

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
SIMPLE Y ANÁLISIS DE COSTOS DEL MORTERO TRADICIONAL  
FABRICADO EN OBRA Y EL MORTERO PREMEZCLADO PARA  
ENLUCIDO”

DAVID ALEJANDRO BUSTAMANTE TROYA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS MONTERO

QUITO, AÑO 2020

## *Índice*

1.	Capítulo 1: Generalidades .....	13
1.1	Introducción .....	14
1.2	Justificación .....	15
1.3	Alcance .....	16
1.4	Planteamiento del problema.....	17
1.5	Objetivos.....	18
2.	Capítulo 2: Marco Teórico .....	18
2.1	Definición de mortero.....	18
2.2	Propiedades del mortero .....	19
2.2.1	Propiedades del mortero en estado fresco .....	19
2.2.2	Propiedades del mortero en estado endurecido.....	19
2.3	Normativa de los ensayos a realizar .....	20
2.4	Procedimientos de los ensayos a realizar .....	21
2.4.1	Práctica normativa para el muestreo de agregados. ....	22
2.4.2	Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto. ....	22
2.4.3	Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa -gravedad específica-, y la absorción de agregados finos.....	23

2.4.4	Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75 µm) en agregados minerales mediante lavado.....	24
2.4.5	Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos.....	25
2.4.6	Método normalizado de ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50-mm]).....	25
2.4.7	Método de prueba estándar para hacer, curado acelerado y probar muestras de prueba de compresión de concreto.....	28
3.	Capítulo 3: Resultados .....	29
3.1	Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos. (Anexo 1).....	29
3.2	Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos. (Anexo 2).....	29
3.3	Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75 µm) en agregados minerales mediante lavado. (Anexo 3) .....	31
3.4	Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos. (Anexo 4).....	32
3.5	Método normalizado de ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50-mm]). (Anexo 5).....	37
3.5.1	Ensayo luego del curado acelerado .....	37
3.5.2	Ensayo a los 7 días .....	40

3.5.3	Ensayo a los 28 días .....	47
3.6	Aplicación en obra .....	53
3.6.1	Aplicación del mortero tradicional.....	53
3.6.2	Aplicación del mortero premezclado industrial.....	78
4.	Capítulo 4: Análisis comparativo .....	99
4.1	Comparación técnica .....	99
4.2	Comparación económica .....	125
5.	Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones.....	131
5.1	Conclusiones .....	131
5.2	Recomendaciones.....	137
6.	Bibliografía.....	139
7.	Anexos .....	141

## Índice de tablas

Tabla 1: Dosificación recomendada para fabricar mortero de cemento.....	16
Tabla 2: Resultados del ensayo para detección de impurezas orgánicas en agregados finos .....	29
Tabla 3: Resultados del método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos.....	30
Tabla 4: Granulometría arena de Otavalo.....	32
Tabla 5: Granulometría arena de Tabacundo.....	34
Tabla 6: Granulometría arena de Pomasqui.....	36
Tabla 7: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego del curado acelerado, arena de Otavalo.....	38
Tabla 8: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego del curado acelerado, arena de Tabacundo.....	39
Tabla 9: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego del curado acelerado, arena de Pomasqui.....	40
Tabla 10: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, arena de Otavalo.....	41
Tabla 11: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, arena de Tabacundo.....	43
Tabla 12: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, arena de Pomasqui.....	45

Tabla 13: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, mortero premezclado.....	47
Tabla 14: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, arena de Otavalo.....	48
Tabla 15: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, arena de Tabacundo.....	49
Tabla 16: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, arena de Pomasqui.....	51
Tabla 17: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, mortero premezclado.....	53
Tabla 18: INEN 855: Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido para hormigón .....	99
Tabla 19: Gravedad específica de las tres arenas.....	100
Tabla 20: NTE INEN 2536 “Áridos para uso en morteros para mampostería”.....	101
Tabla 21: UNE-EN 998-1:2018: especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido .....	103
Tabla 22: Categorías de Resistencia para morteros para revoco y enlucido según UNE-EN 998-1:2018.....	104
Tabla 23: Datos técnicos mortero premezclado Enlumax .....	105
Tabla 24: Dosificación de agua para mortero premezclado, Enlumax.....	115
Tabla 25: Análisis de precios unitarios mortero tradicional.....	125
Tabla 26: Análisis de precios unitarios mortero premezclado.....	128
Tabla 27: Comparativa método tradicional contra método industrial.....	130

## Índice de gráficos

Gráfica 1: Curva granulométrica arena de Otavalo.....	33
Gráfica 2: Curva granulométrica arena de Tabacundo.....	35
Gráfica 3: Curva granulométrica arena de Pomasqui.....	37
Gráfica 4: Resistencia de la arena de Otavalo luego del curado acelerado .....	38
Gráfica 5: Resistencia de la arena de Tabacundo luego del curado acelerado .....	39
Gráfica 6: Resistencia de la arena de Pomasqui luego del curado acelerado .....	40
Gráfica 7: Resistencia de la arena de Otavalo luego de 7 días .....	42
Gráfica 8: Resistencia de la arena de Tabacundo luego de 7 días .....	44
Gráfica 9: Resistencia de la arena de Pomasqui luego de 7 días .....	46
Gráfica 10: Resistencia de la arena de Otavalo luego de 28 días.....	48
Gráfica 11: Resistencia de la arena de Tabacundo luego de 28 días.....	50
Gráfica 12: Resistencia de la arena de Pomasqui luego de 28 días.....	52
Gráfica 13: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de curado acelerado, arena de Otavalo .....	106
Gráfica 14: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 7 días, arena de Otavalo .....	107
Gráfica 15: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 28 días, arena de Otavalo .....	108
Gráfica 16: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de curado acelerado, arena de Tabacundo .....	109

Gráfica 17: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 7 días, arena de Tabacundo .....	109
Gráfica 18: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 28 días, arena de Tabacundo .....	110
Gráfica 19: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de curado acelerado, arena de Pomasqui .....	111
Gráfica 20: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 7 días, arena de Pomasqui .....	112
Gráfica 21: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 28 días, arena de Pomasqui .....	113
Gráfica 22: Granulometría Pomasqui pasado por el tamiz No 8 .....	138

### **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1: Nivelación pared .....	54
Ilustración 2: Bodega de materiales .....	55
Ilustración 3: Acarreo de materiales.....	55
Ilustración 4: Acarreo de materiales.....	56
Ilustración 5: Acarreo de materiales.....	56
Ilustración 6: Mezcla de arena y cemento .....	57
Ilustración 7: Mezcla de arena y cemento .....	57
Ilustración 8: Espesor del mortero tradicional a colocar .....	58
Ilustración 9: Dosificación del mortero tradicional.....	58
Ilustración 10: Dosificación del mortero tradicional.....	59

Ilustración 11: Dosificación del mortero tradicional.....	59
Ilustración 12: Colocación del mortero tradicional.....	60
Ilustración 13: Colocación del mortero tradicional.....	61
Ilustración 14: Colocación del mortero tradicional.....	61
Ilustración 15: Colocación del mortero tradicional.....	62
Ilustración 16: Mortero tradicional en estado fresco.....	62
Ilustración 17: Nivelación de la pared.....	63
Ilustración 18: Nivelación de la pared.....	63
Ilustración 19: Colocación del mortero tradicional.....	64
Ilustración 20: Colocación del mortero tradicional.....	64
Ilustración 21: Colocación del mortero tradicional.....	65
Ilustración 22: Mortero tradicional en estado fresco.....	65
Ilustración 23: Acabado final del mortero tradicional.....	66
Ilustración 24: Acabado final del mortero tradicional.....	66
Ilustración 25: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día ....	67
Ilustración 26: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día ....	67
Ilustración 27: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día ....	68
Ilustración 28: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día ....	68
Ilustración 29: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día .	69
Ilustración 30: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día .	69
Ilustración 31: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día .	70
Ilustración 32: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día .	70
Ilustración 33: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día .	71

Ilustración 34: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día.....	71
Ilustración 35: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día.....	72
Ilustración 36: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día.....	72
Ilustración 37: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día.....	73
Ilustración 38: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día.....	73
Ilustración 39: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, séptimo día ..	74
Ilustración 40: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, séptimo día ..	74
Ilustración 41: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días .....	75
Ilustración 42: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días .....	75
Ilustración 43: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días .....	76
Ilustración 44: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días .....	76
Ilustración 45: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días .....	77
Ilustración 46: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días .....	77
Ilustración 47: Nivelación de la pared a enlucir con mortero industrial .....	78
Ilustración 48: Bodega del material.....	79
Ilustración 49: Preparación de la pared a ser enlucida .....	79
Ilustración 50: Preparación de la pared a ser enlucida .....	80
Ilustración 51: Dosificación del mortero industrial .....	80
Ilustración 52: Mezclado del mortero industrial .....	81
Ilustración 53: Espesor requerido para enlucir con el mortero industrial.....	81
Ilustración 54: Espesor requerido para enlucir con el mortero industrial.....	82
Ilustración 55: Mortero industrial .....	82
Ilustración 56: Colocación del mortero industrial.....	83

Ilustración 57: Colocación del mortero industrial.....	83
Ilustración 58: Colocación del mortero industrial.....	84
Ilustración 59: Colocación del mortero industrial.....	84
Ilustración 60: Colocación del mortero industrial.....	85
Ilustración 61: Nivelación de la pared enlucida con mortero industrial.....	85
Ilustración 62: Nivelación de la pared enlucida con mortero industrial.....	86
Ilustración 63: Nivelación de la pared enlucida con mortero industrial.....	86
Ilustración 64: Acabado de la pared .....	87
Ilustración 65: Acabado de la pared .....	87
Ilustración 66: Acabado de la pared .....	88
Ilustración 67: Acabado de la pared .....	88
Ilustración 68: Acabado final de la pared .....	89
Ilustración 69: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día .....	89
Ilustración 70: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día .....	90
Ilustración 71: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día .....	90
Ilustración 72: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día .....	91
Ilustración 73: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día .....	91
Ilustración 74: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día ...	92
Ilustración 75: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día ...	92
Ilustración 76: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día ...	93
Ilustración 77: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día ...	93
Ilustración 78: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, tercer día .....	94
Ilustración 79: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, séptimo día ...	94

Ilustración 80: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, séptimo día ....	95
Ilustración 81: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, séptimo día ....	95
Ilustración 82: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días .....	96
Ilustración 83: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días .....	96
Ilustración 84: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días .....	97
Ilustración 85: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días .....	97
Ilustración 86: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días .....	98
Ilustración 87: Pared enlucida con mortero tradicional .....	118
Ilustración 88: Pared enlucida con mortero tradicional .....	118
Ilustración 89: Pared enlucida con mortero tradicional .....	119
Ilustración 90: Pared enlucida con mortero industrial .....	119
Ilustración 91: Pared enlucida con mortero industrial .....	119
Ilustración 92: Pared enlucida con mortero industrial .....	120
Ilustración 93: Inspección visual a los 7 días, mortero tradicional .....	122
Ilustración 94: Inspección visual a los 7 días, mortero tradicional .....	122
Ilustración 95: Inspección visual a los 7 días, mortero industrial .....	122
Ilustración 96: Inspección visual a los 7 días, mortero industrial .....	122
Ilustración 97: Inspección visual a los 28 días, mortero tradicional .....	123
Ilustración 98: Inspección visual a los 28 días, mortero tradicional .....	123
Ilustración 100: Inspección visual a los 28 días, mortero industrial .....	124
Ilustración 99: Inspección visual a los 28 días, mortero industrial .....	124

## Agradecimiento

*A mis padres, por ser mi mayor inspiración y ejemplo a seguir. Este logro es fruto de todo el esfuerzo y apoyo que me han brindado a lo largo de mi carrera universitaria. Todo mi esfuerzo es inspirado en ustedes.*

*A mis hermanos, por siempre brindarme el cariño y apoyo en todo momento. Los quiero mucho.*

*A mis profesores en especial al Ing. Juan Carlos Montero, Ing. Lauro Lara e Ing. Jorge Albuja por su ayuda en la elaboración de este trabajo.*

*A todos mis amigos, por hacer de mi etapa universitaria una de las mejores de mi vida*

*David Bustamante*

## Capítulo 1: Generalidades

### 11.1 Introducción

El mortero para revestimiento cumple esencialmente dos funciones: el acabado que se desea emplear en un muro, como puede ser la textura y el color. Así como la protección que este brinda ante el ataque de agentes externos. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)

Los principales componentes del mortero para enlucido, son: el cemento, la arena fina, el agua y ocasionalmente aditivos. Al ser de fácil elaboración, el mortero ha sido utilizado a lo largo de muchas épocas, pero en la actualidad ha tenido un crecimiento exponencial, gracias al auge de la construcción en el país. A su vez, es muy común su uso en la rehabilitación de fachadas y estructuras.

A pesar de ser un material de uso prácticamente masivo en nuestro medio, existe poco conocimiento sobre las propiedades de este. En obra, es muy común que al creer que se tiene un conocimiento sobre hormigones en general, estos se pueden traspasar a la fabricación de morteros, por lo que la fabricación artesanal se la puede observar prácticamente en toda construcción de nuestro medio.

La producción de manera artesanal del mortero y el nulo control que se da a su fabricación y posterior colocación, ha generado que existan pérdidas en las obras. Se han registrado daños en las estructuras que tienen que ser corregidos, lo que va a incrementar el precio del rubro. Por el problema antes mencionado, en los últimos años, empresas han elaborado un producto que garantice su fabricación y colocación en obra, estos son los morteros industriales. Las empresas certifican, que los problemas que se tenían con el mortero tradicional, no van a existir con el producto que ellos ofrecen.

Por las razones expuestas es necesario realizar un análisis comparativo, tanto técnico, como económico, de estos dos productos para así poder tener un panorama más claro de cómo se está utilizando este producto en las construcciones de nuestro medio.

Para cumplir con estos objetivos, se presenta en el siguiente trabajo de titulación, un análisis técnico donde se va a comparar si las características de los agregados cumplen con lo establecido en la norma INEN y son aptos para su uso en la elaboración de mortero para enlucido. Igualmente, se va a realizar ensayos de compresión simple. Esto con el objetivo de determinar una curva de dosificación de cada arena y así saber con certeza, qué dosificación sería la que alcance los valores similares a los que tiene el mortero industrial.

## **11.2 Justificación**

Si se considera que el mortero para enlucido representa aproximadamente el 15% del volumen total en un muro ejecutado en una construcción, significa que es un material sumamente importante a nivel constructivo y que, de manera general, no se lo evalúa con el nivel de importancia necesaria.

Aunque el enlucido en edificaciones ha sido un sistema muy tradicional en el país, en la actualidad se observa un aumento de su uso en la construcción. Esto se da principalmente al notable crecimiento de la construcción en el país y sobre todo en la ciudad de Quito. Además, por su uso en la restauración de fachadas.

En el presente trabajo de titulación, se presentará una comparativa entre el mortero tradicional fabricado en obra y el fabricado industrialmente. Para dicha comparación se va a realizar un análisis económico y una comparativa técnica mediante ensayos de laboratorio propuestos por la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN 198: “Determinación de la resistencia a la flexión y compresión de los morteros”; INEN 2563: “Morteros. evaluación previa a la construcción y durante la construcción de morteros para mampostería simple y reforzada”; y comparadas con la norma generada por la Asociación Española de Normalización, UNE-EN 998-1:2018: “Especificaciones de los morteros para

albañilería”. Para tener un análisis completo de los dos materiales, se va a observar su comportamiento en obra. Para lo cual se va a visitar obras en la ciudad, donde se observe la fabricación y colocación de los materiales. Así se podrá observar su comportamiento a lo largo de distintos períodos de tiempo, para así poder realizar un análisis económico completo de los mismos.

### 11.3 Alcance

Se proyecta realizar estudios exploratorios de morteros fabricados tradicionalmente y morteros prefabricados. Según la UNACEM, así como la Asociación Española de Normalización, UNE-EN 998-1:2018, el mortero fabricado en obra generalmente tiene una dosificación 1:6 para enlucidos. En el ámbito de la construcción, no existe una norma que rijan para enlucidos. Generalmente en obra, el enlucido se lo realiza en base a la experiencia de los maestros, más no por una norma que guíe su correcta aplicación y curado, para obtener los resultados deseados. Las dosificaciones en obra varían desde 1:2 hasta 1:6, esto debido a la incertidumbre que existe en el medio. Con el objetivo de analizar distintas arenas y ver cuál es su granulometría y si es posible establecer una dosificación uniforme para todas las arenas se va a comparar tres arenas provenientes de distintas canteras, que son: Otavalo, Pomasqui y Tabacundo.

*Tabla 1: Dosificación recomendada para fabricar mortero de cemento*

<b>DOSIFICACIÓN RECOMENDADA PARA FABRICAR MORTERO DE CEMENTO</b>			
<b>TIPO DE MORTERO</b>	<b>CEMENTO (quintal)</b>	<b>ARENA (parihuela*)</b>	<b>AGUA (litros)</b>
Enlucidos	1	6 (arena fina)	35
Masillados	1	3 (arena fina)	27
Juntas (mampostería de ladrillo o bloque liviano)	1	4 (arena mediana)	30
Juntas (mampostería de piedra o bloque macizo)	1	3 (arena mediana)	27

\* 1 parihuela (30x30x30x30 cm) = 0,027 m<sup>3</sup>

Fuente: (UNACEM Ecuador S.A., 2016)

Para la comparación técnica, se va a utilizar el mortero industrial Enlumax Capa Gruesa fabricado por la empresa Intaco.

Para el presente trabajo, se procede a comparar la resistencia a la compresión simple del mortero elaborado con arena, proveniente de las 3 canteras antes mencionadas y el mortero prefabricado. Para los morteros elaborados tradicionalmente, se va a realizar distintas dosificaciones de cada arena. Esto se lo realiza para obtener una curva de dosificación de cada arena y así saber con certeza, qué dosificación alcanzaría una resistencia equiparable a la que tiene el mortero premezclado.

De la misma manera, se procede a realizar morteros del producto Enlumax, para poder comprobar los datos proporcionados por el fabricante en la ficha técnica. Para tener una comparación equiparable, se va a realizar ensayos a la compresión simple a los 7 días y a los 28 días.

A su vez, es de gran importancia ver la aplicación que tiene el mortero premezclado y el tradicional ejecutado en obra. Por esta razón procede a realizar una comparativa de tiempo de aplicación, rendimiento, acabado y agrietamientos ejecutados en una obra. Este punto es de suma importancia, para saber en realidad cómo se comportan los morteros en las obras de construcción.

Finalmente, para tener un análisis completo, es necesario ejecutar una comparación económica de los morteros realizados, esto para poder tener una idea más clara tanto de las ventajas como desventajas que presentan los distintos materiales.

#### **11.4 Planteamiento del problema**

Las resistencias mecánicas de los morteros destinados a revestimiento deben cumplir fundamentalmente a las tensiones provocadas por movimientos de los soportes, tensiones

generadas por cambios ambientales e impactos o agresiones externas. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)

Es por esta razón, resulta necesario identificar las propiedades del material y poder determinar si los morteros fabricados en obra o los de tipo industrial, cumplen con lo establecido en las normas nacionales e internacionales y comparar cuáles de ellos presenta una mayor ventaja, tanto a nivel constructivo como a nivel económico.

## **11.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Realizar un análisis comparativo desde el punto de vista técnico y económico entre mortero tradicional fabricado en obra vs mortero premezclado para enlucido.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Identificar las propiedades principales de los morteros para enlucido en el sector de la construcción, tanto en estado fresco como endurecido.
- Analizar los requisitos que deben cumplir los morteros, en base a las normas INEN 256.
- Analizar el comportamiento de los morteros, tradicionales e industriales, en obra.

## **Capítulo 2: Marco Teórico**

### **12.1 Definición de mortero**

Los morteros para albañilería se definen como "mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos, áridos, agua y a veces adiciones y/o aditivos" (ConcretOnline, 2018). Dichas mezclas deben ser homogéneas y sus componentes se deben utilizar en unas proporciones determinadas de acuerdo con la utilización prevista del mortero. (Ibidem)

## **12.2 Propiedades del mortero**

### **12.2.1 Propiedades del mortero en estado fresco**

- **Manejabilidad:** Depende principalmente de la cantidad de arena y cemento, de la textura y del módulo de finura de la arena. Esta propiedad engloba a otras propiedades que están interrelacionadas entre sí. Estas son la consistencia, la fluidez, la capacidad de retención de agua y tiempo de fraguado. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)
- **Retención de agua:** Está principalmente ligado a la plasticidad del material una vez que se ha colocado en obra. Esta propiedad influye directamente en la resistencia final, pues el mortero es un material que necesita una hidratación adecuada. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)
- **Tiempo de fraguado:** Esta propiedad va ligada al tipo de agregados que se utilizó en la mezcla y sobre todo si existió uso de aditivo. A su vez depende de las condiciones del medio ambiente en el cual fue colocado. Generalmente el tiempo de fraguado oscila entre 2 y 24 horas. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)

### **12.2.2 Propiedades del mortero en estado endurecido**

- **Resistencia a la compresión:** La resistencia a la compresión de los morteros, es considerada una de las propiedades más importantes del mismo. Esta puede ser a su vez relacionada como la durabilidad o la adherencia. Esta propiedad es directamente proporcional a la dosificación que tenga el mortero, mientras menos arena tenga el mortero, mayor va a ser su resistencia a la compresión. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)

- **Adherencia:** Es considerada la propiedad más importante a la hora de hablar de morteros para enlucidos. Es la propiedad, propia del material, que viene del anclaje de los cristales del cemento en los poros del mortero para poder adherirse a otros materiales, ya sea piedra, ladrillo, etc. La adherencia del material influye directamente en la durabilidad del mismo. Ya que, si esta propiedad va disminuyendo con el tiempo, la durabilidad del material cae proporcionalmente y se produce agrietamientos. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)
- **Durabilidad:** Es la propiedad que tiene el material de mantener las características propias durante el tiempo. Estas características son principalmente, la resistencia y la apariencia. Esta propiedad puede ser afectada por el ámbito externo en el que se encuentre colocado y la utilización de materiales inadecuados, así como la mala colocación en obra. (Asociación Nacional de fabricantes de mortero, 2006)

### **12.3 Normativa de los ensayos a realizar**

- ASTM D75-03: Práctica normativa para el muestreo de agregados.
- ASTM C40: Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.
- ASTM C128-04<sup>a</sup>: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos.
- ASTM C117-03: Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75  $\mu\text{m}$ ) en agregados minerales mediante lavado.
- ASTM C136-05: Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos.

- ASTM C684 -99: Método de prueba estándar para hacer, curado acelerado y probar muestras de prueba de compresión de concreto.
- ASTM C109/C109M-08: Método Normalizado de Ensayo de Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos de 2 in. o [50-mm]).
- INEN 198: Determinación de la resistencia a la flexión y compresión de los morteros.
- UNE-EN 998-1:2018: Especificaciones de los morteros para albañilería.

#### **12.4 Procedimientos de los ensayos a realizar**

Para la comparación técnica, se va a realizar distintos ensayos de laboratorio, con el fin de comprobar si las arenas disponibles en el mercado, cumplen con lo establecido en la norma.

Para la caracterización de los agregados, se van a realizar los siguientes ensayos:

- Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.
- Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa - gravedad específica-, y la absorción de agregados finos.
- Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75  $\mu$ m) en agregados minerales mediante lavado.
- Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos.

Estos ensayos, van a permitir observar si las arenas provenientes de las canteras de Otavalo, Tabacundo y Pomasqui, son aptas para la elaboración de morteros para enlucido.

Para el análisis de compresión simple de los morteros, se propone en el presente trabajo realizar una curva de dosificación, para así saber con certeza qué dosificación va a alcanzar

los valores establecidos por la norma y los que tiene el mortero industrial. Para este análisis, se va a realizar los siguientes ensayos:

- Método normalizado de ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50-mm]).
- Método de prueba estándar para hacer, curado acelerado y probar muestras de prueba de compresión de concreto.

A continuación, se detalla los procedimientos de los diferentes ensayos a realizar.

#### **12.4.1 Práctica normativa para el muestreo de agregados.**

- Se lleva el material a laboratorio y se procede a homogenizar la muestra.
- Se procede a formar un montón cónico con el material y con la ayuda de una tabla se aplasta el mismo hasta que tenga forma cónica achatada.
- Se toma una varilla y se divide el material en 4 partes iguales.
- Al azar, se selecciona dos partes del material. Estas partes deben ser necesariamente opuestas.
- Las muestras seleccionadas se las coloca en el horno a una temperatura de  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  por un período de 24 horas.

#### **12.4.2 Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.**

- Se pesa 500 gramos de material seco.
- Preparar una solución de hidróxido de sodio al 3%. Se agrega 3 gramos de hidróxido de sodio a  $97\text{ cm}^3$  de agua.

- En una probeta con capacidad de 200 cm<sup>3</sup> se coloca con el agregado fino hasta la marca de 130 cm<sup>3</sup> y completar hasta 200 cm<sup>3</sup> con la solución de hidróxido de sodio.
- Se tapa la probeta y se la agita.
- La probeta se deja reposar por un período de 24 horas.
- Se compara con la escala de colores el líquido que se encuentra encima de la arena, la cual analiza a 500 partes por millón de sustancias orgánicas perjudiciales, determinando si el material es adecuado para el uso de fabricación de morteros

#### **12.4.3 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa -gravedad específica-, y la absorción de agregados finos.**

- Se obtiene aproximadamente 2 kilogramos material seco.
- Se coloca la muestra dentro de un recipiente con agua por 24 horas.
- Se saca la muestra del recipiente, se la extiende en una bandeja grande y se deja reposar hasta que el material tenga una apariencia de estar seco.
- La muestra se coloca dentro de un molde cónico.
  - Si la muestra se esparce por completo quiere decir que está muy seca y debemos rociarla con agua.
  - Si la muestra no se desvanece quiere decir que aún existe humedad.
  - Si no se desvanece completamente y conserva un poco su forma esta lista para el siguiente paso.

- Para determinar la gravedad específica, se toma una muestra de la bandeja de 500 gramos, y se coloca en un matraz con agua a una temperatura aproximada de 25 °C. El agua debe estar a un nivel inferior a la mitad del matraz.
- Después de colocada la muestra, se hace rodar el matraz por la palma de la mano hasta que las burbujas desaparezcan.
- Cuando ya no existan burbujas en el matraz, se llena el mismo con 500 cm<sup>3</sup> de agua y procedemos a determinar la masa de la muestra y agua en conjunto.
- A continuación, se procede a colocar la muestra en un recipiente y se la coloca en el horno por 24 horas.

#### **12.4.4 Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75 µm) en agregados minerales mediante lavado.**

- Se utiliza la segunda parte del material obtenido por el cuarteo mecánico y se coloca en una charola.
- Se procede a lavar el agregado y se vacía el agua por el tamiz No 16 y el No 200 evitando la pérdida de material. Se repita este proceso hasta que el agua este cristalina.
- Se coloca el material lavado en una bandeja y se añade las muestras retenidas por los tamices.
- Meter al horno la muestra al horno y dejar ahí mínimo por 24 horas.

#### **12.4.5 Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos.**

- Se procede a dividir el material en dos partes, con el cuarteador mecánico se divide en  $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{4}$ .
- El material mayoritario obtenido por el cuarteo se coloca en una serie de 8 tamices ordenados en forma descendente entre 8-10 minutos.
- Este material debe pasar por el tamizado mecánico y posterior por tamizado manual.
- Se determina la masa del material retenido en cada tamiz, incluyendo el material que se retiene en el pasante y se compara con la masa inicial.

#### **12.4.6 Método normalizado de ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50-mm]).**

##### ➤ Composición de los morteros

- Las proporciones en masa para formar un mortero normal deben estar constituidas por la dosificación deseada y previamente estudiada.
- La cantidad de agua de mezclado, medida en  $\text{cm}^3$ , debe ser la adecuada para producir un flujo entre 100 y 115%.
- Se procede a entreverar los materiales en la mezcladora de morteros, 1 minuto en velocidad baja y 1 minuto en velocidad rápida.

##### ➤ Determinación del flujo plástico

- Con las cantidades de arena y cemento indicadas anteriormente y cierta cantidad de agua, se prepara el mortero. Una vez mezclado el mortero, se lo lleva para realizar la prueba del flujo plástico.

- Se centra correctamente el cono sobre el platillo de la mesa de flujo previamente humedecido.
- Se coloca el mortero en el molde hasta llenarlo.
- Utilizando el pisón, se golpea en toda la superficie del mortero por 20 veces consecutivas.
- Se enrasa con la espátula, al nivel superior del molde y se limpia el mortero que haya caído al exterior.
- Se quita el molde, levantándolo verticalmente y de una manera continua.
- Mediante la manivela, se dan 25 golpes en 15 segundos.
- Sobre la superficie final ocupada por el mortero después de la operación, se determina el diámetro final promedio de 4 lecturas.
- Si el flujo del mortero es menor a 100% o mayor a 115%, hay que repetir la mezcla variando la cantidad de agua.

➤ Llenado de los moldes

- Después de determinar el ensayo de flujo, se vuelve a colocar el mortero de la mesa de flujo en la mezcladora; se raspa rápidamente las paredes recogiendo todo el mortero y se continúa el mezclado durante 15 segundos, a una velocidad rápida.
- El llenado de los moldes debe iniciarse antes de 2,5 minutos, contados desde la determinación de la mezcla original del mortero.
- Se coloca una capa de mortero de más o menos 25 mm de espesor en cada compartimento cúbico.

- Se apisona el mortero en cada compartimento 32 veces, en 4 etapas de 8 golpes cada una; los golpes en cada etapa deben darse siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior; se deben completar las cuatro etapas de un compartimento antes de pasar al siguiente.
  - Una vez terminado el apisonado en todos los compartimentos, se deben llenar con una segunda capa y se procede a realizar el último apisonamiento.
  - Después de finalizada la compactación, se alisa la superficie de los cubos con la espátula, una vez en el sentido longitudinal del molde y otra en el sentido transversal.
- Almacenamiento de los cubos
- Una vez terminada la operación de llenado, se introducen los moldes con mortero en la cámara de humedad por un período de 20 a 24 horas.
  - Si los cubos se retiran de los moldes antes de las 24 horas, se deben dejar en la cámara de humedad hasta que se complete este tiempo.
  - Los cubos se sumergen en agua dentro del tanque de almacenamiento; el agua de almacenamiento se debe mantener limpia por renovación frecuente.
- Determinación del esfuerzo a la compresión
- Todos los cubos deben ser probados dentro de las tolerancias.
  - Se saca los cubos de la cámara de humedad y se pasan inmediatamente a la máquina de prueba.
  - En el caso de los otros cubos, se deben sacar del recipiente de almacenamiento y ensayar inmediatamente.

- En cada cubo, se determina las dimensiones y la masa.
- Se deben comprobar que las superficies del mortero sean perfectamente planas; caso contrario se deben alisar las superficies hasta que queden planas: si esto no es posible se desecha el cubo.
- Se coloca cuidadosamente el cubo, centrándolo debajo del bloque superior de la máquina de ensayo; no se deben usar materiales amortiguadores entre el cubo y el bloque.
- Se aplica una pequeña carga inicial; con el objeto de que el bloque superior de la máquina de ensayo se asiente sobre toda la superficie del cubo.
- Se ajusta la velocidad de aplicación de la carga de tal manera que la carga total, se aplique sin interrupción en un tiempo comprendido entre 20 y 80 segundos,

#### **12.4.7 Método de prueba estándar para hacer, curado acelerado y probar muestras de prueba de compresión de concreto.**

- Se procede a colocar los cubos de mortero dentro de una olla o recipiente.
- Llenar de agua el recipiente hasta cubrir toda la superficie.
- Colocar la olla en estufa y ponerla a fuego lento, para que comience a hervir el agua.
- Se debe tener especial cuidado con el agua que se evapora, ya que siempre se debe agregar la misma para que la prueba sea exitosa.
- El proceso se lo realiza por 12 horas.

## Capítulo 3: Resultados

### 13.1 Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos. (Anexo 1)

La norma ASTM C 40 indica que en la escala de Gardner (0 a 5) en el uso de arenas para morteros, la muestra es aceptable hasta 3.

Tabla 2: Resultados del ensayo para detección de impurezas orgánicas en agregados finos

Cantera	Valor en escala	Contenido orgánico aceptable
Arena de Otavalo	2	Si
Arena de Tabacundo	1	Si
Arena de Pomasqui	0	Si

Fuente: (Bustamante, 2020)

### 13.2 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos. (Anexo 2)

Fórmulas a utilizar:

- Masa de agua añadida al matraz  $M_a$

$$M_a = M_{mwm} - (M_n + B)$$

- Gravedad específica Bulk  $G_e$

$$G_e = \frac{A}{500 - M_a}$$

- Gravedad específica saturada con superficie seca  $G_{es}$

$$G_{es} = \frac{B}{500 - M_a}$$

- Gravedad específica aparente  $G_{ea}$

$$Gea = \frac{A}{500 + Mm - Mmwm + A}$$

- Absorción Ab

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

Tabla 3: Resultados del método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos

	<b>Arena de Otavalo</b>	<b>Arena de Tabacundo</b>	<b>Arena de Pomasqui</b>
<b>Masa del matraz - Mm</b>	154,6 gr	153,8 gr	154,8 gr
<b>Masa conjunto matraz, agua y muestra - Mmwm</b>	952,2 gr	963,2 gr	957,5 gr
<b>Masa de muestra saturada con superficie seca - B</b>	500 gr	500 gr	500 gr
<b>Masa de la muestra seca - A</b>	469,48 gr	470,19 gr	473,35 gr
<b>Masa de agua añadida al matraz - Ma</b>	297,6 gr	309,4 gr	302,7 gr
<b>Gravedad específica Bulk - Ge</b>	2,32	2,467	2,399
<b>Gravedad específica saturada con superficie seca - Ges</b>	2,47	2,623	2,534
<b>Gravedad específica aparente - Gea</b>	2,731	2,924	2,695
<b>Absorción - Ab</b>	6,5	6,34	5,63

Fuente: (Bustamante, 2020)

### 13.3 Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200

#### (75 $\mu\text{m}$ ) en agregados minerales mediante lavado. (Anexo 3)

➤ Arena de Otavalo

- Masa seca de la muestra antes del ensayo B = 303,6 gramos
- Masa seca de la muestra después del ensayo C = 210,9 gramos
- Porcentaje del material fino que pasa el Tamiz 200 A

$$A = \frac{B - C}{B} * 100\%$$

$$A = 30,5\%$$

➤ Arena de Tabacundo

- Masa seca de la muestra antes del ensayo B = 303,0 gramos
- Masa seca de la muestra después del ensayo C = 206,7 gramos
- Porcentaje del material fino que pasa el Tamiz 200 A

$$A = \frac{B - C}{B} * 100\%$$

$$A = 31,8\%$$

➤ Arena de Pomasqui

- Masa seca de la muestra antes del ensayo B = 301,8 gramos
- Masa seca de la muestra después del ensayo C = 273,6 gramos
- Porcentaje del material fino que pasa el Tamiz 200 A

$$A = \frac{B - C}{B} * 100\%$$

$$A = 9,35\%$$

### 13.4 Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos. (Anexo 4)

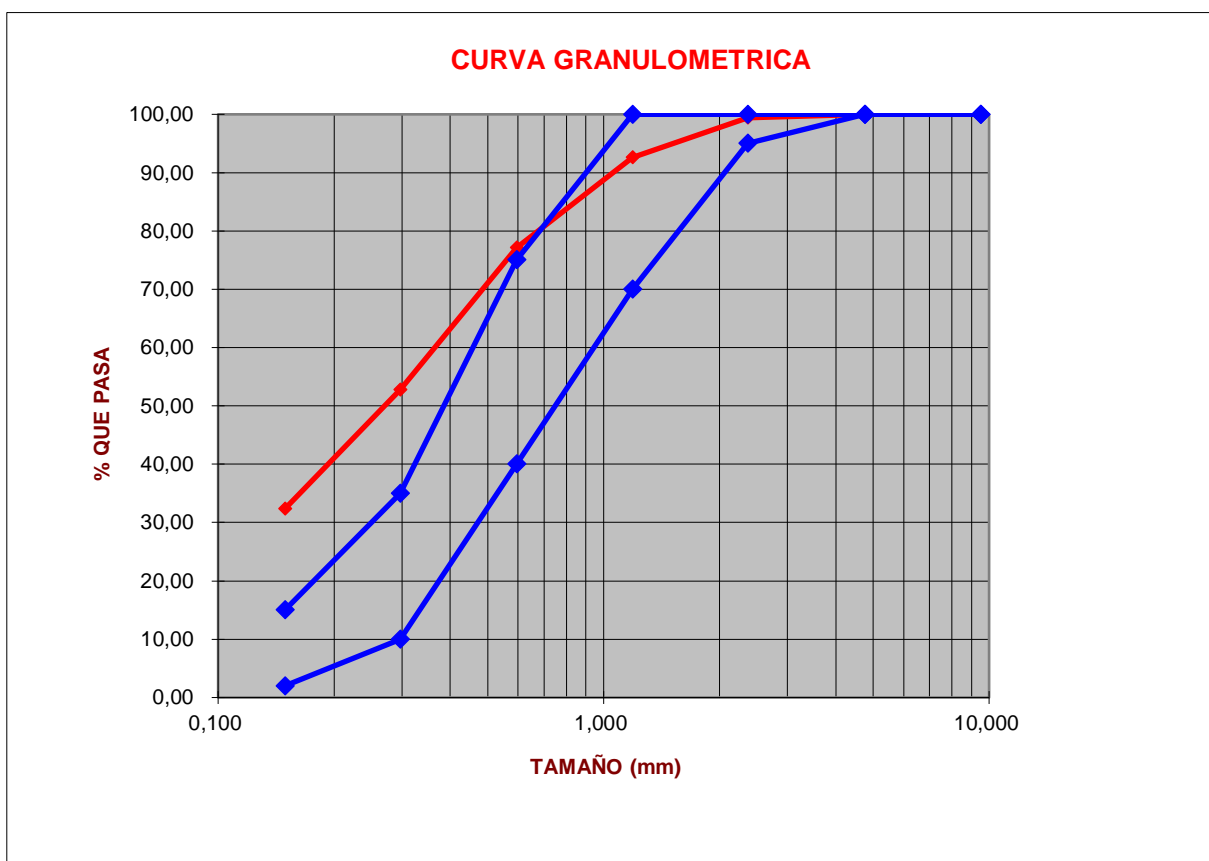
➤ Arena de Otavalo

Tabla 4: Granulometría arena de Otavalo

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACOMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1"	25,400	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,000	0	0	0,00	100,00
1/2"	12,700	0	0	0,00	100,00
3/8"	9,510	0	0	0,00	100,00
Nº 4	4,760	0,00	0	0,00	100,00
Nº 8	2,362	3,2	3,2	0,63	99,37
Nº 16	1,190	33,9	37,1	7,35	92,65
Nº 30	0,595	78,4	115,5	22,88	77,12
Nº 50	0,297	122,7	238,2	47,20	52,80
Nº 100	0,149	103,2	341,4	67,64	32,36
PASA No 100		163,3	163,3		
SUMA:		504,7	504,7	145,71	

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 1: Curva granulométrica arena de Otavalo



$$\text{Módulo de finura} = \frac{\sum \text{Porcentaje retenido}}{100}$$

$$\text{Módulo de finura} = 1,45$$

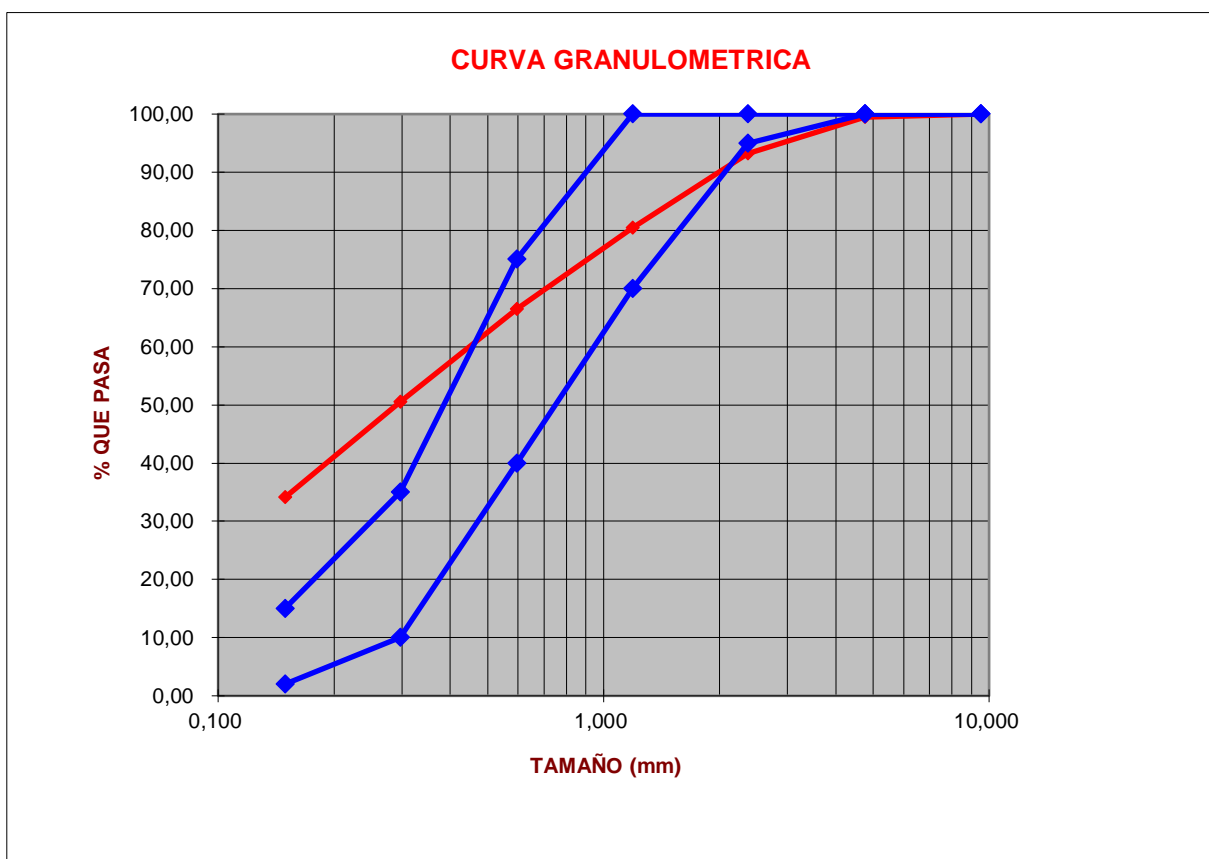
➤ Arena de Tabacundo

Tabla 5: Granulometría arena de Tabacundo

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACOMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1"	25,400	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,000	0	0	0,00	100,00
1/2"	12,700	0	0	0,00	100,00
3/8"	9,510	0	0	0,00	100,00
N° 4	4,760	2,50	2,5	0,49	99,51
N° 8	2,362	31,6	34,1	6,75	93,25
N° 16	1,190	64,9	99	19,60	80,40
N° 30	0,595	70,3	169,3	33,52	66,48
N° 50	0,297	80,6	249,9	49,48	50,52
N° 100	0,149	83	332,9	65,91	34,09
PASA No 100		172,2	172,2		
SUMA:		505,1	505,1	175,75	

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 2: Curva granulométrica arena de Tabacundo



$$\text{Módulo de finura} = \frac{\sum \text{Porcentaje retenido}}{100}$$

$$\text{Módulo de finura} = 1,76$$

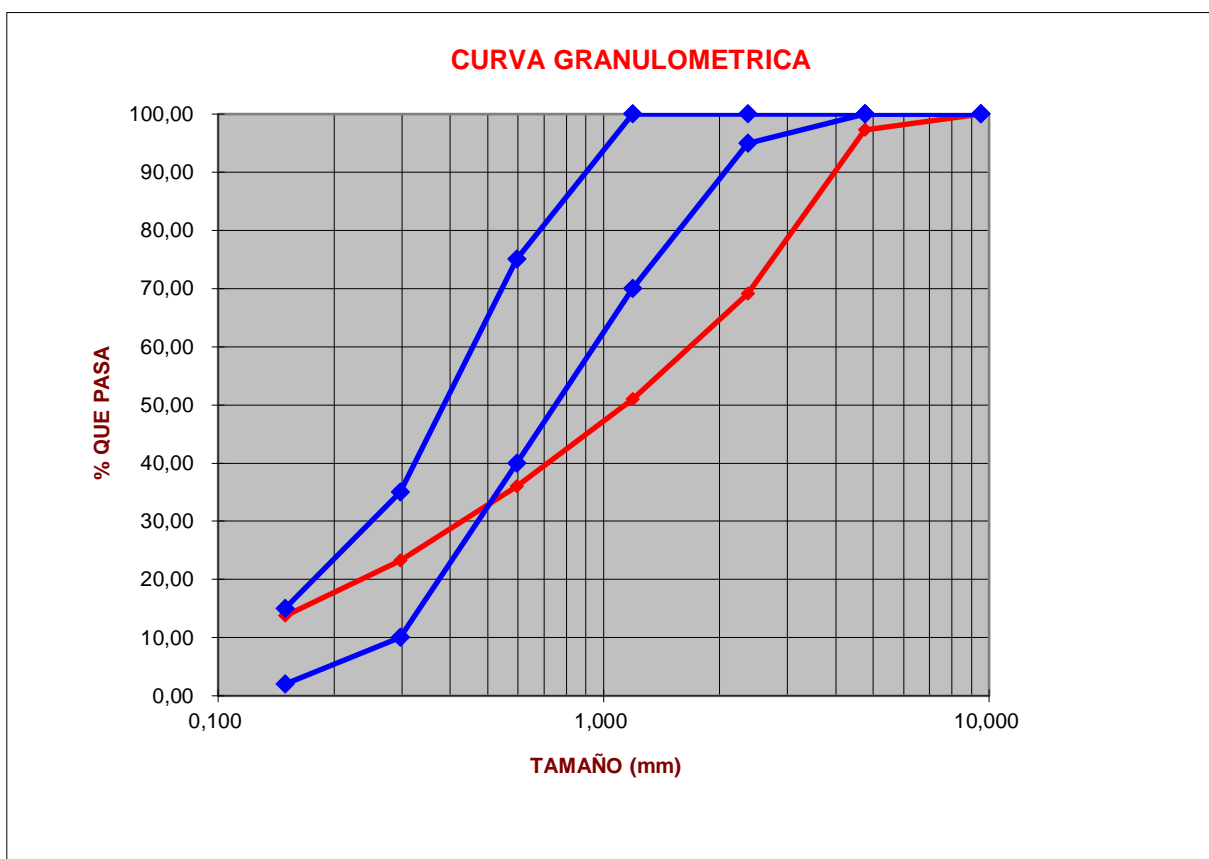
➤ Arena de Pomasqui

Tabla 6: Granulometría arena de Pomasqui

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACOMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1"	25,400	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,000	0	0	0,00	100,00
1/2"	12,700	0	0	0,00	100,00
3/8"	9,510	0	0	0,00	100,00
N° 4	4,760	14,00	14	2,74	97,26
N° 8	2,362	144,1	158,1	30,93	69,07
N° 16	1,190	92,6	250,7	49,05	50,95
N° 30	0,595	76,2	326,9	63,96	36,04
N° 50	0,297	65,6	392,5	76,80	23,20
N° 100	0,149	48,5	441	86,28	13,72
P A S A No 100		70,1	70,1		
SUMA:		511,1	511,1	309,76	

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 3: Curva granulométrica arena de Pomasqui



Fuente: (Bustamante, 2020)

$$\text{Módulo de finura} = \frac{\sum \text{Porcentaje retenido}}{100}$$

$$\text{Módulo de finura} = 3,1$$

### 13.5 Método normalizado de ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50-mm]). (Anexo 5)

#### 13.5.1 Ensayo luego del curado acelerado

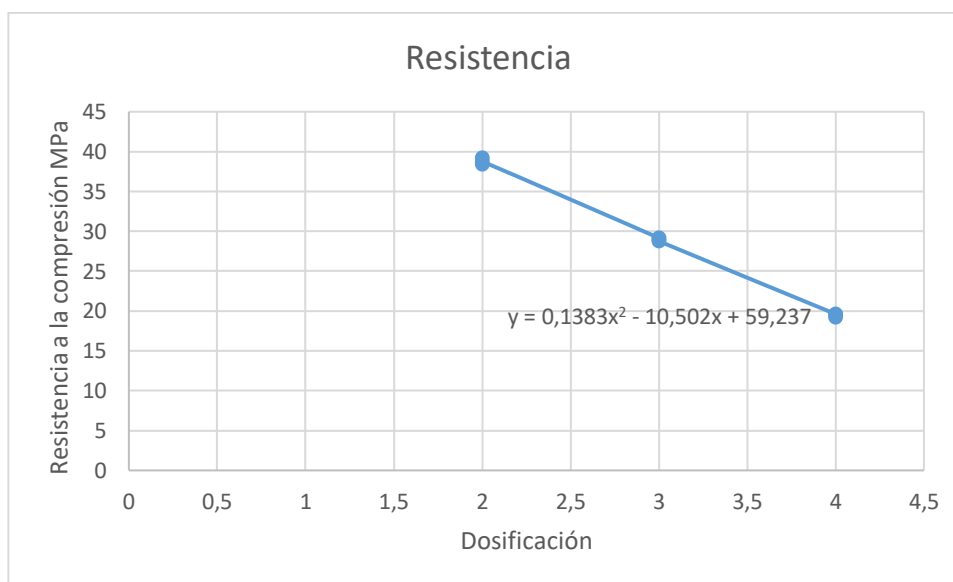
- Arena de Otavalo

Tabla 7: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego del curado acelerado, arena de Otavalo

Dosificación	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4
Fecha de fabricación	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020
Fecha de ensayo	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020
Edad (días)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Largo (mm)	50,09	51,03	50,2	50,99	50,26	50,56	50,78	50,23	50,51
Ancho (mm)	50,48	50,45	50,46	50,96	51,51	51,56	50,23	50,91	50,1
Altura (mm)	50	51,23	50,61	50,87	50,85	51,56	50,86	50,15	50,24
Masa (gr)	242,5	260,9	243	261,6	261,3	268,2	257,8	250,4	250,1
Peso unitario (kg/m3)	1918,10	1978,17	1895,48	1979,07	1984,88	1995,38	1987,24	1952,53	1967,20
Carga de ruptura (N)	99064	98904	98173	75764	75104	74973	50033	49904	48556
Área (mm <sup>2</sup> )	2528,54	2574,46	2533,09	2598,45	2588,89	2606,87	2550,68	2557,21	2530,55
Resistencia a la compresión (Mpa)	39,18	38,42	38,76	29,16	29,01	28,76	19,62	19,52	19,19
Desviación estándar	0,38		0,20			0,22			
Resistencia promedio (Mpa)	38,78		28,98			19,44			
Resistencia característica (Mpa)	38,27		28,70			19,14			

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 4: Resistencia de la arena de Otavalo luego del curado acelerado



Fuente: (Bustamante, 2020)

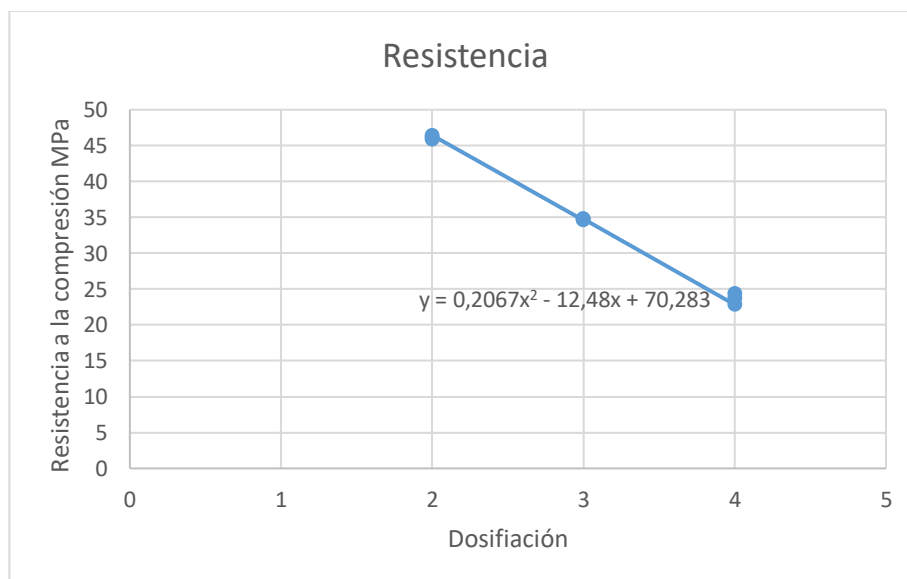
### ➤ Arena de Tabacundo

Tabla 8: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego del curado acelerado, arena de Tabacundo

Dosificación	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4
Fecha de fabricación	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020
Fecha de ensayo	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020
Edad (días)	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Largo (mm)	50,53	50,5	50,16	50,39	51,46	50,25	51,7	51,25	50,65
Ancho (mm)	50,81	51,15	50,64	51,14	50,48	51,45	50,86	50,2	50,58
Altura (mm)	50,7	50,44	50,11	50,44	52,23	50,44	51,84	51,18	50,38
Masa (gr)	268,3	271,7	269,4	271,3	272	272,8	281	281,1	271,9
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2061,17	2085,34	2116,52	2087,23	2004,75	2091,93	2061,46	2134,83	2106,65
Carga de ruptura (N)	118427	118548	117926	89210	90154	89912	60024	62771	60910
Área (mm <sup>2</sup> )	2567,43	2583,08	2540,10	2576,94	2597,70	2585,36	2629,46	2572,75	2561,88
Resistencia a la compresión (Mpa)	46,13	45,89	46,43	34,62	34,71	34,78	22,83	24,40	23,78
Desviación estándar	0,27			0,08			0,79		
Resistencia promedio (Mpa)	46,15			34,70			23,67		
Resistencia característica (Mpa)	45,79			34,59			22,60		

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 5: Resistencia de la arena de Tabacundo luego del curado acelerado



Fuente: (Bustamante, 2020)

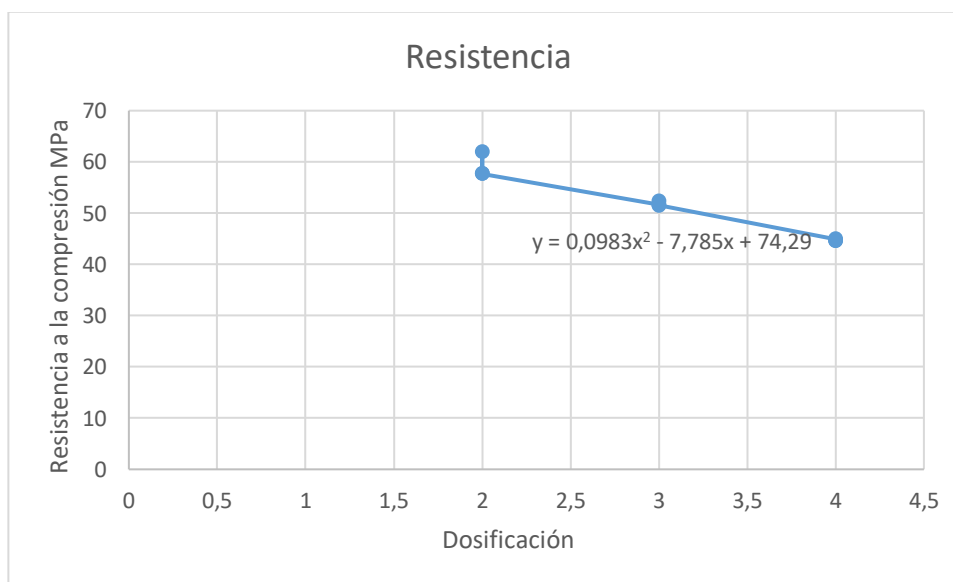
➤ Arena de Pomasqui

Tabla 9: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego del curado acelerado, arena de Pomasqui

Dosificación	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4
Fecha de fabricación	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020
Fecha de ensayo	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020	3/3/2020
Edad (días)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Largo (mm)	50,72	50,82	50,52	51,36	50,61	51,63	50,99	50,77	51,12
Ancho (mm)	50,91	50,54	50,75	50,38	50,94	50,18	50,31	50,7	50,47
Altura (mm)	50,43	50,9	51,08	51,89	51,24	51,89	50,82	50,63	50,47
Masa (gr)	276,5	278,2	284,7	290,9	286,8	294,9	288,1	290,6	298,5
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2123,36	2127,99	2173,89	2166,59	2171,07	2193,60	2209,88	2229,83	2292,38
Carga de ruptura (N)	149034	159108	147859	133618	134972	133360	115336	114899	114991
Área (mm <sup>2</sup> )	2582,16	2568,44	2563,89	2587,52	2578,07	2590,79	2565,31	2574,04	2580,03
Resistencia a la compresión (Mpa)	57,72	61,95	57,67	51,64	52,35	51,47	44,96	44,64	44,57
Desviación estándar	2,46			0,47			0,21		
Resistencia promedio (Mpa)	59,11			51,82			44,72		
Resistencia característica (Mpa)	55,80			51,19			44,44		

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 6: Resistencia de la arena de Pomasqui luego del curado acelerado



Fuente: (Bustamante, 2020)

### 13.5.2 Ensayo a los 7 días

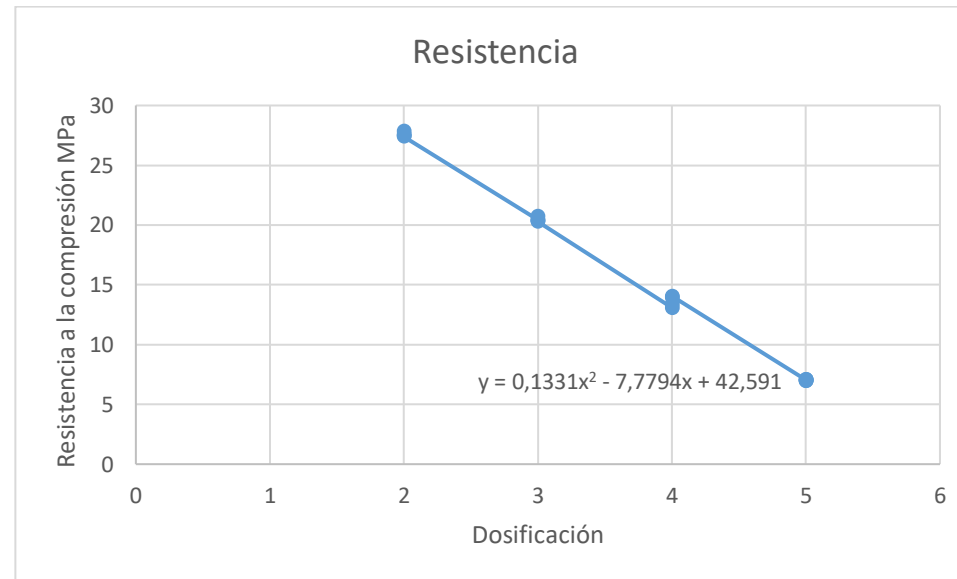
- Arena de Otavalo

Tabla 10: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, arena de Otavalo

Dosificación	1:2	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4	1:4	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5
Fecha de fabricación	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020
Fecha de ensayo	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	6/3/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020
Edad (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Largo (mm)	50,67	49,95	49,59	50,62	50,24	50,2	50,14	50,08	51,26	49,89	49,98	50,04	50,67	50,62	50,24	50,08	51,26
Ancho (mm)	51	49,9	50,62	50,04	50,28	50,36	50,59	50,42	49,74	49,96	49,9	50,05	49,9	51,52	50,36	50,59	49,96
Altura (mm)	51,04	51,52	50,55	51,4	49,78	50,2	50,24	50,06	49,67	50,02	50,16	50,2	50,55	51,04	50,24	50,2	50,16
Masa (gr)	263,41	260,07	247,66	261,61	260,27	262,33	263,33	263,12	259,79	255,88	253,63	253,26	296,2	302,1	295,4	308,4	301
Peso unitario (kg/m3)	1997,10	2025,25	1951,72	2009,33	2069,78	2067,07	2066,34	2081,59	2051,37	2052,38	2027,43	2014,38	2317,46	2269,56	2323,94	2424,83	2343,19
Carga de ruptura (N)	69585	70366	69692	69216	51585	52366	51692	51216	33387	34710	33344	35138	17800	18159	17691	17896	18051
Área (mm2)	2584,17	2492,51	2510,25	2533,02	2526,07	2528,07	2536,58	2525,03	2549,67	2492,50	2494,00	2504,50	2528,43	2607,94	2530,09	2533,55	2560,95
Resistencia a la compresión (Mpa)	26,93	28,23	27,76	27,33	20,42	20,71	20,38	20,28	13,09	13,93	13,37	14,03	7,04	6,96	6,99	7,06	7,05
Desviación estándar	0,56				0,19				0,45				0,04				
Resistencia promedio (Mpa)	27,56				20,45				13,60				7,02				
Resistencia característica (Mpa)	26,80				20,20				13,00				6,96				

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 7: Resistencia de la arena de Otavalo luego de 7 días



Fuente: (Bustamante, 2020)

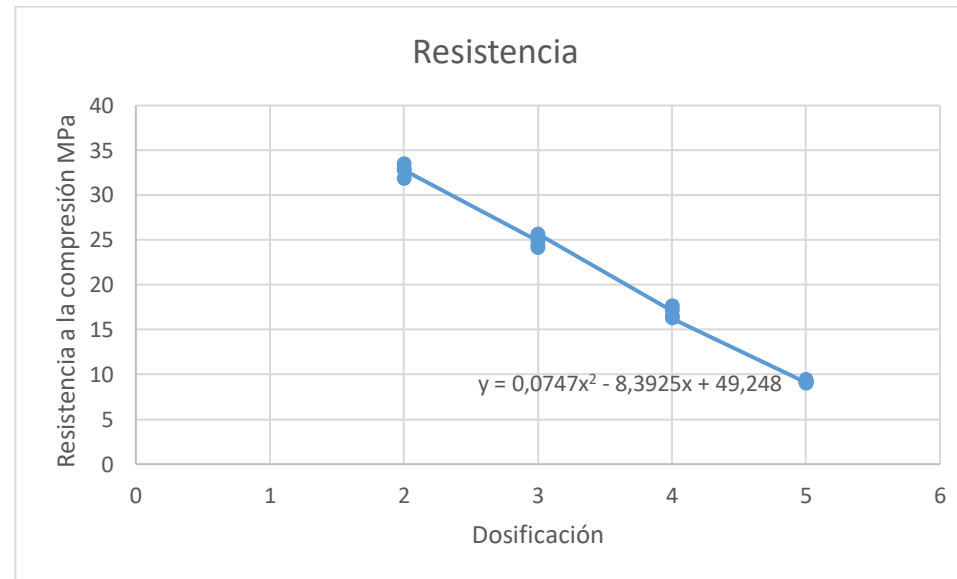
➤ Arena de Tabacundo

Tabla 11: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, arena de Tabacundo

<b>Dosificación</b>	1:2	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4	1:4	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5
<b>Fecha de fabricación</b>	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020
<b>Fecha de ensayo</b>	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	4/3/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020
<b>Edad (días)</b>	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>Largo (mm)</b>	50,21	50,41	50,03	51,26	51,02	51,07	51,06	50,98	50,22	50,44	50,48	50,71	50,21	51,26	51,02	50,98	50,22
<b>Ancho (mm)</b>	50,42	50,94	51,72	50,05	50,06	50,08	50,1	50,11	51,05	50,99	50,65	51,61	50,94	51,72	50,08	50,1	50,99
<b>Altura (mm)</b>	50,94	50,91	51,59	51,48	51,02	51,06	51,08	50,79	51,21	50,5	50,06	50,99	51,59	51,59	51,08	51,06	50,06
<b>Masa (gr)</b>	273,2	274,4	277,2	278,6	285	284,98	281,54	276,86	271,1	271,1	270,3	277,4	296,2	302,1	295,4	308,4	301
<b>Peso unitario (kg/m3)</b>	2118,50	2098,97	2076,53	2109,40	2187,12	2182,24	2154,62	2133,82	2064,92	2087,27	2111,82	2078,71	2244,76	2208,76	2263,37	2364,81	2348,09
<b>Carga de ruptura (N)</b>	84740	84442	82445	84232	63471	61718	62305	65550	43853	42389	45067	42536	23305	24958	22980	23281	23431
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	2531,59	2567,89	2587,55	2565,56	2554,06	2557,59	2558,11	2554,61	2563,73	2571,94	2556,81	2617,14	2557,70	2651,17	2555,08	2554,10	2560,72
<b>Resistencia a la compresión (Mpa)</b>	33,47	32,88	31,86	32,83	24,85	24,13	24,36	25,66	17,11	16,48	17,63	16,25	9,11	9,41	8,99	9,12	9,15
<b>Desviación estándar</b>	0,67				0,68				0,62				0,16				
<b>Resistencia promedio (Mpa)</b>	32,76				24,75				16,87				9,16				
<b>Resistencia característica (Mpa)</b>	31,86				23,84				16,03				8,95				

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 8: Resistencia de la arena de Tabacundo luego de 7 días



Fuente: (Bustamante, 2020)

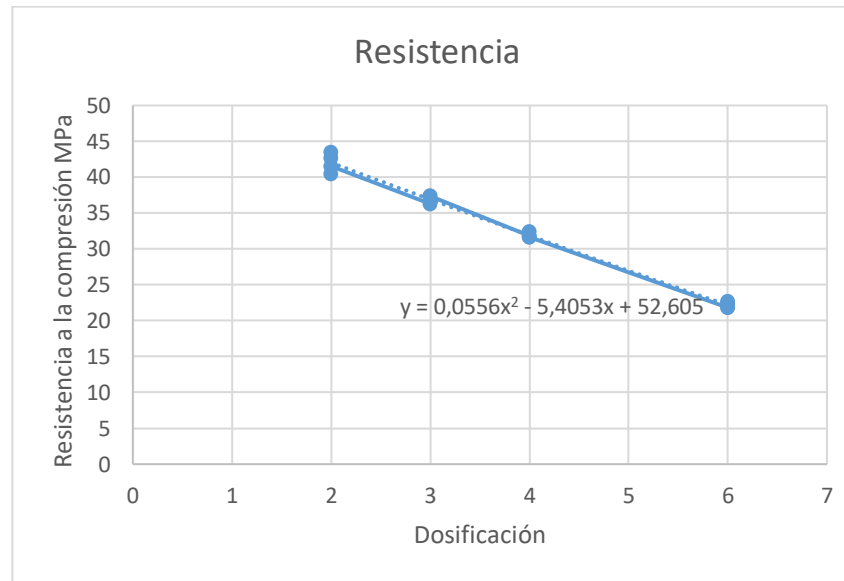
➤ Arena de Pomasqui

Tabla 12: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, arena de Pomasqui

<b>Dosificación</b>	1:2	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4	1:4	1:6	1:6	1:6	1:6
<b>Fecha de fabricación</b>	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020
<b>Fecha de ensayo</b>	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	5/3/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020	14/7/2020
<b>Edad (días)</b>	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>Largo (mm)</b>	51,03	51,27	51,3	50,98	51,97	51,7	51,82	51,32	52,08	52,46	52,78	51,6	51,22	52,08	51,6	51,82
<b>Ancho (mm)</b>	50,35	51,24	50,15	50,02	51,22	51,31	50,73	50,89	50,86	50,51	51,13	50,76	50,02	50,51	51,13	51,36
<b>Altura (mm)</b>	51,32	51,95	51,93	51,72	51,16	51,36	51,94	50,25	50,07	50,44	50,82	51,16	50,15	50,82	50,44	51,22
<b>Masa (gr)</b>	290	301,8	297,9	295,4	301	298,9	296,2	289,9	296	302,1	308,4	301,3	296,2	302,1	295,4	308,4
<b>Peso unitario (kg/m3)</b>	2199,31	2211,37	2229,79	2239,80	2210,26	2193,86	2169,31	2208,99	2231,86	2260,32	2248,72	2248,52	2305,32	2259,79	2219,78	2262,31
<b>Carga de ruptura (N)</b>	111567	106181	109739	105895	96506	98896	96585	97637	84235	85724	85343	82889	55992	58488	59165	57863
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	2569,36	2627,07	2572,70	2550,02	2661,90	2652,73	2628,83	2611,67	2648,79	2649,75	2698,64	2619,22	2562,02	2630,56	2638,31	2661,48
<b>Resistencia a la compresión (Mpa)</b>	43,42	40,42	42,66	41,53	36,25	37,28	36,74	37,38	31,80	32,35	31,62	31,65	21,85	22,23	22,43	21,74
<b>Desviación estándar</b>	1,31				0,52				0,34				0,38			
<b>Resistencia promedio (Mpa)</b>	42,01				36,92				31,86				22,18			
<b>Resistencia característica (Mpa)</b>	40,23				36,21				31,40				21,67			

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 9: Resistencia de la arena de Pomasqui luego de 7 días



Fuente: (Bustamante, 2020)

➤ Mortero premezclado

Tabla 13: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 7 días, mortero premezclado

<b>Fecha de fabricación</b>	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020
<b>Fecha de ensayo</b>	9/3/2020	9/3/2020	9/3/2020	9/3/2020	9/3/2020	9/3/2020
<b>Edad (días)</b>	7	7	7	7	7	7
<b>Largo (mm)</b>	50,29	50,26	50,42	50,95	50,99	51,07
<b>Ancho (mm)</b>	50,54	50,15	50,17	50,54	50,68	51,33
<b>Altura (mm)</b>	50,15	50,43	50,6	51,85	51,88	50,84
<b>Masa (gr)</b>	216,87	262,33	224,8	234,08	234,87	243,29
<b>Peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1701,42	2063,79	1756,30	1753,22	1751,89	1825,50
<b>Carga de ruptura (N)</b>	13908	14088	14425	13918	14628	15175
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	2541,66	2520,54	2529,57	2575,01	2584,17	2621,42
<b>Resistencia a la compresión (Mpa)</b>	5,47	5,59	5,70	5,41	5,66	5,79
<b>Desviación estándar</b>	0,277					
<b>Resistencia promedio (Mpa)</b>	5,60					
<b>Resistencia característica (Mpa)</b>	5,23					

Fuente: (Bustamante, 2020)

### 13.5.3 Ensayo a los 28 días

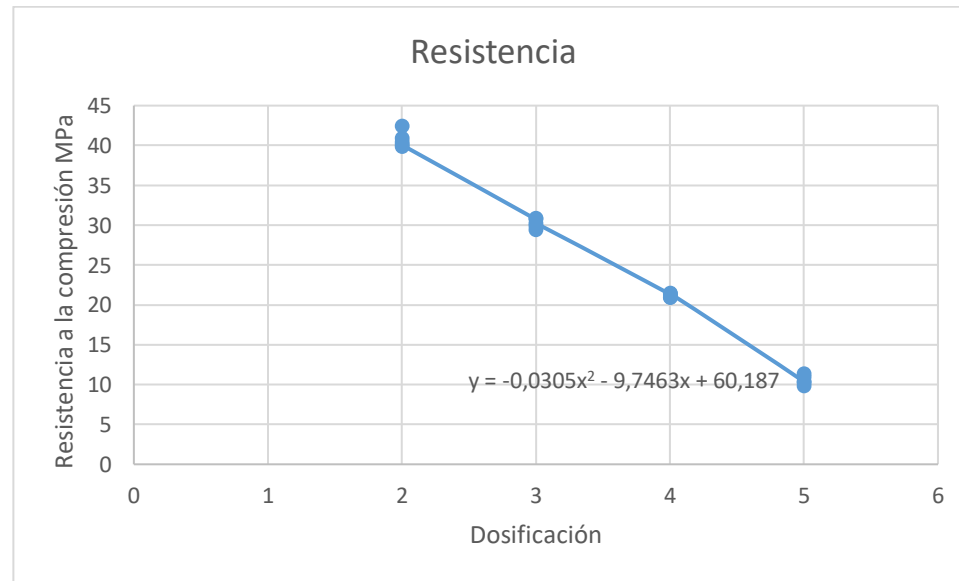
- Arena de Otavalo

Tabla 14: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, arena de Otavalo

Dosificación	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4	1:4	1:4	1:5	1:5	1:5	1:5	
Fecha de fabricación	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020	28/2/2020
Fecha de ensayo	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020
Edad (días)	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	28	28	28	28	28
Largo (mm)	50,52	50,62	50,09	50,19	50,02	50,4	51,1	51,18	51,36	51,22	50,5	50,46	50,36	50,46	50,02	50,52	50,62	50,02	50,4	50,02
Ancho (mm)	50,02	50,12	50,11	50,62	50	51,05	51,12	50,82	51,02	50,89	50,16	50,21	50,11	50,28	50,11	50,12	50,11	50,62	51,12	50,28
Altura (mm)	50,9	50,82	50,35	50,88	50,32	50,18	51,22	51,66	51,62	51,62	50,67	50,52	50,38	50,72	50,39	50,35	50,88	50,35	51,66	50,35
Masa (gr)	259,43	267,58	255,71	260,53	248,32	266,98	267,62	269,57	271,58	270,71	259,97	259,98	258,42	259,18	257,29	298,21	302,02	301,26	303,17	298,61
Peso unitario (kg/m3)	2016,95	2075,32	2023,36	2015,45	1973,14	2067,86	2000,17	2006,24	2007,77	2011,94	2025,46	2031,14	2032,63	2014,09	2037,09	2339,10	2340,14	2363,07	2277,77	2358,12
Carga de ruptura (N)	107165	103771	101442	101201	100211	79053	80602	77692	77119	78734	54053	53802	52692	53119	53734	26265	24913	25964	28113	28581
Área (mm2)	2527,01	2537,07	2510,01	2540,62	2501,00	2572,92	2612,23	2600,97	2620,39	2606,59	2533,08	2533,60	2523,54	2537,13	2506,50	2532,06	2536,57	2532,01	2576,45	2515,01
Resistencia a la compresión (Mpa)	42,41	40,90	40,41	39,83	40,07	30,73	30,86	29,87	29,43	30,21	21,34	21,24	20,88	20,94	21,44	10,37	9,82	10,25	10,91	11,36
Desviación estándar	1,02					0,59					0,25					0,60				
Resistencia promedio (Mpa)	40,73					30,22					21,17					10,54				
Resistencia característica (Mpa)	39,34					29,42					20,83					9,73				

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 10: Resistencia de la arena de Otavalo luego de 28 días



Fuente: (Bustamante, 2020)

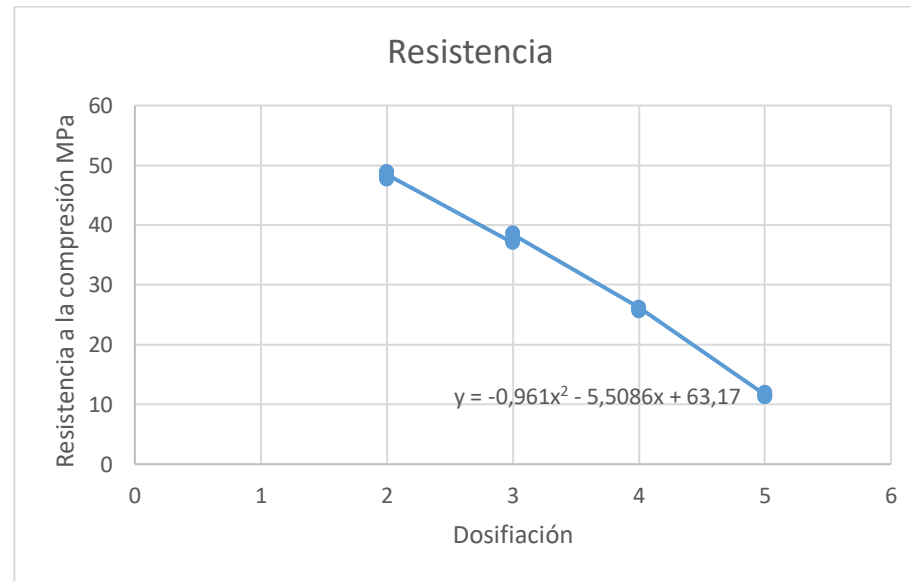
➤ Arena de Tabacundo

Tabla 15: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, arena de Tabacundo

Dosificación	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4	1:4	1:4	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5
Fecha de fabricación	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	26/2/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020
Fecha de ensayo	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020
Edad (días)	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	28	28	28	28	28
Largo (mm)	50,95	50,82	51,09	50,36	50,97	50,4	50,38	50,12	50,22	50,35	50,42	50,43	50,36	50,41	50,52	50,95	50,82	50,4	50,35	50,42
Ancho (mm)	51,01	50,92	50,82	50,78	50,89	51,53	50,47	50,32	50,72	50,81	50,97	50,89	50,88	50,89	50,82	50,92	50,56	50,47	50,72	50,62
Altura (mm)	51,31	51,16	50,99	50,92	51,56	50,03	51,1	50,86	50,81	50,99	50,56	50,92	50,62	50,62	50,46	50,99	51,09	50,86	50,86	50,09
Masa (gr)	288,24	278,77	287,08	278,85	282,36	283,65	286,36	273,47	276,05	279,3	280,87	280,56	283,4	284,14	283,49	288,24	278,77	287,08	276,05	279,3
Peso unitario (kg/m3)	2161,49	2105,68	2168,44	2141,43	2111,27	2183,04	2203,94	2131,97	2132,96	2141,10	2161,63	2146,92	2184,97	2188,07	2188,23	2178,90	2123,58	2219,03	2125,36	2184,72
Carga de ruptura (N)	127162	126354	123654	122702	125658	96162	95354	94654	98611	98226	67328	65730	66062	66358	67102	30146	30857	28557	29654	28757
Área (mm <sup>2</sup> )	2598,96	2587,75	2596,39	2557,28	2593,86	2597,11	2542,68	2522,04	2547,16	2558,28	2569,91	2566,38	2562,32	2565,36	2567,43	2594,37	2569,46	2543,69	2553,75	2552,26
Resistencia a la compresión (Mpa)	48,93	48,83	47,63	47,98	48,44	37,03	37,50	37,53	38,71	38,40	26,20	25,61	25,78	25,87	26,14	11,62	12,01	11,23	11,61	11,27
Desviación estándar	0,55					0,70					0,25					0,32				
Resistencia promedio (Mpa)	48,36					37,83					25,92					11,55				
Resistencia característica (Mpa)	47,61					36,89					25,59					11,12				

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 11: Resistencia de la arena de Tabacundo luego de 28 días



Fuente: (Bustamante, 2020)

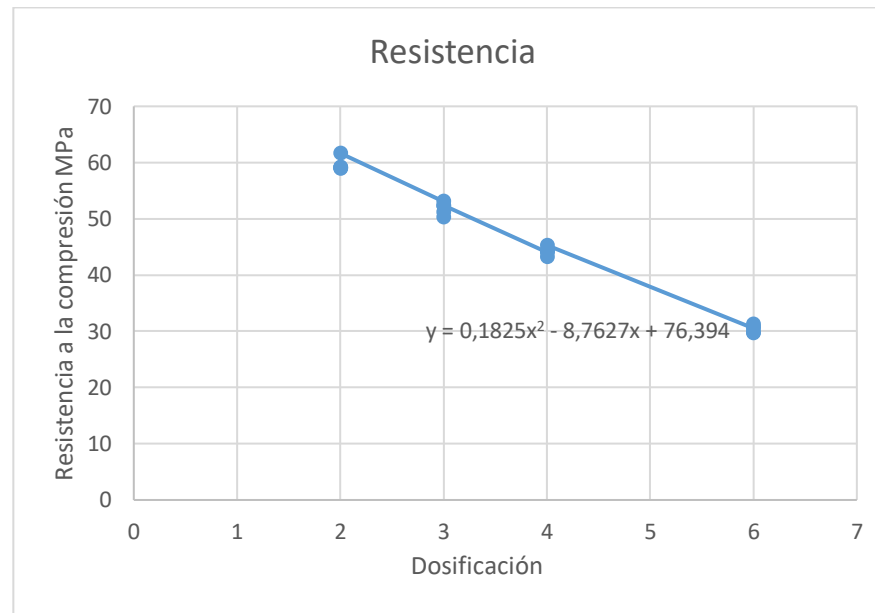
➤ Arena de Pomasqui

Tabla 16: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, arena de Pomasqui

Dosificación	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4	1:4	1:4	1:6	1:6	1:6	1:6	1:6
Fecha de fabricación	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	27/2/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020	7/7/2020
Fecha de ensayo	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020	4/8/2020
Edad (días)	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	28	28	28	28	28
Largo (mm)	50,48	51,05	51,1	50,01	50,12	50,66	50,35	50,81	50,83	50,48	52,23	52,94	50,09	50,25	50,03	50,48	51,05	51,45	50,03	50,29
Ancho (mm)	50,36	51,73	50,3	50,3	51,45	50,12	50,02	50,58	50,69	50,98	50,41	50,1	50,44	50,27	50,19	51,73	50,3	52,94	50,27	50,27
Altura (mm)	52,81	52,71	52,45	52,45	52,46	50,17	50,11	50,61	50,72	50,07	50,83	50,96	50,12	50,54	50,29	52,45	52,45	50,12	50,12	50,09
Masa (gr)	303,14	310,48	306,24	306,24	305,31	291,57	291,36	294,77	294,37	287,9	305,66	310,12	289,48	288,76	286,99	301	298,9	296,2	308,4	301,3
Peso unitario (kg/m3)	2257,99	2230,50	2271,58	2321,09	2256,92	2288,88	2308,67	2266,31	2252,54	2234,32	2283,92	2294,45	2286,03	2261,81	2272,68	2197,65	2219,30	2169,72	2446,61	2379,35
Carga de ruptura (N)	150113	155586	151943	148750	159013	134807	131744	129047	131702	134658	115918	117291	109190	112005	113642	79671	79144	85002	74732	75131
Área (mm <sup>2</sup> )	2542,17	2640,82	2570,33	2515,50	2578,67	2539,08	2518,51	2569,97	2576,57	2573,47	2632,91	2652,29	2526,54	2526,07	2511,01	2611,33	2567,82	2723,76	2515,01	2528,08
Resistencia a la compresión (Mpa)	59,05	58,92	59,11	59,13	61,66	53,09	52,31	50,21	51,12	52,33	44,03	44,22	43,22	44,34	45,26	30,51	30,82	31,21	29,71	29,72
Desviación estándar	1,17					1,14					0,73					0,67				
Resistencia promedio (Mpa)	59,58					51,81					44,21					30,39				
Resistencia característica (Mpa)	57,99					50,27					43,23					29,49				

Fuente: (Bustamante, 2020)

Gráfica 12: Resistencia de la arena de Pomasqui luego de 28 días



Fuente: (Bustamante, 2020)

➤ Mortero premezclado

Tabla 17: Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros luego de 28 días, mortero premezclado

<b>Fecha de fabricación</b>	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020	2/3/2020
<b>Fecha de ensayo</b>	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020	12/6/2020
<b>Edad (días)</b>	102	102	102	102	102	102
<b>Largo (mm)</b>	51,26	50,8	50,85	50,95	50,91	50,98
<b>Ancho (mm)</b>	49,55	51	49,49	50,41	50,47	50,52
<b>Altura (mm)</b>	51,49	51,6	51,78	51,45	51,39	50,42
<b>Masa (gr)</b>	238,35	246,46	237,58	238,95	23830	246,47
<b>Peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1822,51	1843,58	1823,22	1808,26	180471,66	1898,01
<b>Carga de ruptura (N)</b>	21895	20877	20862	20933	21676	22104
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	2539,93	2590,80	2516,57	2568,39	2569,43	2575,51
<b>Resistencia a la compresión (Mpa)</b>	8,62	8,06	8,29	8,15	8,44	8,58
<b>Desviación estándar</b>	0,471					
<b>Resistencia promedio (Mpa)</b>	8,36					
<b>Resistencia característica (Mpa)</b>	7,72					

Fuente: (Bustamante, 2020)

## 13.6 Aplicación en obra

### 13.6.1 Aplicación del mortero tradicional

Como se mencionó en el capítulo 1 del presente trabajo de titulación, en el país no existe una norma que regularice la elaboración y la aplicación del mortero tradicional en obra. Es por esto, que la dosificación y la aplicación varía de acuerdo con el maestro que la realice, ya que erróneamente se confía en la experiencia de este.

En el presente trabajo se va a mostrar la aplicación del mortero tradicional de una obra ubicada en el sector de Tumbaco, en la misma se procedió a enlucir una pared de 4,80 m de ancho x 3,50 m de alto. Cabe recalcar, que el espesor del enlucido depende de la necesidad de este. No es posible tener un espesor uniforme en todas las mamposterías, ya que depende de factores ajenas a la misma como son, unión pared – columna, unión pared – viga,

cerramientos antiguos, etc. En este caso por las dificultades que se presentó en la unión de la pared con la columna, se decidió realizar un enlucido de 1,5 cm.

Para la dosificación, el maestro, de acuerdo con su experiencia en obras anteriores, decidió realizar una dosificación a la que él denominó 1:3. Para cada saco de cemento de 50 kg, iba a mezclar con 3 carretillas de arena. El control del agua, se lo realice básicamente mediante un ensayo de prueba y error. Los maestros al contar con experiencia previa deciden hasta qué punto se le puede o no agregar agua a la mezcla, es esencialmente hasta que el mortero pueda estar en condiciones de ser manejable. A continuación, se detalla los pasos para la ejecución de la pared mencionada;

1. Se debe dejar la pared completamente nivelada.

*Ilustración 1: Nivelación pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

2. Un maestro procede con el acarreo de los materiales hasta el lugar donde se va a elaborar el mortero.

*Ilustración 2: Bodega de materiales*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 3: Acarreo de materiales*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 4: Acarreo de materiales*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 5: Acarreo de materiales*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 6: Mezcla de arena y cemento*



Fuente: (Bustamante, 2020)

3. Mezclar la arena con el cemento hasta lograr que la mezcla este correctamente homogenizado.

*Ilustración 7: Mezcla de arena y cemento*



Fuente: (Bustamante, 2020)

4. A la par, otro maestro toma los niveles del espesor que va a tener la pared.

*Ilustración 8: Espesor del mortero tradicional a colocar*



Fuente: (Bustamante, 2020)

5. Se procede a agregar el agua a la mezcla y se elabora el mortero.

*Ilustración 9: Dosificación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 10: Dosificación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 11: Dosificación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

6. Una vez que el maestro decida, en base a su experiencia, que la mezcla está lista, comienza la colocación de esta.

*Ilustración 12: Colocación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

7. Para que la colocación del material sea más rápida, los maestros, generalmente, utilizan un método de colocación al que ellos denominan “chapeado”. Básicamente consiste en lanzar el material con una pala a la pared y esperar que el mismo se adhiera a la pared.

*Ilustración 13: Colocación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 14: Colocación del mortero tradicional*



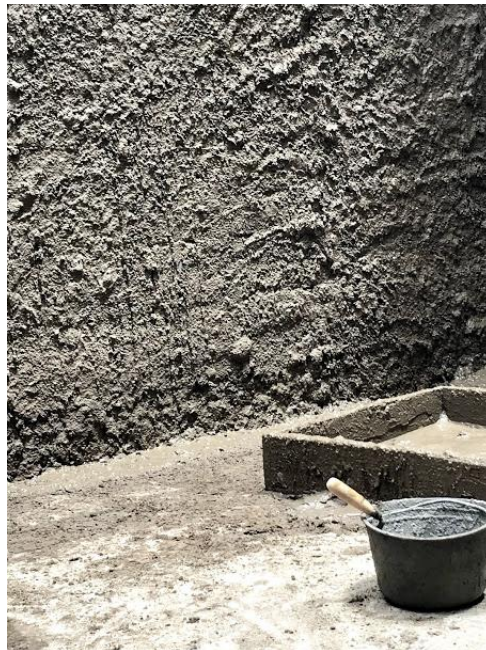
Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 15: Colocación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 16: Mortero tradicional en estado fresco*



Fuente: (Bustamante, 2020)

8. Una vez que ha sido colocado el material, se procede a nivelar la pared.

*Ilustración 17: Nivelación de la pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 18: Nivelación de la pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

- Este proceso se repite continuamente hasta que la pared quede completamente nivelada.

*Ilustración 19: Colocación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 20: Colocación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 21: Colocación del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 22: Mortero tradicional en estado fresco*



Fuente: (Bustamante, 2020)

10. Cuando la pared este correctamente nivelada, se procede a “paletear” la pared, con el acabado de esta.

*Ilustración 23: Acabado final del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

11. Para tener una comparación equiparable, se procedió a revisar la pared en distintos períodos de tiempo.

*Ilustración 24: Acabado final del mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

12. En el primer día se observa como lucía la pared y se procede a humedecer la misma.

*Ilustración 25: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 26: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 27: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 28: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

13. Al segundo día se realizó los mismos pasos.

*Ilustración 29: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 30: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 31: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 32: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 33: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

14. Al tercer día se repitió los mismos pasos.

*Ilustración 34: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 35: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 36: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 37: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 38: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, tercer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

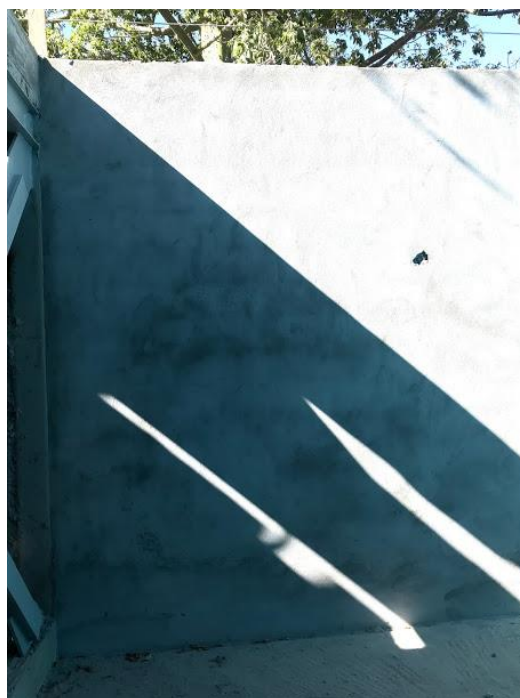
15. En el séptimo día, se realizó una evaluación visual de la pared-

*Ilustración 39: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, séptimo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 40: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, séptimo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

16. Por último, se ve el estado de la pared a los 28 días.

*Ilustración 41: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 42: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 43: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 44: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 45: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 46: Análisis visual de la pared enlucida con mortero tradicional, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

### 13.6.2 Aplicación del mortero premezclado industrial

Como se indicó al principio del presente trabajo, se va a utilizar el mortero industrial Enlurmax, de la empresa Intaco. Este producto sigue normas internacionales, por lo que en la envoltura del producto viene indicado, qué dosificación se usó para la elaboración de este y qué cantidad de agua se debe agregar a la mezcla. El rendimiento del material varía según el espesor para el que se quiere usar el producto.

La pared que se va a enlucir con este producto tiene las mismas dimensiones que la realizada con el mortero tradicional, que son: 4,80 m de ancho x 3,50 m de alto. El espesor, como en el caso anterior, va a ser de 1,5 cm. A continuación, se detallan los pasos para la elaboración y colocación del mortero premezclado.

1. Se debe dejar la pared completamente nivelada.

*Ilustración 47: Nivelación de la pared a enlucir con mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

2. Se procede con el traslado del material al lugar donde se va a realizar la mezcla.

*Ilustración 48: Bodega del material*



Fuente: (Bustamante, 2020)

3. De acuerdo a normas internacionales, la pared debe estar húmeda.

*Ilustración 49: Preparación de la pared a ser enlucida*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 50: Preparación de la pared a ser enlucida*



Fuente: (Bustamante, 2020)

4. Para el mezclado del material, la envoltura del Enluman indica que se debe agregar 7,5 litros de agua por cada saco de 40 kg de material.

*Ilustración 51: Dosificación del mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 52: Mezclado del mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

5. A la par, otro maestro toma los niveles del espesor que va a tener la pared.

*Ilustración 53: Espesor requerido para enlucir con el mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 54: Espesor requerido para enlucir con el mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

6. Una vez que el mortero esté listo, se procede a la colocación en la pared. Para esto se utiliza bailejo y espátula.

*Ilustración 55: Mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 56: Colocación del mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 57: Colocación del mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 58: Colocación del mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 59: Colocación del mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 60: Colocación del mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

7. Una vez que ha sido colocado el material y se ha logrado el espesor deseado, se procede a nivelar la pared.

*Ilustración 61: Nivelación de la pared enlucida con mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 62: Nivelación de la pared enlucida con mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

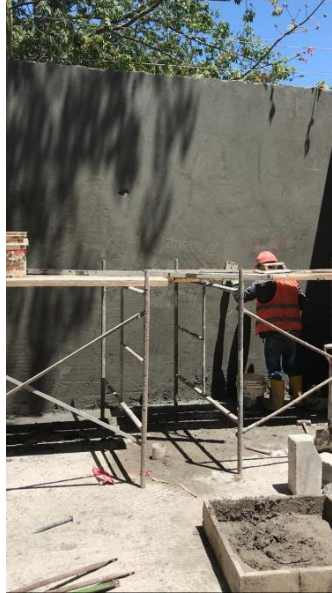
*Ilustración 63: Nivelación de la pared enlucida con mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

8. Cuando la pared este correctamente nivelada, se procede a “paletear” la pared, con el acabado de la misma.

*Ilustración 64: Acabado de la pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 65: Acabado de la pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 66: Acabado de la pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 67: Acabado de la pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

9. Para tener una comparación equiparable, se procedió a revisar la pared en distintos períodos de tiempo. Esto para realizar un análisis visual de la misma.

*Ilustración 68: Acabado final de la pared*



Fuente: (Bustamante, 2020)

10. Al primer día se observa como luce la pared y se procedió a humedecer la misma.

*Ilustración 69: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 70: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 71: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 72: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 73: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, primer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

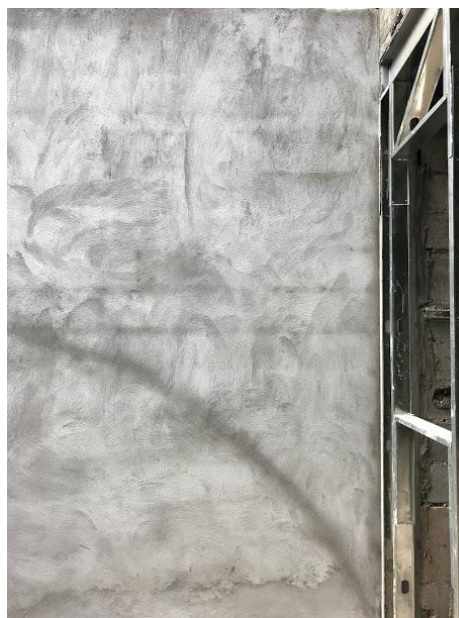
11. Al segundo día se realizó los mismos pasos.

*Ilustración 74: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 75: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 76: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 77: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, segundo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

12. Al tercer día se repitió los mismos pasos.

*Ilustración 78: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, tercer día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

13. Se realizó una evaluación visual de la pared a los 7 días.

*Ilustración 79: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, séptimo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 80: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, séptimo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 81: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, séptimo día*



Fuente: (Bustamante, 2020)

14. Por último, se ve el estado de la pared a los 28 días.

*Ilustración 82: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 83: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 84: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 85: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 86: Análisis visual de la pared enlucida con mortero industrial, 28 días*



Fuente: (Bustamante, 2020)

## Capítulo 4: Análisis comparativo

### 14.1 Comparación técnica

En base a los ensayos de laboratorio realizados y el método de aplicación en obra, se procede a realizar una comparación técnica de los morteros.

#### 4.1.1. Ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.

- Como resultado en el ensayo de contenido orgánico en las arenas ensayadas, se obtiene que las muestras tienen un color equivalente entre el número 0 y 2 de la paleta de color normalizada (colores entre los números 5-8 en la escala de Gardner), esto quiere decir que las arenas de Otavalo, Tabacundo y Pomasqui poseen menos de 500 partes por millón de sustancias orgánicas.

Tabla 18: INEN 855: Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido para hormigón

Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador
5	1
8	2
11	3 (normalizado de referencia)
14	4
16	5

NOTA. Se debe utilizar el procedimiento de comparación descrito en el numeral 5.7.1, excepto que se debe reportar el número del vidrio del comparador que es más cercano al color del líquido que sobrenada sobre la muestra de ensayo. Cuando se utiliza este procedimiento, no es necesario preparar la solución de color normalizado.

Fuente: (INEN)

- Según la norma INEN 2536, el árido fino para cementos debe estar libre de cantidades dañinas de impurezas orgánicas, es decir, el árido que produzca un color más oscuro que el color patrón (número 3 en la escala de colores), debe ser rechazado. En el ensayo se obtuvo resultados entre 0 y 2 de la paleta de color (colores entre los números 5-8 en la

escala de Gardner), por lo que se concluye que el árido fino es un material apto para la elaboración de morteros.

**4.1.2. Ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos.**

- La gravedad específica es usada para calcular el volumen ocupado por el árido en algunas mezclas como el mortero, también es utilizada para calcular el vacío entre partículas en el árido.
- La gravedad específica saturada con superficie seca ( $G_{es}$ ) se la utiliza en la determinación de la humedad superficial del árido fino según INEN 859; y si el agregado no ha alcanzado su absorción se utiliza la gravedad específica SH (cuando está seca o se supone). En los ensayos de laboratorio se obtiene

*Tabla 19: Gravedad específica de las tres arenas*

	<b>Arena de Otavalo</b>	<b>Arena de Tabacundo</b>	<b>Arena de Pomasqui</b>
<b>Gravedad específica Bulk - <math>G_b</math></b>	2,32	2,467	2,399
<b>Gravedad específica saturada con superficie seca - <math>G_{es}</math></b>	2,47	2,623	2,534

Fuente: (Bustamante, 2020)

- Se puede concluir que los valores obtenidos son normales (de 2 a 3) y que las arenas son muy útiles para mezclas de morteros.

**4.1.3. Ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75  $\mu\text{m}$ ) en agregados minerales mediante lavado.**

- Las partículas que son más finas y que pasa el tamiz 200 son consideradas como sustancias perjudiciales pues contienen materiales como: limos y arcillas, que son nocivos para el mortero y afectan su calidad. En base a la norma (NTE INEN 697) para fabricación de morteros, los resultados de los ensayos indican que las arenas de Otavalo y Tabacundo, con 30,5% y 31,8% respectivamente tienen gran cantidad de sustancias que pueden perjudicar al mortero. En cambio, la arena proveniente de Pomasqui tiene un resultado de 9,35%, lo que indica que no cuenta con un número significativo de partículas que puedan ser perjudiciales.

**4.1.4. Ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos.**

- Según la norma NTE INEN 2536 “Áridos para uso en morteros para mampostería”, el agregado fino es apto para fabricar mortero si cumple con los siguientes requisitos de gradación:

Tabla 20: NTE INEN 2536 “Áridos para uso en morteros para mampostería”

Tamiz	Porcentaje pasante	
	Arena natural	Arena elaborada
4,75 mm (No. 4)	100	100
2,36 mm (No. 8)	95 a 100	95 a 100
1,18 mm (No. 16)	70 a 100	70 a 100
600 $\mu\text{m}$ (No. 30)	40 a 75	40 a 75
300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	10 a 35	20 a 40
150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	2 a 15	10 a 25
75 $\mu\text{m}$ (No. 200)	0 a 5	0 a 10

Fuente: (INEN)

- Arena de Otavalo

Según lo obtenido en los ensayos de laboratorio, la arena de Otavalo no cumple con la granulometría indicada en la norma INEN 2536.

- Arena de Tabacundo

Según lo obtenido en los ensayos de laboratorio, la arena de Tabacundo no cumple con la granulometría indicada en la norma INEN 2536.

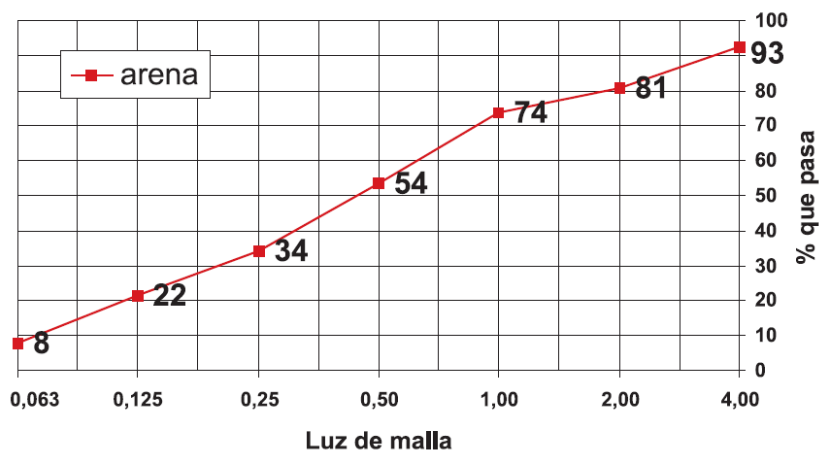
- Arena de Pomasqui

Según lo obtenido en los ensayos de laboratorio, la arena de Pomasqui no cumple con la granulometría indicada en la norma INEN 2536.

- Mortero prefabricado

El mortero prefabricado al usar arena elaborada, directamente triturada para su elaboración, cumple con lo estipulado en la norma INEN 2536: Áridos para uso en morteros para mampostería. requisitos. La norma UNE-EN 998-1:2018: especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido, indica que la curva de granulometría de un mortero industrial tiene la siguiente característica:

Tabla 21: UNE-EN 998-1:2018: especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido



Fuente: (UNE-EN)

Esta curva, cumple con los estándares que se indica en la norma INEN 2536, y por siguiente va a cumplir con la norma INEN 2518.

#### **4.1.5. Ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50-mm]).**

En cuanto al ensayo de la compresión, se procedió a realizar una tendencia en las dosificaciones de las arenas. Esto se lo realizó para ver cómo es la curva de dosificación de estas arenas y así poder tener una dosificación que sea equiparable con la dosificación usada para realizar los morteros premezclados.

En el presente trabajo, se va a presentar las curvas de dosificación de las distintas arenas y se va a proponer, qué dosificación alcanzaría los valores que tiene el mortero premezclado, que está basado en la norma UNE-EN 998-1:2018: especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido. Cabe recalcar que en el país no existe una norma que rijan la elaboración y utilización de los morteros para enlucidos exclusivamente, es por esto por

lo que se va a comparar la norma europea UNE-EN 998-1:2018: especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido, con la norma NTE INEN 2536 “Áridos para uso en morteros para mampostería”, que es la que rige para el enlucido en el país.

La norma europea UNE-EN 998-1:2018, indica un rango de valores que tienen los morteros para enlucidos, dependiendo el lugar en donde se los vaya a colocar en obra.

Tabla 22: Categorías de Resistencia para morteros para revoco y enlucido según UNE-EN 998-1:2018

Propiedades	Categorías	Valores
Intervalo de resistencia a compresión a 28 días	CS I	0,4 N/mm <sup>2</sup> a 2,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS II	1,5 N/mm <sup>2</sup> a 5,0 N/mm <sup>2</sup>
	CS III	3,5 N/mm <sup>2</sup> a 7,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS IV	≥ 6 N/mm <sup>2</sup>

Fuente: (UNE-EN)

Los morteros de clase CS I y CS II son para uso en interiores. Según la norma son morteros menos cohesionados y no soportan cambios bruscos ambientales.

Los morteros CS III y CS IV son aptos para usarlos en el exterior. Según la norma, tiene una mejor cohesión y es apta para soportar cambios bruscos ambientales.

Cabe recalcar, que la comparación que se va a presentar en este trabajo de titulación es en base a los datos dados en la ficha técnica por el fabricante del mortero Enlumax de la empresa Intaco.

Tabla 23: Datos técnicos mortero premezclado Enlumax

### Datos técnicos

Cumple la norma UNE-EN 998 clasificación GP CS IV W0.

Dosificación de agua	Ecuador	
Cantidad	4,7 L a 4,8 L	7,5 L a 7,7 L
Presentación	25 kg	40 kg

Información	Ecuador	
Flujo ASTM C 1437	Porcentaje	94
Contenido aire ASTM C 231	Porcentaje	9,4
Contenido VOC	g/L	0,0
Fragua ASTM C 266	Inicial (min)	162
	Final (min)	320
Resistencia compresión ASTM C 109	7 días (MPa)	5,4
	28 días (MPa)	8,0
Resistencia flexión ASTM C 580	7 días (MPa)	1,2
	28 días (MPa)	1,7
Resistencia tensión ASTM C 307	7 días (MPa)	0,8
	28 días (MPa)	1,1

Fuente: (Intaco, 2018)

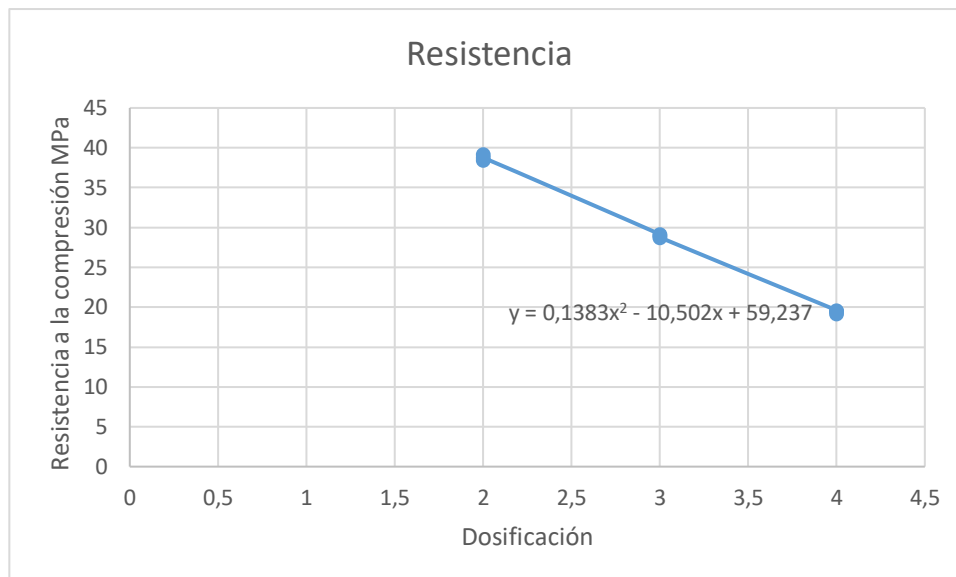
Mediante los datos obtenidos para la resistencia a la compresión en la ficha técnica, se procede a verificar qué dosificación de cada arena llegaría a valores similares a los que tiene el mortero premezclado. A su vez, los valores dados en la ficha técnica para la resistencia a la compresión van a ser comprobados con ensayos realizados en laboratorio.

Para el presente trabajo, se decidió utilizar el ensayo del curado acelerado. El propósito de este ensayo es obtener resultados confiables en un menor tiempo. En el caso del presente trabajo de titulación, este ensayo permitió corregir las dosificaciones utilizadas, ya que al realizar los ensayos de compresión simple y elaborar la curva con los resultados de este ensayo; se observó que la curva no llegaba hasta los resultados deseados. Por esta razón se decidió aumentar una dosificación en cada una de las arenas propuestas, con la intención de abarcar los resultados necesarios.

- Arena de Otavalo

## Compresión luego del curado acelerado

Gráfica 13: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de curado acelerado, arena de Otavalo

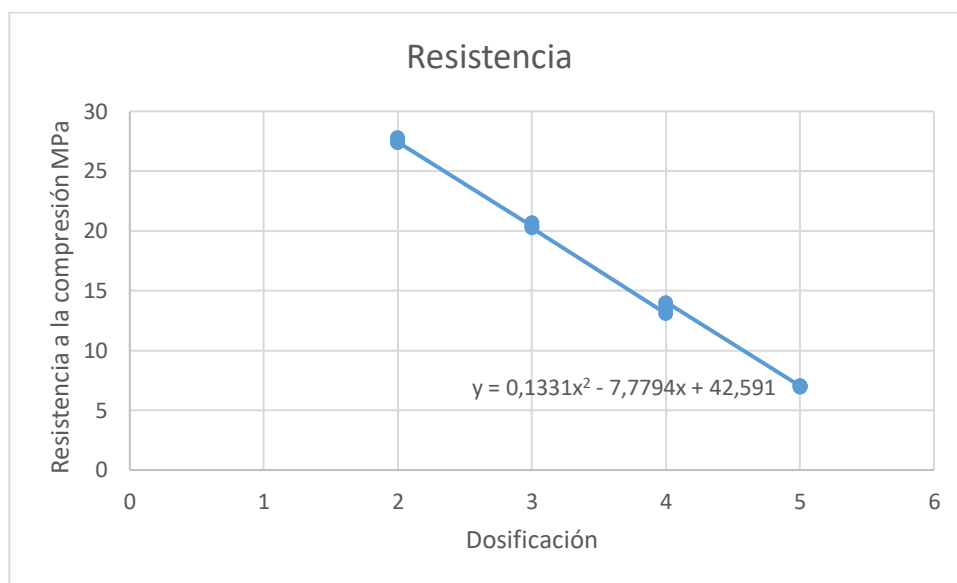


Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 28 días: **1:5,24**

Compresión a los 7 días

Gráfica 14: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 7 días, arena de Otavalo

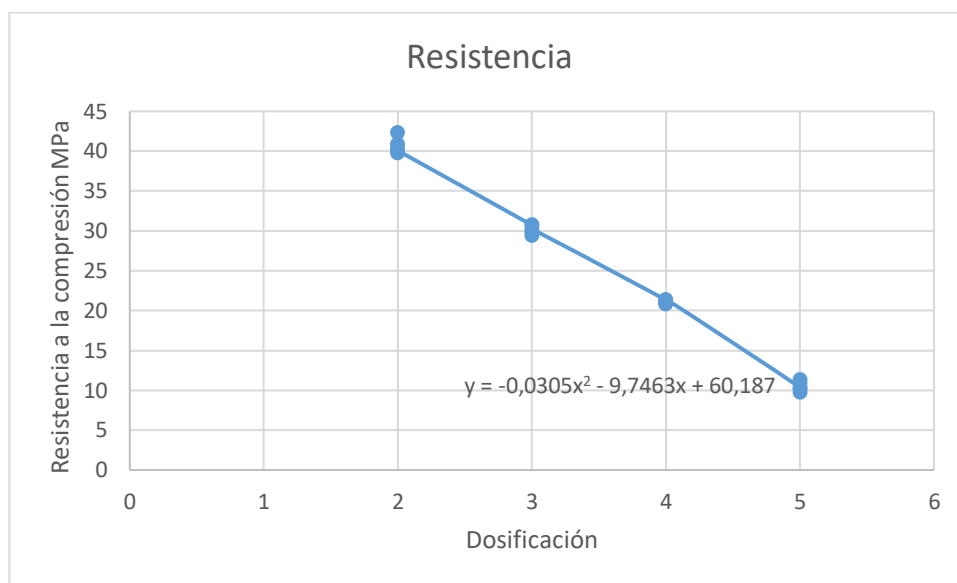


Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 7 días: **1:5,25**

Compresión a los 28 días

Gráfica 15: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 28 días, arena de Otavalo



Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 28 días: **1:5,89**

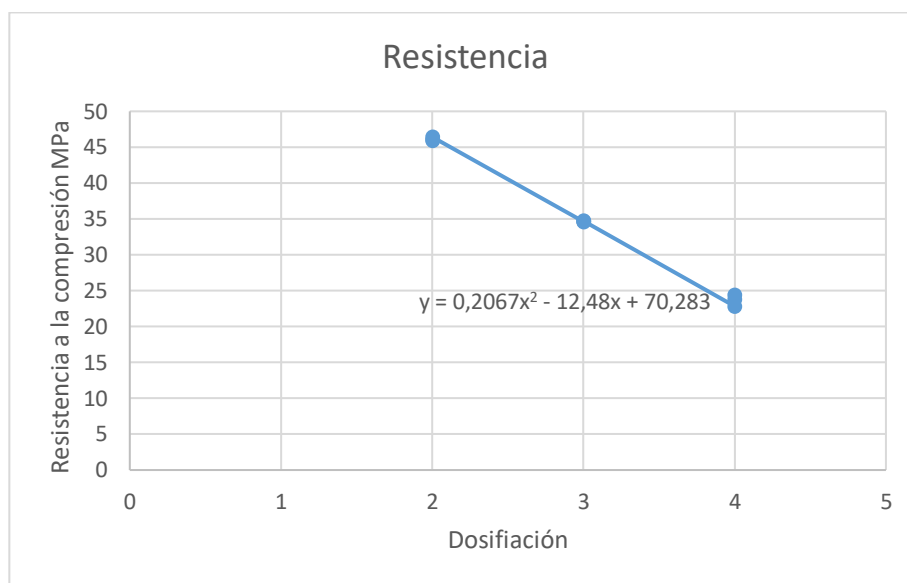
Con la tendencia que marcan las curvas que se obtuvieron por los ensayos de laboratorio realizados en distintas etapas del mortero, se puede proponer una dosificación que alcance los valores dados en la ficha técnica del mortero premezclado.

En el caso de la arena proveniente de Otavalo, la tendencia en los tres casos muestra que para obtener una resistencia equiparable con la resistencia dada por el mortero premezclado, la dosificación que se debería utilizar es de **1:5**.

- Arena de Tabacundo

Compresión luego del curado acelerado

Gráfica 16: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de curado acelerado, arena de Tabacundo

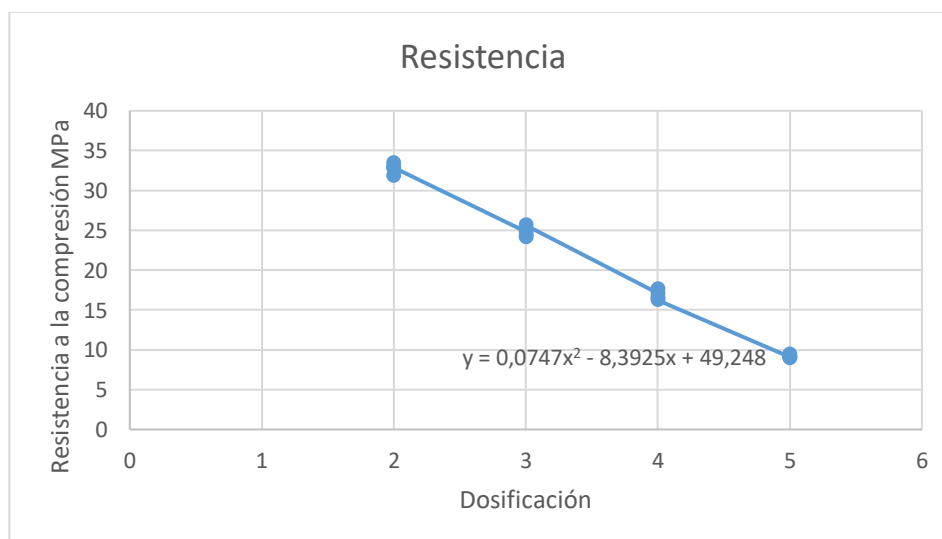


Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 28 días: **1:5,49**

### Compresión a los 7 días

Gráfica 17: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 7 días, arena de Tabacundo

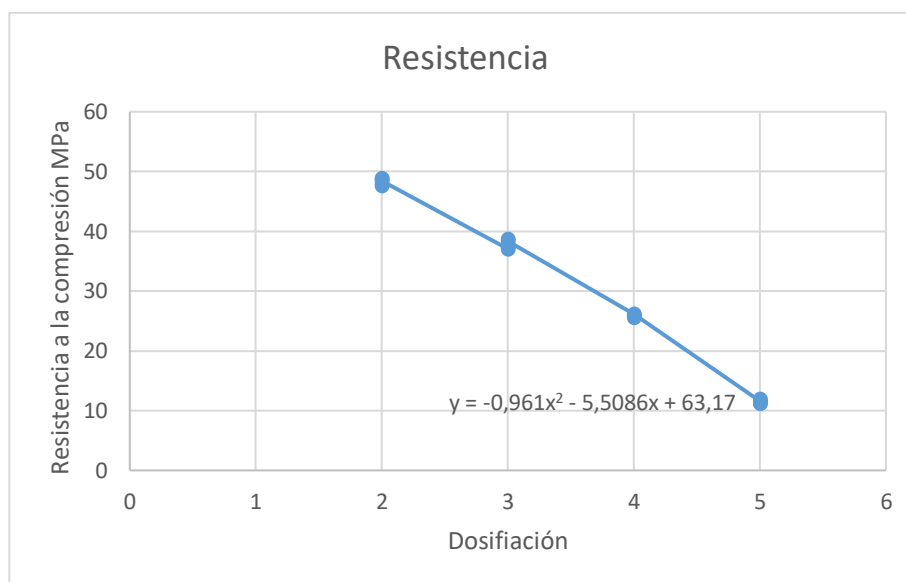


Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 7 días: **1:5,44**

### Compresión a los 28 días

Gráfica 18: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 28 días, arena de Tabacundo



Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 28 días: **1:5,32**.

Con la tendencia que marcan las curvas que se obtuvieron por los ensayos de laboratorio realizados en distintas etapas del mortero, se puede proponer una dosificación que alcance los valores dados en la ficha técnica del mortero premezclado.

En el caso de la arena proveniente de Tabacundo, la tendencia en los tres casos muestra que para obtener una resistencia equiparable con la resistencia dada por el mortero premezclado, la dosificación que se debería utilizar es de **1:5**.

- Arena de Pomasqui

### Compresión luego del curado acelerado

Gráfica 19: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de curado acelerado, arena de Pomasqui

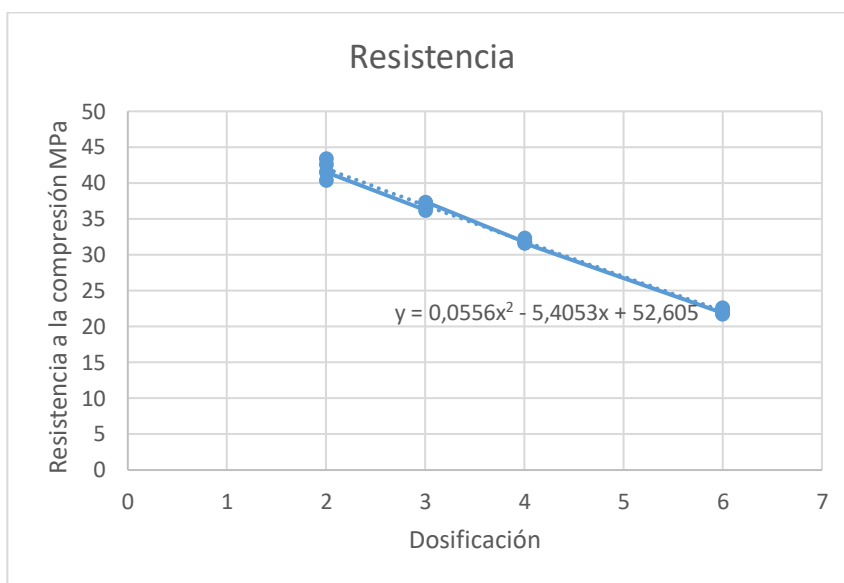


Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 28 días: **1:9,7**

Compresión a los 7 días

Gráfica 20: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 7 días, arena de Pomasqui

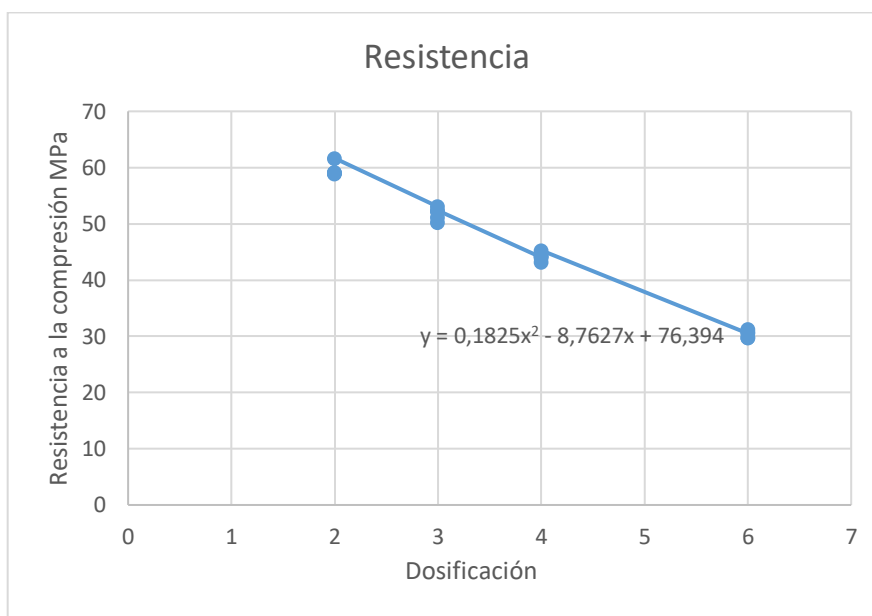


Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 7 días: **1:9,35**

Compresión a los 28 días

Gráfica 21: Resistencia equiparable con el mortero premezclado luego de 28 días, arena de Pomasqui



Fuente: (Bustamante, 2020)

Dosificación equiparable para la resistencia a los 28 días: **1:9,1**.

Los resultados de los ensayos muestran una tendencia que se repite en las distintas etapas del mortero. Por esta razón, se propone en el presente trabajo de titulación, una dosificación que alcance los valores de compresión simple dados por el mortero industrial.

En el caso de la arena proveniente de Pomasqui, la tendencia en los tres casos muestra que para obtener una resistencia equiparable con la resistencia dada por el mortero premezclado, la dosificación que se debería utilizar es de **1:9,7**.

En el caso de la arena proveniente de la cantera de Pomasqui, la dosificación recomendada no es factible de realizar, ya que se perdería la relación agua cemento necesaria para la ejecución del mortero. Es por esta razón, que se va a utilizar la dosificación planteada por la UNACEM y

la que es la más utilizado para la elaboración de mortero para enlucido, que es de 1:6. Se estima que los resultados a la compresión de esta dosificación van a ser altos y esto se debe a la granulometría del material que no es apta para la elaboración de mortero para enlucido.

#### **4.1.6. Aplicación en obra**

En obra, se observó una gran diferencia entre la aplicación del mortero tradicional y el mortero industrializado. Las dos mezclas fueron colocadas en paredes iguales, para poder comparar de manera correcta los dos métodos. Las dimensiones de las paredes fueron de 4,80 metros de ancho por 3,50 metros de alto.

La comparativa en obra, se la va a dividir en distintos subtemas. Con esto se puede diferenciar de manera clara cada ítem.

##### **1. Acarreo del material**

En el acarreo del material se nota una clara diferencia entre los dos métodos. Para el mortero tradicional, es necesario llevar la arena y el cemento al lugar donde se va a realizar la mezcla. En el caso presentado, esto fue una dificultad para el peón, ya que la pared a enlucir se encontraba en un nivel superior de donde se encontraba colocada la arena. Para su traslado, tuvieron que llevarla en carretilla hasta un punto, y lanzarlo mediante pala, al siguiente nivel. Cabe recalcar, que no existe control alguno para este trabajo, el desperdicio que existe solo con el acarreo de la arena puede resultar alto. El cemento fue trasladado como suelen trasladarlo los maestros, en el hombro hasta el lugar de la mezcla.

En el caso del mortero premezclado, el único acarreo necesario para la mezcla del mortero era la de los sacos de mortero. Esto facilitó el trabajo del peón, ya que no se evidenció problemas para el traslado.

## 2. Mezcla del mortero

Se pudo evidenciar una gran diferencia en el mezclado de los morteros. La dosificación usada para el mortero tradicional fue según el maestro de 1:3. Cabe señalar, que esta dosificación fue seleccionada por el maestro gracias a la experiencia que había tenido en obras anteriores, sin ningún control por parte del encargado de la obra. Pero al momento de la mezcla del material, se usó tres carretillas de arena, con un saco de cemento. Un saco de cemento aproximadamente pesa 50 kg, mientras una carretilla lleva aproximadamente 70 kg de arena. En realidad, la dosificación utilizada fue de aproximadamente 1:4,2. Solo con el mezclado del material, se evidencia fallas en el método, ya que no se conoce qué dosificación se utilizó para el mezclado del mortero. En la aplicación del agua a la mezcla homogenizada de arena y cemento, tampoco existe control alguno. Los maestros agregan agua a la mezcla hasta que, en base a su experiencia, deciden que la mezcla está lista para ser colocada. Esto provoca que exista grandes diferencias entre las paradas realizadas para una misma pared, lo que puede generar problemas posteriores.

En el caso del mortero premezclado, el fabricante presenta una mezcla homogenizada de material para la dosificación del mortero. El fabricante presenta en su ficha técnica la dosificación utilizada y la cantidad de agua que se debe añadir a la mezcla, como se muestra en la tabla siguiente:

*Tabla 24: Dosificación de agua para mortero premezclado, Enlumax*

### Datos técnicos

Cumple la norma UNE-EN 998 clasificación GP CS IV W0.

Dosificación de agua	Ecuador	
Cantidad	4,7 L a 4,8 L	7,5 L a 7,7 L
Presentación	25 kg	40 kg

Fuente: (Intaco, 2018)

Esto es de gran ayuda para los maestros que van a realizar la mezcla, ya que no tienen que ir probando hasta qué punto el mortero está listo para su colocación. En la obra, los maestros controlaron con un recipiente, la cantidad de agua que fue añadida a la mezcla.

### 3. Colocación del mortero

Previamente a la colocación de los morteros, se debe humedecer la superficie donde va a ser colocada la mezcla de los morteros. Para las dos paredes se necesitaba un espesor aproximado de 1,5 cm. Este espesor puede variar, ya que depende de las necesidades constructivas. Para el mortero tradicional, por su forma de aplicación es necesario cargar mínimo 1,5 cm de espesor. Mientras que, para el mortero industrial, gracias a su aplicación directa con llana, se carga el espesor netamente requerido. En la colocación del mortero tradicional, los maestros utilizaron una técnica que es muy común en el ámbito constructivo: el bacheado. El bacheado, consiste en lanzar el mortero directo a la pared con la ayuda de una pala y esperar que el mismo se adhiera a la pared. Esta técnica no controla la cantidad de material usado para enlucir una pared. Lo más grave es el desperdicio que existe al usar esta técnica, ya que el lanzar el material directo sobre la pared, no todo el material se adhiere y gran cantidad de material es desperdiciado. Uno de los problemas que existe en la colocación del material es que, como la mezcla del mortero no tuvo control, los maestros al momento de colocar el mortero, suelen colocar agua o más mezcla, todo depende de cómo ellos crean que está la mezcla. Una vez que el material está colocado en la pared, es esparcido con la ayuda de bailejo o espátula. Este proceso se repite hasta que se logra el espesor deseado. Cuando se cumplió con el espesor deseado, se procede a palear pared, que es el último paso para enlucir una pared. Consiste en darle a la pared y al enlucido, la superficie deseada para su uso. A los maestros, se les dificultó este trabajo, ya que la mezcla al no tener control alguno se secaba rápidamente y dificultaba el proceso. Los maestros para facilitar el

trabajo agregaban agua sobre la superficie colocada para poder darle la superficie que necesitaban.

Para la colocación del mortero premezclado, se les indicó a los maestros que no es necesario usar el bacheado para la colocación del mortero. El mortero premezclado, al tener una dosificación establecida, está listo para su adecuada colocación. Simplemente se debe colocar en la pared, con la ayuda de espátulas y bailejos, el mortero se adhiere rápidamente a la superficie deseada, lo que acelera el tiempo de su colocación y el tiempo que los maestros emplean para el mismo. Una vez obtenido el espesor de 1,5 cm deseado, se procede a palear la pared. Este trabajo se facilitó notablemente en comparación con el otro método, ya que, al usar un mortero con una dosificación especificada, la misma no se secaba inmediatamente. Esto facilitaba el trabajo de los maestros y no les tomaba mayor tiempo y trabajo.

#### 4. Tiempo para la ejecución del trabajo

En el caso de la pared enlucida con el mortero tradicional, el tiempo total para su ejecución fue de aproximadamente de 5 horas. Esto contando desde que limpiaron la superficie, hasta que terminaron de palear la pared enlucida.

En el caso de la pared enlucida con el mortero premezclado, el tiempo total para la ejecución fue de aproximadamente 4 horas. Esto en obra, significa un aumento de rendimiento del 25%, lo que, llevado a una obra, es de gran ayuda ya que se optimiza tiempos y recursos.

#### 5. Control de las paredes en distintos períodos de tiempo

Para tener una comparación completa, se procedió a realizar una evaluación visual de las paredes en distintas etapas.

- En los primeros tres días, se procedió a realizar el curado de las paredes. Esto es necesario para que la relación agua-cemento se mantenga, hasta llegar al fraguado inicial del material. En los primeros tres días se evidenció que la pared realizada con el mortero tradicional tenía fisuras en toda la superficie. Inclusive en algunas partes se notó que el material estaba próximo a desprenderse. A su vez, la pared enlucida con el mortero premezclado no presentaba daño alguno. La superficie de la misma se encontraba intacta.

Pared enlucida con el mortero tradicional:

*Ilustración 88: Pared enlucida con mortero*

*tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 87: Pared enlucida con mortero*

*tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 89: Pared enlucida con mortero*

*tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

**Pared enlucida con el mortero premezclado:**

*Ilustración 91: Pared enlucida con mortero*

*industrial*

*Ilustración 90: Pared enlucida con mortero*

*industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 92: Pared enlucida con mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

- A los 7 días se realizó una nueva inspección para ver el estado de las paredes. En esta inspección, se observó que, en la pared realizada con el mortero tradicional, las grietas habían aumentado en tamaño y número. Mientras, el desempeño de la pared realizada con el mortero premezclado seguía siendo impecable, no presentaba daño alguno.

Pared enlucida con el mortero tradicional:

*Ilustración 94: Inspección visual a los 7 días,  
mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 93: Inspección visual a los 7 días,  
mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

**Pared enlucida con el mortero premezclado:**

*Ilustración 96: Inspección visual a los 7 días,  
mortero industrial*

*Ilustración 95: Inspección visual a los 7 días,  
mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)



Fuente: (Bustamante, 2020)

- Finalmente, se realizó la última inspección visual a los 28 días. En este lapso de tiempo el mortero adquiere la resistencia final. La pared enlucida con el mortero tradicional presentaba muchos problemas de agrietamiento y de desprendimiento del material. Esto iba a ocasionar un problema al momento de colocar el revestimiento a la superficie enlucida. Por la otra parte, la pared realizada con el mortero premezclado no presentó daño alguno en su superficie. El acabado de la misma continuó estando en óptimas condiciones.

Pared enlucida con el mortero tradicional:

*Ilustración 98: Inspección visual a los 28 días,  
mortero tradicional*

*Ilustración 97: Inspección visual a los 28 días,  
mortero tradicional*



Fuente: (Bustamante, 2020)

Pared enlucida con el mortero premezclado:

*Ilustración 100: Inspección visual a los 28 días, mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)

*Ilustración 99: Inspección visual a los 28 días, mortero industrial*



Fuente: (Bustamante, 2020)



Fuente: (Bustamante, 2020)

## 14.2 Comparación económica

### 4.2.1. Mortero tradicional

En la comparación económica, se va utilizar los datos y rendimientos obtenidos en obra. Como se mencionó anteriormente, la dosificación usada para el mortero tradicional fue 1:3, que es 1 saco de cemento por tres carretillas de arena.

En obra se pudo medir que el desperdicio aproximado fue de 10%. Este desperdicio se da principalmente por la técnica utilizada por los maestros en la colocación del mortero sobre la pared.

*Tabla 25: Análisis de precios unitarios mortero tradicional*

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MORTERO TRADICIONAL

RUBRO: Enlucido 1:3

UNIDAD: m2

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PESO kg	P. UNITARIO	COSTO
Cemento	saco	1,0000	50	7,50	7,50
Arena	carretilla	3,0000	210	0,57	1,72
Desperdicio		10%	-21		
			239,0000	SUBTOTAL	9,22

**Enlucido  
(previo  
champeado)  
espesor 1,5  
cm**

RENDIMIENTO m <sup>2</sup>	COSTO x m <sup>2</sup>
8,40	1,10

En cuanto al material, el rendimiento por cada m<sup>2</sup> de material es de 8,40, lo que significa que cuesta \$1,10 por cada m<sup>2</sup> de enlucido.

En la mano de obra, se utilizó un albañil y un peón como cuadrilla. El peón al considerarse un ayudante del albañil, no genera un rendimiento directo en la ejecución del trabajo, ya que él es el encargado del acarreo de materiales y de ayudar al albañil. A su vez, el peón no sólo está dedicado en ayudar para este trabajo, su trabajo es asistir en diferentes partes de las obras.

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO x DÍA	RENDIMIENTO x HORA	RENDIMIENTO x DÍA	COSTO x m <sup>2</sup>
Albañil	1	24,00	2,10	16,8000	1,43
Peón	1	20,00			0,60
		44,00		SUBTOTAL	2,02

RENDIMIENTO m <sup>2</sup>	COSTO M/O x m <sup>2</sup>
16,80	2,02

Fuente: (Bustamante, 2020)

Midiendo el rendimiento que tuvieron en obra, se pudo obtener que la mano de obra tiene un rendimiento de 16,80 m<sup>2</sup> lo que da un costo de \$2,02 por cada m<sup>2</sup>.

#### 4.2.2. Mortero premezclado

Para el presente análisis, se toma como base el análisis realizado para el mortero tradicional. Para tener una comparación equiparable, se toma la cantidad de material usado en el método anterior y se calcula cuánto material de mortero premezclado se necesita para realizar el mismo trabajo.

Tabla 26: Análisis de precios unitarios mortero premezclado

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
MORTERO INDUSTRIAL

RUBRO: Enlucido Enlumas

UNIDAD: m<sup>2</sup>

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PESO kg	P. UNITARIO	COSTO
Enlumas	saco	5,9750	40	3,59	21,45
			239	SUBTOTAL	21,45

**Enlucido de  
8mm ->  
rendimiento  
Enlumas  
2.5m<sup>2</sup>**

RENDIMIENTO APROX m <sup>2</sup>	COSTO x m <sup>2</sup>
14,94	1,44

El rendimiento del mortero premezclado es de 14,94 por cada m<sup>2</sup>, lo que da un costo de \$1,44 por cada m<sup>2</sup>.

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO x DÍA	RENDIMIENTO x HORA	RENDIMIENTO x DÍA	COSTO x m2
Albañil	1	24,00	2,63	21,0000	1,14
Peón	1	20,00			0,48
		44,00		SUBTOTAL	1,62

RENDIMIENTO m2	COSTO M/O x m2
21,00	1,62

Fuente: (Bustamante, 2020)

En cuanto a la mano de obra, se logró un aumento de productividad de aproximadamente el 25%, que se dio por un menor tiempo en la ejecución del trabajo realizado en obra. Teniendo en cuenta este punto, se obtuvo un rendimiento de 21 por cada m<sup>2</sup>, lo que a su vez da un costo de \$1,62 cada m<sup>2</sup>.

#### 4.2.1. Comparativa

Tabla 27: Comparativa método tradicional contra método industrial

Enlucido		
	Método Tradicional	Método industrial
Material (\$/m <sup>2</sup> )	1,10	1,44
Mano de obra (\$/m <sup>2</sup> )	2,02	1,62
Costo x m <sup>2</sup> enlucido	3,12	3,06
Ahorro \$		-0,0661
Ahorro %		2%

En resumen, en el costo de material entre un método y el otro, se nota una diferencia que beneficia al método tradicional. Pero la verdadera diferencia se da en el costo por mano de obra, al aumentar el rendimiento, disminuye el tiempo de ejecución del trabajo, lo que significa ganancias a nivel de una obra. Es por esto, que en el total del costo de cada m<sup>2</sup> de enlucido da un ahorro del 2% en el método industrial. Esto llevado a una obra en donde se necesite enlucir varios m<sup>2</sup>, equivale a un gran ahorro para el constructor. A su vez, en el método tradicional no está considerado el costo de la reparación del mortero. Estos valores van a incrementar el costo del rubro, lo que significa mayor pérdida para el constructor.

## Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

### 15.1 Conclusiones

- En los ensayos realizados en el laboratorio se comprobó que existe diferencia entre las arenas analizadas para este trabajo de titulación:
  - En el ensayo de contenido orgánico, las tres arenas ensayadas poseen menos de 500 partes por millón de sustancias orgánicas, lo cual significa que las arenas son aptas para la elaboración de morteros.
  - Para el ensayo de gravedad específica, la norma NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización) 859 ha determinado que las arenas son aptas para el uso en morteros, cuando los valores tanto de gravedad específica bulk como de gravedad específica saturada, con superficie seca, estén en el rango de 2 a 3. En cuanto a las tres arenas ensayadas estas son aptas para su uso en morteros, debido a que todos los valores se encuentran en el rango mencionado.
  - Para el ensayo de materiales más finos que pasan el tamiz 200 se notó una diferencia entre las arenas, dado que las de Otavalo, con 30,5 %, y las de Tabacundo, con 31,8 %, tienen una gran cantidad de sustancias que pueden perjudicar al mortero. Entretanto, la arena de Pomasqui, al registrar un 9,35 %, cumple con los requisitos de la norma NTE INEN 697; también cuenta con menos del 10 % de sustancias perjudiciales para la elaboración del mortero, es decir que no tiene un número significativo de partículas que puedan ser nocivos para la elaboración.

- Las arenas de las tres minas no cumplen con la granulometría necesaria para la elaboración de morteros, de acuerdo con la norma NTE INEN 2536:
  - En la arena proveniente de Otavalo, aproximadamente el 50 % de la curva está fuera de los rangos establecidos por la norma.
  - En la arena proveniente de Tabacundo, aproximadamente el 50 % de la curva está fuera de los rangos fijados por la norma.
  - En la arena proveniente de Pomasqui, aproximadamente el 70 % de la curva está afuera de los rangos determinados por la norma.
- En el ensayo del curado acelerado se obtuvieron resultados preliminares que permitieron la realización de las correcciones en los ensayos posteriores a los que se llevaron a cabo a los 28 días de curados los morteros. Lo anterior implica una gran ventaja, puesto que posibilita resultados confiables en menor tiempo.
- En la compresión de morteros se alcanzaron los siguientes resultados en cada arena ensayada:
  - El mortero elaborado con la arena de Otavalo debería tener una dosificación de 1:5 para conseguir resultados similares a aquellos que tiene el mortero industrial. A los 7 días el mortero tiene una resistencia característica de 6,96 MPa, y a los 28 días de 9,73 MPa. Este resultado está dentro de la categoría que indica la norma UNE-EN (Una Norma Española – European Norm) 998-1:2018, en la cual se indica que para un mortero de enlucido y de uso exterior los valores pueden ser mayores a 6 MPa.
  - En el proceso de fabricación del mortero con la arena de Tabacundo se debería tener una dosificación de 1:5, con el fin de alcanzar resultados

equiparables a los que tiene el mortero industrial. A los 7 días, el mortero elaborado con la arena proveniente de la cantera de Tabacundo registra una resistencia característica de 8,95 MPa, y a los 28 días alcanza una resistencia característica de 11,12 MPa. Este resultado está dentro de la categoría que indica la norma UNE-EN 998-1:2018, donde se señala que para un mortero de enlucido y de uso exterior los valores pueden ser mayores a 6 MPa.

- El mortero elaborado con la arena de Pomasqui presentó problemas a la hora de obtener una dosificación equiparable con el mortero industrial. Para este ensayo se optó por utilizar la dosificación recomendada por la UNACEM (Unión Andina de Cementos) que es de 1:6. Para los 7 días da un valor de resistencia característica de 21,67 MPa, y a los 28 días de 29,49 MPa. Estos valores, aunque son aceptados por la norma europea UNE-EN 998-1:2018, son demasiado altos para un mortero de enlucido, pues este va a presentar problemas en el acabado final, así como agrietamientos y desprendimientos. A su vez, no es posible realizar una dosificación más alta de este mortero, debido a que podrían surgir problemas en el mezclado y, por ende, desperdicios y pérdida de la relación de agua-cemento.
- En la ficha técnica del mortero industrial, el fabricante otorga los valores de compresión simple a los 7 y 28 días, estos son de 5,4 MPa y 8 MPa, respectivamente. Mediante ensayos de laboratorio fueron corroborados dichos valores, la resistencia promedio obtenida fue de 5,60 MPa a los 7 días y de 7,72 MPa a los 28 días.
- En la aplicación en obra también se notaron importantes diferencias entre la elaboración y la aplicación de los dos morteros:

- En el mezclado del material, para el mortero tradicional el maestro preparó la mezcla sin ningún tipo de control técnico. Le añadió material y agua de acuerdo con la apreciación que él tenía, es decir que a partir de su experiencia decidía si debía agregar agua o material. Mientras que, para el mortero industrial, al tener una dosificación ya determinada, lo único que faltaba añadir era el agua, cuya cantidad venía claramente indicada en la envoltura del producto (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, s.f.).
- En la colocación del mortero industrial, el albañil utilizó la técnica del bacheado. Esta técnica no controla la cantidad de material que se agrega a la pared, de modo que se produce un gran desperdicio de este. Por lo general, se bachea dos veces cada parte de la pared, lo que significa que mínimo se cargan 1,5 cm de material. Esta circunstancia constituye un problema, en tanto que no se puede controlar el espesor requerido para una obra. En cambio, el mortero industrial, al ser un mortero más trabajable, es de fácil aplicación, pues esta es directa con llana, lo cual permite cargar a la pared el espesor necesario y agiliza el proceso de su aplicación.
- Respecto al rendimiento de los trabajadores en la ejecución del trabajo de enlucir las dos paredes, se evidenció que, en la pared enlucida con el mortero industrial, hubo un mayor rendimiento de su parte. Para llevar a cabo el enlucido con el mortero industrial, los trabajadores se demoraron cuatro horas; en contraste, para enlucir la pared con el mortero tradicional se tomaron cinco horas. Esto representa un 25 % de ahorro de tiempo en cuanto al rendimiento, valor que en una obra implica un beneficio significativo.

- En el análisis de precios unitarios se comprobó que no existe gran diferencia entre los dos métodos de enlucido. El costo por m<sup>2</sup> de enlucido por el método tradicional fue de \$3,12 y en el método industrial de \$3,06.
- Los resultados obtenidos respecto a la compresión simple de los morteros son aceptados por la norma INEN 198 sobre la determinación de la resistencia a la flexión y compresión de los morteros. En este documento se precisó que los resultados conseguidos con la compresión simple deben alcanzar, a los 7 días, mínimo un 60 % de la resistencia final de los morteros.
- En el presente trabajo de titulación se comprobó que no es posible establecer una dosificación general para las tres arenas. Lo anterior se debe a las diferencias que existen entre cada cantera en cuanto a la granulometría, lo que conlleva problemas en la resistencia a la compresión simple de los morteros. De los resultados obtenidos en los ensayos de compresión simple de los morteros elaborados con las arenas provenientes de las canteras de Otavalo, Tabacundo y Pomasqui se concluye que las tres arenas deben tener distintas dosificaciones, para alcanzar valores similares a los conseguidos por el mortero industrial y, además, cumplir con la norma UNE-EN 998-1:2018.
- Como se indica en la Guía 6 para morteros de cal en edificios tradicionales, los morteros premezclados tienen la ventaja de “reducir el tiempo de preparación del mortero lo que permite tener una certeza sobre la mezcla, ya que eliminan cualquier incertidumbre sobre las proporciones de aglutinante y agregado” (Torney y Snow, 2014, p. 1). De acuerdo con el trabajo aquí expuesto, el mortero industrial presentó una gran ventaja para los maestros en obra, disminuyó el tiempo de aplicación del mortero

sobre la pared y, sobre todo, trajo consigo resultados garantizados. Adicionalmente, no hubo problemas con el acabado de la pared.

- La granulometría de la arena desempeña un papel preponderante en la elaboración del mortero tradicional. Esta afirmación concuerda con lo indicado en el trabajo de titulación de Balksten (2007), allí se evidenció, mediante un estudio realizado en Gotemburgo, que el árido incide directamente en la resistencia del mortero. Además, dicha investigación concluyó que el mezclado y la puesta en obra del mortero son de suma importancia, en la medida en que influyen en la trabajabilidad, la homogeneidad y la ligereza del mortero (Balksten, 2007). Esto se vio reflejado en los resultados del presente trabajo, en donde se comprobó que, con el mortero industrial, el rendimiento de los trabajadores aumentaba considerablemente.
- En la tesis de grado de Monreal (2010), realizada en la Universidad Austral de Chile, el autor hizo un análisis entre el mortero para albañilería tradicional e industrial. En este trabajo se llegó a la siguiente conclusión:

Desde el punto de vista económico, aun cuando el valor de Pegamix Ladrillo presenta un costo superior al mortero fabricado en obra en sus costos directos, la utilización de este elimina los costos por logística de adquisición de materiales, pérdidas de mortero por transporte, fraguado y reparaciones de albañilería por malas terminaciones de canterías, lo que disminuye la brecha de costos entre este y el mortero fabricado en obra, que lo convierte en un producto altamente competitivo frente a los productos tradicionales. (Monreal, 2010, p. 53)

Esta conclusión valida los resultados del análisis económico, pues se comprobó que el costo de los dos métodos es prácticamente el mismo, en lo que se refiere a la

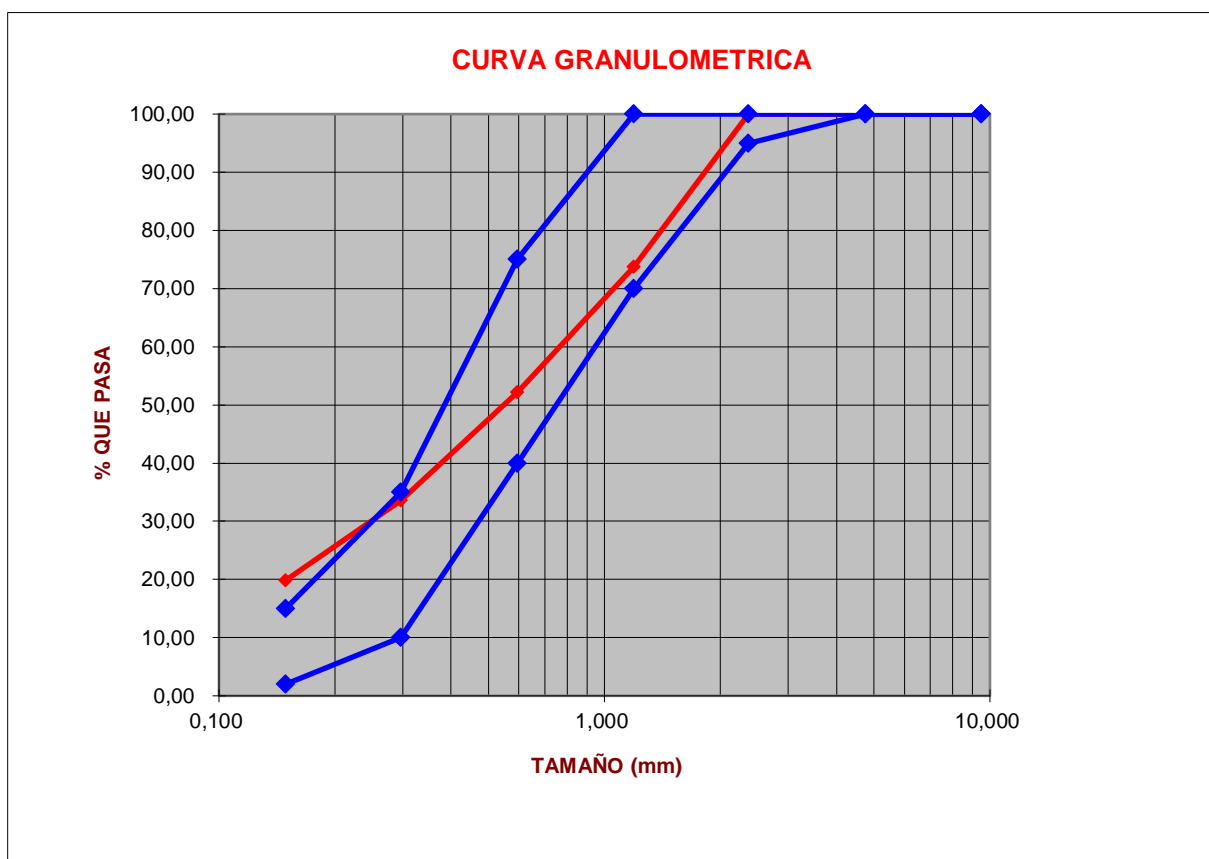
disminución del tiempo para ejecutar el trabajo con el mortero industrial. En ese sentido, el mortero industrial implica una mayor ventaja frente al mortero tradicional.

- En la actualidad, no existe una referencia bibliográfica en la que se compare el mortero industrial y el tradicional, exclusivamente para enlucido. Por último, conviene distinguir que los resultados de este trabajo se obtuvieron mediante ensayos de laboratorio, un análisis en obra y un análisis de precios unitarios.

## **15.2 Recomendaciones**

- Al momento de realizar los morteros tanto industrial como tradicional, las superficies deben estar humedecidas y los materiales a utilizar deben ser los correctos para así poder garantizar en cierta manera su elaboración.
- Debe existir un control por parte del encargado de obra en la elaboración y colocación del mortero para así, evitar desperdicios.
- Se recomienda realizar ensayos de laboratorio de las dosificaciones planteadas, con el único fin de comprobar los datos entregados.
- Para poder usar la arena de Pomasqui, se recomienda pasar el material primero por un tamiz No 8, esto con el fin de eliminar el exceso de material grueso y así tener un material más manejable a la hora de elaborar el mortero. Sin embargo, es necesario realizar ensayos de compresión simple para comprobar que la resistencia se encuentre en los rangos establecidos. Como se demuestra en la gráfica 22 a continuación, con el material pasante del tamiz No 8, la curva granulométrica cumpliría lo establecido en la norma.

Gráfica 22: Granulometría Pomasqui pasado por el tamiz No 8



Fuente: (Bustamante, 2020)

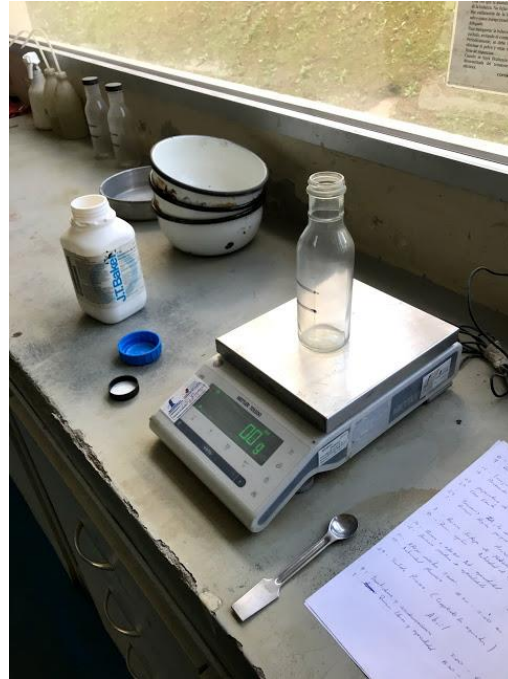
## Bibliografía

- AENOR. (2003). *NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 1386*. Madrid.
- ASTM, C109/C109M-08. (s.f.). *Método Normalizado de Ensayo de Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos de 2 in. o [50-mm])*.
- ASTM, C117-03. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75  $\mu$ m) en agregados minerales mediante lavado*.
- ASTM, C128-04<sup>a</sup>. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos*.
- ASTM, C136-05. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos*.
- ASTM, C40. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto*.
- ASTM, C684 -99. (s.f.). *Método de prueba estándar para hacer, curado acelerado y probar muestras de prueba de compresión de concreto*.
- ASTM, D75-03. (s.f.). *Práctica normativa para el muestreo de agregados*.
- ConcretOnline. (2 de Septiembre de 2018). *ConcretOnline*. Obtenido de <https://www.concretonline.com/morteros-revoques/morteros-para-albanileria-definiciones-y-clasificacion>
- INEN, 198. (s.f.). *Determinación de la resistencia a la flexión y compresión de los morteros*.
- INEN, 2536. (s.f.). *Áridos para uso en morteros para mampostería. requisitos*.

- Monreal, J. P. (2010). Análisis comparativo entre mortero de junta para albañilería fabricado en obra y mortero premezclado húmedo para albañilería. *Universidad Austral de Chile*. Valdivia, Chile.
- UNACEM Ecuador S.A. (23 de Mayo de 2016). *Manual de obra*. Obtenido de <https://www.manualdeobra.com/blog/mortero>
- UNE-EN, 9.-1. (s.f.). : *Especificaciones de los morteros para albañilería*.
- De La Sotta, J. (2010). Análisis comparativo entre mortero de junta para albañilería fabricado en obra y mortero premezclado húmedo para albañilería (Tesis doctoral Ing. Const. Valdivia, Chl, UAC).
- Antón, P., & David, L. G. (2018). Análisis comparativo entre mortero para albañilería utilizando mortero premezclado y mortero para albañilería hecho IN SITU
- Balkstein, K. (2007). Traditional Lime Mortar and Plaster (Tesis doctoral, Suecia, NMK).
- Torney, Clare & Snow, Jessica. (2014). Lime Mortars in Traditional Buildings: Short Guide 6.
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (s.f.). *Mortero seco: el gran aliado de tu obra*. Obtenido de Innovación y tecnología: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/innovacion-y-tendencias/mortero-seco-el-gran-aliado-de-tu-obra>

## Anexos

- 1) Anexo 1: Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.





- 2) Anexo 2: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos.











- 3) Anexo 2: Método de ensayo normalizado para materiales más finos que una criba No. 200 (75  $\mu\text{m}$ ) en agregados minerales mediante lavado.



- 4) Anexo 4: Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos.





- 5) Método normalizado de ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50-mm]).











- 6) Método de prueba estándar para hacer, curado acelerado y probar muestras de prueba de compresión de concreto.





7) Determinación del esfuerzo a la compresión en morteros

7 día



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6
Descripción	Intaco					
Fecha de fabricación	2-03					
Fecha de ensayo	9-03					
Edad (días)						
Largo (mm)	50,29	50,26	50,42	50,55	50,59	51,09
Ancho (mm)	50,54	50,15	50,17	50,54	50,68	51,33
Altura (mm)	50,15	50,43	50,6	51,85	51,88	50,84
Masa (gr)	216,89	262,33	274,8	234,08	234,87	243,25
Carga de ruptura (N)	13006	14088	14425	13218	14628	17125

Informe

Ensayo



PUCE

2 día

2019-06-03



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden	1:2		1:2		1:2		1:3		1:3		1:3		1:4	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
MUESTRA N°	1													
Descripción	04va6													
Fecha de fabricación	21-02													
Fecha de ensayo	06-03													
Edad (días)														
Largo (mm)	50,67	45,95	45,59	50,62	50,24	50,2	50,14	50,08	51,26					
Ancho (mm)	51	45,9	50,62	50,04	50,28	50,36	50,59	50,42	49,74					
Altura (mm)	51,04	51,52	50,55	51,4	49,78	50,2	50,24	50,06	49,67					
Masa (gr)	263,41	260,07	247,66	261,61	260,27	262,33	263,33	263,12	259,79					
Carga de ruptura (N)	69585	70366	65692	67216	51585	52366	51692	51210	33387					

Ensayo

Informe





UNIVERSIDAD DE CUENCA  
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

7 días

N° de Orden	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4
MUESTRA N	1	2	3	4	1	2	3	4
Descripción	Fabricando							
Fecha de fabricación	26-02							
Fecha de ensayo	04-03							
Edad (días)								
Largo (mm)	50,21	50,41	50,03	51,26	51,02	51,07	51,06	50,58
Ancho (mm)	50,42	50,34	51,72	50,05	50,06	50,08	50,1	50,11
Altura (mm)	50,54	50,51	51,59	51,48	51,02	51,06	51,08	50,79
Masa (gr)	273,2	274,4	277,2	278,6	285	284,58	281,54	276,86
Carga de ruptura (N)	84740	84442	82445	84232	63471	61718	62205	65550

Informe

Ensayo



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MATERIALES



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden

1:4 1:4

3 4

MUESTRA N°	2																				
Descripción	Tabacomb																				
Fecha de fabricación	26-02																				
Fecha de ensayo	04-03																				
Edad (días)																					
Largo(mm)	50,44	50,40																			
Ancho(mm)	50,55	50,65																			
Altura (mm)	50,5	50,06																			
Masa (gr)	271,1	270,3																			
Carga de ruptura (N)	42389	45067																			

Informe

Ensayo



7 días



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden	1:2	1:2	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4
MUESTRA N	1	2	3	4	1	2	3	4
Descripción	Pomasqui							
Fecha de fabricación	27-02							
Fecha de ensayo	05-03							
Edad (días)								
Largo (mm)	51,03	51,27	51,3	50,98	51,57	51,7	51,72	52,08
Ancho (mm)	50,35	51,24	50,15	50,02	51,22	51,31	50,73	50,89
Altura (mm)	51,32	51,55	51,58	51,72	51,16	51,36	51,54	50,07
Masa (gr)	290	301,8	297,9	255,9	301	298,9	296,2	296
Carga de ruptura (N)	111567	106181	109735	105885	96506	98896	96585	97637

Ensayo

Informe

Curado acelerado



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden

MUESTRA N	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Descripción	OK1410								
Fecha de fabricación	28-02								
Fecha de ensayo	03-03								
Edad (días)									
Largo(mm)	50,05	51,03	50,2	50,99	50,26	50,56	50,78	50,23	50,51
Ancho(mm)	50,48	50,45	50,46	50,96	51,51	51,56	50,23	50,91	50,1
Altura (mm)	50	51,23	50,61	50,17	50,15	51,56	50,86	50,15	50,24
Masa (gr)	242,5	260,9	243	261,6	261,3	261,2	257,8	250,4	250,1
Carga de ruptura (N)	149764	150104	150173	25764	25104	23173	63033	60004	60156

Informe

Ensayo



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción



Curado acelerado

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:4	1:4	1:4
MUESTRA N°	5	6	7	5	6	7	5	6
Descripción	Pompa 501							
Fecha de fabricación	27-02							
Fecha de ensayo	03-03							
Edad (días)								
Largo (mm)	50,72	50,82	50,52	51,36	50,61	51,63	50,99	50,77
Ancho (mm)	50,51	50,54	50,75	50,38	50,54	50,18	50,31	50,7
Altura (mm)	50,43	50,9	51,08	51,89	51,24	51,89	50,82	50,47
Masa (gr)	276,5	278,2	284,7	290,9	286,8	294,9	288,1	290,6
Carga de ruptura (N)	149034	159108	147859	133618	134972	133360	115336	114899

Ensayo

Informe



PUCE



Curado acelerado

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden	1:2		1:3		1:3		1:3		1:4		1:4	
	5	6	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
MUESTRA N°	5	6	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
Descripción	Tabcrcncb											
Fecha de fabricación	26-02											
Fecha de ensayo	03-03											
Edad (días)												
Largo (mm)	50,53	50,5	50,39	51,46	50,25	51,9	51,25	50,65	51,25	50,65	50,65	
Ancho (mm)	50,81	51,15	51,4	50,48	51,45	50,86	50,2	50,58	50,2	50,58	50,58	
Altura (mm)	50,7	50,44	50,44	52,23	50,44	51,44	51,18	50,38	51,18	50,38	50,38	
Masa (gr)	268,3	271,7	271,3	272	272,1	281	271,1	271,9	271,1	271,9	271,9	
Carga de ruptura (N)	118429	117548	96810	93159	94812	60024	62771	60510	62771	60510	60510	

Ensayo

Informe



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6
Descripción	1,6	=	=	=	=	=
Fecha de fabricación	7.01.20	=	=	=	=	=
Fecha de ensayo	14.01.20	=	=	=	=	=
Edad (días)	7					
Largo(mm)	50,67	50,62	50,24	50,08	51,26	
Ancho(mm)	42,00	51,52	50,36	50,59	47,96	
Altura (mm)	50,55	51,04	50,24	50,20	50,16	
Masa (gr)	298,21	302,02	301,26	303,17	298,61	
Carga de ruptura (N)	17800	18159	17691	17876	1808	

Ensayo \_\_\_\_\_ Informe \_\_\_\_\_

DETERMINACION DEL ESFUERZO A LA COMPRESION EN MORTEROS

N° de Orden  

Pomasqui

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
Descripción	1,6	=	=	=	=
Fecha de fabricación	7-07-20	=	=	=	=
Fecha de ensayo	14-07-70	=	=	=	=
Edad (días)	7				
Largo(mm)	51,22	52-08	51,06	51,86	51,24
Ancho(mm)	50,02	50,51	51,13	51,36	50,35
Altura (mm)	50,15	50,82	50,44	51,22	52,02
Masa (gr)	296,26	302,71	245,45	308,41	301,82
Carga de ruptura (N)	55442	58488	57165	57863	58381



Ensayo

Informe



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden

Tabla cundo

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
Descripción	1,6	=	=	=	=
Fecha de fabricación	7.07.20	=	=	=	=
Fecha de ensayo	14.07.20	=	=	=	=
Edad (días)	7				
Largo(mm)	50.21	51.26	51.02	50.16	50.22
Ancho(mm)	50.94	51.72	50.08	50.10	50.47
Altura (mm)	51.59	51.59	51.08	51.06	50.06
Masa (gr)	301.02	299.87	300.26	302.12	301.92
Carga de ruptura (N)	23305	24458	22400	23281	23431

~~10/16~~

Informe



Comisión Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden  Pomogui

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
Descripción	1:6	=	=	=	=
Fecha de fabricación	7-07-20	=	=	=	=
Fecha de ensayo	4-08-20	=	=	=	=
Edad (días)					
Largo (mm)	50.46	51.05	51.45	50.03	50.29
Ancho (mm)	31.73	30.03	32.94	30.27	30.27
Altura (mm)	52.45	52.45	50.12	50.12	50.09
Masa (gr)	301	746.9	746.2	830.4	301.3
Carga de ruptura (N)	77671	77144	85002	74732	75131

Ensayo

Informe \_\_\_\_\_

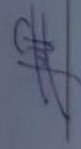


Laboratorio de Materiales de Construcción



AREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
DETERMINACION DEL ESFUERZO A LA COMPRESION EN MORTEROS

N° de Orden	Tubo conido				
	1	2	3	4	5
MUESTRIA N°	1-5	=	=	=	=
Descripción	7-0.7-20	=	=	=	=
Fecha de fabricación	4-08-08	=	=	=	=
Fecha de ensayo					
Edad (días)					
Superficie	50.45	50.82	50.4	50.35	50.42
Sección	30.47	30.56	30.47	30.72	30.62
Área (cm²)	30.49	31.09	30.86	30.86	30.09
Módulo (kg)	286.24	278.77	287.08	276.05	279.3
Comprimos (kg)	30146	30857	29557	29654	28752

Ensayo 

Informe \_\_\_\_\_



Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
 Universidad de Cuenca



ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden  **Tabla**

	1	2	3	4	5
MUESTRA N°	1.5	=	=	=	=
Descripción					
Fecha de fabricación	7-07-20	=	=	=	=
Fecha de ensayo	4-08-20	=	=	=	=
Edad (días)					
Longitud (mm)	50,52	50,62	50,02	50,4	50,02
Anchura (mm)	50,12	50,11	50,62	51,12	50,70
Altura (mm)	50,35	50,88	50,35	51,06	50,35
Massa (g)	728,11	502,02	301,26	303,17	218,61
Carga de ruptura (N)	26265	24913	25464	28113	28581

Ensayo

Informe \_\_\_\_\_

