 | 374.53 | 0.04 | 38190.07 | 0.00133 | 177.18549 | 215.54 |
| 45 | 403.24 | 0.045 | 41117.57 | 0.00149 | 177.21496 | 232.02 |
| 50 | 423.5 | 0.05 | 43183.44 | 0.00166 | 177.24444 | 243.64 |
| 55 | 433.5 | 0.055 | 44203.12 | 0.00183 | 177.27392 | 249.35 |
| 60 | 437.99 | 0.06 | 44660.96 | 0.00199 | 177.30342 | 251.89 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = #####

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 71.82 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 100.76 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 105.52 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00047

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 36.70 Kg/cm ² |

S₁ = 11.05 Kg/cm²

$$E_c = \frac{100.76 - 11.05}{0.00047 - 0.00005}$$

E_c = 211,229.86 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 205
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 39-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 39-B | Altura Prom. | L = 29.92 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.05 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.12 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.66269 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 227.90 | | |

39-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.66269 | 0.00 |
| 5 | 59.43 | 0.005 | 6059.96 | 0.00017 | 178.69255 | 33.91 |
| 10 | 115.67 | 0.01 | 11794.64 | 0.00033 | 178.72242 | 65.99 |
| 15 | 169.94 | 0.015 | 17328.44 | 0.00050 | 178.75230 | 96.94 |
| 20 | 215.46 | 0.02 | 21970.02 | 0.00067 | 178.78220 | 122.89 |
| 25 | 260.19 | 0.025 | 26531.05 | 0.00084 | 178.81210 | 148.37 |
| 30 | 303.23 | 0.03 | 30919.75 | 0.00100 | 178.84201 | 172.89 |
| 35 | 341.75 | 0.035 | 34847.56 | 0.00117 | 178.87193 | 194.82 |
| 40 | 371.55 | 0.04 | 37886.20 | 0.00134 | 178.90186 | 211.77 |
| 45 | 396.73 | 0.045 | 40453.76 | 0.00150 | 178.93180 | 226.08 |
| 50 | 399.98 | 0.05 | 40785.15 | 0.00167 | 178.96176 | 227.90 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = 91.16 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|--------------------------|----------------------|
| 65.99 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 91.16 Kg/cm ² | ε₂ |
| 96.94 Kg/cm ² | 0.00050 |

ε₂ = 0.00047

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 33.91 Kg/cm ² |

S₁ = 10.15 Kg/cm²

$$E_c = \frac{91.16 - 10.15}{0.00047 - 0.00005}$$

E_c = 192,834.08 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 206
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 40-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 40-B | Altura Prom. | L = 30.12 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.02 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.03 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.30411 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 255.04 | | |

40-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.30411 | 0.00 |
| 5 | 58.88 | 0.005 | 6003.87 | 0.00017 | 177.33354 | 33.86 |
| 10 | 117.31 | 0.01 | 11961.86 | 0.00033 | 177.36299 | 67.44 |
| 15 | 170.84 | 0.015 | 17420.21 | 0.00050 | 177.39245 | 98.20 |
| 20 | 219.93 | 0.02 | 22425.82 | 0.00066 | 177.42192 | 126.40 |
| 25 | 262.28 | 0.025 | 26744.16 | 0.00083 | 177.45139 | 150.71 |
| 30 | 303.91 | 0.03 | 30989.09 | 0.00100 | 177.48088 | 174.61 |
| 35 | 344.14 | 0.035 | 35091.26 | 0.00116 | 177.51038 | 197.69 |
| 40 | 382.08 | 0.04 | 38959.93 | 0.00133 | 177.53988 | 219.44 |
| 45 | 410.21 | 0.045 | 41828.29 | 0.00149 | 177.56940 | 235.56 |
| 50 | 420.42 | 0.05 | 42869.38 | 0.00166 | 177.59893 | 241.38 |
| 55 | 429.87 | 0.055 | 43832.98 | 0.00183 | 177.62846 | 246.77 |
| 60 | 437.58 | 0.06 | 44619.15 | 0.00199 | 177.65801 | 251.15 |
| 65 | 444.42 | 0.065 | 45316.61 | 0.00216 | 177.68756 | 255.04 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|-------|
| S ₂ (40%) = | ##### |
|------------------------|-------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 98.20 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 102.01 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 126.40 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00052 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 33.86 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 10.20 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{102.01 - 10.20}{0.00052 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 195,165.95 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 208
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 42-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 42-B | Altura Prom. | L = 30.16 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.08 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.10 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.78223 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 238.50 | | |

42-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.78223 | 0.00 |
| 5 | 65.76 | 0.005 | 6705.41 | 0.00017 | 178.81187 | 37.50 |
| 10 | 128.34 | 0.01 | 13086.57 | 0.00033 | 178.84152 | 73.17 |
| 15 | 186.34 | 0.015 | 19000.71 | 0.00050 | 178.87119 | 106.23 |
| 20 | 241.09 | 0.02 | 24583.46 | 0.00066 | 178.90086 | 137.41 |
| 25 | 289.89 | 0.025 | 29559.50 | 0.00083 | 178.93054 | 165.20 |
| 30 | 327.21 | 0.03 | 33364.94 | 0.00099 | 178.96024 | 186.44 |
| 35 | 363 | 0.035 | 37014.38 | 0.00116 | 178.98994 | 206.80 |
| 40 | 387.22 | 0.04 | 39484.04 | 0.00133 | 179.01965 | 220.56 |
| 45 | 403.99 | 0.045 | 41194.05 | 0.00149 | 179.04938 | 230.07 |
| 50 | 410.94 | 0.05 | 41902.72 | 0.00166 | 179.07911 | 233.99 |
| 55 | 415.22 | 0.055 | 42339.15 | 0.00182 | 179.10885 | 236.39 |
| 60 | 418.78 | 0.06 | 42702.15 | 0.00199 | 179.13860 | 238.37 |
| 65 | 419.07 | 0.065 | 42731.72 | 0.00216 | 179.16836 | 238.50 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 95.40 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 73.17 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 95.40 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 106.23 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00044 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 37.50 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 11.31 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{95.40 - 11.31}{0.00044 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 213,943.86 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 209
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 43-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 43-B | Altura Prom. | L = 29.94 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 14.92 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.14 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 177.35406 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 244.08 | | |

43-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 177.35406 | 0.00 |
| 5 | 64.22 | 0.005 | 6548.38 | 0.00017 | 177.38368 | 36.92 |
| 10 | 126.01 | 0.01 | 12848.99 | 0.00033 | 177.41331 | 72.42 |
| 15 | 186.78 | 0.015 | 19045.58 | 0.00050 | 177.44296 | 107.33 |
| 20 | 245.89 | 0.02 | 25072.91 | 0.00067 | 177.47261 | 141.28 |
| 25 | 304.39 | 0.025 | 31038.03 | 0.00084 | 177.50227 | 174.86 |
| 30 | 342.9 | 0.03 | 34964.82 | 0.00100 | 177.53195 | 196.95 |
| 35 | 375.49 | 0.035 | 38287.96 | 0.00117 | 177.56163 | 215.63 |
| 40 | 398.87 | 0.04 | 40671.97 | 0.00134 | 177.59132 | 229.02 |
| 45 | 417.67 | 0.045 | 42588.97 | 0.00150 | 177.62102 | 239.77 |
| 50 | 425.24 | 0.05 | 43360.86 | 0.00167 | 177.65074 | 244.08 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 97.63 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------------|
| 72.42 Kg/cm ² | 0.00033 |
| 97.63 Kg/cm ² | ε₂ |
| 107.33 Kg/cm ² | 0.00050 |

| | |
|------------------------|---------|
| ε₂ = | 0.00045 |
|------------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S₁ |
| 0.00017 | 36.92 Kg/cm ² |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S₁ = | 11.05 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{97.63 - 11.05}{0.00045 - 0.00005}$$

| |
|---|
| E_c = 213,991.58 Kg/cm² |
|---|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 210
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 44-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | |
|--|--------------|------------------------|--|
| Briqueta N° | 44-B | Altura Prom. | L = 30.14 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diametro | D ₁ = 15.03 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = 15.16 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = 178.89772 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 247.42 | | |

44-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 178.89772 | 0.00 |
| 5 | 64.29 | 0.005 | 6555.52 | 0.00017 | 178.92740 | 36.64 |
| 10 | 112.41 | 0.01 | 11462.22 | 0.00033 | 178.95709 | 64.05 |
| 15 | 158.85 | 0.015 | 16197.61 | 0.00050 | 178.98680 | 90.50 |
| 20 | 204.65 | 0.02 | 20867.75 | 0.00066 | 179.01651 | 116.57 |
| 25 | 247.18 | 0.025 | 25204.45 | 0.00083 | 179.04623 | 140.77 |
| 30 | 287.63 | 0.03 | 29329.05 | 0.00100 | 179.07596 | 163.78 |
| 35 | 327.9 | 0.035 | 33435.30 | 0.00116 | 179.10570 | 186.68 |
| 40 | 366.07 | 0.04 | 37327.42 | 0.00133 | 179.13546 | 208.38 |
| 45 | 395.09 | 0.045 | 40286.53 | 0.00149 | 179.16522 | 224.86 |
| 50 | 412.41 | 0.05 | 42052.62 | 0.00166 | 179.19499 | 234.68 |
| 55 | 424.29 | 0.055 | 43264.00 | 0.00182 | 179.22477 | 241.40 |
| 60 | 432.63 | 0.06 | 44114.41 | 0.00199 | 179.25456 | 246.10 |
| 65 | 435.02 | 0.065 | 44358.11 | 0.00216 | 179.28436 | 247.42 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

| | |
|------------------------|--------------------------|
| S ₂ (40%) = | 98.97 Kg/cm ² |
|------------------------|--------------------------|

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 90.50 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 98.97 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 116.57 Kg/cm ² | 0.00066 |

| | |
|------------------|---------|
| ε ₂ = | 0.00055 |
|------------------|---------|

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 36.64 Kg/cm ² |

| | |
|------------------|--------------------------|
| S ₁ = | 11.04 Kg/cm ² |
|------------------|--------------------------|

$$E_c = \frac{98.97 - 11.04}{0.00055 - 0.00005}$$

| | |
|------------------|-------------------------------|
| E _c = | 175,296.50 Kg/cm ² |
|------------------|-------------------------------|

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



TABLA 211
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD BRIQUETA 45-B

| BRIQUETA - C° CON CASCOTE | | Dimensiones (Briqueta) | | |
|--|--------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Briqueta N° | 45-B | Altura Prom. | L = | 30.07 cm |
| Fecha de Moldeo | 29/03/2022 | Diámetro | D ₁ = | 14.95 cm |
| Fecha de Rotura | 26/04/2022 | | D ₂ = | 15.01 cm |
| Resist.-Diseño (kg/cm ²) | f'c = 210 | Área Inicial | A _o = | 176.24296 cm ² |
| Resist.-Obtenida (kg/cm ²) | f'c = 238.90 | | | |

45-B

| D _v | F | ΔV | F | ε _v (X) | A _i | σ (Y) |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Lectura Dial | Fuerza Aplicada | Conversion despl. vertical | Fuerza Aplicada | Def. Unitaria | Area Corregida | Esfuerzo Unitario |
| 0.01 | kN | cm | kg | - | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 176.24296 | 0.00 |
| 5 | 52.16 | 0.005 | 5318.65 | 0.00017 | 176.27227 | 30.17 |
| 10 | 102.82 | 0.01 | 10484.35 | 0.00033 | 176.30159 | 59.47 |
| 15 | 146.8 | 0.015 | 14968.90 | 0.00050 | 176.33092 | 84.89 |
| 20 | 187.02 | 0.02 | 19070.05 | 0.00067 | 176.36025 | 108.13 |
| 25 | 224.83 | 0.025 | 22925.46 | 0.00083 | 176.38960 | 129.97 |
| 30 | 262.01 | 0.03 | 26716.63 | 0.00100 | 176.41896 | 151.44 |
| 35 | 298.57 | 0.035 | 30444.58 | 0.00116 | 176.44833 | 172.54 |
| 40 | 331.62 | 0.04 | 33814.62 | 0.00133 | 176.47771 | 191.61 |
| 45 | 358.06 | 0.045 | 36510.66 | 0.00150 | 176.50710 | 206.85 |
| 50 | 379.19 | 0.05 | 38665.24 | 0.00166 | 176.53650 | 219.02 |
| 55 | 396.5 | 0.055 | 40430.30 | 0.00183 | 176.56591 | 228.98 |
| 60 | 413.74 | 0.06 | 42188.23 | 0.00200 | 176.59532 | 238.90 |

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

S₂ (40%) = 95.56 Kg/cm²

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

| | |
|---------------------------|----------------|
| 84.89 Kg/cm ² | 0.00050 |
| 95.56 Kg/cm ² | ε ₂ |
| 108.13 Kg/cm ² | 0.00067 |

ε₂ = 0.00058

(*) Interpolación de la Resist. para la 50millonesimas de Def. Unitaria

| | |
|---------|--------------------------|
| 0.00000 | 0.00 Kg/cm ² |
| 0.00005 | S ₁ |
| 0.00017 | 30.17 Kg/cm ² |

S₁ = 9.07 Kg/cm²

$$E_c = \frac{95.56 - 9.07}{0.00058 - 0.00005}$$

E_c = 164,683.95 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Capítulo IV. Resultados de la Investigación

4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos

4.1.1. Resultados en cuanto a los cálculos de la resistencia a la compresión

4.1.1.1. Resultados en cuanto a la resistencia a la compresión del concreto Tradicional

- Al someter a cargas axiales de compresión las 45 briquetas de concreto preparado con materiales tradicionales, preparados bajo un diseño de mezcla de 210 kg/cm², se obtuvo que el promedio de resistencia a la compresión a los 7 días fue de 157.41 kg/cm², 189.20 kg/cm² a los 14 días y 245.91 kg/cm² a los 28 días como muestra el siguiente cuadro:

TABLA 212
RESULTADOS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO TRADICIONAL

| | | RESULTADOS - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO TRADICIONAL | | | |
|---|---|---|---|----------|---|
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Nombre | <i>f'_c</i> - 07 días (kg/cm ²) | Nombre | <i>f'_c</i> - 14 días (kg/cm ²) | Nombre | <i>f'_c</i> - 28 días (kg/cm ²) |
| 01 - A | 154.84 | 16 - A | 200.48 | 31 - A | 237.40 |
| 02 - A | 147.35 | 17 - A | 181.36 | 32 - A | 206.22 |
| 03 - A | 149.74 | 18 - A | 186.93 | 33 - A | 254.92 |
| 04 - A | 163.48 | 19 - A | 174.98 | 34 - A | 261.90 |
| 05 - A | 154.73 | 20 - A | 183.04 | 35 - A | 230.65 |
| 06 - A | 169.76 | 21 - A | 181.51 | 36 - A | 259.31 |
| 07 - A | 149.09 | 22 - A | 195.95 | 37 - A | 233.32 |
| 08 - A | 157.35 | 23 - A | 185.85 | 38 - A | 253.16 |
| 09 - A | 151.85 | 24 - A | 187.08 | 39 - A | 240.65 |
| 10 - A | 166.44 | 25 - A | 173.22 | 40 - A | 248.64 |
| 11 - A | 158.65 | 26 - A | 191.32 | 41 - A | 262.44 |
| 12 - A | 158.70 | 27 - A | 202.00 | 42 - A | 242.49 |
| 13 - A | 167.38 | 28 - A | 201.41 | 43 - A | 262.97 |
| 14 - A | 153.53 | 29 - A | 189.39 | 44 - A | 234.47 |
| 15 - A | 158.26 | 30 - A | 203.42 | 45 - A | 260.09 |
| Promedio | 157.41 | Promedio | 189.20 | Promedio | 245.91 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Con los resultados obtenidos según la tabla 212, podemos afirmar que las briquetas de concreto preparado con materiales tradicionales, presentan un comportamiento favorable de resistencia a la compresión en función a la resistencia esperada, esto se detalla en el siguiente cuadro:

TABLA 213
% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CONCRETO TRADICIONAL

| % Resistencia a compresión (concreto tradicional) - Diseño 210 kg/cm ² | | | |
|---|-----------------------|------------------------|-----------|
| Edad (días) | % Resistencia nominal | % Resistencia Obtenida | Resultado |
| 7 | 65.00% | 74.96% | Favorable |
| 14 | 90.00% | 90.09% | Favorable |
| 28 | 100.00% | 117.10% | Favorable |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



- Con respecto a los cálculos estadísticos obtenidos como muestra la tabla 214, podemos apreciar que los resultados de los cálculos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto preparado con materiales tradicionales, a distintas edades, presentan una confiabilidad en un rango de muy buena a buena, según la clasificación por desviación estándar y coeficiente de variación que indica el INEI.

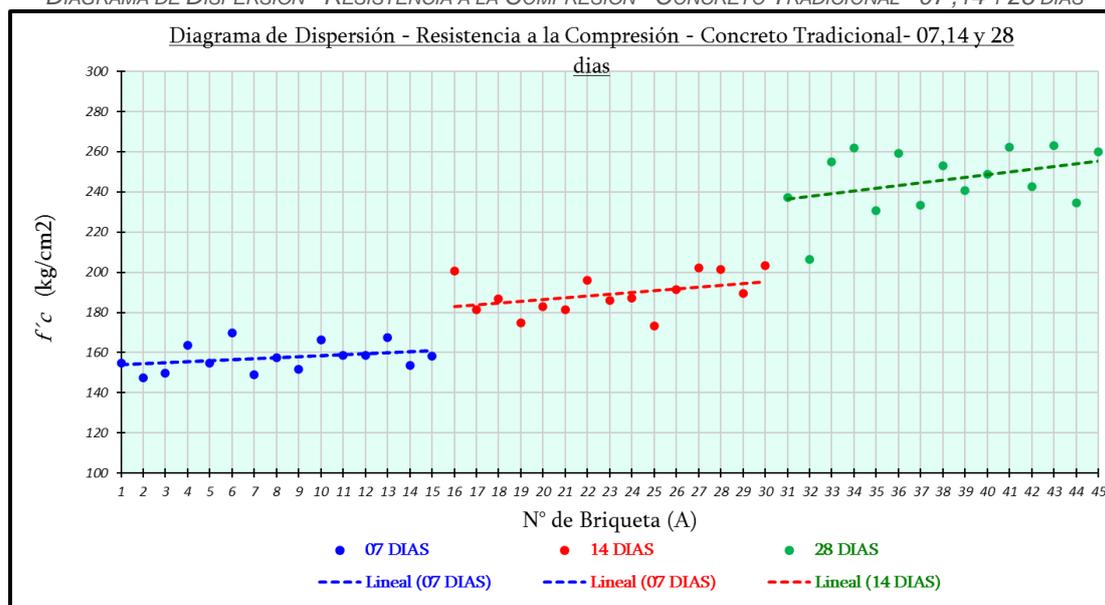
TABLA 214
CÁLCULOS ESTADÍSTICOS - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO TRADICIONAL

| Cálculos Estadísticos - Resistencia a la compresión | | | |
|---|---------------------|--------------------------|---------------|
| Concreto Tradicional | Desviación Estándar | Coeficiente de Variación | Confiabilidad |
| 7 días | 6.88 | 4.37% | Muy Bueno |
| 14 días | 9.74 | 5.15% | Bueno |
| 28 días | 15.93 | 6.48% | Bueno |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- En el diagrama mostrado en la figura 87, podemos apreciar que los cálculos obtenidos con respecto a la resistencia a la compresión del concreto tradicional, presentan una distribución que se acerca al valor absoluto de la media o línea de tendencia, evidenciando una dispersión aceptable que se contrasta también con los datos que muestra la tabla 214.

FIGURA 87
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO TRADICIONAL - 07, 14 Y 28 DÍAS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.1.2. Resultados en cuanto a la Resistencia a la Compresión del concreto con Cascote

- Al someter las 45 briquetas de concreto con cascote a cargas axiales de compresión, preparados bajo un diseño de mezcla para 210 kg/cm², se obtuvo que el promedio de

resistencia a la compresión a los 7 días fue de 156.80 kg/cm², 222.47 kg/cm² a los 14 días y 241.11 kg/cm² a los 28 días como muestra el siguiente cuadro:

TABLA 215
RESULTADOS A LA COMPRESIÓN DEL C° CON CASCOTE

| Universidad Andina del Cusco | | RESULTADOS - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO CON CASCOTE | | | |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Nombre | f'c - 07 días (kg/cm ²) | Nombre | f'c - 14 días (kg/cm ²) | Nombre | f'c - 28 días (kg/cm ²) |
| 01 - B | 146.31 | 16 - B | 216.33 | 31 - B | 225.13 |
| 02 - B | 166.42 | 17 - B | 214.43 | 32 - B | 230.10 |
| 03 - B | 166.30 | 18 - B | 232.62 | 33 - B | 238.35 |
| 04 - B | 168.07 | 19 - B | 229.46 | 34 - B | 259.25 |
| 05 - B | 166.78 | 20 - B | 211.62 | 35 - B | 221.04 |
| 06 - B | 156.69 | 21 - B | 218.10 | 36 - B | 231.36 |
| 07 - B | 157.34 | 22 - B | 234.94 | 37 - B | 256.43 |
| 08 - B | 146.63 | 23 - B | 231.50 | 38 - B | 252.22 |
| 09 - B | 160.59 | 24 - B | 212.28 | 39 - B | 228.20 |
| 10 - B | 146.49 | 25 - B | 221.69 | 40 - B | 255.59 |
| 11 - B | 162.57 | 26 - B | 219.60 | 41 - B | 248.39 |
| 12 - B | 171.50 | 27 - B | 234.45 | 42 - B | 238.94 |
| 13 - B | 139.49 | 28 - B | 198.11 | 43 - B | 244.41 |
| 14 - B | 147.34 | 29 - B | 215.24 | 44 - B | 247.87 |
| 15 - B | 149.46 | 30 - B | 246.68 | 45 - B | 239.38 |
| Promedio | 156.80 | Promedio | 222.47 | Promedio | 241.11 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Con los resultados obtenidos según la tabla 215, podemos afirmar que las briquetas de concreto preparado con cascote, presentan un comportamiento favorable de resistencia a la compresión en función a la resistencia esperada, esto se detalla en el siguiente cuadro:

TABLA 216
% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CONCRETO CON CASCOTE

| % Resistencia a compresión (Concreto con Cascote) - Diseño 210 kg/cm ² | | | |
|---|-----------------------|------------------------|-----------|
| Edad (días) | % Resistencia nominal | % Resistencia Obtenida | Resultado |
| 7 | 65.00% | 74.67% | Favorable |
| 14 | 90.00% | 105.94% | Favorable |
| 28 | 100.00% | 114.81% | Favorable |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Con respecto a los cálculos estadísticos obtenidos como muestra la tabla 217, podemos apreciar que los cálculos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto con cascote, a distintas edades, presentan una confiabilidad buena, según la clasificación por desviación estándar y coeficiente de variación que indica el INEI.

TABLA 217
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO CON CASCOTE

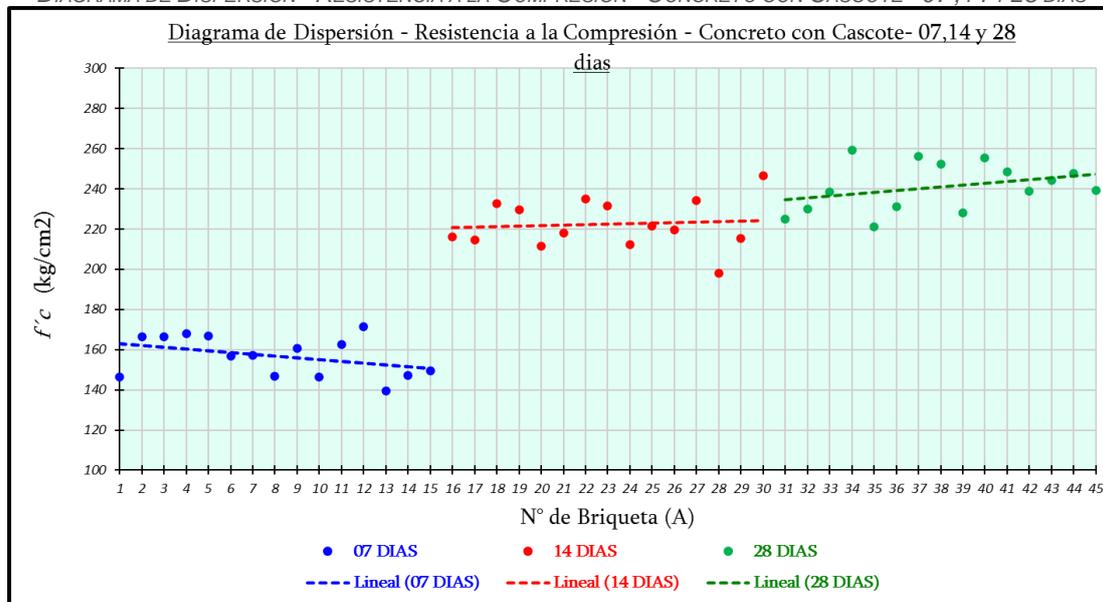
| Cálculos Estadísticos - Resistencia a la compresión | | | |
|---|---------------------|---------------------------|---------------|
| Concreto con Cascote | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Confiabilidad |
| 7 días | 10.13 | 6.46% | Bueno |
| 14 días | 12.29 | 5.53% | Bueno |
| 28 días | 12.14 | 5.03% | Bueno |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- En el diagrama mostrado en la figura 88, podemos apreciar que los resultados de los cálculos obtenidos con respecto a la resistencia a la compresión del concreto con cascote, presentan una distribución que se acerca al valor absoluto de la media o línea de tendencia, evidenciando una dispersión aceptable que se contrasta también con los datos que muestra la tabla 215.

FIGURA 88

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO CON CASCOTE - 07, 14 Y 28 DÍAS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.1.3. Resultados en cuanto a la comparación de la Resistencia a la Compresión del Concreto Tradicional Vs. Concreto con Cascote.

- Según el cuadro comparativo de la tabla 218, se puede apreciar los valores de los cálculos de la resistencia a la compresión del concreto con cascote en referencia a los valores de los cálculos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con materiales tradicionales.



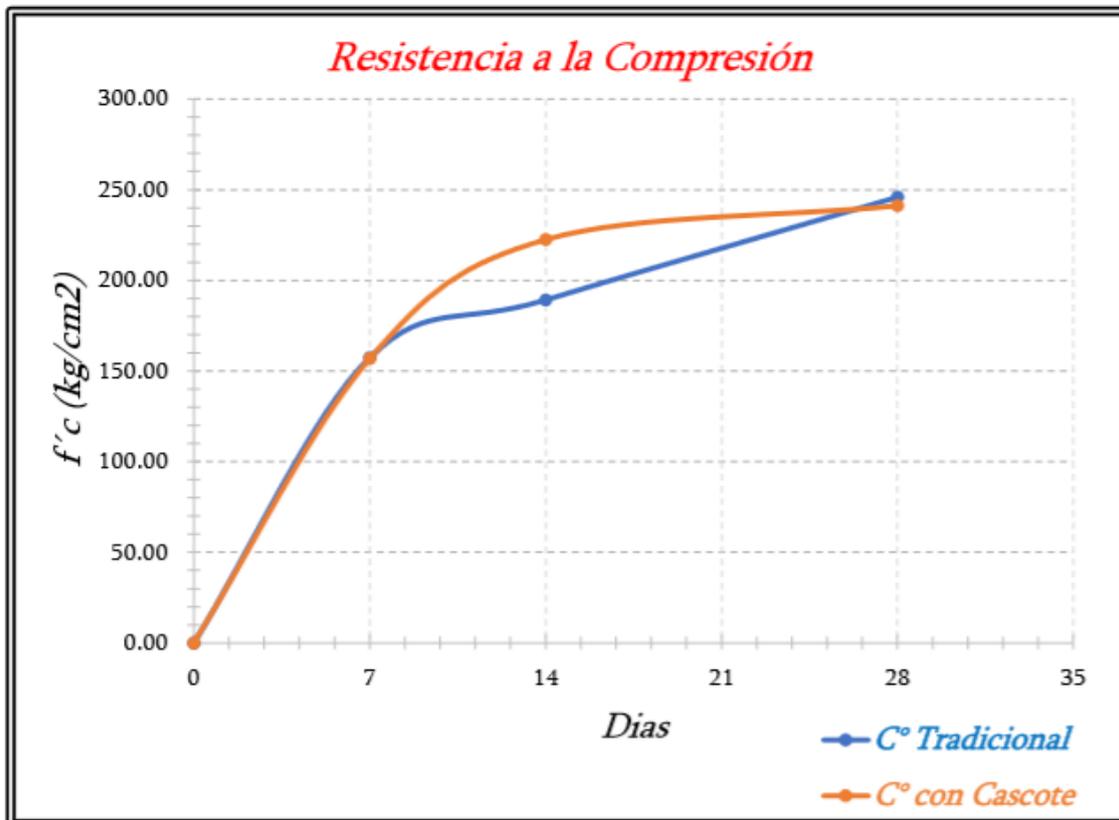
TABLA 218
COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

| Comparación f'c - (Resistencia a la Compresión) | | | | |
|---|-------------------------|----------|-------------------------|------------|
| Días | C° Tradicional (kg/cm2) | % Patrón | C° con Cascote (kg/cm2) | % Obtenido |
| 0 | 0.00 | 0.00% | 0.00 | 0.00% |
| 7 | 157.41 | 100.00% | 156.80 | 99.61% |
| 14 | 189.20 | 100.00% | 222.47 | 117.59% |
| 28 | 245.91 | 100.00% | 241.11 | 98.05% |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Asimismo, en el diagrama mostrado en la figura 89, podemos apreciar la evolución e días de la resistencia a la compresión el concreto preparado con materiales tradicionales vs. concreto con cascote.

FIGURA 89
COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.2. Resultados en cuanto a la granulometría de los agregados

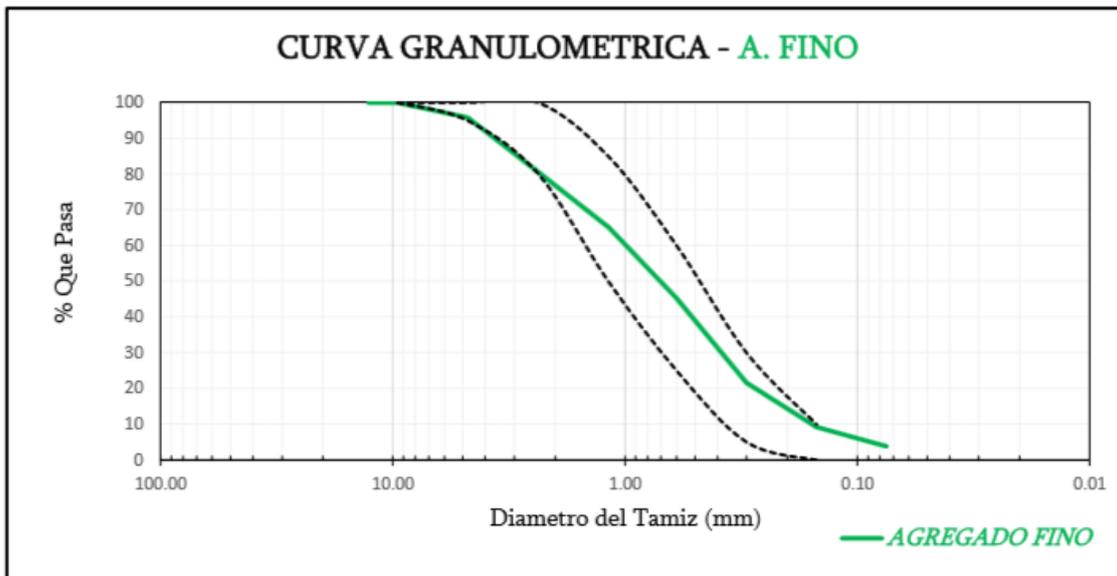
4.1.2.1. Resultados en cuanto a la granulometría del agregado fino

- Se observa en el análisis granulométrico, que el agregado de la cantera de Huillqui se encuentra dentro de los parámetros que establece la norma NTP 400.037, ya que este está dentro de los límites del HUSO granulométrico establecido.



- El módulo de fineza es de 2.82, por lo que se entiende que:
 - Se encuentra dentro del parámetro establecido por la NTP 400.037, que indica que este valor debe encontrarse entre 2.3 y 3.1
 - Según la clasificación del estudio de Alfonso Montejo Fonseca el agregado fino se clasifica como agregado fino MEDIANO, ya que el valor del módulo de fineza se encuentra entre 2.6 a 2.9.

FIGURA 90
CURVA GRANULOMÉTRICA - A. FINO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 219
CARACTERÍSTICAS DEL A. FINO

| CARACTERÍSTICAS | |
|-----------------------|----------|
| Cantera | Huillqui |
| %Roca | 0% |
| %Grava | 416% |
| %Arena | 92% |
| %Finos | 4% |
| Módulo de Fineza | 2.82 |
| Tamaño Máximo TM | 1/2" |
| Tamaño Máximo Nominal | N°4 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

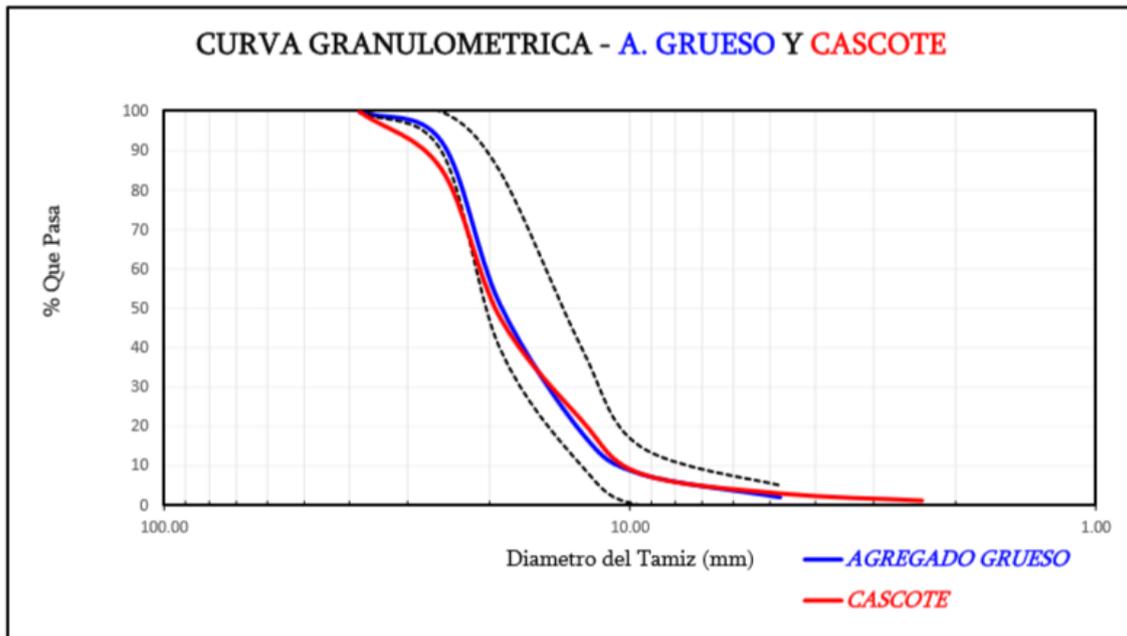
4.1.2.2. Resultados en cuanto a la granulometría del Agregado Grueso y Cascote

En el gráfico de la figura 91 se puede apreciar las curvas granulométricas del agregado grueso de la cantera de Zurite y cascote, con sus respectivas características, observándose que en términos generales se encuentran dentro de los límites granulométricos permisibles por la norma NTP 400.037.



FIGURA 91

CURVA GRANULOMÉTRICA- A. GRUESO Y CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 220

CARACTERÍSTICAS DEL A. GRUESO

| CARACTERÍSTICAS | |
|-----------------------|--------|
| Cantera | Zurite |
| %Roca | 0% |
| %Grava | 98% |
| %Arena | 1% |
| %Finos | 1% |
| Módulo de Fineza | 8.2 |
| Tamaño Máximo TM | 1 1/2" |
| Tamaño Máximo Nominal | 1" |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 221

CARACTERÍSTICAS DEL CASCOTE

| CARACTERÍSTICAS | |
|-----------------------|---------|
| Cantera | Cascote |
| %Roca | 0% |
| %Grava | 97% |
| %Arena | 2% |
| %Finos | 1% |
| Módulo de Fineza | 8.29 |
| Tamaño Máximo TM | 1 1/2" |
| Tamaño Máximo Nominal | 1" |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Observamos que la granulometría del agregado grueso de Zurite, se encuentra dentro del HUSO granulométrico según NTP 400.037. Teniendo como tamaño máximo (TM) el tamiz de 1 1/2" y como tamaño máximo nominal (TMN) el tamiz de 1". Estos



resultados indican que el agregado grueso presenta una buena gradación. De la muestra total, se observa que se tiene un 98% de grava, un 0.88% arena y un 1.12% de finos como muestra la tabla 220

- Observamos que la granulometría del cascote se encuentra, en su mayoría dentro del HUSO granulométrico según NTP 400.037. Teniendo como tamaño máximo (TM) el tamiz de 1 ½” y como tamaño máximo nominal (TMN) el tamiz de 1”. Estos resultados indican que el agregado grueso presenta, en general, una buena gradación. De la muestra total, se observa que se tiene un 97.04% de grava, un 0.76% arena y un 2.20% de finos como muestra la tabla 221

4.1.3. Resultados en cuanto a las propiedades y características de los Agregados: Fino, Grueso y Cascote

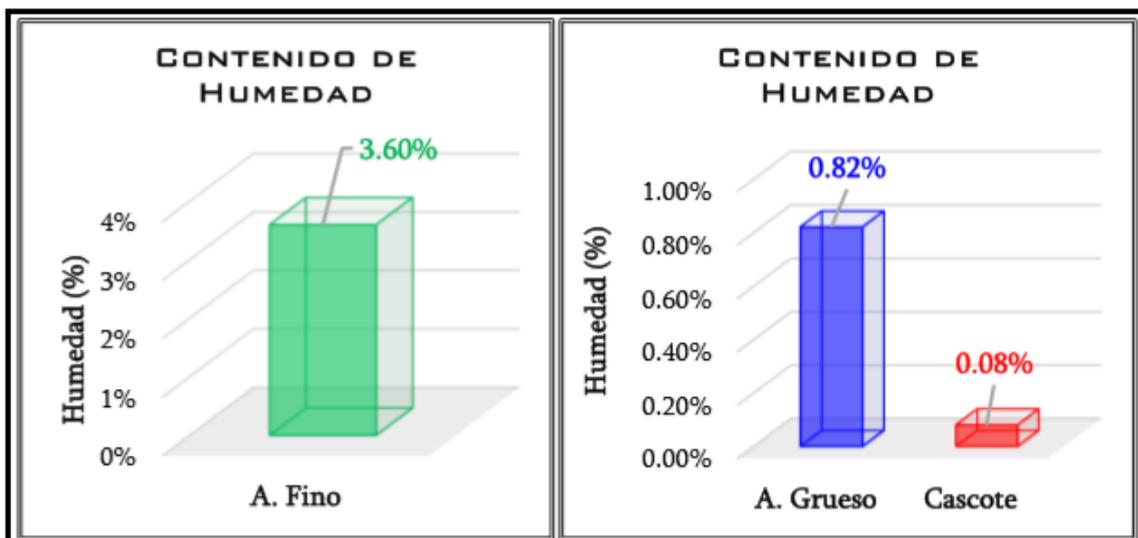
TABLA 222
CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

| Característica de los Agregados | | | |
|---------------------------------|---------|-----------|---------|
| | A. Fino | A. Grueso | Cascote |
| Contenido de humedad | 3.60% | 0.82% | 0.08% |
| Peso Unitario Suelto | 1.579 | 1.337 | 1.118 |
| Peso Unitario Compactado | 1.697 | 1.542 | 1.326 |
| Peso Específico de la masa | 2.554 | 2.642 | 2.208 |
| % De Absorción | 2.47% | 1.40% | 7.24% |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A. CONTENIDO DE HUMEDAD:

FIGURA 92
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE

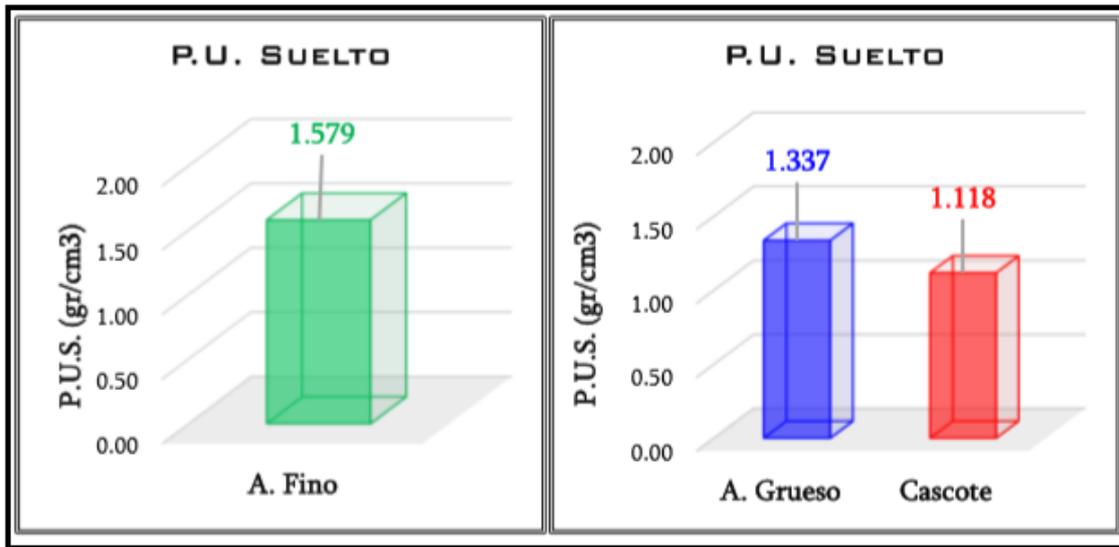


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- De los diagramas mostrados en la figura 92, se aprecia que el cascote presenta un porcentaje de humedad muy bajo, esto debido a las condiciones de escombro en las que se encontraba el concreto reciclado.

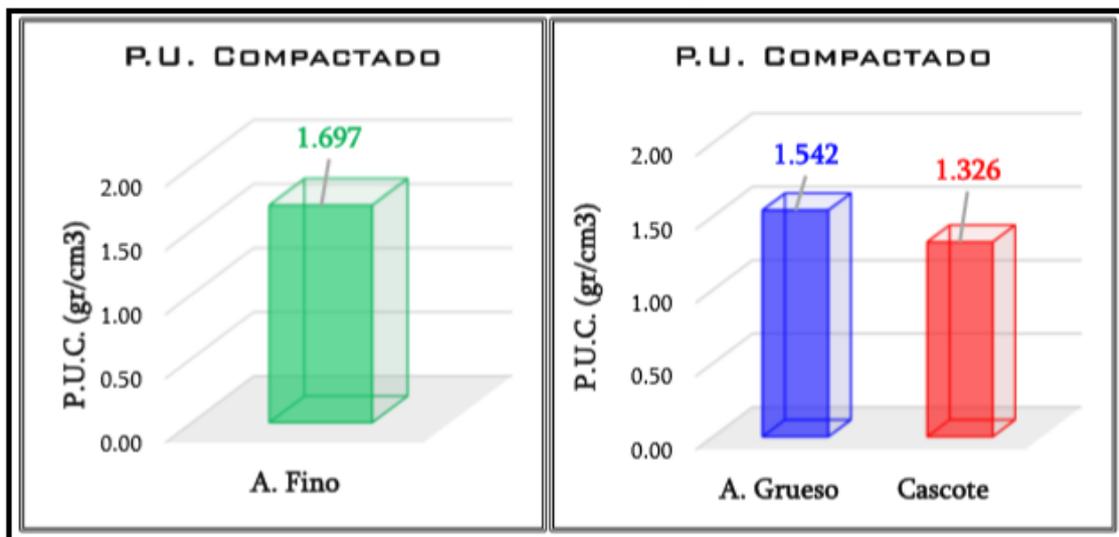
B. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO (VARILLADO):

FIGURA 93
PESO UNITARIO SUELTO DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 94
PESO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

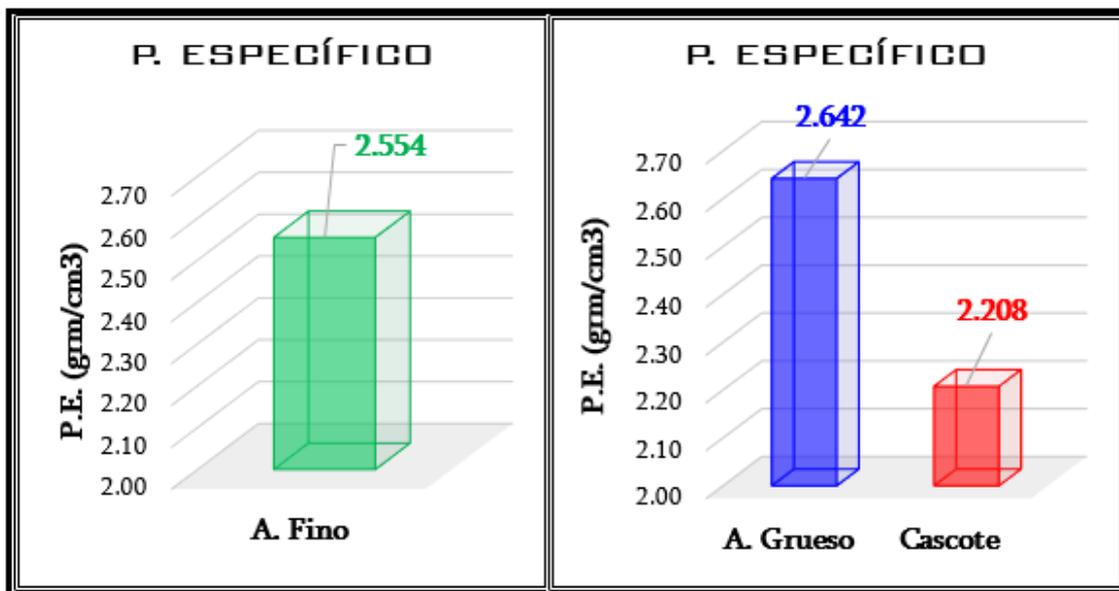
- Según los diagramas mostrados en las figuras 93 y 94, Se determinó que el Peso unitario suelto P.U.S. del agregado fino de la cantera de Huillqui es de 1.579 gr/cm³, y que el Peso unitario Compactado es de 1.697 gr/cm³, cabe mencionar que este último resultado se encuentra dentro de los límites recomendados por E. Pasquel (Tópicos de tecnología

de concreto pag 176), ya que menciona que este valor debe estar comprendido entre 1.5-1.7 gr/cm³ para ser apto para la fabricación de concreto.

- Con respecto al agregado grueso de la cantera de Huillqui, los diagramas de las figuras 95 y 96, muestran los resultados del Peso unitario suelto P.U.S. (1.337 gr/cm²), y el Peso unitario Compactado (1.542 gr/cm³), cabe mencionar que este último resultado se encuentra, también, dentro de los límites recomendados por Pasquel.
- Con respecto al cascote, se determinó que el Peso unitario suelto P.U.S. es de 1.118 gr/cm³, asimismo el Peso unitario Compactado P.U.C es de 1.326 gr/cm³ como muestran los diagramas de las figuras 93 y 94, cabe mencionar que este último resultado se encuentra por debajo de los valores establecidos por el estudio de Pasquel, por lo que se entiende que este agregado es de baja densidad, y que, a pesar de no encontrarse dentro de estos límites, se aproxima a estos.

C. PESO ESPECÍFICO

FIGURA 95
PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE



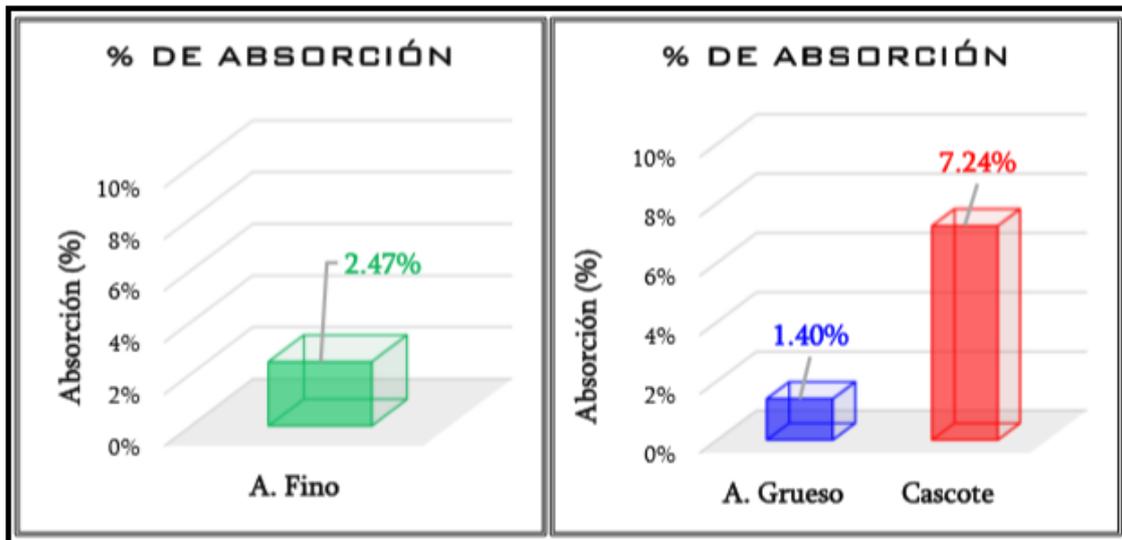
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Según los resultados mostrados en los diagramas de la figura 95, podemos observar que los valores de peso específico de la masa de los agregado fino y grueso tradicionales, se encuentran dentro de los límites recomendados por Pasquel, quien menciona que estos valores deben estar comprendidos entre 2.5 - 2.75 gr/cm, por lo que se entiende que los agregados tradicionales de Huillqui y Zurite son aptos para la fabricación de concreto, Asimismo podemos mencionar que el cascote no cumple esta condición, por lo que

entendemos que en este punto el cascote no es recomendable para la fabricación de concreto.

D. ABSORCIÓN

FIGURA 96
% DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS: FINO, GRUESO Y CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Según los resultados mostrados en los diagramas de la figura 96, podemos observar el elevado porcentaje de absorción del cascote frente a los porcentajes de absorción del agregado fino y grueso, esto nos indica que el cascote presenta una mayor capacidad de absorber agua en sus espacios vacíos, lo que implica una fuerte variación en la cantidad de agua efectiva en el diseño de mezcla para la fabricación del concreto.

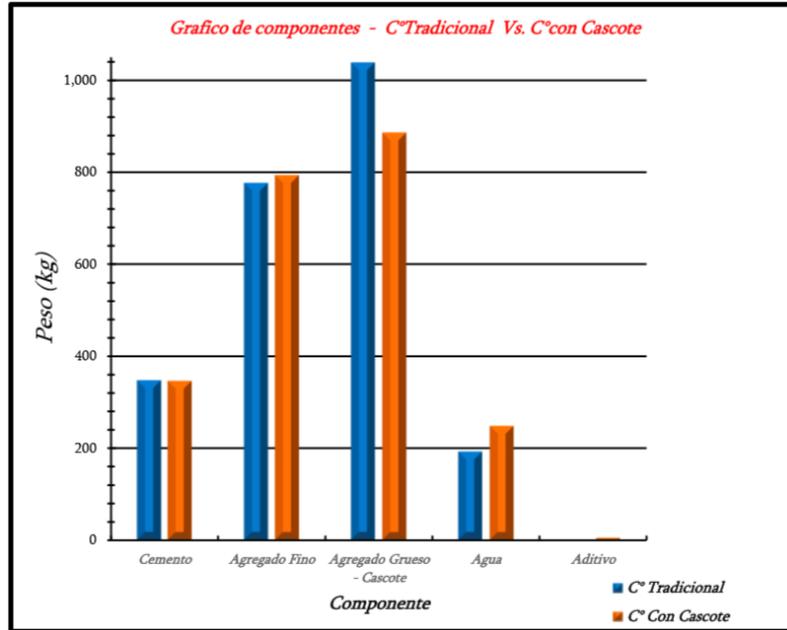
4.1.4. Resultados en cuanto a la comparación de los componentes y peso unitario del Concreto Tradicional Vs. Concreto con Cascote

TABLA 223
PESO DE COMPONENTES PARA 1M3 DE CONCRETO

| Peso de componentes para 1m3 de concreto | | |
|--|----------------|----------------|
| Elemento | C° Tradicional | C° con Cascote |
| Cemento | 345.63 kg | 345.63 kg |
| Agregado Fino | 776.21 kg | 793.45 kg |
| Agregado Grueso - Cascote | 1038.43 kg | 886.19 kg |
| Agua | 190.50 kg | 247.74 kg |
| Aditivo | 0.00 kg | 4.88 kg |
| | 2350.77 kg/m3 | 2277.90 kg/m3 |

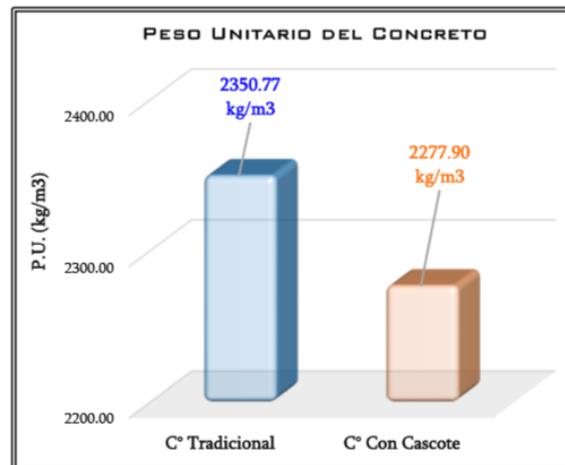
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 97
COMPARACIÓN DE COMPONENTES ENTRE EL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 98
COMPARACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO DEL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.2. Resultados respecto al objetivo General

4.2.1. Resultados en cuanto a la determinación del Módulo de elasticidad

4.2.1.1. Resultados en cuanto a los cálculos del Módulo de Elasticidad del Concreto

Tradicional

- Al someter las 45 briquetas de concreto preparado con materiales tradicionales a cargas axiales de compresión, se obtuvo que el módulo de elasticidad promedio a los 7 días fue de 135,989.01 kg/cm², 168,283.05 kg/cm² a los 14 días y 205,955.93 kg/cm² a los 28 días como muestra el siguiente cuadro:

TABLA 224
RESULTADOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL C° TRADICIONAL

| | | RESULTADOS - MÓDULO DE ELASTICIDAD - CONCRETO TRADICIONAL | | | |
|---|---|--|---|----------|---|
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Nombre | <i>Ec</i> - 07 días (kg/cm ²) | Nombre | <i>Ec</i> - 14 días (kg/cm ²) | Nombre | <i>Ec</i> - 28 días (kg/cm ²) |
| 01 - A | 131,211.02 | 16 - A | 175,952.40 | 31 - A | 221,297.03 |
| 02 - A | 118,779.68 | 17 - A | 148,209.17 | 32 - A | 234,570.73 |
| 03 - A | 146,305.28 | 18 - A | 148,263.42 | 33 - A | 209,630.69 |
| 04 - A | 139,164.77 | 19 - A | 167,223.44 | 34 - A | 248,365.34 |
| 05 - A | 133,583.04 | 20 - A | 165,640.20 | 35 - A | 207,573.21 |
| 06 - A | 132,528.47 | 21 - A | 177,078.90 | 36 - A | 214,104.70 |
| 07 - A | 157,485.50 | 22 - A | 178,186.11 | 37 - A | 193,310.05 |
| 08 - A | 167,684.39 | 23 - A | 176,537.18 | 38 - A | 206,798.79 |
| 09 - A | 116,008.20 | 24 - A | 169,346.60 | 39 - A | 208,344.11 |
| 10 - A | 127,531.32 | 25 - A | 158,454.59 | 40 - A | 156,096.29 |
| 11 - A | 123,937.92 | 26 - A | 148,234.49 | 41 - A | 182,085.71 |
| 12 - A | 140,638.11 | 27 - A | 170,317.24 | 42 - A | 200,920.12 |
| 13 - A | 131,311.31 | 28 - A | 202,346.11 | 43 - A | 217,234.32 |
| 14 - A | 134,736.18 | 29 - A | 169,476.65 | 44 - A | 180,083.52 |
| 15 - A | 138,929.98 | 30 - A | 168,979.28 | 45 - A | 208,924.39 |
| Promedio | 135,989.01 | Promedio | 168,283.05 | Promedio | 205,955.93 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Con respecto a los cálculos estadísticos obtenidos como muestra la tabla 225, podemos apreciar que los valores del módulo de elasticidad del concreto elaborado con materiales tradicionales, evaluados a distintas edades, presentan una confiabilidad buena, según la clasificación por desviación estándar y coeficiente de variación que indica el INEI.

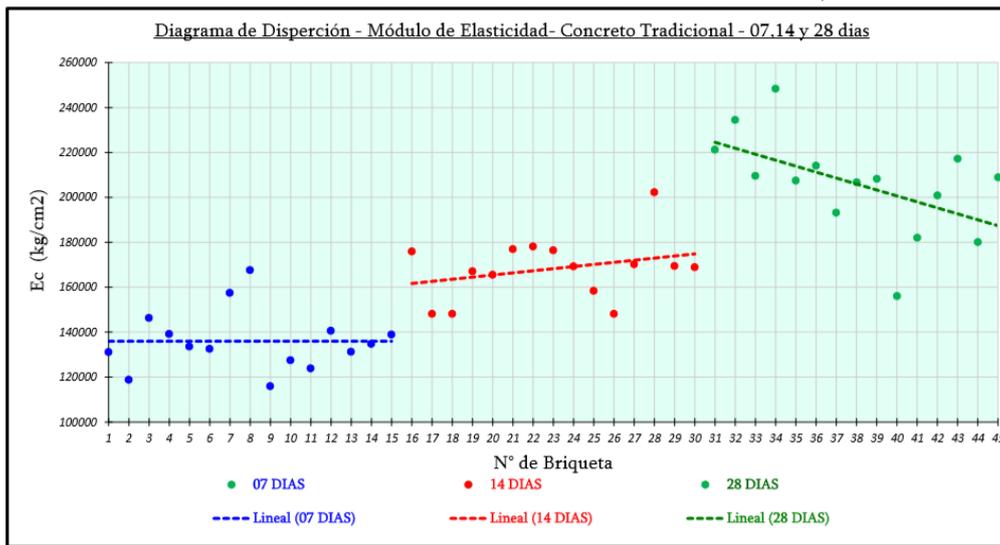
TABLA 225
CÁLCULOS ESTADÍSTICOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° TRADICIONAL

| Cálculos Estadístico - Módulo de Elasticidad | | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------|
| Concreto Tradicional | Desviación Estándar | Coeficiente de variación | Confiabilidad |
| 7 días | 20985.44 | 14.54% | Bueno |
| 14 días | 20819.78 | 8.37% | Bueno |
| 28 días | 27392.58 | 14.14% | Bueno |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Asimismo, según el diagrama de la figura 99, podemos observar que estos cálculos presentan una distribución que se acerca al valor absoluto de la media o línea de tendencia, evidenciando una dispersión aceptable que se contrasta también con los datos que muestra la tabla 223

FIGURA 99
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN- MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° TRADICIONAL – 07, 14 Y 28 DÍAS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.2.1.2. Resultados en cuanto a los cálculos del Módulo de Elasticidad del Concreto con Cascote

- Al someter las 45 briquetas de concreto con cascote a cargas axiales de compresión, se obtuvo que el módulo de elasticidad promedio a los 7 días fue de 144,370.68 kg/cm², 178,588.08 kg/cm² a los 14 días y 193,710.94 kg/cm² a los 28 días como muestra el siguiente cuadro:

TABLA 226
RESULTADOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL C° CON CASCOTE

| Universidad Andina del Cusco | | RESULTADOS - MÓDULO DE ELASTICIDAD - CONCRETO CON CASCOTE | | | |
|---|------------------------------------|---|------------------------------------|----------|------------------------------------|
| Tesis: "Comparación Del Módulo De Elasticidad Del Concreto Tradicional Vs. Concreto Preparado Reemplazando Agregado Grueso Por Cascote Y Adicionado Con Superplastificante En La Ciudad Del Cusco-2023" | | | | | |
| Responsables: Eyner G. Huanca Medina y Anghelo J. Palma Rimachi | | | | | |
| Nombre | Ec - 07 días (kg/cm ²) | Nombre | Ec - 14 días (kg/cm ²) | Nombre | Ec - 28 días (kg/cm ²) |
| 01 - B | 147,639.68 | 16 - B | 180,080.60 | 31 - B | 192,153.27 |
| 02 - B | 125,639.44 | 17 - B | 177,295.28 | 32 - B | 213,371.14 |
| 03 - B | 132,440.84 | 18 - B | 205,458.19 | 33 - B | 214,368.53 |
| 04 - B | 131,784.77 | 19 - B | 192,454.29 | 34 - B | 239,965.98 |
| 05 - B | 174,285.66 | 20 - B | 206,299.72 | 35 - B | 181,022.76 |
| 06 - B | 149,561.51 | 21 - B | 170,212.10 | 36 - B | 151,420.89 |
| 07 - B | 132,157.08 | 22 - B | 169,290.62 | 37 - B | 163,358.56 |
| 08 - B | 118,882.71 | 23 - B | 168,067.22 | 38 - B | 211,229.86 |
| 09 - B | 175,398.87 | 24 - B | 212,094.43 | 39 - B | 192,834.08 |
| 10 - B | 157,654.73 | 25 - B | 161,639.38 | 40 - B | 195,165.95 |
| 11 - B | 145,266.19 | 26 - B | 174,047.78 | 41 - B | 182,857.24 |
| 12 - B | 139,345.72 | 27 - B | 169,796.42 | 42 - B | 213,943.86 |
| 13 - B | 177,415.21 | 28 - B | 148,541.71 | 43 - B | 213,991.58 |
| 14 - B | 128,123.53 | 29 - B | 168,719.12 | 44 - B | 175,296.50 |
| 15 - A | 129,964.28 | 30 - A | 174,824.38 | 45 - A | 164,683.95 |
| Promedio | 144,370.68 | Promedio | 178,588.08 | Promedio | 193,710.94 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



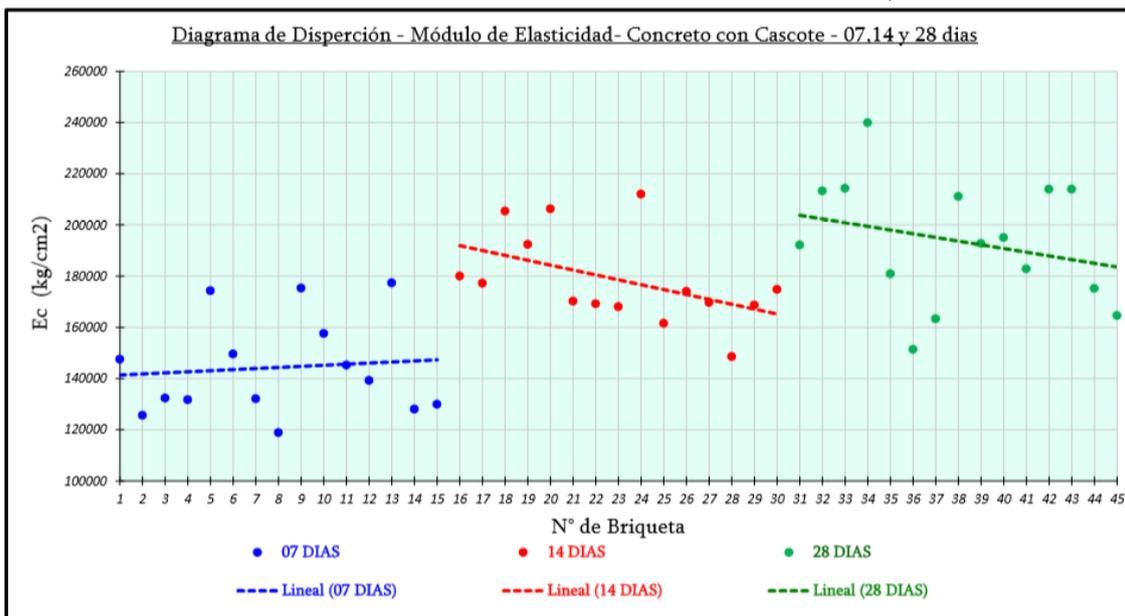
- Con respecto a los cálculos estadísticos obtenidos como muestra la tabla 227, podemos apreciar que los valores del módulo de elasticidad del concreto con cascote, evaluados a distintas edades, presentan una confiabilidad buena según la clasificación por desviación estándar y coeficiente de variación que indica el INEI., sin embargo, debemos mencionar que la evaluación a los 07 y 28 días nos encontramos al límite máximo para considerarse en esta categoría, ya que si el coeficiente de variación supera el 15% se considera una confiabilidad regular.

TABLA 227
CÁLCULOS ESTADÍSTICOS – MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° CON CASCOTE

| Cálculos Estadístico - Módulo de Elasticidad | | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------|
| Concreto Cascote | Desviación Estándar | Coeficiente de variación | Confiabilidad |
| 7 días | 20985.44 | 14.54% | Bueno |
| 14 días | 20819.78 | 11.66% | Bueno |
| 28 días | 27392.58 | 14.14% | Bueno |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 100
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN- MÓDULO DE ELASTICIDAD – C° CON CASCOTE – 07, 14 Y 28 DÍAS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Asimismo, según el diagrama de la figura 100, podemos observar que estos cálculos presentan una distribución que se acerca relativamente al valor absoluto de la media o línea de tendencia, evidenciando una dispersión regularmente aceptable.



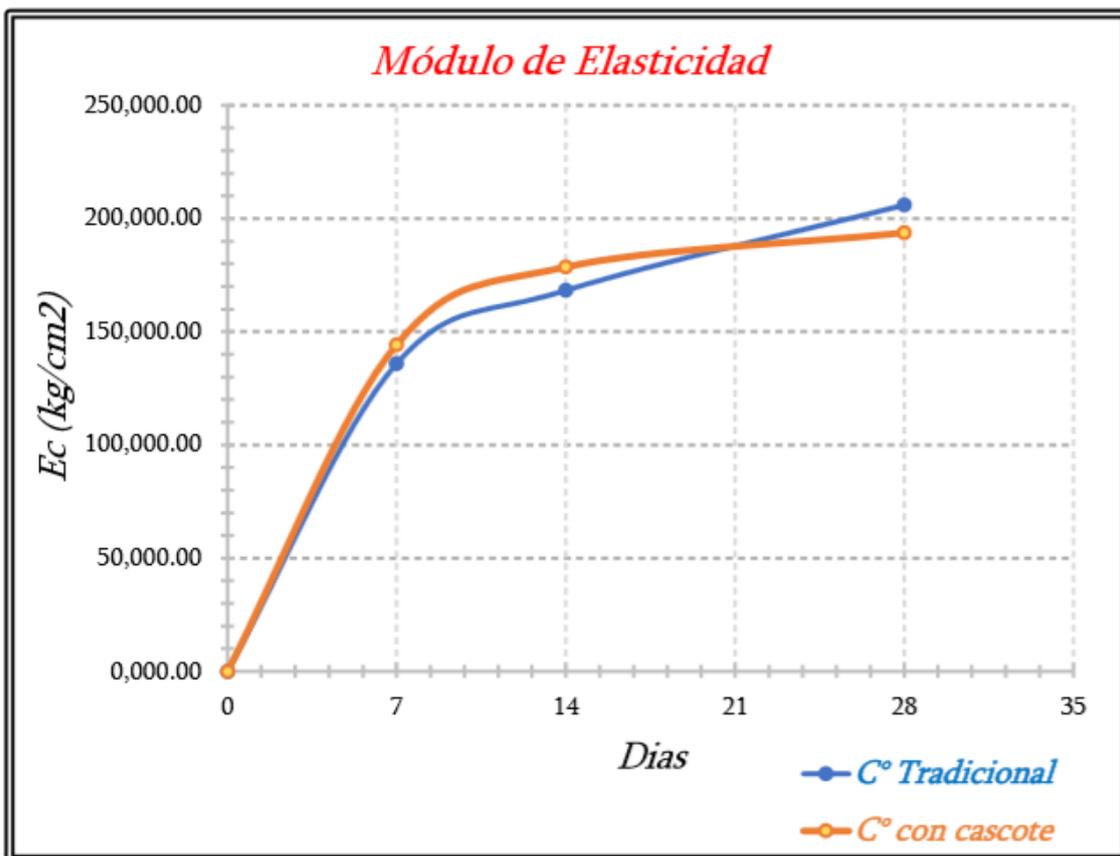
4.2.2. Resultados en cuanto a la comparación del Módulo de elasticidad del Concreto Tradicional Vs. Concreto con Cascote.

TABLA 228
COMPARACIÓN MODULO DE ELASTICIDAD DEL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE

| Ec - Módulo de Elasticidad | | | | |
|----------------------------|----------------|------------|----------------|------------|
| Días | C° Tradicional | Porcentaje | C° con cascote | Porcentaje |
| 0 | 0.00 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 7 | 135989.01 | 100.00% | 144370.68 | 106.16% |
| 14 | 168283.05 | 100.00% | 178588.08 | 106.12% |
| 28 | 205955.93 | 100.00% | 193710.94 | 94.05% |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 101
COMPARACIÓN MODULO DE ELASTICIDAD DEL C° TRADICIONAL VS C° CON CASCOTE



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Capítulo V. Discusión

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

- El hallazgo más relevante de nuestra investigación fue la verificación de la semejanza que existen entre los valores de resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto elaborado con materiales tradicionales, y el concreto elaborado con materiales no convencionales como es el caso del cascote, que siendo un material que no es obtenido de manera natural y que en su mayoría prestaron servicio durante mucho tiempo o fueron sometidos a condiciones climáticas desfavorables, este puede comportarse a la altura de un agregado convencional.
- Otro de los hallazgos más relevantes de la presente investigación fue comprobar que las propiedades del cascote como agregado, no están dentro de los parámetros establecidos por la normativa, como es el caso de la elevada capacidad de absorción de dicho material que altera la cantidad de agua efectiva, y que esto puede ser subsanado con el uso de un aditivo, en este caso de aditivo plastificante.
- Siendo el concreto con cascote un material que puede ser utilizado en el ámbito de la construcción, las entidades locales y regionales bien pudieren utilizarlo en obras de infraestructura, que implicaría aminorar la contaminación en nuestro medio ambiente, además de mejorar la optimización de recursos y producción innovadora de concreto



CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN N° 01

- ✓ Se demostró parcialmente la hipótesis general: “Los valores del módulo de elasticidad del concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante, presentan similitud a los valores del Módulo de elasticidad del concreto preparado con materiales tradicionales” referenciado a la tabla 226 y figura 103 del capítulo IV de la presente investigación, donde se demuestra que los valores del módulo de elasticidad del concreto con cascote a los 07 y 14 días presentan un comportamiento muy favorable con respecto al módulo de elasticidad del concreto tradicional frente al módulo de elasticidad del concreto con cascote a los 28 días que, si bien es cierto es un valor que se aproxima a al valor del concreto preparado con materiales tradicionales, se encuentra por debajo de este, evidenciando un comportamiento relativamente favorable.

CONCLUSIÓN N° 02

- ✓ Se demostró la hipótesis específica: “Los valores de la resistencia a la compresión del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante evaluados a los 7, 14 y 28 días después de su fabricación presentan similitud” referenciado a la tabla 216 y figura 91 del capítulo IV de la presente investigación, donde se demuestra que el porcentaje de resistencia obtenido, supera al porcentaje de resistencia nominal de diseño evaluado a los 7, 14 y 28 días, concluyendo que el concreto reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante presenta resultados favorables de resistencia a compresión.

CONCLUSIÓN N° 03

- ✓ No se logró demostrar la hipótesis específica: “Las características y propiedades de los agregados utilizados para la elaboración de concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante son adecuadas para elaborar un diseño de mezclas” referenciado a la tabla 220 y figuras 94, 95, 96 y 97 del capítulo IV de la presente investigación, en vista que las propiedades de contenido de humedad, peso unitario suelto, peso unitario compactado, porcentaje de absorción y peso específico del cascote, no están dentro de los parámetros normales que



debe presentar un agregado grueso, sin embargo, es importante mencionar que, si bien es cierto que los índices son diferentes, estos son cercanos a los valores normales parametrizados para la elaboración de un diseño de mezcla y fabricación de concreto.

CONCLUSIÓN N° 04

- ✓ Se logró demostrar parcialmente la hipótesis específica: “El cascote utilizado como agregado grueso, cumple los requisitos necesarios para reemplazar de manera eficaz y eficiente al agregado grueso tradicional en la preparación de concreto” referenciado a la tabla 220 del capítulo IV de la presente investigación, en vista que, parámetros tan incidentes como la densidad y porcentaje de absorción del agregado cascote, modifican de manera sustancial la cantidad final de agua efectiva, haciendo importante el uso de aditivo para no alterar este valor que modifica las propiedades del concreto deseado.

CONCLUSIÓN N° 05

- ✓ Se logró demostrar parcialmente la hipótesis específica: “Las proporciones de los componentes del concreto tradicional y concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con superplastificante no sufren variaciones sustanciales en cuanto a cantidad” referenciado a la tabla 221 y figura 99 del capítulo IV de la presente investigación, en vista que, las cantidades de cemento, agregado fino y agregado grueso son semejantes para un metro cubico de concreto según su diseño de mezcla, lo que no ocurre con la cantidad de agua, puesto que su variación si es considerable.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN 01:

Se recomienda ampliar la investigación, realizando el análisis comparativo del concreto tradicional y concreto elaborado con cascote, desde un punto de vista económico.

RECOMENDACIÓN 02:

Se recomienda realizar la investigación con un enfoque comparativo con respecto al cálculo del módulo de elasticidad establecida por la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales ASTM y la norma establecida por el Instituto Americano del Concreto ACI,

RECOMENDACIÓN 03:

Se recomienda realizar investigaciones comparativas de elementos estructurales realizados con concreto con materiales tradicionales y concreto elaborado con cascote.

RECOMENDACIÓN 04:

Se recomienda realizar investigaciones en análisis comparativo para las propiedades de resistencia a la flexión, del concreto fabricado con materiales tradicionales y concreto elaborado con cascote.

RECOMENDACIÓN 05:

Se recomienda ampliar la investigación con respecto a la comparación de distintos tipos de cascote.

RECOMENDACIÓN 06:

Se recomienda a la Universidad Andina del Cusco implementar con diales electrónicos que puedan ser sincronizados en tiempo real con el equipo universal, tales como el medidor de deformaciones electrónico conocido LVDT (Linear Variable Differential Transformer) con el cual se miden las deformaciones verticales, estas deformaciones se registran automáticamente por medio de una computadora conectada al medidor, por lo tanto por medio de un programa se puede graficar la curva $\sigma - \varepsilon$ y calcular al mismo tiempo el módulo de elasticidad.



REFERENCIAS

- 360 en concreto. (19 de noviembre de 2013). *AGREGADOS RECICLADOS: ¿QUÉ Y PARA QUÉ?* Obtenido de AGREGADOS RECICLADOS: ¿QUÉ Y PARA QUÉ?: <http://blog.360gradosenconcreto.com/agregados-recicladados-que-y-para-que/>
- Abanto, C. (2009). *Tecnología del concreto (Teoría y problemas)*. Lima: San Marcos.
- Arias, F. (2015). *El proyecto de investigación*. Caracas: Episteme.
- ASTM C-150 Cemento (nombre). (s.f.).
- ASTM C-469 Método de Ensayo Estándar para determinar El Módulo de elasticidad del concreto a compresión. (s.f.).
- ASTM C-595 (nombre). (s.f.).
- Diseño de mezclas – Comité 211.1 – Instituto Americano del Concreto (ACI). (s.f.).
- Fonseca, A. (2006). *revistacimientos*. Obtenido de <https://revistacimientos.com>: <https://revistacimientos.com/por-que-no-se-cumplen-las-especificaciones-granulometricas-de-la-arena-y-grava-en-la-produccion-de-hormigones/>
- Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*.
- Gutiérrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*.
- Guzmán, S. d. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero 5ta edición*.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación 6° edición*.
- Hernández, F. C. (2014). *Metodología de la investigación (6ª edición ed.)*. México: McGrwall Hill Education.
- Jairo, N. H. (2010). *Tecnología del concreto, Materiales, propiedades y diseño de mezclas Tercera edición – Tomo 1*. Colombia.
- Matallana, R. (2019). *El concreto, fundamentos y nuevas tecnologías*. Colombia.
- Norma ASMT C-150 (El cemento). (s.f.).
- NTP 334.009 cemento portland. (s.f.).
- NTP 334.044 (nombre). (s.f.).
- NTP 334.082 Cementos Portland. Especificación de la performance. (s.f.).
- NTP 334.090 cementos adicionados. (s.f.).
- NTP 339.088 Concreto, agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. (s.f.).
- NTP 339.185, MTC E-108 y ASMT D2216, Normas para calcular el contenido de humedad en los agregados. (s.f.).
- NTP 350.001 Requisitos que deben cumplir los tamices de ensayo para la clasificación de materiales según el tamaño de partículas. (s.f.).
- NTP 400.010: 2000 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. (s.f.).



NTP 400.011 AGREGADOS, Definición y clasificación. (s.f.).

NTP 400.012, MTC E-204 y ASMT C136, Normas que establecen el método para determinar la distribución por tamaño de las partículas de los agregados fino y grueso. (s.f.).

NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. (s.f.).

NTP 400.019 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. (s.f.).

NTP 400.021 Método de ensayo normalizado para determinar el peso específico y la absorción (después de 24 horas) del agregado Grueso. (s.f.).

NTP 400.022 Método de ensayo normalizado para determinar el peso específico y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino. (s.f.).

NTP 400.037: 2000 AGREGADOS. Requisitos. (s.f.).

Pacasmayo. (12 de Octubre de 2016). *Cementos Pacasmayo*. Obtenido de Cementos Pacasmayo: <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/cementos/tradicional/tipo-i/>

Pacasmayo S.A.A. (2009). *Aplicaciones de los tipos de cemento*.

Pacasmayo S.A.A. (2016). *Definición del módulo de elasticidad*.

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.

Rafael Riddell C., P. H. (2002). *Fundamentos De Ingeniería Estructural Para Estudiantes De Arquitectura*. Chile: Ediciones PUC de Chile.

Rivva Lopez, E. (1992). *Diseño de mezclas*.

Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima.

Siebel, K. y. (2001). *Propiedades del hormigón con áridos reciclados 2/2001*.

Steven H. Kosmatka, B. K. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*.

Torres Carrillo, A. (2004). *Curso de Tecnología del concreto*. Lima: UNI.

Vivian, Q. C. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la tecnología del hormigón*. Bolivia.



ANEXOS

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 - 125 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

| | | |
|---|---|---|
| 1. Expediente | 220307 | 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 | GRUPO ALLPA INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.C.R.L. | |
| 3. Dirección | Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO | Los resultados son validos 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 EQUIPOS | |
| Modelo | STYE-2000 | |
| Número de Serie | 160123 (*) | |
| Procedencia | CHINA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Indicación Marca Modelo Número de Serie Resolución | DIGITAL MC LM-02 NO INDICA 0,01 kN | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS | |
| 5. Fecha de Calibración | 2022-07-08 | |

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-07-15

Firmado digitalmente
por Williams Pérez
Fecha: 2022.07.15
16:49:30 -05'00'



Metrologia & 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 - 125 - 2022

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 7500-1:2018 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza."

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS

Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 12,3 °C | 13,3 °C |
| Humedad Relativa | 55 % HR | 56 % HR |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Informe/Certificado de calibración |
|---|--|------------------------------------|
| Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-1 87747 / 2021-1 95857 | CELDA DE CARGA calibrado a 1 000 kN con incertidumbre del orden de 0,3 % | LEDI-PUCP INF-LE 037-22B |

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.
- (*) Serie de identificación indicado en una etiqueta adherido en el equipo.

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 - LF - 125 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | | Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia | | | |
|-----------------------|------------|--|------------|------------|---------------------|
| % | F_i (kN) | F_1 (kN) | F_2 (kN) | F_3 (kN) | $F_{Promedio}$ (kN) |
| 10 | 100,0 | 101,6 | 101,6 | 101,7 | 101,6 |
| 20 | 200,0 | 201,3 | 200,7 | 201,0 | 201,0 |
| 30 | 300,0 | 300,7 | 300,4 | 298,3 | 299,8 |
| 40 | 400,0 | 400,4 | 400,4 | 400,0 | 400,2 |
| 50 | 500,0 | 500,0 | 499,9 | 500,0 | 500,0 |
| 60 | 600,0 | 599,4 | 599,3 | 599,4 | 599,4 |
| 70 | 700,0 | 698,7 | 698,7 | 698,6 | 698,7 |
| 80 | 800,0 | 798,1 | 798,4 | 797,8 | 798,1 |
| 90 | 900,0 | 897,8 | 898,0 | 897,8 | 897,9 |
| Retorno 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 q (%) | Repetibilidad b (%) | Reversibilidad v (%) | Resol. Relativa a (%) | |
| 100,0 | -1,58 | 0,10 | --- | 0,01 | 0,24 |
| 200,0 | -0,48 | 0,29 | --- | 0,01 | 0,24 |
| 300,0 | 0,07 | 0,78 | --- | 0,00 | 0,24 |
| 400,0 | -0,06 | 0,10 | --- | 0,00 | 0,24 |
| 500,0 | 0,00 | 0,02 | --- | 0,00 | 0,24 |
| 600,0 | 0,11 | 0,02 | --- | 0,00 | 0,24 |
| 700,0 | 0,19 | 0,01 | --- | 0,00 | 0,24 |
| 800,0 | 0,23 | 0,07 | --- | 0,00 | 0,24 |
| 900,0 | 0,23 | 0,02 | --- | 0,00 | 0,24 |

| | |
|---|--------|
| 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.



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 - 240 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | |
|--------------------------|--|
| 1. Expediente | 220307 |
| 2. Solicitante | GRUPO ALLPA INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.C.R.L. |
| 3. Dirección | Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA |
| Capacidad Máxima | 16100 g |
| División de escala (d) | 0,1 g |
| Div. de verificación (e) | 1 g |
| Clase de exactitud | II |
| Marca | METTLER TOLEDO |
| Modelo | SB16001 |
| Número de Serie | 1129163524 (*) |
| Capacidad mínima | 5 g |
| Procedencia | SUIZA |
| Identificación | NO INDICA |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS |
| 5. Fecha de Calibración | 2022-07-09 |

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.

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.

Fecha de Emisión
2022-07-13

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.07.15 17:14:11
-05'00'



Metrologia & 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 - 240 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS
Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 11,7 | 11,7 |
| Humedad Relativa (%HR) | 56 | 55 |

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 | PESAS (Clase de Exactitud: E2) | LM-C-120-2022 |
| PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-063-2018 | | |
| PESA (Clase de exactitud F1) DM- INACAL: LM-C-289-2021 | PESA (Clase de Exactitud M1) | SGM-A-2121-2021 |
| PESA (Clase de exactitud E1) HAFNER: LM-273-2019 | PESA (Clase de Exactitud F1) | E174-L-354B-2021-4 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.



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 - 240 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

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

| | | | | Inicial | Final | |
|----------------|--------------------------|--------|-------|--------------------------|--------|-------|
| | | | | Temperatura (°C) | 11,7 | 11,7 |
| Medición Nº | Carga L1 = 8 000,0 g | | | Carga L2 = 16 000,0 g | | |
| | I (g) | ΔL (g) | E (g) | I (g) | ΔL (g) | E (g) |
| 1 | 7 999,9 | 0,05 | -0,11 | 15 999,8 | 0,04 | -0,20 |
| 2 | 7 999,9 | 0,04 | -0,10 | 15 999,8 | 0,03 | -0,19 |
| 3 | 7 999,9 | 0,04 | -0,10 | 15 999,8 | 0,04 | -0,20 |
| 4 | 7 999,9 | 0,05 | -0,11 | 15 999,8 | 0,05 | -0,21 |
| 5 | 7 999,9 | 0,04 | -0,10 | 15 999,8 | 0,04 | -0,20 |
| 6 | 7 999,9 | 0,04 | -0,10 | 15 999,8 | 0,04 | -0,20 |
| 7 | 7 999,9 | 0,05 | -0,11 | 15 999,8 | 0,03 | -0,19 |
| 8 | 7 999,9 | 0,04 | -0,10 | 15 999,8 | 0,04 | -0,20 |
| 9 | 7 999,9 | 0,03 | -0,09 | 15 999,8 | 0,04 | -0,20 |
| 10 | 7 999,9 | 0,04 | -0,10 | 15 999,8 | 0,04 | -0,20 |
| | Diferencia Máxima | | | Diferencia Máxima | | |
| | 0,02 | | | 0,02 | | |
| | Error Máximo Permissible | | | Error Máximo Permissible | | |
| | ± 2,00 | | | ± 2,00 | | |

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

| | |
|---|---|
| 2 | 5 |
| 1 | |
| 3 | 4 |

Posición
de las
cargas

| | | |
|------------------|---------|-------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura (°C) | 11,7 | 11,7 |

| 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 (g) | I (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | |
| 1 | 10,0 g | 10,0 | 0,05 | 0,00 | 5 000,0 | 4 999,9 | 0,04 | -0,10 | -0,10 | |
| 2 | | 10,0 | 0,06 | -0,01 | | 4 999,9 | 0,03 | -0,09 | -0,08 | |
| 3 | | 10,0 | 0,05 | 0,00 | | 5 000,1 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | |
| 4 | | 10,0 | 0,04 | 0,01 | | 5 000,0 | 0,05 | -0,01 | -0,02 | |
| 5 | | 10,0 | 0,05 | 0,00 | | 4 999,9 | 0,03 | -0,09 | -0,09 | |
| | | | | | | Error máximo permisible | | | | ± 2,00 |

* Valor entre 0 y 10e

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 240 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|------------------|---------|-------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura (°C) | 11,7 | 11,7 |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p ** (± g) |
|----------------|------------|--------|-------|--------|--------------|--------|-------|--------|---------------------|
| | l (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | l (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | |
| 10,0 | 10,0 | 0,05 | 0,00 | | | | | | |
| 20,0 | 20,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 19,9 | 0,04 | -0,09 | -0,09 | 1,00 |
| 100,0 | 100,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 99,9 | 0,03 | -0,08 | -0,08 | 1,00 |
| 500,0 | 500,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 500,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 1,00 |
| 1 000,0 | 1 000,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 1 000,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 1,00 |
| 3 000,0 | 3 000,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 3 000,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| 6 000,0 | 5 999,9 | 0,03 | -0,09 | -0,09 | 5 999,9 | 0,04 | -0,10 | -0,10 | 2,00 |
| 9 000,0 | 8 999,9 | 0,04 | -0,10 | -0,10 | 8 999,9 | 0,03 | -0,09 | -0,09 | 2,00 |
| 12 000,0 | 11 999,8 | 0,03 | -0,18 | -0,18 | 11 999,8 | 0,04 | -0,19 | -0,19 | 2,00 |
| 15 000,0 | 14 999,8 | 0,03 | -0,19 | -0,19 | 14 999,8 | 0,03 | -0,19 | -0,19 | 2,00 |
| 16 100,0 | 16 099,8 | 0,04 | -0,20 | -0,20 | 16 099,8 | 0,04 | -0,20 | -0,20 | 2,00 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado E_c: Error corregido.

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,00001309959 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2x\sqrt{0,002381667 g^2 + 0,0000000001414314 R^2}$

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.

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 - LM - 240 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|------------------|---------|-------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura (°C) | 11,7 | 11,7 |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p ** (± g) |
|----------------|------------|--------|-------|--------|--------------|--------|-------|--------|-------------------|
| | l (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | l (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | |
| 10,0 | 10,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 19,9 | 0,04 | -0,09 | -0,09 | 1,00 |
| 20,0 | 20,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 19,9 | 0,04 | -0,09 | -0,09 | 1,00 |
| 100,0 | 100,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 99,9 | 0,03 | -0,08 | -0,08 | 1,00 |
| 500,0 | 500,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 500,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 1,00 |
| 1 000,0 | 1 000,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 1 000,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 1,00 |
| 3 000,0 | 3 000,0 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 3 000,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| 6 000,0 | 5 999,9 | 0,03 | -0,09 | -0,09 | 5 999,9 | 0,04 | -0,10 | -0,10 | 2,00 |
| 9 000,0 | 8 999,9 | 0,04 | -0,10 | -0,10 | 8 999,9 | 0,03 | -0,09 | -0,09 | 2,00 |
| 12 000,0 | 11 999,8 | 0,03 | -0,18 | -0,18 | 11 999,8 | 0,04 | -0,19 | -0,19 | 2,00 |
| 15 000,0 | 14 999,8 | 0,03 | -0,19 | -0,19 | 14 999,8 | 0,03 | -0,19 | -0,19 | 2,00 |
| 16 100,0 | 16 099,8 | 0,04 | -0,20 | -0,20 | 16 099,8 | 0,04 | -0,20 | -0,20 | 2,00 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E_o: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado E_c: Error corregido.

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,00001309959 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2x\sqrt{0,002381667 g^2 + 0,0000000001414314 R^2}$

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.

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 - LM - 241 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS
Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 13,0 | 14,0 |
| Humedad Relativa (%HR) | 54 | 53 |

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 | PESAS (Clase de Exactitud: E2) | LM-C-120-2022 |
| PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-063-2018 | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.



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 - 241 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

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

| Medición Nº | Carga L1 = 2 000,00 g | | | Carga L2 = 4 000,00 g | | | |
|-------------------------|-----------------------|---------|--------|-------------------------|---------|--------|-------|
| | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | |
| 1 | 2 000,00 | 5 | -1 | 4 000,00 | 5 | -2 | |
| 2 | 2 000,00 | 5 | -1 | 4 000,00 | 6 | -3 | |
| 3 | 2 000,00 | 4 | 0 | 4 000,00 | 6 | -3 | |
| 4 | 2 000,00 | 5 | -1 | 4 000,00 | 5 | -2 | |
| 5 | 2 000,00 | 5 | -1 | 4 000,00 | 5 | -2 | |
| 6 | 2 000,00 | 4 | 0 | 4 000,00 | 6 | -3 | |
| 7 | 2 000,00 | 6 | -2 | 3 999,99 | 3 | -10 | |
| 8 | 2 000,00 | 5 | -1 | 4 000,00 | 5 | -2 | |
| 9 | 2 000,00 | 5 | -1 | 4 000,00 | 6 | -3 | |
| 10 | 2 000,00 | 4 | 0 | 4 000,00 | 5 | -2 | |
| Diferencia Máxima | | | 2 | Diferencia Máxima | | | 8 |
| Error Máximo Permisible | | | ± 200 | Error Máximo Permisible | | | ± 300 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| | |
|---|---|
| 2 | 5 |
| 1 | |
| 3 | 4 |

Posición
de las
cargas

| Temperatura (°C) | Inicial | Final |
|------------------|---------|-------|
| | 13,0 | 13,0 |

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-------|---------|---------|--------------------------------------|----------|---------|--------|---------|
| | Carga Mínima* | I (g) | ΔL (mg) | Eo (mg) | Carga L (g) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) |
| 1 | 0,10 g | 0,10 | 5 | 0 | 1 300,00 | 1 300,01 | 6 | 9 | 9 |
| 2 | | 0,10 | 4 | 1 | | 1 300,02 | 7 | 18 | 17 |
| 3 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 300,01 | 6 | 9 | 10 |
| 4 | | 0,10 | 5 | 0 | | 1 300,01 | 5 | 10 | 10 |
| 5 | | 0,10 | 5 | 0 | | 1 300,02 | 7 | 18 | 18 |
| Error máximo permisible | | | | | | | | ± 200 | |

* Valor entre 0 y 10e



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 - 241 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|------------------|---------|-------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura (°C) | 14,0 | 14,0 |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p ** (± mg) |
|------------------|------------|----------|---------|-----------|--------------|----------|---------|-----------|----------------------|
| | l (g) | ΔL(mg) | E(mg) | Ec (mg) | l (g) | ΔL(mg) | E(mg) | Ec (mg) | |
| 0,10 | 0,10 | 5 | 0 | | | | | | |
| 0,50 | 0,50 | 6 | -1 | -1 | 0,50 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 1,00 | 1,00 | 5 | 0 | 0 | 1,00 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 10,00 | 10,00 | 5 | 0 | 0 | 10,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 50,00 | 50,00 | 6 | -1 | -1 | 50,00 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 100,00 | 100,00 | 5 | 0 | 0 | 100,00 | 4 | 1 | 1 | 100 |
| 500,00 | 500,01 | 7 | 8 | 8 | 500,00 | 5 | 0 | 0 | 200 |
| 1 000,00 | 1 000,01 | 7 | 8 | 8 | 1 000,01 | 6 | 9 | 9 | 200 |
| 2 000,00 | 2 000,00 | 5 | -1 | -1 | 1 999,99 | 3 | -9 | -9 | 300 |
| 3 000,00 | 3 000,00 | 6 | -2 | -3 | 3 000,00 | 6 | -2 | -3 | 300 |
| 4 000,00 | 3 999,99 | 3 | -10 | -10 | 4 000,00 | 4 | -1 | -1 | 300 |
| 4 100,00 | 4 100,00 | 5 | -2 | -2 | 4 100,00 | 5 | -2 | -2 | 300 |

** error máximo permisible

Leyenda: 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 - 0,00000057286 R

Incertidumbre expandida de medición

$U = 2x \sqrt{0,000029372 \text{ g}^2 + 0,0000000000132324 \text{ R}^2}$

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.

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 - LM - 242 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

| | | |
|--------------------------|---|---|
| 1. Expediente | 220307 | 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 | GRUPO ALLPA INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.C.R.L. | |
| 3. Dirección | Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO | |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA | 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. |
| Capacidad Máxima | 30 kg | |
| División de escala (d) | 0,005 kg | |
| Div. de verificación (e) | 0,05 kg | |
| Clase de exactitud | III | |
| Marca | PESAMATIC | |
| Modelo | KTACS-Q7 | |
| Número de Serie | HSJBC1500917 (*) | |
| Capacidad mínima | 0,1 kg | |
| Procedencia | NO INDICA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS | |
| 5. Fecha de Calibración | 2022-07-09 | |

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-07-13

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.07.15 17:00:07
-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 - 242 - 2022

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

LABORATORIO DE SUELOS

Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|----------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 14,3 | 14,3 |
| Humedad Relativa (%) | 49 | 51 |

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-120-2022 |
| PESA (Clase de exactitud E2) DM-INACAL: LM-273-2019 | Pesa (exactitud F1) | E174-L-354B-2021-3 |
| PESA (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-152-2020 | Pesa (exactitud M1) | SGM-A-2121-2021 |
| PESA (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-153-2020 | Pesa (exactitud M1) | SGM-A-2122-2021 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.

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



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 - 242 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

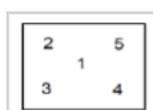
| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|----------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | NO TIENE | CURSOS | NO TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | | |
|-------------|---------|---------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura | 14,3 °C | 14,3 °C |

| Medición Nº | Carga L1 = 15,0000 kg | | | Carga L2 = 30,0000 kg | | |
|----------------|--------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|---------|
| | I (kg) | ΔL (g) | E (g) | I (kg) | ΔL (g) | E (g) |
| 1 | 15,005 | 2,5 | 5,0 | 29,995 | 2,0 | -4,5 |
| 2 | 15,005 | 2,0 | 5,5 | 29,995 | 2,0 | -4,5 |
| 3 | 15,005 | 2,5 | 5,0 | 30,000 | 3,0 | -0,5 |
| 4 | 15,005 | 3,0 | 4,5 | 30,000 | 2,5 | 0,0 |
| 5 | 15,005 | 3,5 | 4,0 | 29,998 | 2,0 | -1,5 |
| 6 | 15,000 | 2,5 | 0,0 | 30,000 | 3,0 | -0,5 |
| 7 | 15,000 | 2,0 | 0,5 | 30,000 | 2,5 | 0,0 |
| 8 | 15,005 | 3,0 | 4,5 | 30,000 | 2,5 | 0,0 |
| 9 | 15,000 | 2,5 | 0,0 | 30,000 | 2,5 | 0,0 |
| 10 | 15,000 | 2,0 | 0,5 | 29,995 | 2,0 | -4,5 |
| | Diferencia Máxima | | 4,5 | Diferencia Máxima | | 4,5 |
| | Error Máximo Permissible | | ± 50,0 | Error Máximo Permissible | | ± 100,0 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de
las cargas

| | | |
|-------------|---------|---------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura | 14,3 °C | 14,3 °C |

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------------------------------------|--------|--------|-------|--------|
| | Carga Mínima* | I (kg) | ΔL (g) | Eo (g) | Carga (L) | I (kg) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) |
| 1 | 0,0500 kg | 0,050 | 2,5 | 0,0 | 10,0000 kg | 10,005 | 3,5 | 4,0 | 4,0 |
| 2 | | 0,050 | 2,0 | 0,5 | | 9,990 | 2,0 | -9,5 | -10,0 |
| 3 | | 0,050 | 3,0 | -0,5 | | 9,995 | 2,5 | -5,0 | -4,5 |
| 4 | | 0,050 | 2,5 | 0,0 | | 10,010 | 4,0 | 8,5 | 8,5 |
| 5 | | 0,050 | 2,5 | 0,0 | | 10,010 | 4,5 | 8,0 | 8,0 |
| | | | | | Error máximo permisible | | | | ± 50,0 |

* 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



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 - 242 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|-------------|---------|---------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura | 14,3 °C | 14,3 °C |

| Carga L (kg) | CARGA CRECIENTE | | | | CARGA DECRECIENTE | | | | ± e.m.p (g)** |
|--------------|-----------------|--------|-------|--------|-------------------|--------|-------|--------|---------------|
| | l (kg) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | l (kg) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | |
| 0,0500 | 0,050 | 2,5 | 0,0 | | | | | | |
| 0,1000 | 0,100 | 3,0 | -0,5 | -0,5 | 0,100 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 50,0 |
| 0,2000 | 0,200 | 3,0 | -0,5 | -0,5 | 0,200 | 3,0 | -0,5 | -0,5 | 50,0 |
| 0,5000 | 0,500 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,500 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 50,0 |
| 1,0000 | 1,000 | 3,0 | -0,5 | -0,5 | 1,000 | 3,0 | -0,5 | -0,5 | 50,0 |
| 5,0000 | 5,005 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 5,000 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 50,0 |
| 10,0000 | 10,000 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 10,005 | 3,0 | 4,5 | 4,5 | 50,0 |
| 15,0000 | 15,005 | 3,0 | 4,5 | 4,5 | 15,005 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 50,0 |
| 20,0000 | 20,000 | 3,5 | -1,0 | -1,0 | 20,005 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 50,0 |
| 25,0000 | 24,995 | 2,0 | -4,5 | -4,5 | 24,995 | 2,5 | -5,0 | -5,0 | 50,0 |
| 30,0000 | 30,005 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 30,005 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 100,0 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_C: Error corregido.

LECTURA CORREGIDA : $R_{CORREGIDA} = R - 3,84 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U = 2 \times \sqrt{1,06 \times 10^{-5} \text{ kg}^2 + 1,99 \times 10^{-7} \times R^2}$

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.

Metrologia & 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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 135 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 6

| | |
|------------------------|--|
| 1. Expediente | 220354 |
| 2. Solicitante | GRUPO ALLPA INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.C.R.L. |
| 3. Dirección | Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO |
| 4. Equipo | HORNO |
| Alcance Máximo | De 0 °C a 200 °C |
| Marca | PINZUAR |
| Modelo | PG190 |
| Número de Serie | 371 (*) |
| Procedencia | COLOMBIA |
| Identificación | NO INDICA |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS |

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 validos 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 aqui 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.

| Descripción | Controlador / Selector | Instrumento de medición |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Alcance | 0 °C a 200 °C | 0 °C a 200 °C |
| División de escala / Resolución | 0,1 °C | 0,1 °C |
| Tipo | CONTROLADOR DIGITAL | TERMÓMETRO DIGITAL |

5. Fecha de Calibración 2022-07-11

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrologia

Sello

2022-07-15

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.07.15 17:29:34
-05'00'



Metrologia & 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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 135 - 2022**

*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

LABORATORIO DE SUELOS

Av. Costanera Mza. D Lote. 5, Wanchaq - Cusco - CUSCO

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 16,0 °C | 16,0 °C |
| Humedad Relativa | 32 % | 38 % |

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 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 - 2021 | TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES | LT-0090-2022 |
| Dirección de Metrología INACAL LT - 108 - 2021 | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (*) Serie inscrito con tinta indeleble sobre el equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 135 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

| Tiempo (min) | Termómetro del equipo (°C) | TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) | | | | | | | | | | T _{prom} (°C) | max-T _m |
|-----------------|----------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|--------------------|
| | | NIVEL SUPERIOR | | | | | NIVEL INFERIOR | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 111,4 | 115,3 | 113,2 | 112,3 | 110,7 | 110,9 | 125,8 | 115,6 | 110,2 | 110,9 | 111,6 | 113,7 | 15,6 |
| 02 | 110,8 | 113,2 | 111,7 | 111,1 | 109,5 | 110,9 | 120,0 | 112,4 | 108,9 | 109,7 | 109,9 | 111,7 | 11,1 |
| 04 | 109,3 | 113,1 | 111,2 | 110,6 | 109,0 | 110,6 | 122,0 | 113,0 | 108,4 | 109,0 | 109,6 | 111,7 | 13,6 |
| 06 | 111,6 | 115,4 | 113,3 | 112,5 | 111,1 | 110,9 | 125,4 | 115,5 | 110,2 | 110,9 | 111,7 | 113,7 | 15,2 |
| 08 | 110,8 | 113,3 | 111,5 | 111,3 | 109,7 | 110,9 | 119,7 | 112,7 | 108,9 | 109,8 | 110,1 | 111,8 | 10,8 |
| 10 | 109,8 | 113,2 | 111,4 | 110,9 | 109,3 | 110,6 | 123,9 | 113,5 | 108,7 | 109,2 | 109,9 | 112,1 | 15,2 |
| 12 | 111,1 | 114,1 | 112,4 | 111,8 | 110,4 | 110,9 | 124,9 | 114,6 | 109,7 | 110,4 | 110,9 | 113,0 | 15,2 |
| 14 | 110,1 | 112,3 | 111,0 | 110,5 | 109,1 | 110,8 | 119,2 | 111,8 | 108,3 | 108,9 | 109,2 | 111,1 | 10,9 |
| 16 | 110,8 | 114,8 | 113,0 | 112,1 | 110,6 | 110,9 | 127,9 | 116,2 | 109,9 | 110,5 | 111,4 | 113,7 | 18,0 |
| 18 | 110,8 | 113,2 | 111,4 | 111,1 | 109,7 | 110,9 | 121,8 | 112,9 | 108,8 | 109,4 | 110,0 | 111,9 | 13,0 |
| 20 | 109,4 | 112,3 | 111,2 | 110,3 | 108,7 | 110,5 | 121,8 | 112,4 | 108,2 | 108,8 | 109,4 | 111,4 | 13,6 |
| 22 | 111,3 | 115,3 | 112,8 | 112,3 | 110,8 | 110,9 | 126,9 | 115,4 | 109,9 | 110,6 | 111,4 | 113,6 | 17,0 |
| 24 | 110,5 | 112,7 | 111,5 | 110,9 | 109,2 | 110,9 | 120,4 | 112,5 | 108,7 | 109,3 | 109,7 | 111,6 | 11,7 |
| 26 | 109,9 | 113,6 | 111,6 | 111,1 | 109,8 | 110,7 | 125,7 | 114,6 | 108,7 | 109,5 | 109,9 | 112,5 | 17,0 |
| 28 | 111,0 | 114,1 | 112,0 | 111,5 | 110,0 | 111,0 | 123,7 | 114,1 | 109,2 | 110,0 | 110,6 | 112,6 | 14,5 |
| 30 | 109,6 | 112,1 | 110,7 | 110,3 | 108,9 | 110,6 | 120,3 | 111,9 | 108,1 | 108,7 | 109,0 | 111,1 | 12,2 |
| 32 | 111,1 | 114,8 | 113,2 | 112,2 | 110,7 | 110,9 | 127,2 | 115,3 | 109,9 | 110,5 | 111,4 | 113,6 | 17,3 |
| 34 | 110,8 | 113,0 | 111,4 | 110,9 | 109,4 | 111,0 | 121,1 | 112,5 | 108,7 | 109,5 | 109,9 | 111,7 | 12,4 |
| 36 | 109,6 | 113,2 | 111,7 | 110,8 | 109,3 | 110,8 | 123,3 | 113,4 | 108,4 | 109,0 | 110,0 | 112,0 | 14,9 |
| 38 | 111,1 | 114,0 | 112,8 | 112,1 | 110,4 | 111,0 | 126,0 | 115,0 | 109,8 | 110,3 | 111,2 | 113,3 | 16,2 |
| 40 | 110,5 | 112,1 | 111,3 | 110,7 | 109,2 | 110,9 | 120,4 | 111,9 | 108,4 | 109,1 | 109,4 | 111,3 | 12,0 |
| 42 | 109,9 | 113,9 | 111,9 | 111,5 | 109,8 | 110,7 | 128,2 | 115,0 | 109,2 | 109,6 | 110,4 | 113,0 | 19,0 |
| 44 | 111,6 | 113,6 | 112,9 | 112,5 | 110,8 | 111,0 | 125,9 | 115,9 | 110,3 | 110,9 | 111,6 | 113,6 | 15,6 |
| 46 | 110,8 | 112,9 | 111,7 | 111,1 | 109,6 | 111,2 | 122,0 | 112,0 | 108,9 | 109,4 | 109,9 | 111,9 | 13,1 |
| 48 | 109,6 | 112,3 | 111,1 | 110,4 | 109,0 | 110,9 | 122,8 | 112,9 | 108,4 | 109,0 | 109,4 | 111,6 | 14,4 |
| 50 | 111,6 | 115,3 | 113,4 | 112,8 | 111,1 | 111,2 | 129,0 | 116,2 | 110,4 | 111,1 | 111,9 | 114,2 | 18,6 |
| 52 | 111,1 | 113,3 | 111,9 | 111,5 | 109,8 | 111,2 | 122,5 | 113,4 | 109,2 | 109,8 | 110,3 | 112,3 | 13,3 |
| 54 | 109,7 | 111,7 | 110,5 | 110,0 | 108,8 | 111,1 | 120,4 | 111,9 | 108,0 | 108,5 | 109,0 | 111,0 | 12,4 |
| 56 | 110,8 | 113,9 | 112,7 | 112,0 | 110,4 | 111,3 | 129,0 | 115,3 | 109,7 | 110,3 | 111,3 | 113,6 | 19,3 |
| 58 | 110,5 | 112,7 | 111,3 | 110,9 | 109,5 | 111,2 | 122,9 | 112,7 | 108,7 | 109,4 | 109,9 | 111,9 | 14,2 |
| 60 | 109,9 | 113,2 | 111,7 | 111,2 | 109,4 | 110,8 | 128,3 | 114,3 | 108,9 | 109,6 | 110,2 | 112,8 | 19,4 |
| T.PROM | 110,5 | 113,5 | 112,0 | 111,3 | 109,8 | 110,9 | 123,9 | 113,8 | 109,1 | 109,7 | 110,4 | 112,4 | |
| T.MAX | 111,6 | 115,4 | 113,4 | 112,8 | 111,1 | 111,3 | 129,0 | 116,2 | 110,4 | 111,1 | 111,9 | | |
| T.MIN | 109,3 | 111,7 | 110,5 | 110,0 | 108,7 | 110,5 | 119,2 | 111,8 | 108,0 | 108,5 | 109,0 | | |
| DTT | 2,3 | 3,6 | 2,9 | 2,8 | 2,4 | 0,8 | 9,8 | 4,4 | 2,4 | 2,6 | 2,9 | | |

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 135 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 4 de 6

| PARÁMETRO | VALOR (°C) | INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C) |
|---|-----------------|-----------------------------------|
| Máxima Temperatura Medida | 129,0 | 0,94 |
| Mínima Temperatura Medida | 108,0 | 0,39 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 9,8 | 0,11 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 14,7 | 0,68 |
| Estabilidad Medida (±) | 4,9 | 0,04 |
| Uniformidad Medida | 19,4 | 0,68 |

- 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.

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.

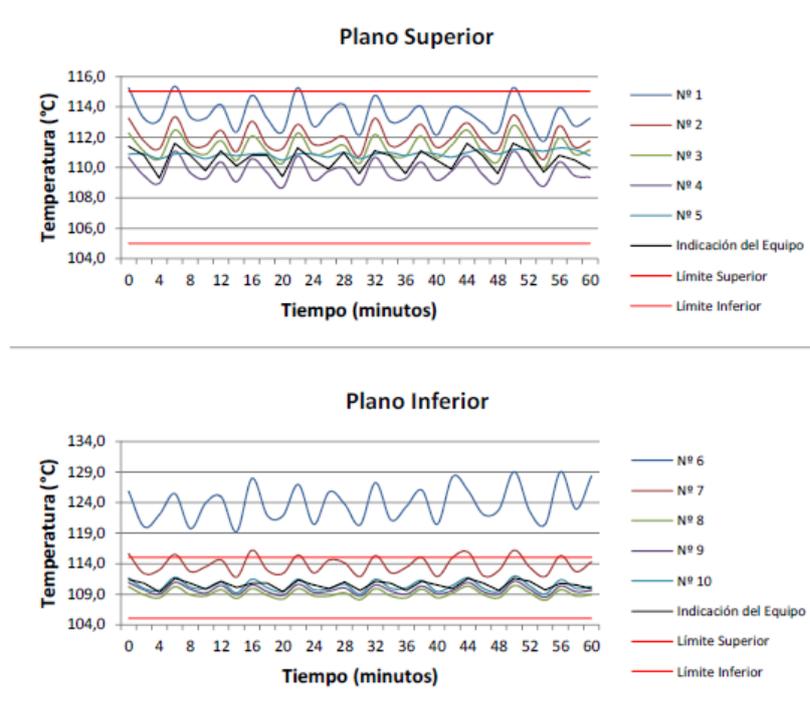
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 135 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 6

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



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

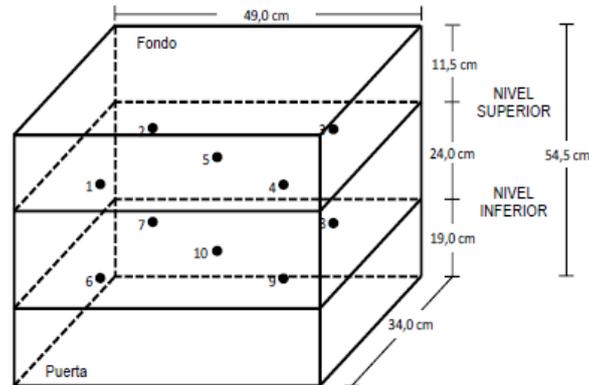


**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 135 - 2022**

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 6 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%.



CONSTANCIA DEL LABORATORIO

Constancia

El que suscribe; el gerente operaciones, Ing. Sebastian Quispe Ccarita, de la empresa Allpa Ingeniería y Construcción, con RUC: 20603749457 ubicada en la Av. La Costanera Mza. D, Lote. 5 (ingreso por calle Daniel Paiva F) del distrito de Wanchaq, provincia y departamento del Cusco.

CERTIFICA

Que, Los testistas Eyner Giancarlo Huanca Medina identificado con DNI N° 47564121 y Anghelo J. Palma Rimachi identificado con DNI N° 48463280, realizaron distintos ensayos en las instalaciones del laboratorio para la tesis "Comparación de módulo de elasticidad del concreto tradicional vs. Concreto preparado reemplazando agregado grueso por cascote y adicionado con Superplastificante en la ciudad del Cusco" en la empresa, desde el 01 de febrero hasta el 28 de Abril de 2022.

Durante el tiempo de su permanencia, ha demostrado cooperación, puntualidad, honestidad y responsabilidad en el desempeño de su tesis.

Realizando los siguientes ensayos:

- Ensayo de Granulometría de agregados y cascote
- Ensayo de contenido de humedad
- Ensayo Peso Unitario de los agregados
- Ensayo Peso específico de los agregados
- Elaboración de Diseño de mezcla
- Elaboración de testigos cilíndricos de concreto
- Rotura de Briquetas sometidas a carga axial
- Extracción de datos para la determinación del Módulo de Elasticidad

Se le expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines y usos que crea por conveniente.

Cusco, 28 de Abril del 2022.


GRUPO ALLPA INGENIERIA Y CONSTRUCCION
Sebastian Quispe Ccarita
DNI: 45996257
GERENTE COMERCIAL

GRUPO ALLPA INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.R.L.
Av. La Costanera D-5, Ingreso por la calle Daniel Paiva F, Wanchaq, Cusco, Perú
907 787 610
facebook.com/grupoallpaingenieria
https://www.allpaingenieria.com.pe/
secom@allpaingenieria.com.pe