

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Propiedades Relevantes de un Mortero de Mampostería. Una Revisión

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniería Civil

Presentado por:

Yulexi Tatiana Lara Tábara

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a futuros constructores con la finalidad de facilitarles esta información como una referencia para tener presente en la ejecución de su siguiente obra.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por la salud y las bendiciones que me ha dado, a mis padres por su gran apoyo y esfuerzo brindado a lo largo de mi formación humana y académica, a mis profesores por todo el aprendizaje impartido y los amigos ganados durante este proceso.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *(nombre de los participantes)* y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



YULEXI LARA TÁBARA

EVALUADORES

Chávez Moncayo, Miguel Ángel

PROFESOR DE LA MATERIA

Hidalgo Astudillo, Samantha

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto investigativo es elaborado con la finalidad de proporcionar a futuros constructores, información relevante de la influencia que tiene el uso de distintos áridos, naturales del Ecuador, en las propiedades más importantes de un mortero de mampostería elaborado en obra, de modo que se pueda adquirir un mejor conocimiento del tipo de agregado más conveniente de implementar en su preparación, de manera que no afecte sus propiedades, y dependiendo del sector del proyecto; con el fin de minorar los posibles daños que se puedan generar en una estructura debido al habitual desconocimiento por parte de personas que llevan a cabo construcciones informales, del efecto que tiene el uso de materiales inadecuados en una obra civil. Para ello, se consideró conveniente limitar el estudio a las ciudades que presentaban un mayor número de construcciones por cada región del país o las formaciones geológicas con mayor extensión por región y analizar las propiedades de los agregados procedentes de las principales zonas de extracción en dichas localidades y su influencia en el mortero. El análisis reveló que la mayoría de los áridos estudiados no cumplen con el límite granulométrico permitido por la norma, sin embargo, se dedujo que aquellos provenientes de río incrementan la adherencia y retención de agua del mortero, los procedentes del Oriente, su capacidad impermeable y los de cantera, la resistencia a la compresión del material, propiedades relevantes que se deben tomar en cuenta al momento de elegir el tipo de mortero a utilizar en una actividad.

Palabras Claves: Áridos, propiedades relevantes, mortero, industrial, elaborado en sitio

ABSTRACT

This research project is developed with the purpose of providing future builders with relevant information on the influence that the use of different natural aggregates from Ecuador, has on the most important properties of a masonry mortar made on site, so that can acquire a better knowledge of the most convenient type of aggregate to implement in its preparation, in a way that does not affect its properties, and depending on the project sector, in order to reduce the possible damage that can be generated in a structure due to the usual ignorance on the part of people who carry out informal constructions, of the effect that the use of inappropriate materials has in a civil work. For that, it was considered convenient to limit the study to the cities that had a greater number of constructions for each region of the country or the geological formations with the greatest extension per region and to analyze the properties of the aggregates from the main extraction areas in those localities, and its influence on mortar. The analysis revealed that most of the aggregates studied don't comply with the granulometric limit allowed by the constructive norm, however, it was deduced that those from the river increase the adherence and water retention of the mortar, those from the Oriente, its waterproofing capacity and those of quarry, the resistance to compression of the material, relevant properties that must be considered when choosing the type of mortar to use in an activity.

Keywords: Aggregates, relevant properties, mortar, industrial, made on site

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Marco teórico	4
1.3.1. El Mortero	4
1.3.1.1. Tipos de morteros de acuerdo con su uso	4
1.3.2. Componentes de un Mortero	6
1.3.2.1. Cemento.....	6
1.3.2.2. Agua	7
1.3.2.3. Áridos	8
CAPÍTULO 2	10
2. METODOLOGÍA.....	10
2.1. Selección de Agregados de Estudio	10
2.1.1. Localidades del país con mayor número de construcciones	11
2.1.1.1. Selección de Áridos de la Región Costa	12
2.1.1.1.1. Manta	12
2.1.1.1.2. Guayaquil	13
2.1.1.2. Selección de Áridos de la Región Sierra	16
2.1.1.2.1. Cuenca.....	16
2.1.1.2.2. Ambato.....	17
2.1.1.2.3. Quito	19
2.1.1.2.4. Riobamba.....	21
2.1.2. Formaciones Geológicas presentes en las regiones Amazónica e Insular del país	22
2.1.2.1. Descripción geológica	22

2.1.2.2. Selección de Áridos.....	25
2.2. Evaluación del consumo del mortero en ciudades capitales del Ecuador	25
2.3. Propiedades relevantes de un mortero de acuerdo con su tipo de uso	30
2.3.1. Principales propiedades en estado plástico.....	30
2.3.1.1. Trabajabilidad.....	30
2.3.1.2. Retención de agua	31
2.3.2. Principales propiedades en estado endurecido	32
2.3.2.1. Adherencia	32
2.3.2.2. Elasticidad	33
2.3.2.3. Resistencia a la compresión.....	33
2.3.2.4. Permeabilidad	34
2.4. Clasificación de morteros de acuerdo con su dosificación y sus propiedades	34
2.4.1. Selección de morteros para mampostería	36
CAPÍTULO 3	37
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	37
3.1. Ensayos realizados en agregado fino	37
3.1.1. Granulometría.....	37
3.1.2. Densidad y capacidad de absorción	43
3.1.3. Composición.....	45
3.1.3.1. Sustancias perjudiciales	45
3.1.3.2. Impurezas orgánicas	45
3.1.3.3 Degradación a la acción de los sulfatos	49
3.2. Ensayos realizados en morteros.....	51
3.2.1. Preparación de las muestras de mortero	51
3.2.1.1. Materiales.....	51
3.2.1.2. Dosificación	51
3.2.2. Evaluación de la resistencia a la compresión	54
3.2.3. Estudio de la fluidez del mortero	61
3.2.4. Capacidad de retención de agua.....	62
3.2.5. Resistencia a la adherencia.....	63
3.3. Análisis de costo – beneficio.....	65
CAPÍTULO 4	70
4. Evaluación de Impacto Ambiental	70

4.1. Objetivo de la evaluación del impacto ambiental	70
4.1.1. Objetivo General.....	70
4.1.2. Objetivos Específicos	70
4.2. Descripción del proyecto.....	70
4.3. Descripción de las actividades del proyecto	71
4.4. Áreas sensibles.....	72
4.5. Identificación de Impactos Ambientales.....	72
4.6. Valoración de impactos ambientales	74
4.7. Medidas de prevención.....	77
4.8. Conclusión de la evaluación de impacto ambiental	78
CAPÍTULO 5	80
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
5.1. Conclusión	80
5.1.1. Áridos del territorio ecuatoriano que se usan en morteros	80
5.1.2. Influencia en las propiedades de los morteros	83
5.2. Recomendaciones	88
Bibliografía	91
APÉNDICES.....	98
APÉNDICE A	99
Propiedades adicionales evaluadas en los agregados finos utilizados en los estudios de morteros realizado en las diversas regiones del país	99
APÉNDICE B	100
Análisis de precio unitario de la producción de un metro cuadrado de mortero de relación 1:3 requerido en una actividad específica de una construcción.....	100
ANEXO C	105
Clasificación del nivel de riesgo de impacto ambiental, de acuerdo con el método elaborado por Conesa-Fernández	105

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
NEC	Norma Técnica Ecuatoriana
ASTM	American Society for Testing and Materials
INEN	Instituto Ecuatoriana de Normalización
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INIGEMM	Instituto Geológico Minero Metalúrgico
PET	Polietilen Tereftalato
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
GU	Uso General

SIMBOLOGÍA

pH	Potencial de Hidrógeno
Cl	Cloro
m	Metro
mm	Milímetros
MPa	Mega Pascales
Kg	Kilogramos
l	Litros
f _c	Resistencia a la compresión

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Mapa de ubicación de los centros de comercialización de arenas en Manta [Saldarriaga, 2016]	13
Ilustración 2.2 Ubicación de tomas de muestras de los áridos finos en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]	15
Ilustración 2.3 Ubicación de las Canteras en Estudio alrededor de la ciudad de Ambato [Ortega, 2013]	18
Ilustración 2.4 Puntos de ubicación de las principales canteras de la ciudad de Quito [Elaborado por la autora]	20
Ilustración 2.5 Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriente [Baby, Rivadeneira, & Barragán, 2004]	23
Ilustración 2.6 Mapa del Archipiélago de la Isla Galápagos con sus respectivas formaciones geológicas [Egüez, Gaona, & Albán, 2019].....	24
Ilustración 3.1 Escala de colores para análisis de colorimetría [Cando, 2016].	45
Ilustración 3.2 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Manta [Saldarriaga, 2016]	47
Ilustración 3.3 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Cuenca [González J. F., 2016]	47
Ilustración 3.4 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Riobamba [Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019]	48
Ilustración 3.5 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Zamora [Zaruma, 2018].....	49
Ilustración 3.6 Visualización del proceso que conllevó el ensayo de adherencia de los morteros fabricados con agregados procedentes del río Zamora [Zaruma, 2018]	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Efectos y máximas concentraciones permitidas de impurezas presentes en el agua usada para la preparación del mortero [Vázquez, González, Rocha, & Flores, 2001] Tabla elaborada por la autora.....	7
Tabla 1.2 Especificación granulométrica de arenas para morteros de pega y de relleno [Salamanca, 2001].....	9
Tabla 2.1 Delimitación de arena de estudio para la ciudad de Manta [Saldarriaga, 2016]	13
Tabla 2.2 Resumen de la procedencia de los áridos usados en Guayaquil [Vásquez, 2014] Tabla elaborada por la autora.....	14
Tabla 2.3 Muestras de áridos finos de negocios informales en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]	16
Tabla 2.4 Formaciones Geológicas de mayor extensión en el cantón de Cuenca [Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015]	16
Tabla 2.5 Formaciones Geológicas de mayor extensión en el cantón de Ambato [Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015]	18
Tabla 2.6 Delimitación de áridos de estudio en la ciudad de Ambato [Ortega, 2013] Tabla elaborada por la autora.....	19
Tabla 2.7. Delimitación de agregados procedentes de las principales canteras de adquisición de la ciudad de Quito [Domenech & Espinoza, 2016] Tabla elaborada por la autora	20
Tabla 2.8 Formaciones Geológicas de mayor extensión en el cantón de Riobamba [Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015]21	
Tabla 2.9 Delimitación de las arenas procedentes de canteras de la ciudad de Riobamba [Baquero & Baquero, 2018], [Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019] Tabla elaborada por la autora	22
Tabla 2.10 Formaciones geológicas presentes en la región Insular del Ecuador [Egüez, Gaona, & Albán, 2019] Tabla elaborada por la autora	24

Tabla 2.11 Delimitación de las arenas procedentes de la región del Oriente Ecuatoriano [Guerrero, 1998], [Zaruma, 2018] Tabla elaborada por la autora .	25
Tabla 2.12 Cantidad de unidades de morteros industrializados para una vivienda de 70 m ² [Jiménez, 2016].....	28
Tabla 2.13 Análisis de potencia de venta de morteros industrializados en la ciudad de Cuenca [Jiménez, 2016]	29
Tabla 2.14 Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación [López, 2003].....	31
Tabla 2.15 Especificación por propiedades. Requisitos [INEN, 2010].....	35
Tabla 2.16 Especificación por dosificación. Requisitos [INEN, 2010].....	35
Tabla 2.17 Guía para la selección de morteros para mampostería [INEN, 2010]	36
Tabla 2.18 Guía para la selección de morteros para reparación o acabado [INEN, 2010]	36
Tabla 3.1 Verificación del módulo de finura de los áridos estudiados en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]	38
Tabla 3.2 Determinación de la densidad y porcentaje de absorción de los distintos áridos procedentes de las regiones del Ecuador [Elaborado por la autora].....	44
Tabla 3.3 Porcentaje máximo permisible de sustancia perjudiciales contenidas en el árido para morteros [NTE INEN 2536, 2010].....	45
Tabla 3.4 Propiedades del árido según su color [Cando, 2016].....	46
Tabla 3.5 Contenido orgánico de los áridos de las principales canteras de Quito [Domenech & Espinoza, 2016]	48
Tabla 3.6 Tipos de cemento utilizados en la preparación de morteros estudiados en las diversas ciudades del país [Tabla elaborada por la autora].....	51
Tabla 3.7 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Manta [Saldarriaga, 2016] Tabla elaborada por la autora	51

Tabla 3.8 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]Tabla elaborada por la autora.....	52
Tabla 3.9 Diseño de mortero por volumen, con árido seco. Estudio realizado en la ciudad de Cuenca [González J. F., 2016].....	52
Tabla 3.10 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Riobamba [Baquero & Baquero, 2018] Tabla elaborada por la autora.....	53
Tabla 3.11 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Zamora [Zaruma, 2018] Tabla elaborada por la autora.....	54
Tabla 3.12 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas con agregado fino procedente de la formación Hollín [Guerrero G. L., 1998] Tabla elaborada por la autora.....	54
Tabla 3.13 Características que presentan los tipos de morteros más comunes en el uso de mampostería [Elaborado por la autora].....	55
Tabla 3.14 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Manta [Saldarriaga, 2016] Tabla elaborada por la autora.....	55
Tabla 3.15 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Guayaquil [Vásquez, 2014] Tabla elaborada por la autora.....	56
Tabla 3.16 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Cuenca [González J. F., 2016] Tabla elaborada por la autora.....	57
Tabla 3.17 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Quito [Domenech & Espinoza, 2016] Tabla elaborada por la autora.....	58
Tabla 3.18 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Riobamba [Baquero & Baquero, 2018], [Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019] Tabla elaborada por la autora.....	59
Tabla 3.19 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en el Oriente [Guerrero G. L., 1998], [Zaruma, 2018] Tabla elaborada por la autora.....	60
Tabla 3.20 Porcentaje de Fluidez obtenido de los morteros preparados con los áridos procedentes de las distintas regiones del país [Tabla elaborada por la autora].....	62

Tabla 3.21 Análisis del ensayo de retención de agua obtenido de los morteros elaborados con áridos procedentes de Cuenca [González J. F., 2016]	63
Tabla 3.22 Comparación entre las ventajas de usar un mortero industrializado o uno elaborado en sitio de acuerdo a la actividad encomendada [Tabla elaborada por la autora]	69
Tabla 4.1 Descripción de las Actividades realizadas en la elaboración de una mezcla de mortero de mampostería [Tabla elaborada por la autora]	71
Tabla 4.2 Áreas sensibles y factores ambientales identificados en el presente proyecto [Tabla elaborada por la autora].....	72
Tabla 4.3 Impactos ambientales generados durante el proceso de elaboración de un mortero en obra [Tabla elaborada por la autora]	73
Tabla 4.4 Matriz de evaluación de impactos ambientales según las actividades identificadas del proyecto	75
Tabla 4.5 Medidas de prevención para tener presente en el proceso de elaboración de un mortero en obra [Tabla elaborada por la autora].....	77
Tabla 5.1 Recopilación de los áridos que presentaron mejores propiedades, por región [Tabla elaborada por la autora]	82
Tabla 5.2 Resumen de la influencia de los áridos, seleccionados de cada región del país, en las propiedades más relevantes de un mortero [Tabla elaborada por la autora]	88

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

La construcción ha sido parte del desarrollo integral del ser humano, incluso, desde las épocas prehistóricas. Desde siempre, el ser humano ha sido capaz de utilizar parte del medio para construir desde grandes fortalezas hasta gloriosos monumentos, como los dados en las épocas romanas y egipcias. No obstante, con el paso de los siglos, el hombre ha ido potenciando dicha habilidad en cada una de sus obras, combinando tales materiales para mejorar la resistencia, rigidez y estética de las construcciones.

En la actualidad, se ha tomado muy en cuenta la importancia que conllevan los materiales en una construcción, ya que de estos dependerán el tiempo de vida útil y la calidad de la obra (Amador, 2018). Debido a ello, en los últimos años se han venido desarrollando, no solo estudios acerca de las propiedades de dichos materiales, sino también mejoras en sus componentes, ofreciendo así, mayor seguridad en los proyectos constructivos.

A pesar de ello, varias de las construcciones realizadas en Ecuador, en especial en poblaciones menores, son hechas de manera informal, es decir, sin supervisión profesional. Razón por la cual, muchas veces no se toma en cuenta la procedencia del material utilizado, que como ya se estableció juega un papel importante en la calidad de la obra realizada, puesto que, en caso de no ser considerado, la estructura no podría desempeñarse tal y como fue diseñada, lo cual podría generar grandes consecuencias, tal y como las evidenciadas en el pasado terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016 en el cantón de Pedernales, el cual, es conocido como el evento natural más catastrófico acontecido en el presente siglo, de acuerdo con (Instituto Geofísico, 2020).

Es de interés señalar que, de las principales fallas analizadas en varias de las edificaciones afectadas del cantón de Pedernales, se encontraron: fisuras en columnas, piso blando, falta de criterio técnico al construir, efectos de torsión en

planta, entre otros (Arévalo, Yanchapanta, Parra, Dibujes, & Baquero, 2017). Sin embargo, los daños más excesivos fueron los producidos en los muros de mampostería no estructural, esto debido a las malas prácticas constructivas, tales como el inadecuado uso de los mampuestos y el empleo de materiales no recomendados para la elaboración de morteros, como lo es el caso de la arena de mar, el cual fue el material más común utilizado en muchas de las construcciones de las viviendas del sector rural del cantón y de varias otras poblaciones de Manabí y Esmeraldas (Vaca, 2016).

Ciertamente, aunque la mampostería no forme parte del sistema estructural principal de una edificación, aporta resistencia y estabilidad a la infraestructura en caso de presentarse un evento sísmico o cualquier otra calamidad. Además, es considerado el sistema constructivo más utilizado en el Ecuador y en varios otros países (Valbuena, Mena, & García, 2016), debido a las grandes ventajas que ofrece, tales como la disminución de la masa sísmica de una estructura, gracias a que cuenta con un peso menor al de los muros de hormigón armado.

El 7 – 9 % del volumen de la mampostería corresponde a uno de los materiales más importantes utilizados dentro de las construcciones de hormigón: el mortero (Navas Carro, 2007), el cual es un elemento compuesto por una mezcla homogénea de cemento, agregados finos, agua y en algunas ocasiones aditivo (López, 2003). La combinación de estos materiales es lo que le atribuyen a su principal función, servir como material cohesivo para unir bloques o ladrillos de mampostería y ser utilizado para el enlucido de paredes o pisos y reparación de secciones estructurales.

El tipo de aplicación del mortero dependerá, principalmente, de las características de los elementos que lo componen, razón por la cual, es importante que antes de llevar a cabo su proporcionamiento, se deba tomar en cuenta el tipo de uso que tendrá este material.

Los morteros pueden ser fabricados tanto en obra como en un proceso industrializado. Aquellos producidos en industrias otorgan una mayor seguridad y eficiencia en la construcción, puesto que son elaborados con materiales que han sido previamente evaluados bajo un control de calidad según los parámetros

establecidos por la norma. No obstante, esta misma consideración no puede ser asegurada al tratarse de morteros elaborados en obra puesto que, en la mayoría de las ocasiones, no se conoce la procedencia de los materiales y aunque la preparación de este material sea hecha en base a la experiencia, se pueden generar diversos inconvenientes en obra, tales como el rápido fraguado del material, lo cual generaría desperdicio de este.

A pesar de ello, es importante analizar que, dependiendo del tipo de construcción y de sus condiciones, se considere una mayor ventaja preparar este material en obra o adquirirlo previamente elaborado de una industria. De esto dependerán varios factores, tales como la ventaja económica. Por todo lo mencionado, el presente trabajo tiene como finalidad estudiar las diversas propiedades que tiene este material, dependiendo del tipo de uso, composición y proporcionamiento utilizando diversos agregados oriundos del país, además, realizar un análisis económico que ayude a distinguir el método más beneficioso para implementar en una obra hecha en Ecuador.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar las propiedades mecánicas que presentan distintas muestras de morteros de acuerdo con el tipo de agregado natural procedente de la región ecuatoriana empleado para su fabricación y su nivel de dosificación.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos naturales de la región ecuatoriana que pueden ser utilizados en la construcción.
2. Analizar la resistencia de diferentes tipos de morteros de acuerdo con la dosificación de los materiales empleados en su elaboración.
3. Realizar un análisis comparativo entre las ventajas y desventajas de producir un mortero en obra con materiales locales.
4. Elaborar un análisis costo – beneficio entre los morteros tradicionales y prefabricados.

1.3. Marco teórico

1.3.1. El Mortero

El mortero es conocido por ser un material de uso cotidiano en la construcción, debido a las múltiples aplicaciones con las que cuenta. Tiene como principal característica, un bajo índice de porosidad y permeabilidad, esto debido a su composición, la cual se basa en una mezcla de un material cementante, agua, agregado fino y en ocasiones, la incorporación de uno o varios aditivos, que al fraguarse, presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del hormigón y es especialmente usado para la adherencia de bloques de mampostería en la construcción de muros, o para empastado (Sánchez De Guzmán, 2001).

La dosificación de un mortero es especificada de acuerdo con la necesidad o uso que se le vaya a asignar, siendo esta, una relación de 1: n, la cual hace referencia a una parte de cemento por cada n partes de árido (Salamanca, 2001). Aunque, usualmente en obra, al elaborar este material se utiliza una relación de 1:3, lo cual hace referencia a utilizar una parte de cemento por cada 3 de arena. Cabe destacar que, las unidades de esta relación pueden darse en unidades de peso o volumen, aunque generalmente al prepararse en sitio, se vuelve más conveniente dosificar por volumen debido a la facilidad de ejecución (Vázquez C. E., 1999).

1.3.1.1. Tipos de morteros de acuerdo con su uso

El mortero puede contribuir con varias funciones estructurales y no estructurales, esto dependiendo del tipo de uso que se le otorgue, siendo estos los mencionados a continuación:

Mortero de pega

Este tipo de mortero es utilizado en la construcción de elementos estructurales, de manera que, (NEC-SE-MP, 2014) estableció que deben cumplir con lo estipulado por la normativa **ASTM C207**, esto debido a que son elementos que constantemente se van a hallar sometidos a condiciones especiales del sistema

constructivo, además necesitan tener una resistencia adecuada que les permita absorber esfuerzos de tensión y compresión (López, 2003).

En efecto, deben contar con ciertas características que le permitan desempeñar correctamente su función, tales como una buena plasticidad, consistencia y capacidad de retener la cantidad de agua mínima para la hidratación del cemento (NEC-SE-MP, 2014).

Tiene como principal función servir como material adhesivo para la unión de piezas de mampostería, sin embargo, otras de sus aplicaciones radican en emplearse como junta de elementos secundarios de fijación a una edificación y pegar piezas de revestimiento, tales como baldosas y elementos cerámicos (Guerrero G. L., 1998).

Mortero de relleno

Este tipo de mortero es utilizado principalmente como elemento de inyección para el relleno de aberturas o arreglo de desperfectos existentes en una construcción de hormigón, razón por la cual, debe contar con características esenciales que le permitan adquirir una correcta fluidez y consistencia en estado fresco y una gran resistencia y durabilidad una vez endurecido (González, y otros, 2018). Por consiguiente, deben cumplir con la normativa **ASTM C476**, según lo reglamentado por la (NEC-SE-MP, 2014).

Su aplicación es realizada en estado semiseco, sin embargo, debe conservar una apariencia fluida y no presentar segregación. Cabe destacar que, debido a sus propiedades, este tipo de mortero no presenta retracción, por el contrario, algunos muestran una ligera expansión durante el proceso de fraguado y endurecimiento (Rodríguez, 2014).

Al igual que los morteros pega, cumplen con varias funciones estructurales, de las cuales se puede mencionar: su uso en el relleno de ductos de cables de elementos postensados, recubrimiento interior de tubos metálicos, anclaje y montaje de elementos prefabricados de hormigón, nivelación de pisos, relleno de fundación para colocación de placa base y anclajes (Guerrero G. L., 1998), (Rodríguez, 2014).

Mortero de recubrimiento

A diferencia de los dos tipos de mortero mencionados con anterioridad, el mortero para recubrimiento no presenta una función estructural, sino más bien estética, de manera que no demanda una gran resistencia, sin embargo, si se toma en cuenta su índice de plasticidad. Su función consiste en servir como material de enlucido de superficies de albañilería proporcionando una superficie uniforme para la aplicación de pintura (López, 2003).

No obstante, muchas veces se suele dejar de lado el uso de este material en varias obras debido a que generalmente se desconoce la principal función que desempeña este material, la cual consiste en proteger a los elementos estructurales proporcionándoles propiedades de resistencia a los agentes climáticos y al fuego a los elementos recubiertos con él (Guerrero G. L., 1998).

1.3.2. Componentes de un Mortero

Como se mencionó anteriormente, el mortero está conformado principalmente por cemento, agregado fino y agua, sin embargo, en ocasiones se le suele adicionar algún material aditivo para mejorar su consistencia. Debido a la importancia que tiene el conocer las principales características que deben poseer estos materiales para la elaboración de un mortero de calidad, a continuación, se procede a describir cada uno de estos.

1.3.2.1. Cemento

El cemento es un conglomerante hidráulico utilizado en la elaboración de morteros, al igual que la cal, ya sea conjuntamente o por separado. Este material es obtenido mediante la pulverización de mezclas de arcilla y piedra caliza, las cuales son posteriormente molidas, sin embargo, se les puede adicionar algún aditivo artificial para mejorar alguna condición tal como su resistencia (Trujillo, 2012).

Al mezclarse con agua y arena, produce a una masa homogénea conocida como mortero, la cual se solidifica debido a reacciones de hidratación. Una vez

finalizado su proceso de fraguado, alcanza una resistencia, la cual se conserva estable tanto en medio aéreo como sumergido en agua (Díez, 2017).

1.3.2.2. Agua

El agua utilizada para la construcción de elementos de hormigón y mezclas de mortero debe proceder de una fuente potable, es decir no debe contener impurezas en su composición, tales como aceites, ácidos, alcoholes, sales o materias orgánicas, las cuales pueden llegar a ser perjudiciales para el mortero (NEC-SE-MP, 2014).

En caso de que se desconozca la procedencia de este líquido es necesario evaluarla de acuerdo con los requisitos físico – químicos establecidos en la norma **ASTM C-94**, con la finalidad de establecer si es apta para ser utilizada en la construcción. Cabe destacar que, la presencia de impurezas en el agua puede generar varios efectos en la mezcla de mortero, los cuales son mencionados en la tabla 1.1 mostrada a continuación.

Tabla 1.1 Efectos y máximas concentraciones permitidas de impurezas presentes en el agua usada para la preparación del mortero [Vázquez, González, Rocha, & Flores, 2001] Tabla elaborada por la autora

Impureza	Efectos en la mezcla de mortero	Máxima concentración permitida
Carbonato de sodio	Acelera el fraguado	10.000 ppm
Hidróxido de potasio (por peso de cemento)	Influye perjudicialmente en el desarrollo de la resistencia de los cementos	1.2%
Hidróxido de sodio (por peso de mortero)	Disminuye la resistencia del mortero	0.5%
Ph	Aguas con índice de acidez por debajo del tolerado ocasionan una rápida disolución de los componentes del cemento	6 – 8
	Aguas con índice de alcalinidad por arriba del tolerado produce acciones nocivas para cementos	
Sulfato de sodio	Perjudiciales para morteros elaborados con cemento portland	10.000 ppm
Sulfato de magnesio	Disminución significativa en la resistencia y tiempo de fraguado del mortero	25.000 ppm

Sólidos suspendidos	Pueden influir en el fraguado del mortero	2.000 ppm
Materia orgánica	Retraso en el fraguado	20 ppm
Agua de mar	Generan eflorescencias	35.000 ppm
Aceite mineral (por peso de cemento)	Reduce en un 20% más la resistencia del mortero	2%
Ion Cl	Generan una elevada solubilidad de la cal	1.000 ppm

1.3.2.3. Áridos

Comprendido principalmente de arena natural o piedra triturada, aunque también puede contener cualquier material de origen pétreo cuyo tamaño de partícula sea menor a 5 mm (Domenech & Espinoza, 2016). Este material constituye un gran porcentaje del volumen de los morteros, razón por la cual, tiene una notable influencia sobre sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido (León & Ramírez, 2010). Por ello, se considera importante analizar ciertas de sus propiedades y los efectos que ocasionan en el mortero, tales como la absorción y porosidad, las cuales influyen considerablemente en la adherencia del agregado con la pasta de cemento y, en consecuencia, la resistencia esperada del mortero. La humedad también se considera un factor importante ya que influye en la relación agua – cemento utilizada en los morteros (Díez, 2017).

Generalmente, se suele emplear arena de río como agregado principal en la fabricación de morteros, esto debido a la geometría redonda y lisa de sus partículas y que está libre de materiales contaminantes (León & Ramírez, 2010). Sin embargo, el tipo de árido utilizado dependerá de la funcionalidad del mortero, es decir, si se desea conseguir un mortero con una consistencia fluida, el cual será utilizado como material de relleno, lo más conveniente sería utilizar arena de río, en cambio, si se espera que el mortero tenga una alta resistencia, el cual será usado para pegar elementos estructurales, se deberá usar piedra triturada (Trujillo, 2012).

Cabe destacar que, en caso de tratarse de morteros pega, los agregados deberán cumplir con la normativa **ASTM C144**, y en caso de ser morteros de relleno, con la norma **ASTM C476** (NEC-SE-MP, 2014). No obstante, las normas recomiendan un uso granulométrico para arenas utilizadas para la elaboración

de morteros, ya sean que se trabaje con arena natural o triturada, la cual es mostrada en la tabla 1.2 mostrada a continuación:

Tabla 1.2 Especificación granulométrica de arenas para morteros de pega y de relleno [Salamanca, 2001]

% que pasa el tamiz, mm (No.)	Arena natura	Arena de trituración	Arena para hormigón
4.8 (No. 4)	100	100	95 – 100
2.4 (No. 8)	95 – 100	95 – 100	80 – 100
1.2 (No. 16)	70 – 100	70 – 100	50 – 85
0.6 (No. 30)	40 – 75	40 – 75	25 – 60
0.3 (No.50)	10 – 35	20 – 40	10 – 30
0.15 (No. 100)	2 – 15	10 – 25	2 – 10
0.75 (No. 200)	0 – 0	0 – 10	-
Módulo de finura	2.83 – 1.75	2.65 – 1.60	3.38 – 2.15

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Selección de Agregados de Estudio

El estudio de las arenas es significativo en la calidad de un mortero debido a que este elemento conforma del 70 al 80 por ciento su volumen total (INTACO, 2018), razón por la cual, las características de estos agregados desempeñan una notable influencia en las propiedades finales de los morteros y hormigones.

Para el presente estudio, se desarrolló un análisis comparativo de las propiedades mecánicas que presentan diferentes muestras de morteros de acuerdo con el tipo de agregado utilizado, el cual debía ser oriundo de Ecuador. Para ello, fue necesario formular distintas alternativas de análisis para, posteriormente, elegir el método más eficiente que permitiese cumplir con el objetivo general planteado. Estas alternativas consistieron en:

1. Estudio de la geología que presenta el territorio ecuatoriano, con la finalidad de conocer la procedencia geológica de todos los agregados usados en las construcciones civiles.
2. Investigación de las zonas del país con mayor número de construcciones, con el fin de revisar las principales canteras ubicadas dentro o cerca de dichos sectores, para analizar la procedencia de estos áridos y su influencia en las propiedades de los morteros.
3. Recopilación de información de estudios previos de morteros hechos con materiales pétreos de un solo origen de cada provincia de Ecuador y comparación de las propiedades finales de estos morteros de acuerdo con el tipo de uso para el que fueron dosificados.

No obstante, debido a que la geología que presenta el territorio ecuatoriano es muy variada, y actualmente no se encuentra con suficientes estudios de morteros elaborados con agregados procedentes de cada provincia del país y menos de cada formación geológica, se consideró conveniente escoger como modelo de estudio el punto 2, ya que es el único que cuenta con información suficiente para

llevar a cabo la metodología del proyecto aunque, por otro lado, un segundo criterio de selección consistió en limitar el análisis del material geológico utilizado a un máximo de tres áridos por región (aquellos que cuenten con una mayor extensión) debido a que las condiciones climáticas son muy semejantes dentro de cada región. Cabe señalar que, para el presente estudio sólo se contó con información suficiente para analizar el caso propuesto en las regiones: Costa, Sierra y Oriente, por el contrario, respecto a la información adquirida de los agregados procedentes de la región Insular sólo sirvió para estudiar las características de este material, mas no su impacto en el mortero.

2.1.1. Localidades del país con mayor número de construcciones

De acuerdo con el número de permisos de construcción registrados en la encuesta de edificaciones del 2019 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2019), se determinó que, la mayor parte de las construcciones son realizadas en la provincia del Guayas, siendo la ciudad principal: Guayaquil. No obstante, analizando a nivel cantonal se determinaron diez ciudades que presentaban el mayor índice de construcciones realizadas, las cuales se resumen en el gráfico 2.1.

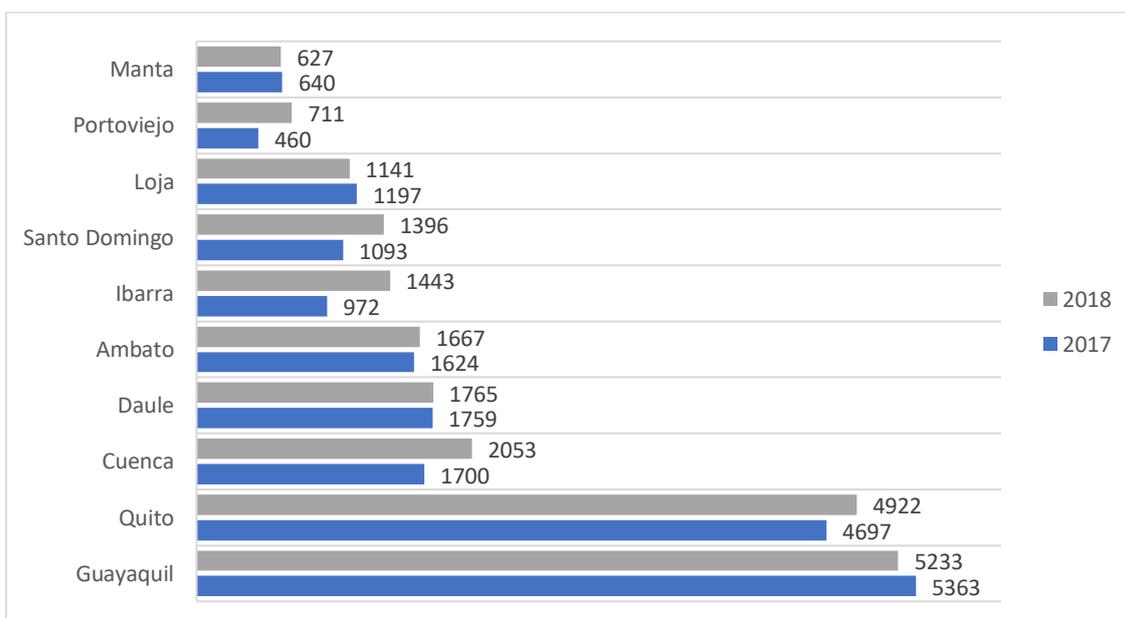


Gráfico 2.1 Principales Cantones en los que se realizan construcciones, según el número de permisos registrados [INEC, 2019]

En el gráfico 2.1 se manifiesta que el mayor registro de construcciones radica en los cantones de la Costa y Sierra ecuatoriana, sin embargo, para llevar a cabo el

presente estudio se decidió escoger un máximo de cuatro ciudades con mayor número de construcciones por cada región, ya que la demanda de agregados para mortero será mayor en esas zonas, y por ello, el estudio de su procedencia tendrá un mayor impacto. De estas localidades se delimitaría las principales canteras ubicadas a su alrededor y se analizará la procedencia del agregado para, posteriormente, recopilar información de diversas investigaciones en las que hayan basado sus estudios en el análisis del comportamiento de morteros fabricados con tales áridos.

2.1.1.1. Selección de Áridos de la Región Costa

2.1.1.1.1. Manta

Descripción Geológica

Las principales formaciones geológicas presentes en el cantón agrupan rocas sedimentarias esencialmente marinas de edad Terciaria cubiertas localmente por sedimentos cuaternarios; dispuestos sobre un basamento de rocas volcánicas del Cretácico. Los materiales sedimentarios que predominan en la zona son lutitas, limonitas, arcillas, arcillolitas y areniscas calcáreas. Se encuentran también materiales volcánicos como el basalto del cual está formada la punta del Cabo de San Lorenzo (Moreno, Mongue, González, Rodríguez, & Tapia, 2011, pág. 45).

Delimitación de Arenas de Estudio

De acuerdo con una investigación realizada por (Saldarriaga, 2016) acerca de la selección de materiales de construcción en la ciudad de Manta, en la cual desarrollaron una tabla donde detallaron los principales establecimientos de venta de materiales de la ciudad, tomando como puntos de referencias, los centros de ventas presentados en la ilustración 2.1 mostrada a continuación.

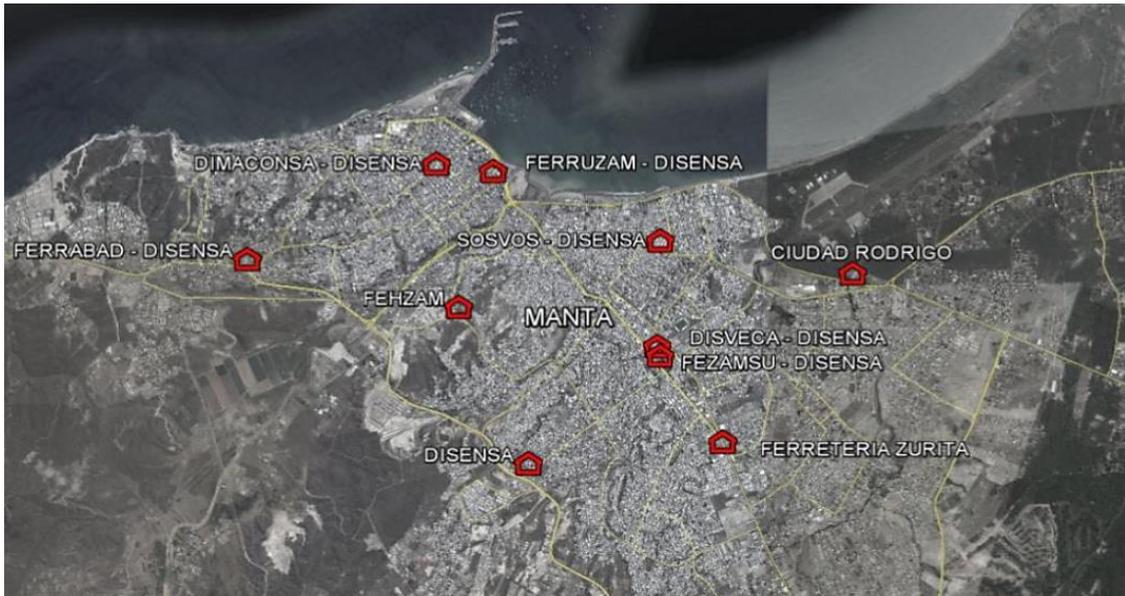


Ilustración 2.1 Mapa de ubicación de los centros de comercialización de arenas en Manta [Saldarriaga, 2016]

De estos establecimientos, realizaron un registro del tipo de arena ofertada y su sitio de adquisición, no obstante, los cuales se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Delimitación de arena de estudio para la ciudad de Manta [Saldarriaga, 2016]

Arena de Mar	Arena de Río	Arena Fina Lavada
San Mateo	Toachi	Arena de Cantera (Megarok – Chorrillo)
Crucita	Chancay	
San José		

2.1.1.1.2. Guayaquil

Descripción Geológica

El cantón Guayaquil se caracteriza por presentar diferentes rocas de edad terciaria, dispuestos sobre basamento de rocas volcánicas y rocas volcano sedimentarias de edad cretácica, que afloran en diferentes sectores de la Cordillera Chongón – Colonche; se presentan emplazamientos de rocas graníticas – granodioríticas, también existen depósitos sedimentarios cuaternarios distribuidos en las partes bajas del sector que conforman la llanura aluvial reciente. Las principales formaciones geológicas presentes en

la Isla Puná agrupan rocas sedimentarias de origen marino – continental de edad Terciaria, cubiertas localmente por sedimentos cuaternarios de origen marino (Moreno, Mongue, González, Rodríguez, & Tapia, 2011, págs. 64 - 65).

Delimitación de Arenas de Estudio

De acuerdo con el trabajo realizado por (Vásquez, 2014), en el cual elaboró un análisis de la resistencia de las mamposterías fabricadas en la ciudad de Guayaquil utilizando diferentes tipos de morteros y bloques de cementos, en La Perla del Pacífico existen varios proveedores de áridos, los cuales son detallados en la tabla 2.2:

Tabla 2.2 Resumen de la procedencia de los áridos usados en Guayaquil [Vásquez, 2014] Tabla elaborada por la autora

Material	Procedencia
Arena Ferrosa	Bruque, Engabao playas
Arena Fina Lavada	C. Huayco
Arena Rocafuerte	C. Huayco
Arena Homogenizada	C. Huayco
Arena Gruesa	C. Huayco
	Río Guayas
Arena Triturada	C. Huayco
	Planta Guayaquil (Cenaca)
	Precón
Arena Fina	C. Huayco
	Río Guayas
Arena con Cisco Trituración	Cantera San Luis, Bloqcm
Arena de Río	Río Chimbo
	Río Daule, San Jorge
Arena Natural	Río Boliche
	Río Natural
	Río Hondo
	Río Samborondón

Sin embargo, debido a la gran extensión de la ciudad de Guayaquil, existen locales comerciales informales de venta de materiales pétreos de los cuales no se conoce su procedencia y menos aún su calidad, razón por la cual (Vásquez, 2014) en su trabajo, procedió a tomar muestras de áridos a lo largo de diversos locales de la vía perimetral y vía a la costa, mismos que se muestran en la ilustración 2.2

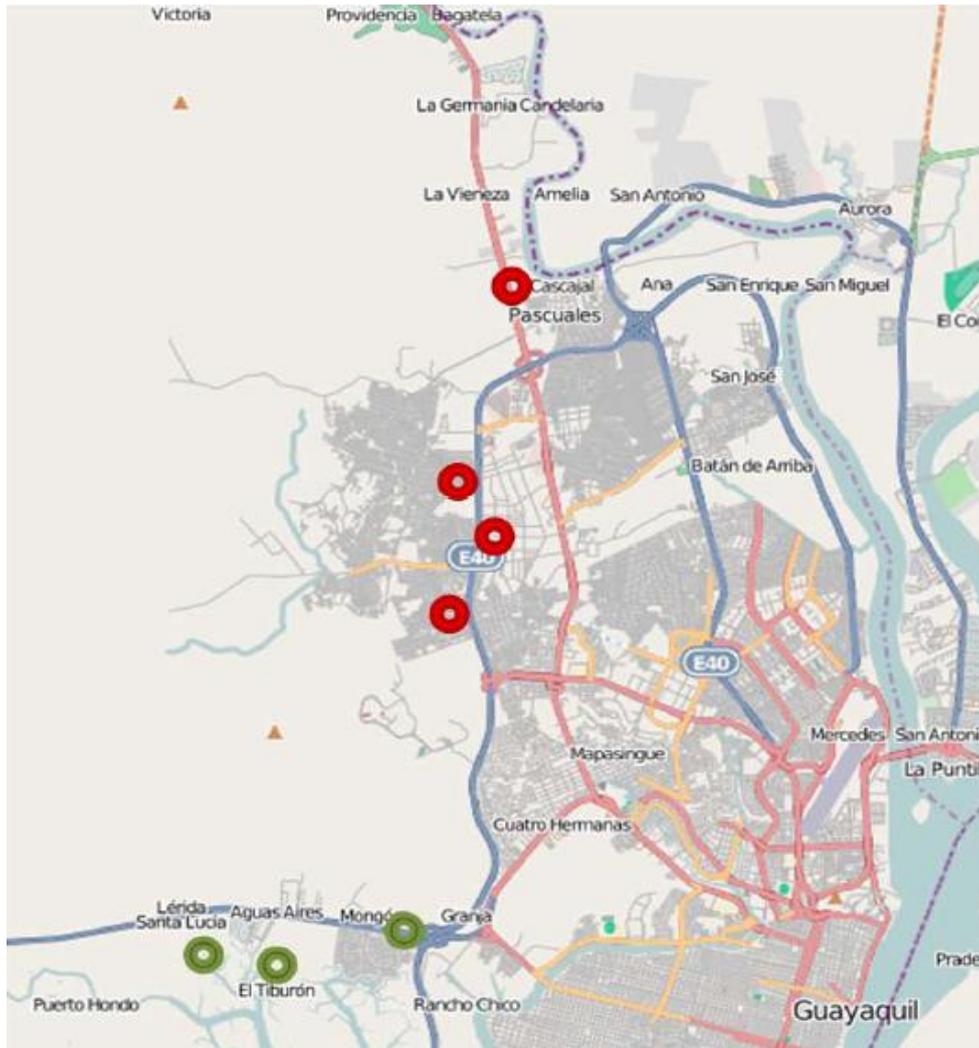


Ilustración 2.2 Ubicación de tomas de muestras de los áridos finos en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]

La toma de muestras de estos sitios sirvió para determinar si aquellos agregados cumplían o no con la normativa **NTE INEN 2536** (áridos para uso de morteros para mampostería). De ello, pudo concluir lo mostrado en la tabla 2.3:

Tabla 2.3 Muestras de áridos finos de negocios informales en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]

Muestra	Localización	Módulo de finura	Cumple NTE INEN 2536
P – 1	Perimetral sector Pascuales	1.2	NO
P – 2	Perimetral sector Hospital Universitario	1.4	NO
P – 3	Perimetral sector Entrada a la 8	1.1	NO
P – 4	Perimetral sector Entrada a Socio Vivienda	1.0	NO
C – 1	Vía a la Costa sector Puerto Azul	1.6	NO
C – 2	Vía a la Costa sector Chongón	1.7	NO
C – 3	Vía a la Costa sector Chongón	1.9	NO

2.1.1.2. Selección de Áridos de la Región Sierra

2.1.1.2.1. Cuenca

Descripción Geológica

De acuerdo con la cartografía geológica, a escalas 1:100000 y 1:250000 de la república del Ecuador, proporcionada por el INIGEMM en febrero de 2014, (Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015), elaboraron un estudio, en el cual realizaron una clasificación las diferentes formaciones geológicas y depósitos superficiales presentes en el cantón de Cuenca y el área que representaban. De ello, se pudo destacar que la formación Turi representaba una mayor extensión en el cantón, sin embargo, existen otras formaciones geológicas de superficies considerables para el estudio, las cuales se detallan en la tabla 2.4 mostrada a continuación:

Tabla 2.4 Formaciones Geológicas de mayor extensión en el cantón de Cuenca [Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015]

Formación Geológica	Símbolo	Edad	Litología	Km ² (aprox.)
Formación Tarqui	P _{Tq}	Pleistoceno	Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava	1429

Formación Turi	P _{Tu}	Pleistoceno	Conglomerados andesíticos gruesos y brechosos, con intercalaciones de areniscas y limolitas tobáceas; escasamente litificados y consolidados	92
Formación Macuchi	K _M	Cretácico	Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, microgabros-diabasas, basaltos subporfíricos, lavas en almohadillas y escasas calcarenitas	349
Rocas graníticas indiferenciadas	IN ₃	Sin asignación de edad	Rocas graníticas indiferenciadas	139

Delimitación de Arenas de Estudio

El caso analizado fue estudiado por (González J. F., 2016), en el cual realizó una verificación del cumplimiento de la norma de morteros comúnmente elaborados en la localidad e incorporando unas mejoras en el mortero adicionando cal a su mezcla. Para este análisis utilizó arena de lecho de río procedente de la cuenca del río Jubones en la localidad vecina de Santa Isabel.

2.1.1.2.2. Ambato

Descripción Geológica

De acuerdo con la cartografía geológica, a escalas 1:100000 y 1:250000 de la república del Ecuador, proporcionada por el INIGEMM en febrero de 2014, (Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015), elaboraron un estudio, en el cual realizaron una clasificación las diferentes formaciones geológicas y depósitos superficiales presentes en el cantón de Ambato y el área que representaban. De ello, se pudo destacar varias formaciones geológicas con considerables extensiones en la superficie del cantón, las cuales se detallan en la tabla 2.5 mostrada a continuación:

Tabla 2.5 Formaciones Geológicas de mayor extensión en el cantón de Ambato
 [Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015]

Formación Geológica	Símbolo	Edad	Litología	Km ² (aprox.)
Formación Cangahua	Q _c	Cuaternario	Ceniza volcánica andesítica, con lapilli y otros fragmentos piroclásticos	262
Formación Pisayambo	PL _{Py}	Plioceno	Secuencia de lavas andesíticas basálticas y piroclastos (aglomerados con bloques de andesitas basálticas)	245
Volcánicos Igualata	Pl _{Ig}	Plioceno	Piroclastos (tobas de grano fino a grueso pumítica), con presencia local de andesitas	91
Formación Latacunga	P _{La}	Pleistoceno	Agglomerado tobáceo, con pumita, material piroclástico diverso y arena	47

Delimitación de Arenas de Estudio

En Ambato, Provincia de Tungurahua, existen varias canteras productoras de materiales pétreos que se utilizan en las construcciones de la ciudad, no obstante, de acuerdo con un estudio realizado por (Ortega, 2013), las principales minas de las que se extraen los agregados utilizados en las construcciones de la ciudad se detallan en la tabla 2.6 y sus puntos de ubicación son mostrados en la ilustración 2.3:

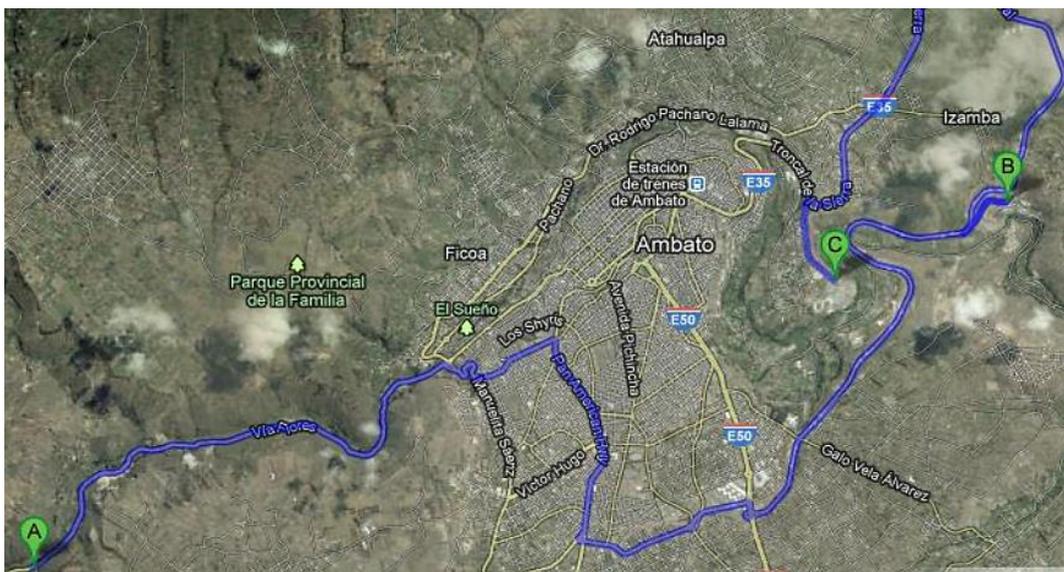


Ilustración 2.3 Ubicación de las Canteras en Estudio alrededor de la ciudad de Ambato [Ortega, 2013]

Tabla 2.6 Delimitación de áridos de estudio en la ciudad de Ambato [Ortega, 2013]
 Tabla elaborada por la autora

Puntos de ubicación	Procedencia de áridos	Localización
A	Cantera Playa Llagchoa	Vía Flores kilómetro 7
B	Cantera Villacrés	La Península sector bajo
C	Planta de Trituración de áridos “Constructora Arias”	Las Viñas

2.1.1.2.3. Quito

Descripción Geológica

La ciudad de Quito está ubicada sobre una cuenca alargada limitada al oeste por el complejo volcánico Pichincha **Fuente especificada no válida..** Las principales cadenas montañosas que comprenden el sector de Quito – Pichincha son la cordillera Real y la cordillera Occidental que avanzan en dirección aproximada norte- sur, dejando en el medio de estas dos al Valle Interandino (VIA) que es el sector donde están ubicadas las principales canteras proveedoras de los agregados pétreos usados en las obras de construcción de Quito. (Domenech & Espinoza, 2016, pág. 16)

Delimitación de Arenas de Estudio

De acuerdo con diversos estudios realizados de agregados procedentes de varias canteras que rodean la capital del país, se pudieron determinar que los áridos de mayor uso en la ciudad son procedentes de las canteras ubicadas dentro de las localidades de Pifo y San Antonio de Pichincha (Bermudez & Cadena, 2015), de las cuales, en esta última mencionada, predominan las canteras: El Guabo, Fucusucu V y Rosita (Domenech & Espinoza, 2016). Los puntos de ubicación de las minas de estudio se muestran en la ilustración

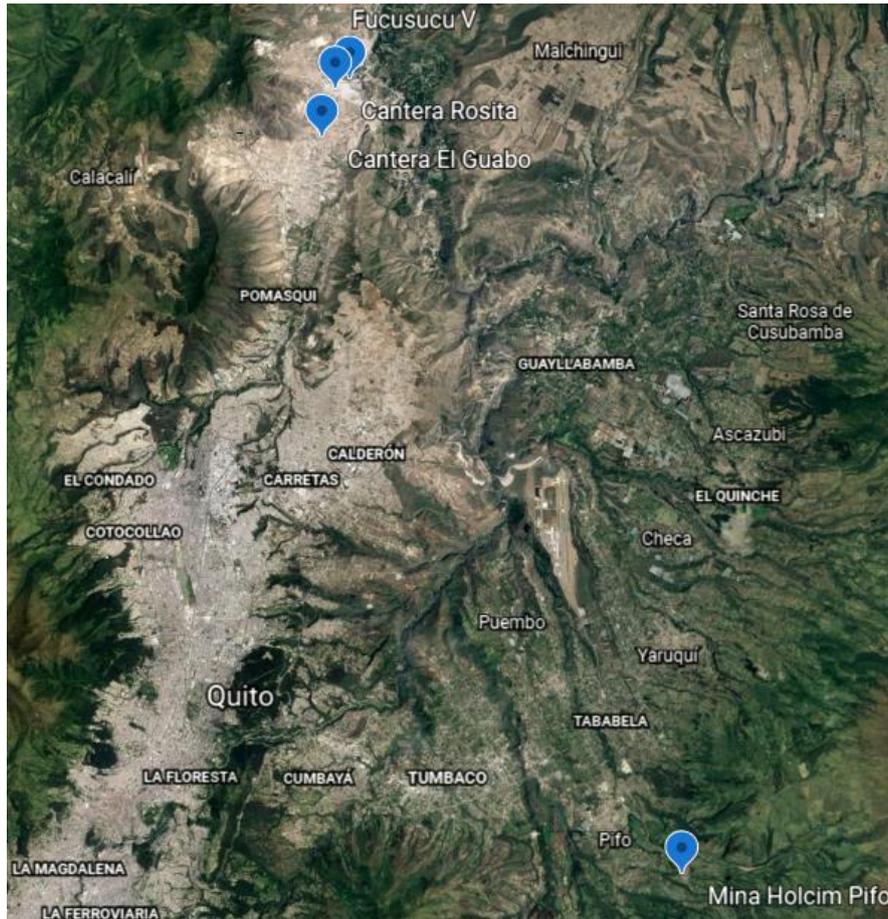


Ilustración 2.4 Puntos de ubicación de las principales canteras de la ciudad de Quito [Elaborado por la autora]

La característica del material geológico y de su procedencia se resumen en la tabla 2.7 mostrada a continuación:

Tabla 2.7. Delimitación de agregados procedentes de las principales canteras de adquisición de la ciudad de Quito [Domenech & Espinoza, 2016] Tabla elaborada por la autora

Material Geológico	Procedencia	Tipos de Formaciones
Roca andesítica basáltica	Mina HOLCIM Pífo	Cangahua, Chiche (formación predominante) y Guayllabamba (Delgado, 2008).
Roca andesítica	Canteras Pomasqui - San Antonio de Pichincha	Guayllamba, Chiche, Machángara, Mojanda y Cangahua (Pacheco, 2013)

2.1.1.2.4. Riobamba

Descripción Geológica

De acuerdo con la cartografía geológica, a escalas 1:100000 y 1:250000 de la república del Ecuador, proporcionada por el INIGEMM en febrero de 2014, (Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015), elaboraron un estudio, en el cual realizaron una clasificación las diferentes formaciones geológicas y depósitos superficiales presentes en el cantón de Riobamba y el área que representaban. De ello, se pudo destacar varias formaciones geológicas con considerables extensiones en la superficie del cantón, las cuales se detallan en la tabla 2.8 mostrada a continuación:

Tabla 2.8 Formaciones Geológicas de mayor extensión en el cantón de Riobamba [Duque, González, Garxón, Del Val, & Barinagarrementería, 2015]

Formación Geológica	Símbolo	Edad	Litología	Km ² (aprox.)
Formación Cangahua	Q _c	Cuaternario	Ceniza volcánica andesítica, con lapilli y otros fragmentos piroclásticos	80
Volcánicos El Altar	P _{Vat}	Pleistoceno	Lavas intermedias y básicas de color verde claro a oscuro; tobas de grano medio, de color marrón a banco, con fragmentos andesíticos y piedra pómez	174
Volcánicos Sicalpa	PL _{VSi}	Plioceno	Piroclastos de colores claros de tobas y aglomerados con fragmentos de andesita; ocasionales niveles de lavas andesíticas	104
Unidad Alao Paute	J _{AP}	Jurásico	Metavolcanitas con débil metamorfismo, lavas masivas y filitas verdes, esquistos verdes, cuarcitas y mármoles	164

Delimitación de arenas de estudio

De acuerdo con dos estudios desarrollados acerca de las propiedades de morteros elaborados con áridos oriundos de dos diferentes canteras del cantón de Riobamba, en la tabla 2.9 se puede observar la procedencia de los agregados considerados para el análisis de la presente investigación.

Tabla 2.9 Delimitación de las arenas procedentes de canteras de la ciudad de Riobamba [Baquero & Baquero, 2018], [Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019] Tabla elaborada por la autora

Material	Procedencia	Ubicación
Arena Volcánica	Minería de Sillahua (Sector Licán)	6 kilómetros de la ciudad de Riobamba
Arena	Cantera Hnos. Castro Cerro Negro (Formación Riobamba)	Sector de San Martín de Veranillo km 3.5

2.1.2. Formaciones Geológicas presentes en las regiones Amazónica e Insular del país

2.1.2.1. Descripción geológica

Región Amazónica

La región oriental consiste en dos zonas estructurales distintas, la Cuenca Oriente y la Zona del Subandino, formados en el Cretácico tardío. El sustrato del Oriente se compone de rocas del Paleozoico y Mesozoico. Estas rocas están cubiertas por formaciones sedimentarias del tras – arco post – Oligocénico (MTO, 2012). La estratigrafía de relleno cretácico ha sido subdividida en 3 formaciones: Hollín, Napo y la arenisca basal de la fm, Tena. Estratigráficamente, la Cuenca oriente del Ecuador preserva una columna sedimentaria fanerozóica, es decir, con una división de material geológico que abarca desde hace 541 millones de años hasta la actualidad (Baby, Rivadeneira, & Barragán, 2004, págs. 57 - 58). Esta división estratigráfica es presentada en la ilustración 4, mostrada a continuación.

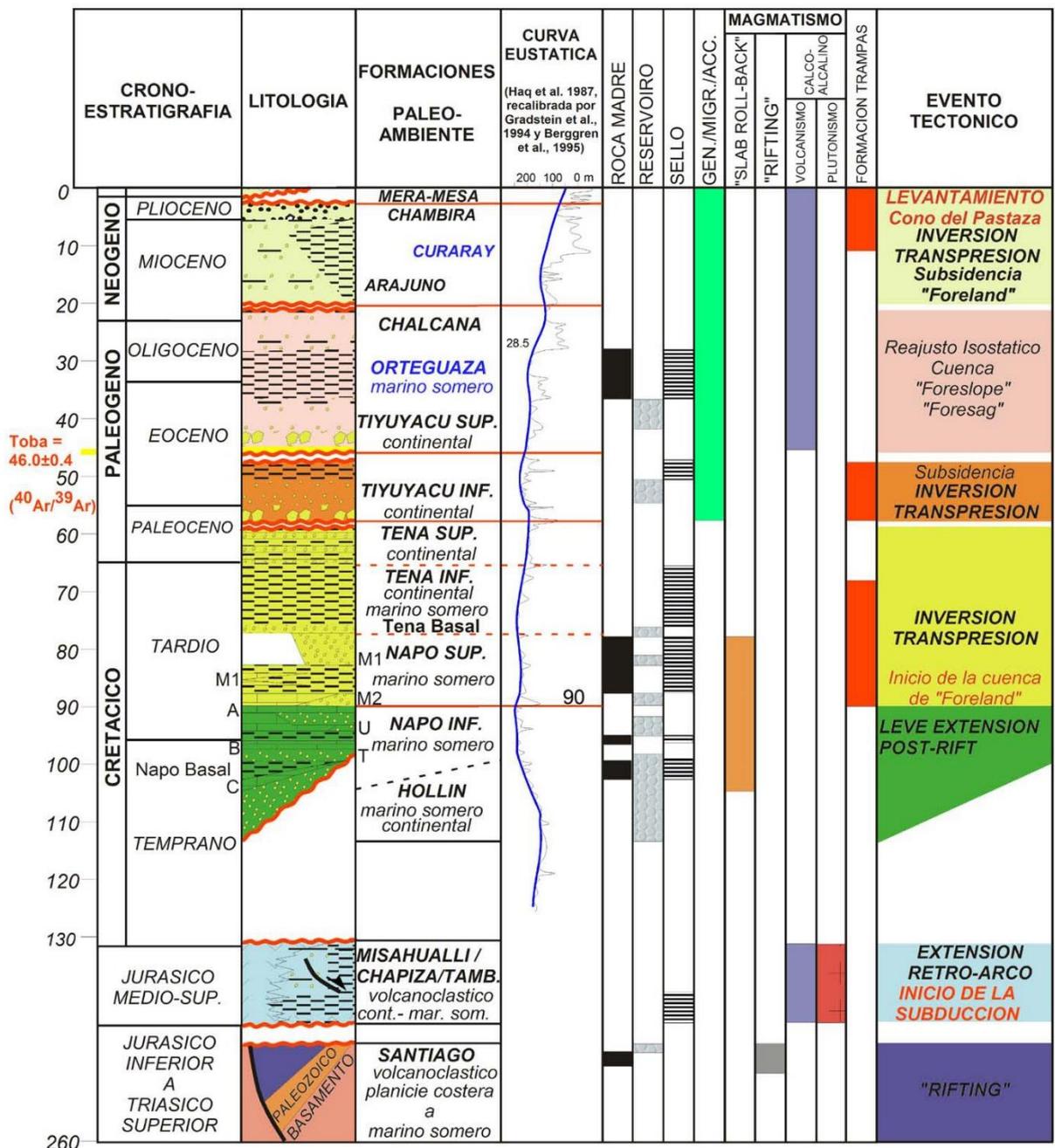
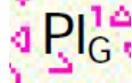


Ilustración 2.5 Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriente [Baby, Rivadeneira, & Barragán, 2004]

Región Insular

En las islas Galápagos se pueden ver los resultados de varios tipos de lava y sus distintas edades. La ceniza volcánica poco cementada como la toba o la piedra pómez se erosiona rápidamente formando playas suaves, mientras que los basaltos más sólidos dejan acantilados más escarpados y rugosos. Algunos flujos de lava de cien años de antigüedad en la isla Santiago todavía se mantienen estériles; mientras que lavas de hace mil años en la orilla oeste de la isla Isabela muestran una variedad de plantas (Clausen, 2016). No obstante, observando el mapa geológico del Ecuador, es posible apreciar las formaciones geológicas presentes en la región, las cuales se detallan en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Formaciones geológicas presentes en la región Insular del Ecuador
[Egüez, Gaona, & Albán, 2019] Tabla elaborada por la autora

Patrón	Formación Geológica	Periodo
	Escudo volcán basáltico con caldera central en formación e intensa actividad volcánica	Cuaternario
	Escudo volcán basáltico con caldera colmatada y actividad volcánica menor	Cuaternario
	Escudo volcán basáltico colmatado, muy erosionado; incluye rocas submarinas levantadas	Pleistoceno

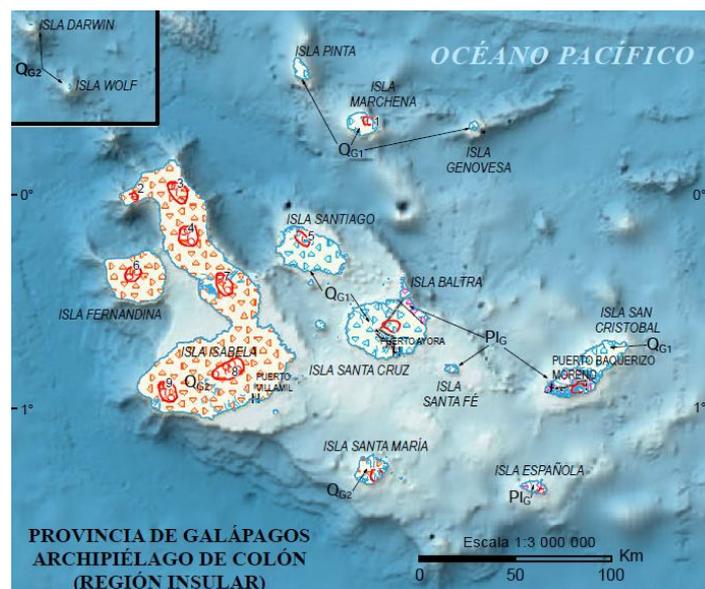


Ilustración 2.6 Mapa del Archipiélago de la Isla Galápagos con sus respectivas formaciones geológicas [Egüez, Gaona, & Albán, 2019]

2.1.2.2. Selección de Áridos

Delimitación de arena de estudio de la Región del Oriente

Los estudios realizados acerca de morteros elaborados con áridos procedentes de esta región son muy escasos, de manera que, para el presente análisis, se realizó una recopilación de proyectos investigativos, en los cuales hayan basado su trabajo en el estudio de la influencia que los agregados de esta zona del país ejercen en las propiedades finales de los morteros, los cuales se detallan en la tabla 2.11 mostrada a continuación.

Tabla 2.11 Delimitación de las arenas procedentes de la región del Oriente Ecuatoriano [Guerrero, 1998], [Zaruma, 2018] Tabla elaborada por la autora

Material	Procedencia	Ubicación
Arena Cuarcífera	Formación Hollín	Oriente ecuatoriano
Arena	Río Zamora	Límite entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipec

Delimitación de arena de estudio de la Región Insular

Hasta la actualidad, no se han llevado a cabo estudios acerca de la influencia de los áridos, oriundos de este archipiélago, en las propiedades de los morteros de mampostería, sin embargo, para la realización del análisis propuesto, se logró encontrar información relevante acerca de un estudio realizado por (Larrea & Dominguez, 2011) sobre de las propiedades de un hormigón simple al incorporar arena volcánica procedente de la isla “San Cristóbal” en la composición de su mezcla.

2.2. Evaluación del consumo del mortero en ciudades capitales del Ecuador

Anteriormente se manifestó que la mampostería es el sistema de construcción más empleado en Ecuador y en varios otros países, esto gracias a varias de las propiedades con las que cuenta, tales como una adecuada resistencia y

durabilidad, además de la facilidad con la que se pueden adquirir los materiales requeridos para su elaboración (Páez, 2014).

Ciertamente, es uno de los métodos más utilizados para la elaboración de muros, en especial, en aquellas edificaciones de menor demanda, como lo son los tipos de residencias unifamiliares, las cuales son las construcciones más comunes en el país, de acuerdo con una encuesta realizada por el instituto de censos (INEC, 2019), donde se determinó que, conforme con los permisos de construcción registrados, alrededor del 60% de las edificaciones eran de uso residencial unifamiliar, lo cual puede ser evidenciado en el gráfico 2.2 mostrado a continuación:

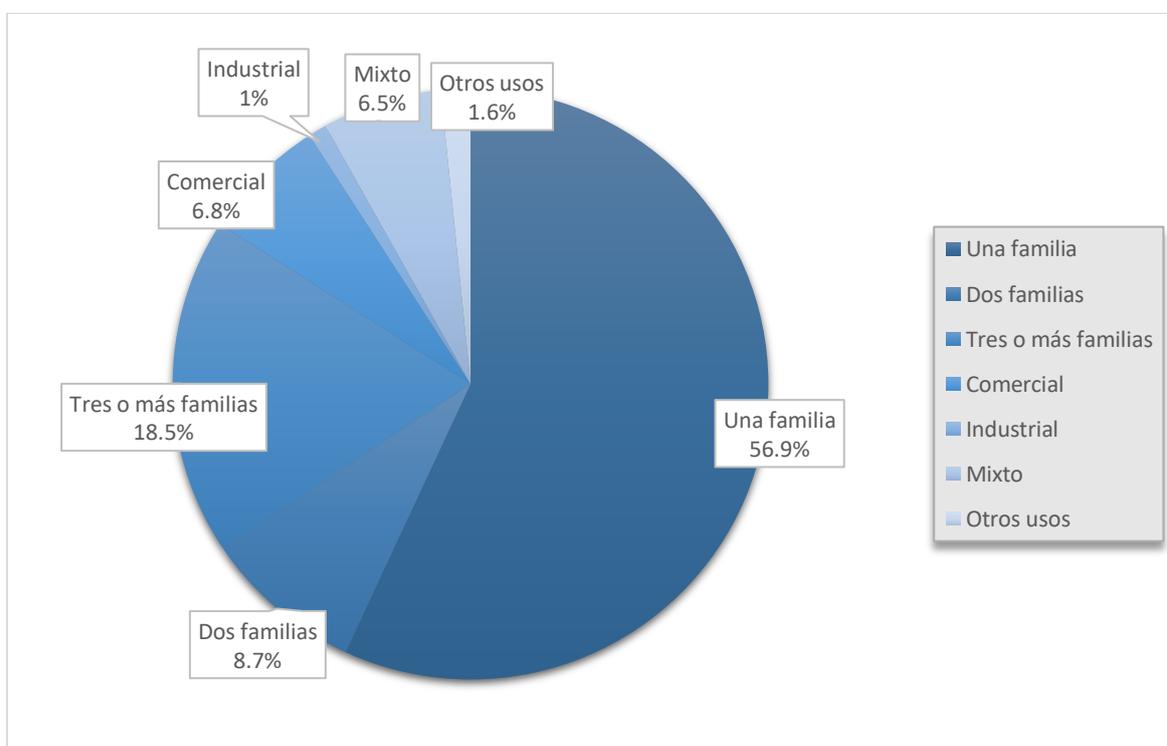


Gráfico 2.2 Permisos de construcción según uso de la edificación a nivel nacional [INEC, 2019] Gráfico elaborado por la autora

Puesto que este tipo de construcción es la más implementada en el país, es importante conocer que los materiales más utilizados para la elaboración de los muros de esta categoría de viviendas consisten principalmente en ladrillos de arcillas y bloques huecos de hormigón. De hecho, en el año 2019, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, realizó una encuesta en la que clasificó los materiales predominantes utilizados en la construcción de paredes de una obra civil:

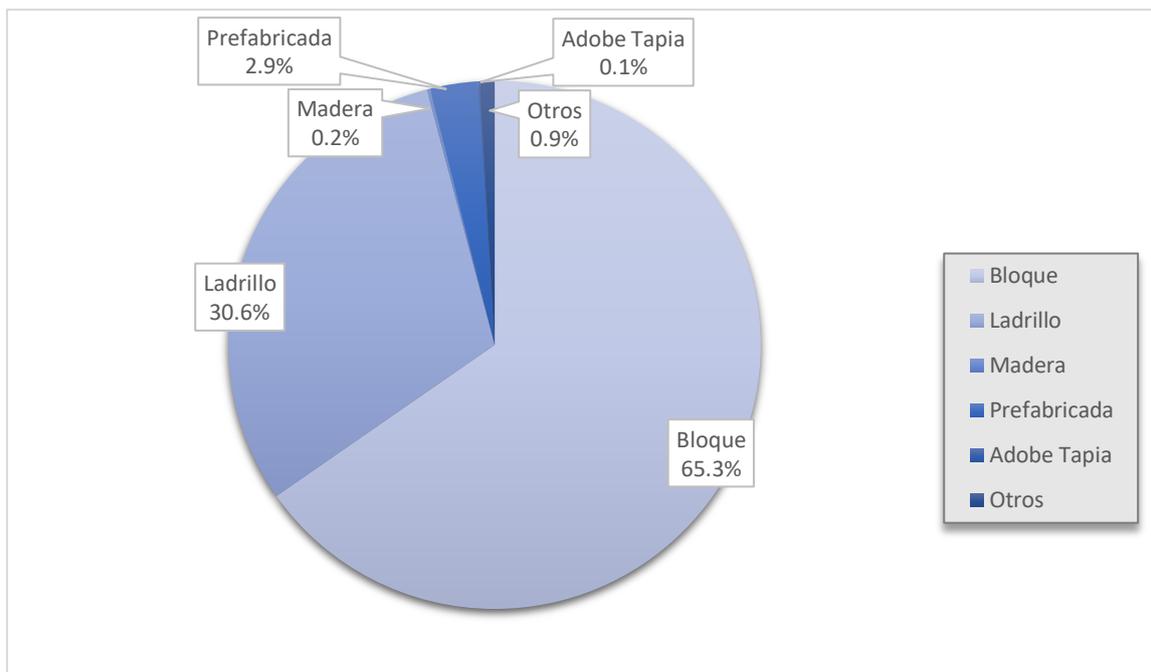


Gráfico 2.3 Materiales predominantes en la construcción de paredes a nivel nacional [INEC, 2016]

En el gráfico 2.3 se muestra que, de acuerdo con el número de permisos de construcción reportados, en más del 95% de las construcciones de paredes en el país, se emplean como material principal, los bloques huecos de hormigón y los ladrillos de arcilla, representando un porcentaje del 65.3 y 30.6% a nivel nacional. De esto, es conveniente enfatizar que, el elemento utilizado para su adherencia consiste en una mezcla de mortero de pega, el cual representa entre un 10 a un 20% del volumen total de la mampostería (Salamanca, 2001).

Ciertamente, conforme a los datos mencionados, el uso del mortero de pega es muy frecuente en el país. En efecto, se han realizado varias investigaciones acerca del consumo de este material en varias ciudades capitales, de entre las cuales se puede destacar, un estudio realizado por (Vásquez, 2014), en el que determinó la cantidad de mortero de pega utilizado en las construcciones de la ciudad de Guayaquil, tanto adquirido en el mercado formal, como elaborado en el sitio de la obra.

En su investigación destacó que, para el registro de la cantidad de mortero de pega adquiridos industrialmente, contó con la colaboración de la empresa Intaco (fabricante de morteros para la construcción), la cual le proporcionó como información, la venta de este tipo de material a lo largo de los últimos 5 años

(2009 – 2013), representando en total 118.8 millones de kilos de mortero tipo N. Por otro lado, para la determinación de la cantidad de morteros de pega elaborados en las obras de la ciudad, (Vásquez, 2014) dispuso como alternativa, el registro de la cantidad de metros cuadrados construidos en Guayaquil, misma que corresponde a una área de aproximadamente 1.8 millones de metros cuadrados, dando como resultado 4.7 millones de sacos de mortero industrial de 40 Kg, lo cual representa un total de 188 millones de kilogramos de mortero para pega que se debieron fabricar en la ciudad, sin embargo, debido a que estos materiales también son preparados en obra, a través de la diferencia entre este valor y los registrados en el mercado actual, dedujo que la cantidad de morteros elaborados en sitio representan un total de 69.2 millones kilogramos en la ciudad.

Esta estimación fue realizada únicamente para la ciudad de Guayaquil, población con el mayor número de construcciones en el país (INEC, 2019), por lo cual, si se intentara llevar este valor a un nivel nacional, es lógico suponer que el uso del mortero de pega tiene un gran consumo el país, y puesto que mayormente se suele elaborar este material en sitio con agregados procedentes de la zona, se considera de importancia evaluar las principales propiedades que debe cumplir este material en obra, tales como una buena adherencia, trabajabilidad, retención de agua y resistencia.

Adicionalmente, (Jiménez, 2016), desarrolló un estudio de la demanda de los morteros de pega y enlucido en la ciudad de Cuenca, segunda población con el mayor registro constructivos, en la cual elaboró el presupuesto de una vivienda unifamiliar típica de la ciudad, en un área de 135 m³ de terreno y una construcción de 70 m², detallando el tipo de trabajo en donde se implementaría el uso de mortero y el área destinada para dicha actividad, lo cual se presenta en la tabla 2.12 mostrada a continuación.

Tabla 2.12 Cantidad de unidades de morteros industrializados para una vivienda de 70 m² [Jiménez, 2016]

Tipo de Trabajo	Área implementada [m ²]	Área implementada en relación con el área total [%]	Producto	Cantidad de sacos de Producto
Contrapiso	59	83	Maximix	39

Revestimiento de pisos	68	96	Bondex porcel	22
Construcción de paredes	139	198	Pegablok	96
Enlucidos	334	476	Enlumax	186
Revestimiento de paredes	40	56	Bondex STD	14

Tomando como referencia lo presentado en la tabla 2.12, (Jiménez, 2016) pudo asociar la cantidad de esta demanda a nivel provincial, relacionando la proporción de usos de mortero para una construcción de 70 m² con las áreas construidas en la provincia de Azuay en el año 2014, concluyendo la información presentada en la siguiente tabla:

Tabla 2.13 Análisis de potencia de venta de morteros industrializados en la ciudad de Cuenca [Jiménez, 2016]

Producto	Tamaño de obra	Cantidad de sacos en obra	Área construcción 2014	Cantidad de sacos a nivel provincial
Maximix	70 m ²	39	747 792 m ²	416 627
Bondex Porcelanato		22		235 020
Pegablok		96		1 025 543
Enlumax		186		1 986 990
Bondex Standard		14		149 558

De la tabla 2.13 se pudo deducir que la cantidad de morteros utilizados en una construcción civil es muy alta, esto tomando solo en cuenta si se tratase de construcciones menores, ahora, ampliando tal información, considerando la cantidad de edificaciones grandes, el uso de este material como elemento de pega y enlucido es muy prominente a nivel nacional, por ello, adicionalmente, también se considera conveniente evaluar las características que debe cumplir este material al ser utilizado como enlucido, tales como: una adecuada resistencia, flexibilidad, adherencia e impermeabilidad.

2.3. Propiedades relevantes de un mortero de acuerdo con su tipo de uso

Para que un mortero pueda desempeñar su función tal y como fue solicitada, la Norma Técnica Ecuatoriana, estableció varios criterios que este material debe cumplir en base a sus propiedades, las cuales se han llegado a clasificar en dos estados: plástico y endurecido. El primero hace referencia a la facilidad de construcción de la mampostería, además de tener una gran influencia en su comportamiento una vez endurecido (Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero, 2003) y el segundo corresponde al comportamiento final de este elemento, posterior a su fase de fraguado (NTE INEN 2518, 2010). En el presente estudio se tomarán en cuenta el análisis de las propiedades más relevantes en cada uno de estos estados, de acuerdo con su tipo de uso.

2.3.1. Principales propiedades en estado plástico

2.3.1.1. Trabajabilidad

Es la propiedad más relevante del mortero en estado plástico (NTE INEN 2518, 2010), puesto que se relaciona directamente con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca (López, 2003) y por ello, a su vez depende mucho de la relación agua/cemento ya que, al elaborar este material en obra, esta propiedad se consigue adicionando cierta cantidad agua a la mezcla, la cual dependerá de varios factores, tales como la granulometría, uso de aditivos, absorción de agua de la base sobre la que se aplica y condiciones ambientales (Osorio, 2016).

Es fundamental que, para conseguir la máxima adherencia con las unidades de mampostería, se cuente con buena trabajabilidad, es por ello que esta característica se considera esencial en morteros utilizados como elementos de pega y enlucido, (COGUANOR NTG 41050, 2012). No obstante, también se considera importante evaluar esta propiedad en morteros de relleno, ya que este tipo de material requiere contar con una adecuada fluidez al momento de ser colocado en obra.

La trabajabilidad es una combinación de varias propiedades, de entre las cuales se incluyen: la plasticidad, consistencia, cohesión y adherencia (NTE INEN 2518, 2010). En laboratorio, estas propiedades son medidas mediante un ensayo de

penetración, mismo que tiene como finalidad, establecer a qué mayor nivel de penetración es creciente la fluidez (Zaruma, 2018). Para ello, este método se realiza empleando la norma **ASTM C-780**. En obra, la evaluación de esta propiedad puede ser dada desde una manera visual. En la tabla 2.14 recomienda una trabajabilidad para diferentes tipos de mortero de acuerdo con los tipos de construcción y a los sistemas de colocación:

Tabla 2.14 Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación [López, 2003]

Consistencia	Fluidez %	Condición de colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de colocación
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galería, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, nivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

2.3.1.2. Retención de agua

Consiste en una medida de la capacidad de un mortero para retener su agua de la mezcla, al ser sometido a absorción. Esta propiedad le otorga tiempo al obrero para colocar y ajustar una unidad de mampostería sin que se endurezca la mezcla, es decir, mientras esta se siga manteniendo en estado fresco (NTE INEN 2518, 2010).

Esta propiedad influye significativamente en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, pues un mortero que no retenga el agua no permite la hidratación del cemento, lo cual podría generar agrietamientos y pérdidas de resistencia en los elementos (Salamanca, 2001), por esta razón, se recomienda que la capacidad de esta propiedad sea alta, en especial, al tratarse de morteros de pega y de enlucido.

La capacidad de retención de agua se mejora al incrementar la proporción de cal o contenido de aire, adición de arena fina dentro de los límites de graduación permitidos, o usando materiales retenedores de agua (NTE INEN 2518, 2010).

2.3.2. Principales propiedades en estado endurecido

2.3.2.1. Adherencia

La adherencia es considerada la propiedad física más importante del mortero en estado endurecido (NTE INEN 2518, 2010) y se describe como la capacidad que tiene este material para adherirse a las piezas de mampostería o materiales de acero con los cuales este en contacto (Cabrera, 1995). Esta propiedad le otorga al material la capacidad de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura (López, 2003).

Los morteros plásticos que cuenten con buenas capacidades de adherencia y retención de agua y que no demanden de superficies húmedas para su colocación, son los más adaptables y mayormente usados en la construcción de mamposterías ya que proporcionan una íntima unión entre las piezas (Ordoñez J. G., 2009). En efecto, la calidad de esta propiedad es muy importante, no solamente para soportar las cargas aplicadas, sino también para absorber esfuerzos originados por cambios volumétricos debido a efectos de temperatura (Osorio, 2016).

Debido a que esta propiedad se ve afecta por muchas variables, tales como la resistencia, extensión y durabilidad, no se ha podido consolidar un solo ensayo de laboratorio para su evaluación, sin embargo, (NTE INEN 2518, 2010) establece que, la resistencia a la adherencia del mortero a unidades de mampostería puede ser estimada mediante ensayos comprendidos en las normas: **ASTM C 952, ASTM C 1072, ASTM C 1357, ASTM E 518 y ASTM E 72.**

2.3.2.2. Elasticidad

La elasticidad es la capacidad de un elemento de deformarse al estar sometido a una fuerza, la cual, una vez que deja de ser aplicada, el cuerpo recobra su forma original, a esto es lo que se conoce como deformación elástica (García, Museros, Martínez, & Poy Gil, 2002). Dentro del estudio de los morteros, se considera de gran importancia la evaluación de esta propiedad debido que está estrechamente relacionada con la flexibilidad del material.

En morteros utilizados como elementos de enlucidos, una mayor elasticidad, contribuye a reducir la aparición de grietas generadas por golpes o cualquier otro factor externo (Promateriales, 2016). En morteros adhesivos, es decir, aquellos utilizados como elementos de pega; se considera importante esta propiedad en todas aquellas situaciones en las cuales las baldosas están expuestas a movimientos diferenciales significativos, tales como en fachadas y placas estructurales grandes (Medeiros, Sabbatini, & Akiama, 2000).

2.3.2.3. Resistencia a la compresión

En general, esta propiedad es utilizada como principal criterio de selección del tipo de mortero, puesto que es relativamente sencilla de medir y a su vez, esta relacionada con varias otras propiedades físicas del mortero en estado endurecido, tales como la resistencia a la tracción y la absorción del mortero (NTE INEN 2518, 2010).

El incremento de esta propiedad dependerá del aumento del contenido del cemento en la mezcla de mortero, y del limitado porcentaje de cal, arena, agua o contenido de aire en su composición (Mejía, Chinchilla, & Mendoza, 2012). Generalmente, los morteros son diseñados para tener una resistencia menor que las unidades de mampostería, esto con la finalidad de prever que las fisuras se produzcan en las juntas de mortero, de modo que se pueda facilitar su reparación (González J. F., 2016).

Además del contenido de cemento, la resistencia a la compresión también depende de la relación agua – cemento del mortero. El procedimiento aceptado

para estimar la resistencia a la compresión es mediante un ensayo proporcionado por la norma **ASTM C 780**, en el cual se utilizan cubos de mortero de 50 mm de lado. La ejecución de este ensayo es relativamente sencilla y otorga resultados consistentes y reproducibles. La determinación de esta propiedad es fundamental, ya que es utilizada como una base para determinar la compatibilidad de los ingredientes del mortero (NTE INEN 2518, 2010).

2.3.2.4. Permeabilidad

Es la propiedad del mortero que permite el paso de agua a través de su estructura interna por medio de dos mecanismos: presión hidrostática o capilaridad. Y en efecto, su función se ve influenciada por factores como la adherencia entre el mortero y las unidades de mampostería (Salazar, 2000).

Cabe destacar que, el estudio de esta propiedad es elemental principalmente en morteros de enlucido o revestimiento ya que estos van a estar constantemente expuestos a varios factores externos, tales como la humedad del ambiente o la lluvia, razón por la cual, los elementos que lo componen deben poseer un adecuado nivel de permeabilidad que los proteja de tales situaciones, pero que además les permita el intercambio de aire y vapor de agua entre las estructuras y el medio ambiente (Guerrero, Correia, & Guillaud, 2012).

Ciertamente, la reducción de la permeabilidad es una manera efectiva para mejorar la durabilidad del mortero y por ende su calidad (Zaruma, 2018). Por ello, la norma **ASTM E 514-90**, ha establecido un ensayo que mide la penetración de agua de este material (Calderón, 2016).

2.4. Clasificación de morteros de acuerdo con su dosificación y sus propiedades

La norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 2518, 2010) ha establecido una clasificación de los tipos de morteros de acuerdo con su composición y los requisitos que las propiedades de estos materiales deben cumplir, los cuales son descritos en la tabla 2.15 mostrada a continuación.

Tabla 2.15 Especificación por propiedades. Requisitos [INEN, 2010]

Mortero	Tipo	Resistencia promedio a la compresión a 28 días, min (MPa)	Retención de agua, % min	Contenido de aire, % max ^B	Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)
Cemento y cal	M	17.2	75	12	No menos que 2 ¼ y no más que 3 ½ veces los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12.4		12	
	N	5.2		14 ^C	
	O	2.4		14 ^C	
Cemento para mortero	M	17.2		12	
	S	12.4		12	
	N	5.2		14 ^C	
	O	2.4		14 ^C	
Cemento para mampostería	M	17.2		18	
	S	12.4		18	
	N	5.2		20 ^D	
	O	2.4		20 ^D	

Por otro lado, la norma (NTE INEN 2518, 2010), adicionalmente presenta una tabla en la que detalla los requisitos por dosificación que se deben cumplir de acuerdo al tipo de mortero utilizado.

Tabla 2.16 Especificación por dosificación. Requisitos [INEN, 2010]

Mortero	Tipo	Dosificaciones por volumen (materiales cementantes)							Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)	
		Cemento Portland o cemento compuesto	Cemento para mortero			Cemento para mampostería				Cal hidratada o masilla de cal
			M	S	N	M	S	N		
Cemento y cal	M	1	-	-	-	-	-	-	¼	No menos que 2 ¼ y no más que 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	-	-	-	-	-	-	Sobre ¼ a ½	
	N	1	-	-	-	-	-	-	Sobre ½ a 1 ¼	
	O	1	-	-	-	-	-	-	Sobre 1 ¼ a 2 ½	
Cemento para mortero	M	1	-	-	1	-	-	-	-	
	M	-	1	-	-	-	-	-	-	
	S	½	-	-	1	-	-	-	-	
	S	-	-	1	-	-	-	-	-	
	N	-	-	-	1	-	-	-	-	
Cemento para mampostería	O	-	-	-	1	-	-	-	-	
	M	1	-	-	-	-	-	1	-	
	M	-	-	-	-	1	-	-	-	
	S	½	-	-	-	-	-	1	-	
	S	-	-	-	-	-	1	-	-	
N	-	-	-	-	-	-	1	-		

	O	-	-	-	-	-	-	1	-	
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

2.4.1. Selección de morteros para mampostería

La norma ecuatoriana (NTE INEN 2518, 2010) propone una guía para poder seleccionar el tipo de mortero de acuerdo a la actividad constructiva realizada, mismos que son detallados en las tablas 2.17 y 2.18:

Tabla 2.17 Guía para la selección de morteros para mampostería [INEN, 2010]

Ubicación	Segmento de construcción	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, por encima del nivel de terreno	Muro portante	N	S ó M
	Muro no portante	O ^B	N ó S
	Antepecho	N	S
Exterior, en o por debajo del nivel de terreno	Muro de cimentación, pared de retención, pozos de inspección, desagües, pavimentos, caminos y patios	S ^C	M ó N ^C
Interior	Muro portante	N	S ó M
	Tabiques no portantes	O	N

^B El mortero tipo O es recomendado para ser usado cuando la mampostería no tiene riesgo de congelación, cuando está saturada o cuando no va a estar sometida a fuertes vientos o a otras cargas laterales significativas. El mortero tipo N o S debe ser usado en esos casos.

^C La mampostería expuesta a condiciones ambientales en una superficie horizontal extremadamente vulnerable a la intemperie. El mortero para dicha mampostería debe ser seleccionado con la debida precaución.

Tabla 2.18 Guía para la selección de morteros para reparación o acabado [INEN, 2010]

Ubicación o servicio	Tipo de mortero	
	Recomendado	Alternativo
Interior	O	K, N
Exterior, por encima del nivel del terreno expuesto de un lado, poca probabilidad de que se congele al saturarse, no sujeto a fuertes vientos y otras cargas laterales significativas	O	N, K
Exterior, diferente a lo antes indicado	N	O

Con la metodología propuesta, se procedió a desarrollar el análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo de los ensayos más relevantes para el análisis de un mortero.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Por medio de las investigaciones recolectadas, fue posible desarrollar un análisis comparativo de las propiedades más importantes que presentan los áridos procedentes de las diversas regiones del país considerados en el presente estudio y evaluar si estos materiales cumplían o no, con los requisitos establecidos por la norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 2536, 2010) para ser utilizados en una mezcla de mortero.

3.1. Ensayos realizados en agregado fino

3.1.1. Granulometría

Tomando en cuenta el ensayo granulométrico proporcionado por la norma NTE INEN 696 (**ASTM C33**), se procedió a determinar el tamaño de las partículas de los agregados procedentes de las zonas de estudio y a comprobar si su graduación se hallaba dentro de los límites establecidos por la norma (NTE INEN 2536, 2010) para áridos usados en morteros de mampostería, los cuales fueron presentados con anterioridad en la tabla 1.2. Sintetizando los resultados granulométricos obtenidos, se presenta lo siguiente:

Guayaquil

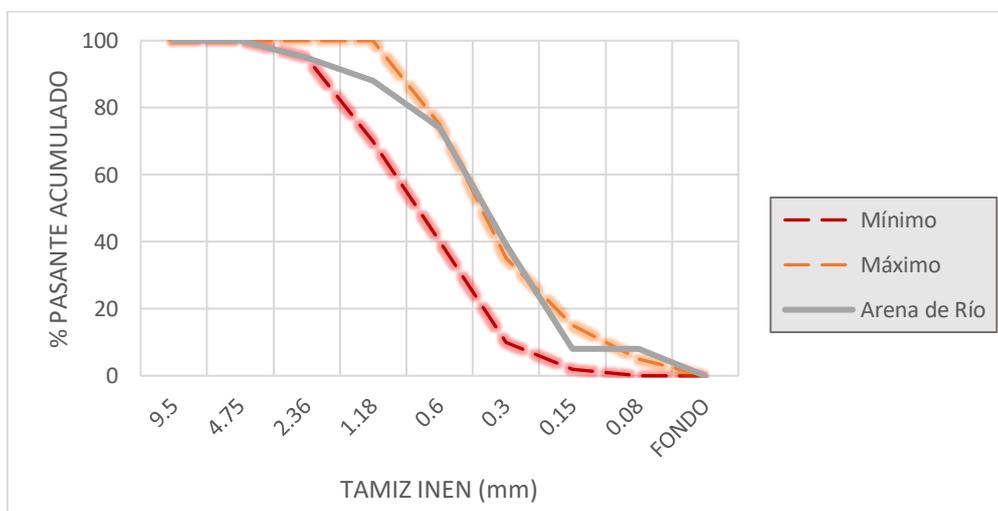


Gráfico 3.1 Granulometría de los áridos en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]

El gráfico 3.1 muestra la curva granulométrica del árido utilizado en un estudio realizado por (Vásquez, 2014) para evaluar la resistencia de un mortero de mampostería. Tal como se aprecia, la tendencia de la granulometría de este material se encuentra dentro de los límites de graduación especificados por la norma. Cabe destacar que este material cuenta con un módulo de finura igual a 2, valor que se encuentra dentro del rango permitido por la norma.

Adicionalmente, (Vásquez, 2014) incorporó en su estudio, la evaluación de las propiedades físicas de otros áridos utilizados con frecuencia en las construcciones de la ciudad, de lo cual se puede mencionar, la determinación del módulo de finura de estos agregados mostrados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Verificación del módulo de finura de los áridos estudiados en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]

Material	Procedencia	Módulo de Finura	Rango Aceptable	Cumple
Arena Ferrosa	Bruque, Engabao playas	1.00	1.75 – 2.83	NO
Arena Fina Lavada	C. Huayco	2.20		SÍ
Arena Rocafuerte	C. Huayco	3.50		NO
Arena Homogenizada	C. Huayco	3.04		NO
Arena Gruesa	C. Huayco	4.58		NO
	Río Guayas	2.10		SÍ
Arena Triturada	C. Huayco	3.96		NO
	Planta Guayaquil (Cenaca)	3.40		NO
	Precón	4.80		NO
Arena Fina	C. Huayco	2.20		SÍ
	Río Guayas	1.30		NO
Arena con Cisco Trituración	Cantera San Luis, Bloqcim	2.00		SÍ
Arena de Río	Río Chimbo	3.10		NO
	Río Daule, San Jorge	0.60		NO
Arena Natural	Río Boliche	2.52		SÍ
	Río Guayas	2.10		SÍ
	Río Hondo	2.65	SÍ	
	Río Samborondón	2.20	SÍ	

Manta

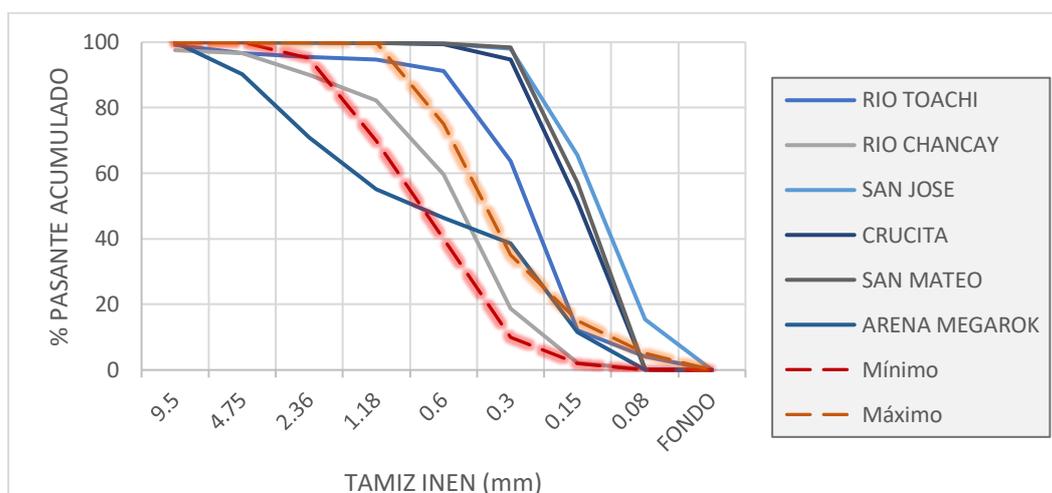


Gráfico 3.2 Granulometría de los áridos en la ciudad de Manta [Saldarriaga, 2016]

En el gráfico 3.2 se observa que, para la mayoría de los agregados finos que generalmente se utilizan en las construcciones de la ciudad de Manta, el porcentaje de pasante de las partículas que lo conforman está fuera de los límites establecidos por la norma, a excepción de los áridos procedentes del río Chancay, el cual presenta un comportamiento granulométrico acorde con el rango establecido, además, es la única muestra, de las seis analizadas, que cumple con el módulo de finura requerido. Los módulos de finura de estos agregados son presentados en la tabla 3.23 ubicada en la sección de Anexos A.

Ambato

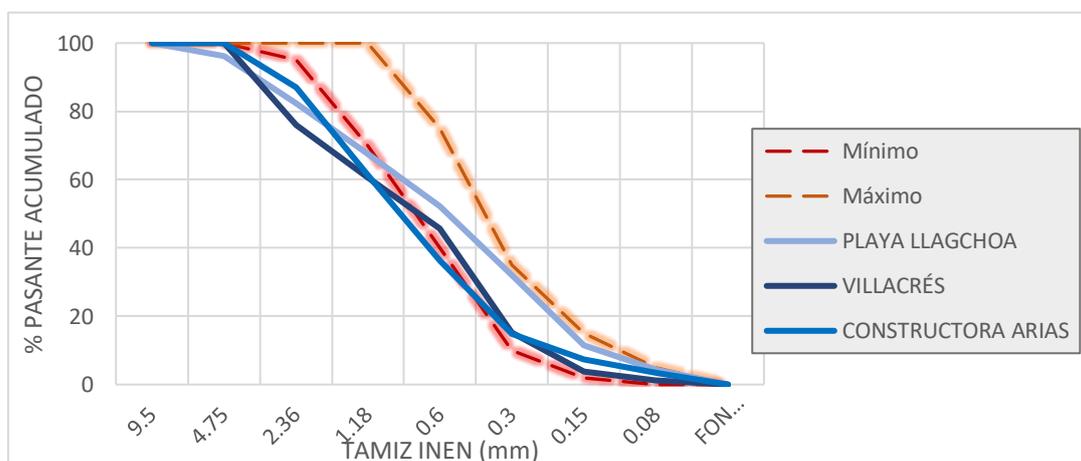


Gráfico 3.3 Granulometría de áridos en la ciudad de Ambato [Ortega, 2013]

Tal como se puede observar en el gráfico 3.3, el porcentaje de pasante para cada muestra analizada no se encuentra completamente dentro del rango establecido, sin embargo, una considerable parte de sus partículas sí se sitúa dentro de estos límites. Este comportamiento es lo cual es mayormente apreciado en la curva granulométrica de los áridos procedentes de la cantera “Playa Llagchoa”, en la cual se muestra que gran parte de sus partículas se encuentran en la mitad de dicho rango, lo cual indica una adecuada distribución de tamaño de sus partículas. Esto también puede ser comprobado al observar que el módulo de finura de este material pertenece dentro de los límites establecidos por la norma.

Quito

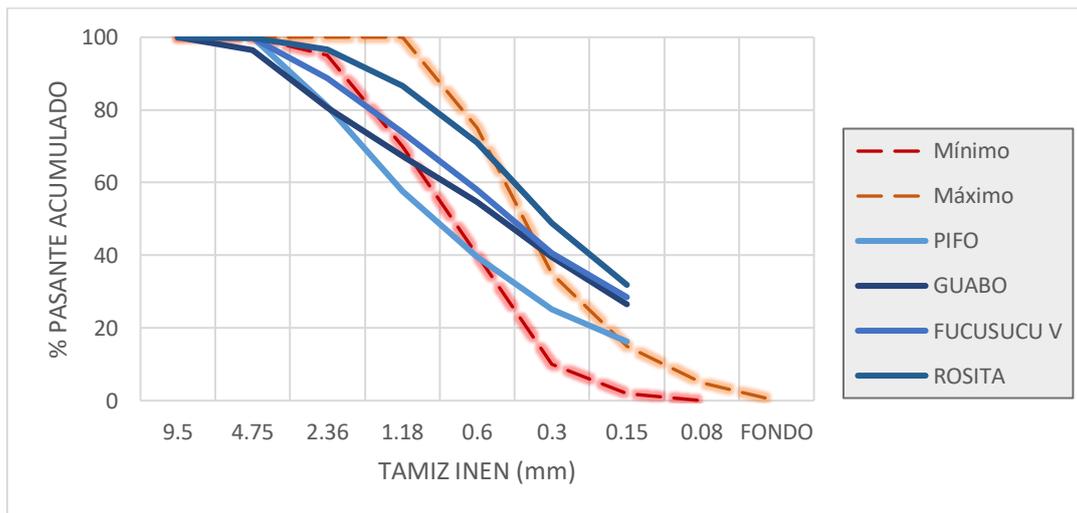


Gráfico 3.4 Granulometría de áridos en la ciudad de Quito [Domenech & Espinoza, 2016]

En el gráfico 3.4 se puede apreciar que las muestras de agregado fino obtenidas de las mayores zonas de adquisición de materia pétreo de la ciudad de Quito no presentan tamaños granulométricos dentro del rango límite permitido por la norma, sin embargo, esto no es considerado razón suficiente para descartar su uso en la elaboración de morteros, ya que por lo menos tres de estas muestras si cuentan con un módulo de finura dentro del rango permitido por la norma.

Riobamba

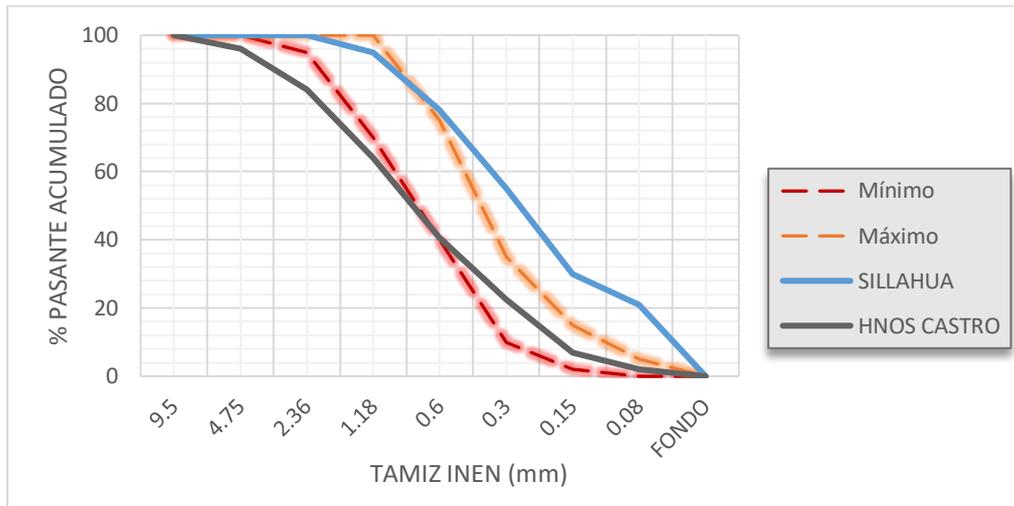


Gráfico 3.5 Granulometría de áridos en la ciudad de Riobamba [Elaborado por la autora]

El gráfico 3.5 presenta las curvas granulométricas de los áridos escogidos para el estudio en la ciudad de Riobamba, de los cuales, es notable apreciar que los agregados finos procedentes de la cantera “Hermanos Castros” presentan un comportamiento granulométrico más adecuado de acorde con los límites establecidos por la norma y un módulo de finura cercano al límite máximo permitido.

Cuenca

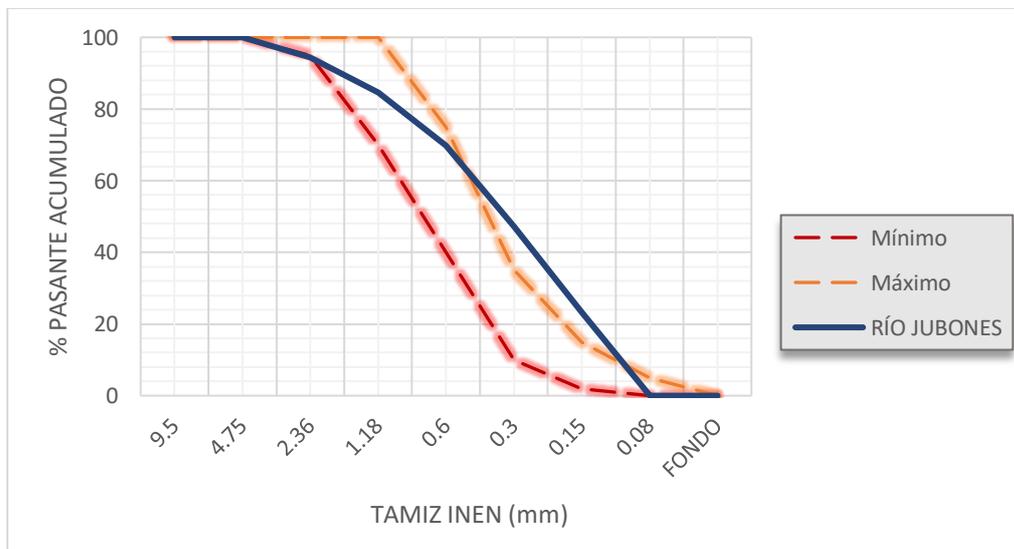


Gráfico 3.6 Granulometría de áridos en la ciudad de Cuenca [González J. F., 2016]

En el gráfico 3.6 es posible apreciar que una considerable parte de la curva granulométrica del árido estudiado en la ciudad de Cuenca no se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma, aun así, cuenta con un módulo de finura igual a 2.373, lo cual se encuentra dentro del rango permisible por la norma y, por ende, su graduación se considera apropiada.

Oriente

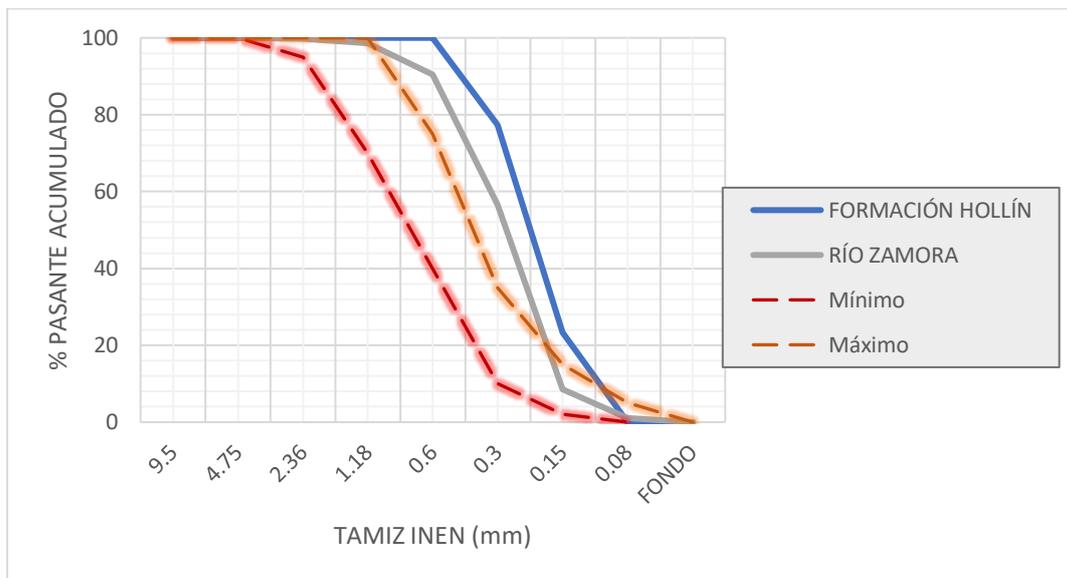


Gráfico 3.7 Granulometría de áridos en la región Amazónica [Elaborado por la autora]

En el gráfico 3.7 es posible observar que ambas muestras de áridos analizadas presentan una curva granulométrica alejada al rango permisible por la norma, además de que cuentan con un módulo de finura por debajo del límite establecido, lo cual da a entender que estas muestras están comprendidas mayormente por partículas limosas, sin embargo, no se considera razón suficiente para descartar su uso en la elaboración de morteros.

Galápagos

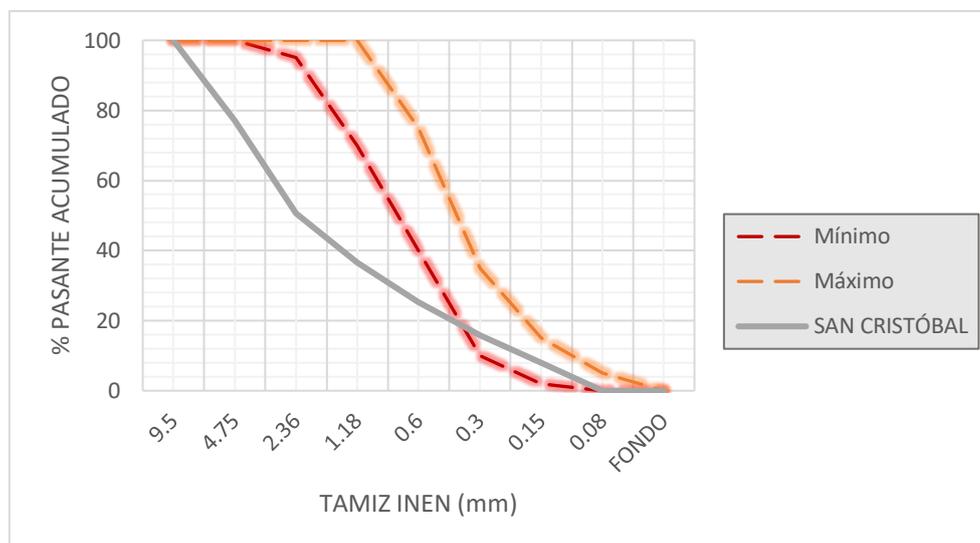


Gráfico 3.8 Granulometría de áridos en la región [Larrea & Dominguez, 2011]

En el gráfico 3.8 es posible observar que la muestra recolectada del agregado mayormente usado en las construcciones de la localidad de San Cristóbal presenta una curva granulométrica muy por debajo del límite establecido por la norma, lo cual da a entender, que las partículas que componen este material son, en su mayoría, de un gran tamaño, lo cual también puede ser verificado al determinar su módulo de finura, el cual tiene un valor igual a 3.87, sin embargo, este no se encuentra dentro del rango permisible por la norma

3.1.2. Densidad y capacidad de absorción

La determinación de la densidad del árido utilizado es un ensayo de gran importancia ya que es uno de los parámetros requeridos para plantear la dosificación de este material en una mezcla de mortero. De manera similar, la capacidad del agregado fino empleado también tiene un efecto importante en la dosificación del mortero, ya que este valor en adición con la humedad natural, se calcula el agua de mezcla a utilizar a partir del agua neta. Para determinar la densidad del árido y su porcentaje de absorción, se emplea el ensayo estipulado por la norma técnica ecuatoriana (**NTE INEN 856:2010**).

En efecto a lo mencionado, a continuación, se procede a mostrar un cuadro resumen de los valores de densidad y porcentaje de absorción obtenidos de los agregados seleccionados por cada región del país para el estudio de morteros que se lleva a cabo en el presente proyecto.

Tabla 3.2 Determinación de la densidad y porcentaje de absorción de los distintos áridos procedentes de las regiones del Ecuador [Elaborado por la autora]

Región	Ciudad	Material	Procedencia	Densidad [Kg/m ³]	% Absorción
Costa	Guayaquil	Arena fina lavada	C. Huayo	2640	2.70
		Arena gruesa	Río Guayas	2600	3.30
		Arena natural	Río Boliche	2639	2.085
			Río Hondo	2690	1.00
			Río Samborondón	2590	2.95
		Arena triturada	Planta Guayaquil (Cenaca)	2482	4.06
		Arena homogenizada	C. Huayo	2568	2.78
		Arena de río	Río Daule	2591	2.31
	Río Chimbo		2648	1.83	
	Manta	Arena de río	Río Toachi	-	3.4
			Río Chancay	-	9.81
		Arena de mar	San José	-	4.65
			Crucita	-	11.56
			San Mateo	-	8.14
Arena fina lavada		Megarok	-	8.81	
Sierra	Cuenca	Arena de lecho de río	Río Jubones	-	-
	Ambato	Arena	Cantera Playa Llagchoa	2512	0.61
			Cantera Villacrés	2568	1.23
			Constructora Arias	2624	1.22
	Quito	Roca andesita basáltica	Pifo	2530	3.90
		Roca andesita	El Guabo	2530	7.00
			Fucusucu V	2480	4.80
			Rosita	2510	8.00
	Riobamba	Arena volcánica	Minería de Sillahua	2260	3.60
Arena		Cantera Hnos. Castro	2600	2.10	
Oriente	-	Arena cuarcífera	Formación Hollín	2690	0.40
	-	Arena	Río Zamora	2700	-
Insular	San Cristóbal	Arena Volcánica	San Cristóbal	2250	22.7

3.1.3. Composición

3.1.3.1. Sustancias perjudiciales

La cantidad de sustancias perjudiciales en el árido para morteros para mampostería, en cada determinación realizada en muestras independientes que cumplan con los requisitos de graduación del numeral 3.1.1. no debe superar lo siguiente

Tabla 3.3 Porcentaje máximo permisible de sustancia perjudiciales contenidas en el árido para morteros [NTE INEN 2536, 2010]

Material	Porcentaje máximo permisible en masa
Partículas desmenuzables	1.0
Partículas livianas, flotantes en un líquido que tenga una gravedad específica de 2.0	0.5 ^A
^A Este requisito no es aplicable para el árido de escoria de altos hornos	

3.1.3.2. Impurezas orgánicas

La norma técnica (NTE INEN 2536, 2010) establece que el agregado fino a ser utilizado en mezclas de morteros debe estar libre de cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas, para ello, se propone emplear un ensayo que permitirá determinar, de manera cualitativa, las impurezas inorgánicas presentes en el árido, el cual se conoce como colorimetría (**NTE INEN 855**).

El procedimiento de este ensayo consiste en sumergir en agua, 20 gramos de árido sin lavado previo y adicionar 10 gramos de una solución de hidróxido de sodio, agitar fuertemente la probeta que contiene a la mezcla y dejarlo reposar durante 24 horas. Una vez pasado este periodo, se debe observar la mezcla y clasificarla de acuerdo con su color:



Ilustración 3.1 Escala de colores para análisis de colorimetría [Cando, 2016]

Tabla 3.4 Propiedades del árido según su color [Cando, 2016]

Figura	Color	Propiedades
1	Blanco claro a transparente	Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.
2	Amarillo pálido	Arena con poca presencia de materia orgánica, limos o arcillas. Se considera de buena calidad.
3	Amarillo encendido	Contiene materia orgánica en altas cantidades. Se puede usar en hormigón de alta resistencia.
4	Café claro	Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad.
5	Café chocolate	Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcilla. No se usa

Dentro de los estudios realizados acerca de las propiedades de los áridos que comúnmente son utilizados en la preparación de morteros en las distintas regiones del país, se lograron destacar algunas investigaciones en la que evaluaron de este parámetro, y de ello se llegó a concluir lo siguiente:

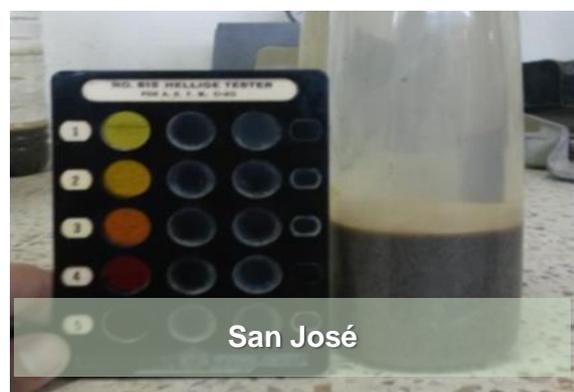
Manta



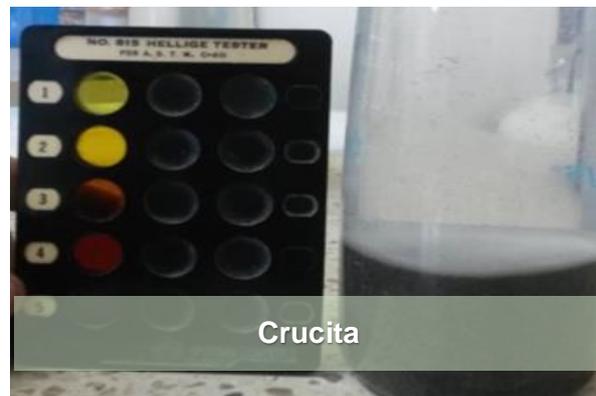
Río Toachi



Río Chancay



San José



Crucita



Ilustración 3.2 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Manta [Saldarriaga, 2016]

En las ilustraciones mostradas presentan el color obtenido de las muestras de áridos, estudiados en la ciudad de Manta, posterior a los ensayos de colorimetría, de los cuales se puede evidenciar que, en la mayoría de las muestras se observa un color blanco medio transparente, lo cual indica que se encuentran en el nivel 1 según lo estipulado en la tabla 3.4 y por ello se consideran de muy buena calidad. No obstante, es de notar que, la muestra con mayor contenido orgánico corresponde a la playa San Mateo, ya que muestra un color medio amarillento pálido, lo cual hace referencia al nivel 2 mencionado en la tabla. Aun así, se lo considera de buena calidad, sin embargo, se recomienda tener un mayor cuidado al momento de emplear este material en obra.

Cuenca

Tal como se puede observar, la muestra recolectada del río Jubones, presenta un color blanco transparente, lo cual indica que este material presenta un despreciable contenido de material orgánico, de acuerdo con lo estipulado en la tabla 3.4.



Ilustración 3.3 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Cuenca [González J. F., 2016]

Riobamba

Se puede observar que, el color que presenta la muestra obtenida de la cantera Hermanos Castro, es un blanquecino claro, aún así, es posible presenciar una cierta cantidad de partículas que no se llegaron a suspender, lo cual hace referencia a que el material presenta una considerable cantidad de arcilla en su composición, sin embargo, esta llega a ser aceptable debido a que el color de la muestra no sobrepasa el nivel 3 de referencia establecido por la norma **INEN 855**.



Ilustración 3.4 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Riobamba [Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019]

Quito

El estudio realizado por (Domenech & Espinoza, 2016) no muestra ilustraciones de los resultados obtenidos del presente ensayo, sin embargo, proporcionan una tabla (Tabla 3.5) en la que aseguran que ningún agregado fino de las canteras estudiadas presenta un grado de impureza orgánica relevante que pueda comprometer la correcta funcionalidad de un mortero.

Tabla 3.5 Contenido orgánico de los áridos de las principales canteras de Quito [Domenech & Espinoza, 2016]

Material	Número en la Escala
Pifo	≤ 1
El Guabo	≤ 1
Fucusucu V	≤ 1
Rosita	1

Formación Hollín

Respecto al ensayo de colorimetría practicado con la arena de la formación Hollín, no se dispone de una evidencia fotográfica del contenido orgánico del mismo, sin embargo, (Guerrero G. L., 1998) declaró en su estudio que la muestra presentaba un color superior al del nivel 5 de impurezas de la carta de colores dada por la normativa, por lo cual fue necesario recurrir a ciertos procesos químicos para reducir su nivel de impureza. En este caso se utilizó el método de flotación, con el cual se logró separar las impurezas que contenía el material, tal como residuos de carbón, asfalto y materia orgánica.

Río Zamora

Respecto a la muestra recolectada del río Zamora, inicialmente al implementar este ensayo se obtuvo el color mostrado en la probeta izquierda de la imagen, llegando a la conclusión que no podía ser utilizado debido a que resultaba ser más oscuro que el color estándar, sin embargo, repitiendo el ensayo, esta vez con la arena previamente lavada, se logró obtener el color mostrado en la probeta derecha de la imagen. Por lo cual, se llegó a la conclusión de siempre lavar la arena antes de su comercialización y posterior uso.



Ilustración 3.5 Ensayo de Colorimetría realizado con los agregados procedentes de la ciudad de Zamora [Zaruma, 2018]

3.1.3.3 Degradación a la acción de los sulfatos

El objetivo de este ensayo es asegurar un buen comportamiento y durabilidad en los morteros en caso de que estos lleguen a estar expuestos en zonas con condiciones climáticas o externas que puedan generar desgaste en los agregados que lo componen.

La norma (NTE INEN 2536, 2010) establece que el desgaste de agregado fino no deberá ser mayor al 10% cuando se realice el ensayo estipulado por **NTE INEN 863 (ASTM C88)** y se emplee sulfato de sodio como elemento reactivo. De los estudios recolectados, el único que llegó a cumplir con este ensayo fue el realizado por (Domenech & Espinoza, 2016), quienes llegaron a concluir lo mostrado en el gráfico 3.9, en el cual claramente se aprecia que todas las canteras cumplen con el límite establecido.

Quito

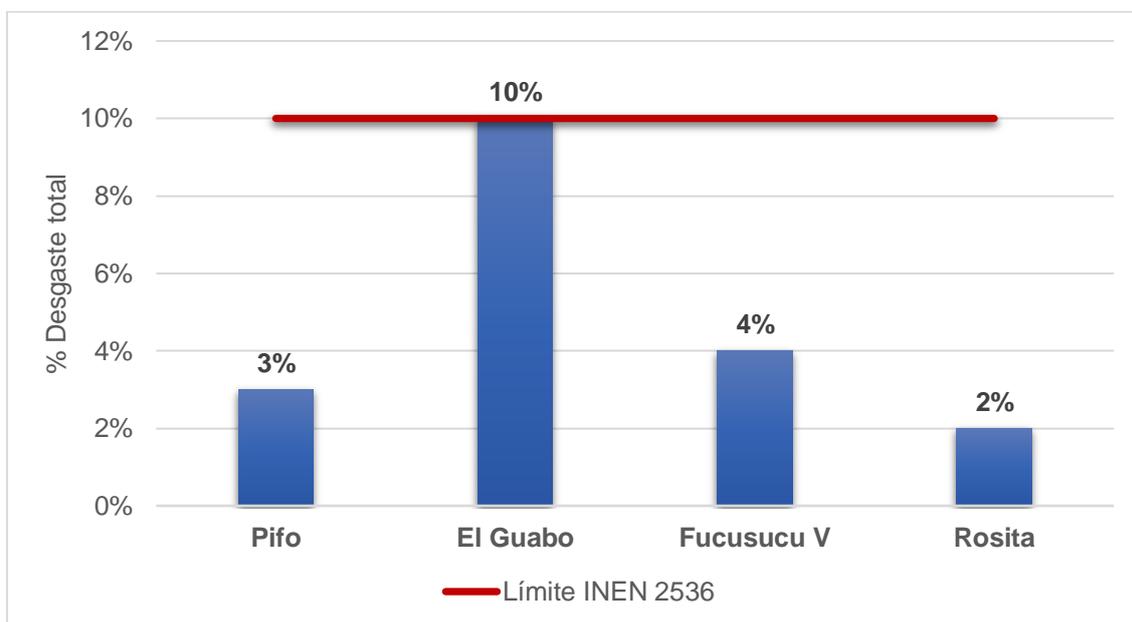


Gráfico 3.9 Porcentaje de desgaste a los sulfatos de los agregados finos procedentes de las principales canteras de Quito y el respectivo límite establecido por la norma [Domenech & Espinoza, 2016]

*Como dato adicional, en la sección de anexos A, se presentan demás propiedades relevantes que se ensayaron en los agregados finos utilizados en los diversos estudios de morteros realizado en cada una de las regiones del país.

3.2. Ensayos realizados en morteros

3.2.1. Preparación de las muestras de mortero

3.2.1.1. Materiales

Anteriormente, en la sección 2.1, se mencionó los tipos de áridos que iban a ser utilizados en la preparación de las muestras de mortero que posteriormente serían ensayadas. Análogamente, se considera importante indicar el tipo de cemento que se empleó en cada uno de estos en estudios, los cuales se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Tipos de cemento utilizados en la preparación de morteros estudiados en las diversas ciudades del país [Tabla elaborada por la autora]

Región	Procedencia de estudio	Tipo de cemento
Costa	Manta	Cemento tipo GU
	Guayaquil	Cemento hidráulico compuesto tipo GU
Sierra	Cuenca	Cemento Portland tipo IP Guapán
	Quito	Selvalegre (Cemento portland puzolánico tipo IP)
	Ambato	Cemento Holcim
Oriente	Zamora	Cemento Portland tipo IP Guapán
	Formación Hollín	Cemento Portland Blanco
Insular	Isla San Cristóbal	Cemento Portland Blanco

3.2.1.2. Dosificación

Manta

En la investigación realizada en esta ciudad se utilizó una dosificación basada en una relación 1:3, la cual es comúnmente utilizada en la elaboración de morteros de pega. Además, se implementó una relación agua/cemento igual a 0.58. La proporción de la mezcla de los materiales se presenta en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Manta [Saldarriaga, 2016] Tabla elaborada por la autora

Componente	Tipo de material	Volumen [ml]	Masa [g]
Cemento	Tipo GU	-	500
Árido	Variante	-	1500
Agua	Potable	290	-

Guayaquil

En el estudio realizado en la ciudad de Guayaquil, se implementaron tres dosificaciones de para elaborar las mezclas de mortero, esto con la finalidad de estudiar la variación de resistencia presentada para cada dosificación y evaluar si aquellas proporciones cumplían con los requisitos físicos de los morteros de pega. Las dosificaciones ensayadas consistieron en las siguientes relaciones: 1:3, 1:3.5 y 1:4. Adicionalmente, (Vásquez, 2014) presentó en su estudio una dosificación 1:3 para una primera prueba de mortero, con una relación agua/cemento igual a 0.49, la cual se muestra en la tabla 3.8.

Tabla 3.8 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Guayaquil [Vásquez, 2014]Tabla elaborada por la autora

Componente	Tipo de material	Masa [g]
Cemento	Tipo GU	750
Árido	Arena de río	2250
Agua	Potable	370

Cuenca

Para el diseño de las muestras ensayadas, (González J. F., 2016) incorporó una relación 1:3. En su estudio analizó las propiedades de dos tipos de mortero, uno confeccionado con condiciones similares a las de obra (arena húmeda) y otro con un diseño volumétrico (arena seca). A estas condiciones las llegó a clasificar como CA y C1. En la tabla 3.9 se muestra el diseño por volumen utilizado en la elaboración de los morteros de cemento que el mencionado autor utilizó en su estudio.

Tabla 3.9 Diseño de mortero por volumen, con árido seco. Estudio realizado en la ciudad de Cuenca [González J. F., 2016]

Componente	Tipo de material	Volumen [L]	Masa [kg]
Cemento	Tipo IP	180	567
Árido	Variante	540	1350
Agua	Potable	280	280
Total		1000	2197

Quito

En el estudio realizado en la ciudad de Quito se incorporó la elección de tres dosificaciones para evaluar la influencia de esta característica en las propiedades de un mortero. Las dosificaciones seleccionadas corresponden a las usualmente utilizadas en obra: 1:2, 1:3 y 1:4

Riobamba

Para la ciudad de Riobamba, se seleccionaron dos investigaciones, las cuales basaron sus estudios en esta temática. (Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019), en su estudio, implementaron una dosificación 1:2, con una relación agua/cemento igual a 0.65 para la elaboración de cada muestra ensayada, en las cuales fueron variando el porcentaje de fibras, desde 0% para la probeta M1 hasta 1% para la probeta M5, considerando un aumento de 0.25% en cada muestra. Y, por otro lado, (Baquero & Baquero, 2018) realizaron sus dosificaciones basándose en la resistencia a compresión que deseaban alcanzar, las cuales son mostradas en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Riobamba [Baquero & Baquero, 2018] Tabla elaborada por la autora

Componente	Masa [Kg]		
	<i>f'c</i> 125 Kg/cm ²	<i>f'c</i> 115 Kg/cm ²	<i>f'c</i> 100 Kg/cm ²
	P – 1	P – 2	P – 3
Cemento	0.075	0.073	0.068
Árido	0.191	0.191	0.191
Agua	0.049	0.049	0.049

Oriente

De los estudios encontrados acerca del análisis de morteros con agregados de esta región se tienen, la investigación realizada por (Zaruma, 2018) y trabajo realizado por (Guerrero G. L., 1998). El primero mencionado basa su estudio en la comparación del mortero comúnmente elaborado en esa ciudad y la mejoría que este material tuviera si se le incorporara cierto porcentaje de PET en su

mezcla. El proporcionamiento de las probetas ensayadas se detallan en la tabla 3.11. Por otro lado, en el segundo trabajo mencionado, las dosificaciones fueron realizadas para mortero de tipo S y N, basándose en una relación de 1:3 a 1:4, la cual es mostrada en la tabla 3.12.

Tabla 3.11 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas en la ciudad de Zamora [Zaruma, 2018] Tabla elaborada por la autora

Componente	Masa [g]			
	Mortero patrón	5% de PET	10% de PET	20% de PET
Cemento	580	580	580	580
Árido	1869.71	1776.22	1682.74	1495.77
Agua	376.63	376.63	376.63	376.63
PET	-	93.49	186.97	373.94
Total	2826.34	2826.34	2826.34	2826.34

Tabla 3.12 Dosificación de las muestras de mortero ensayadas con agregado fino procedente de la formación Hollín [Guerrero G. L., 1998] Tabla elaborada por la autora

Morteros Patrón	N – 1	N – 2	S – 1	S – 2	S – 3
Cemento / arena	1:3	1:4	1:3	1:4	1:3
A / C	0.86	1.13	0.87	1.12	0.83
Componente	Masa [kg]				
Cemento	2.33	1.86	2.20	1.28	1.60
Árido	10.5	11.2	8.25	6.4	6.0
Agua	3.0	3.15	2.39	1.795	1.66

3.2.2. Evaluación de la resistencia a la compresión

En la tabla 2.15 se mostró la resistencia a la compresión mínima que debe alcanzar un mortero, no obstante, para este análisis solo se tomará como margen de referencia las resistencias mínimas para morteros de mampostería del tipo M, S y N, de acuerdo con lo mostrado en la tabla 3.13.

Tabla 3.13 Características que presentan los tipos de morteros más comunes en el uso de mampostería [Elaborado por la autora]

Tipo de mortero	f'c min [MPa]	Características
M	17.2	Alta resistencia a la compresión y mayor durabilidad
S	12.4	Mayor adherencia y buena resistencia a la compresión
N	5.2	Buena trabajabilidad y economía

El procedimiento del ensayo de esta propiedad se describe en el Anexo F de la norma (NTE INEN 2563, 2011), sin embargo, a continuación, se procede a presentar los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión efectuados:

Manta

Tabla 3.14 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Manta [Saldarriaga, 2016] Tabla elaborada por la autora

Días	Resistencia a la compresión [MPa]					
	Río Toachi	Río Chancay	San Mateo	San José	Crucita	Megarok
7	8.21	8.98	7.79	5.10	6.09	8.47
14	9.92	10.84	9.42	6.17	7.36	10.25
28	11.64	12.71	11.04	7.24	8.63	12.02

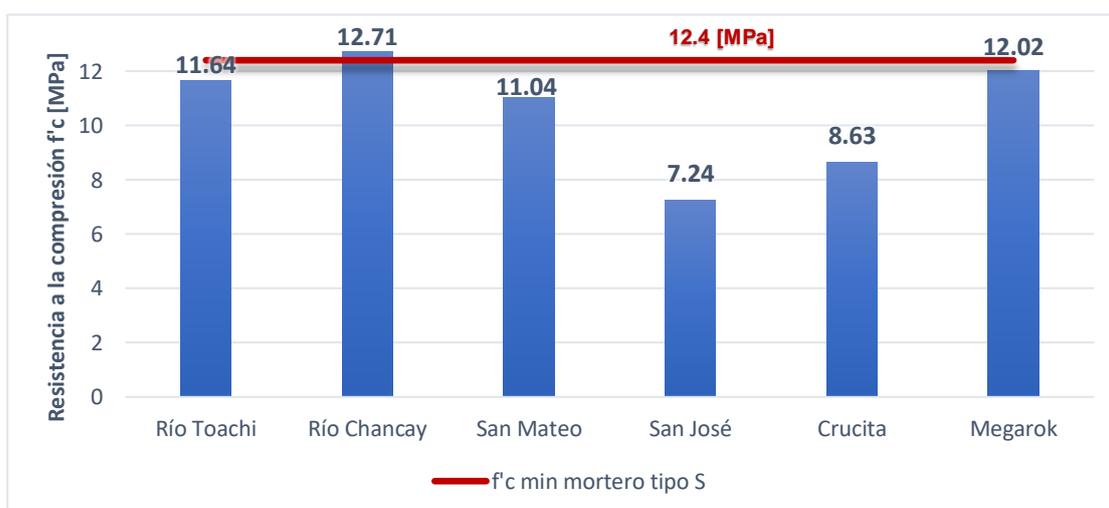


Gráfico 3.10 Comparación de la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días para cada muestra, ensayada con los áridos procedentes de Manta, con la mínima estipulada por la norma INEN 2518:2010 [Gráfico elaborado por la autora]

Tal como se aprecia en el gráfico 3.10, el único árido que cumple la resistencia a la compresión mínima que debe alcanzar un mortero de mampostería del tipo S, es procedente del río Chancay. Los demás agregados no llegan a alcanzar la resistencia esperada, lo cual podría verse afectado debido a sus malas granulometrías y altos porcentajes de absorción (tabla 3.2).

Guayaquil

Tabla 3.15 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Guayaquil [Vásquez, 2014] Tabla elaborada por la autora

Días	Resistencia a la compresión [MPa]		
	Dosificación		
	1:3	1:3,5	1:4
7	15.0	10.3	7.0
28	23.1	15.6	10.5

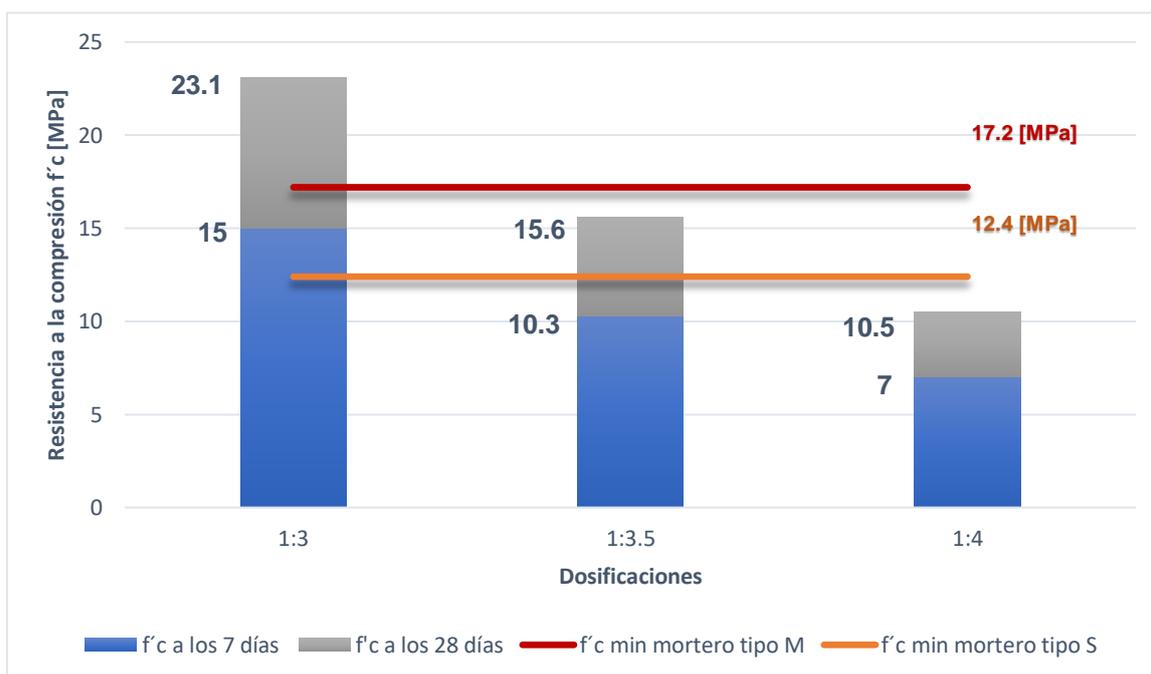


Gráfico 3.11 Comparación de la resistencia a la compresión obtenida para cada muestra, ensayada con áridos de Guayaquil, con la mínima estipulada por la norma INEN 2518:2010 [Gráfico elaborado por la autora]

En su estudio, (Vásquez, 2014), utilizó un solo agregado, el cual cumplía con los requerimientos de la norma INEN 2536:2010, para preparar las diversas muestras que iban a ser ensayadas. En el gráfico 3.11 se observa que los especímenes preparados con una dosificación de 1:3 y 1:3.5 cumplen con la

resistencia mínima requerida por la norma INEN 2518:2010. Sin embargo, aquellas dosificaciones con mayores contenidos de árido se verán afectadas en su capacidad de resistencia, por lo cual no se recomienda utilizarse en caso de que el mortero requiera resistir una considerable magnitud de cargas de compresión.

Cuenca

Tabla 3.16 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Cuenca [González J. F., 2016] Tabla elaborada por la autora

Clase de muestra	Resistencia a la compresión [MPa]				
	3 días	7 días	28 días	Muestras curadas en agua 7 días desde su confección	
				14 días	28 días
C – A	2.34	3.93	8.59	6.95	7.83
C – 1	1.24	1.60	6.40	4.59	4.17

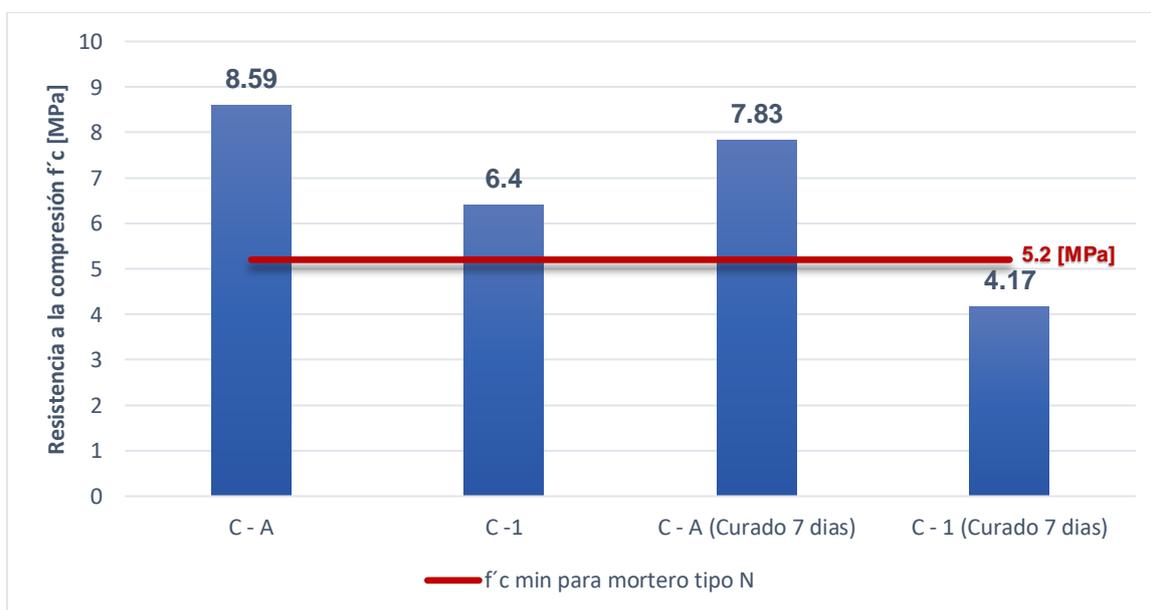


Gráfico 3.12 Comparación de la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días para cada muestra, ensayada con áridos de Cuenca, con la mínima estipulada por la norma INEN 2518:2010 [Gráfico elaborado por la autora]

Tal como se puede apreciar en el gráfico 3.12, las muestras ensayadas no llegan a presentar una resistencia tan alta como las obtenidas en los especímenes preparados con áridos de la región Costa, sin embargo, la mayoría de estas

muestras alcanzan una resistencia mayor a la permitida para un mortero de mampostería del tipo N. Como es de apreciar, un menor tiempo de curado disminuyó sus valores de resistencia, esto debido a que esta característica esta ligada estrechamente con la durabilidad y resistencia del mortero, por lo cual, un curado insuficiente, provoca un secado prematuro del material, produciendo la formación de fisuras y con ello, una disminución en su capacidad resistente.

Quito

Tabla 3.17 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Quito [Domenech & Espinoza, 2016] Tabla elaborada por la autora

Dosificación	f'c promedio [MPa]				f'c característico [MPa]			
	Pifo	El Guabo	Fucusucu V	Rosita	Pifo	El Guabo	Fucusucu V	Rosita
1:2	39.09	22.34	32.99	27.99	37.20	21.96	31.18	26.87
1:3	25.63	14.98	19.94	18.59	24.30	14.32	19.50	18.17
1.4	13.32	9.08	13.59	13.27	12.66	8.39	13.13	12.67

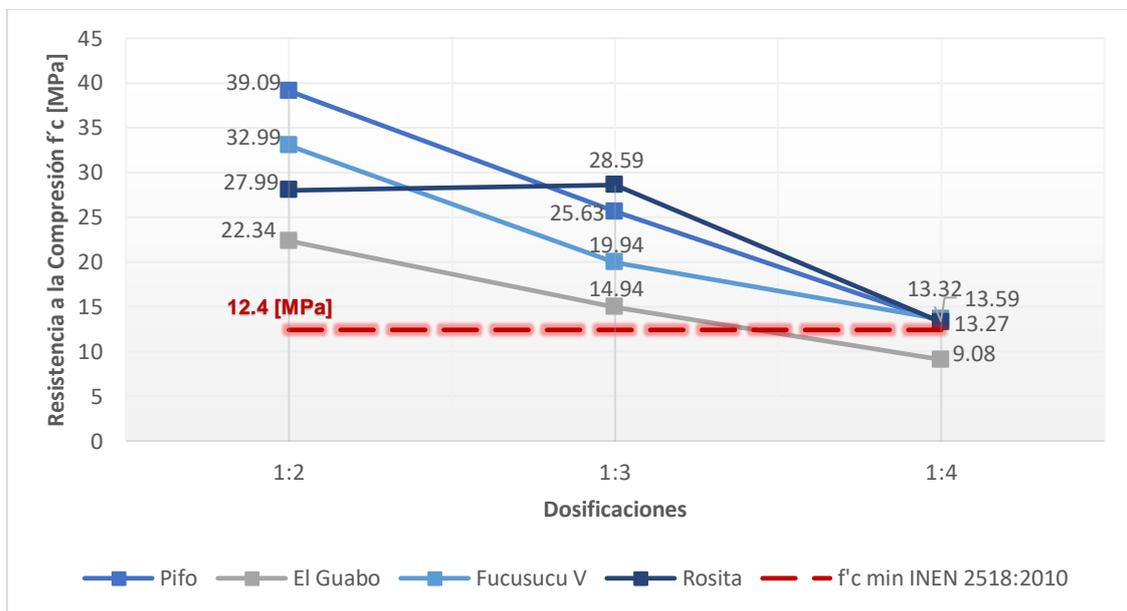


Gráfico 3.13 Comparación de la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días para cada muestra, ensayada con áridos de Quito, con la mínima estipulada por la norma INEN 2518:2010 [Gráfico elaborado por la autora]

En el gráfico 3.13 se puede observar que la mayoría de los áridos ensayados alcanzan altas resistencias al ser dosificados bajo la relación común trabajada en obra de 1:3, no obstante, también alcanzan buenas resistencias al utilizar una

proporción de 1:4, menos en la muestra preparada con el árido procedente de la cantera El Guabo, la cual, bajo esta relación, no cumple de acuerdo con lo estipulado por la norma, sin embargo, puede emplearse en morteros de mampostería que necesiten soportar una considerable carga a compresión, al trabajar bajo una relación de 1:3.

Riobamba

Tabla 3.18 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en Riobamba [Baquero & Baquero, 2018], [Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019] Tabla elaborada por la autora

Resistencia a la compresión [MPa]								
Procedencia	Minería de Sillahua			Cantera Hnos. Castro Cerro Negro				
Días	P - 1	P - 2	P - 3	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5
7	7.96	6.83	5.60	-	-	-	-	-
21	10.71	9.35	7.67	-	-	-	-	-
28	12.62	11.10	9.29	19.10	19.55	21.52	22.81	27.18

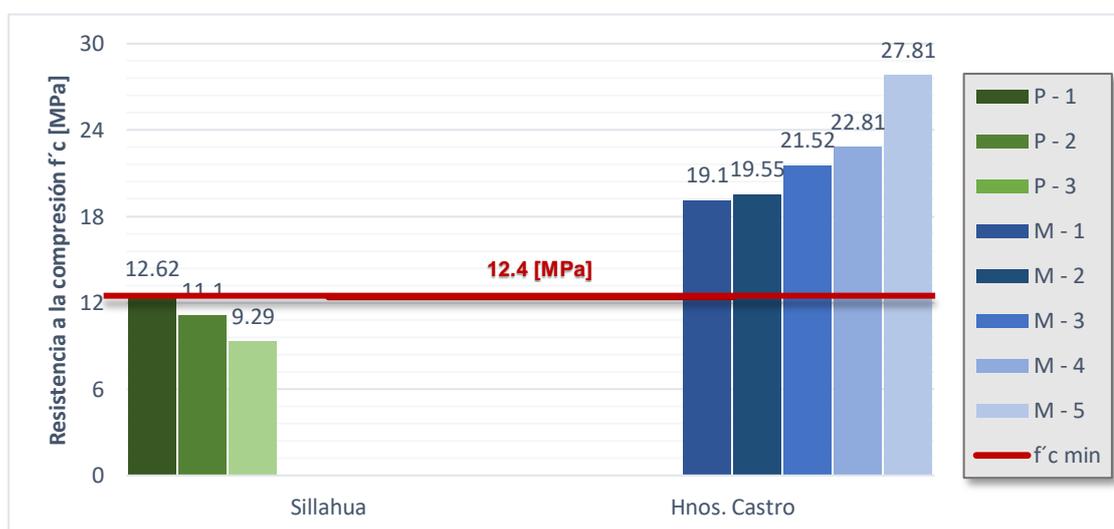


Gráfico 3.14 Comparación de la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días para cada muestra, ensayada con áridos de Riobamba, con la mínima estipulada por la norma INEN 2518:2010 [Gráfico elaborado por la autora]

Tal como se puede observar en el gráfico 3.14, las resistencias obtenidas por los áridos procedentes de la cantera “Hnos. Castro” llegan a ser muy elevadas, en especial, al incorporarle un mayor porcentaje de fibras de cabuya en la mezcla

del mortero, sin embargo, hay que resaltar que estas altas resistencias se deben a la relación de arena/ cemento utilizada, la cual llega a ser de 1:2. Por otro lado, en el estudio realizado sobre los áridos procedentes de Sillahua, lograron alcanzar las resistencias esperadas con un margen de error menor al 5%, lo cual se considera aceptable.

Oriente

Tabla 3.19 Obtención de la resistencia a la compresión de los áridos ensayados en el Oriente [Guerrero G. L., 1998], [Zaruma, 2018] Tabla elaborada por la autora

Resistencia a la compresión [MPa]									
Procedencia	Formación Hollín					Río Zamora			
Días	N - 1	N - 2	S - 1	S - 2	S - 3	Patrón	5% PET	10% PET	20% PET
3	5.60	3.66	5.60	4.95	6.03	4.73	2.73	3.11	1.68
7	6.25	4.50	9.86	6.08	9.19	6.26	4.17	3.73	2.58
28	10.47	6.38	14.81	8.62	12.67	10.21	9.51	5.83	5.53

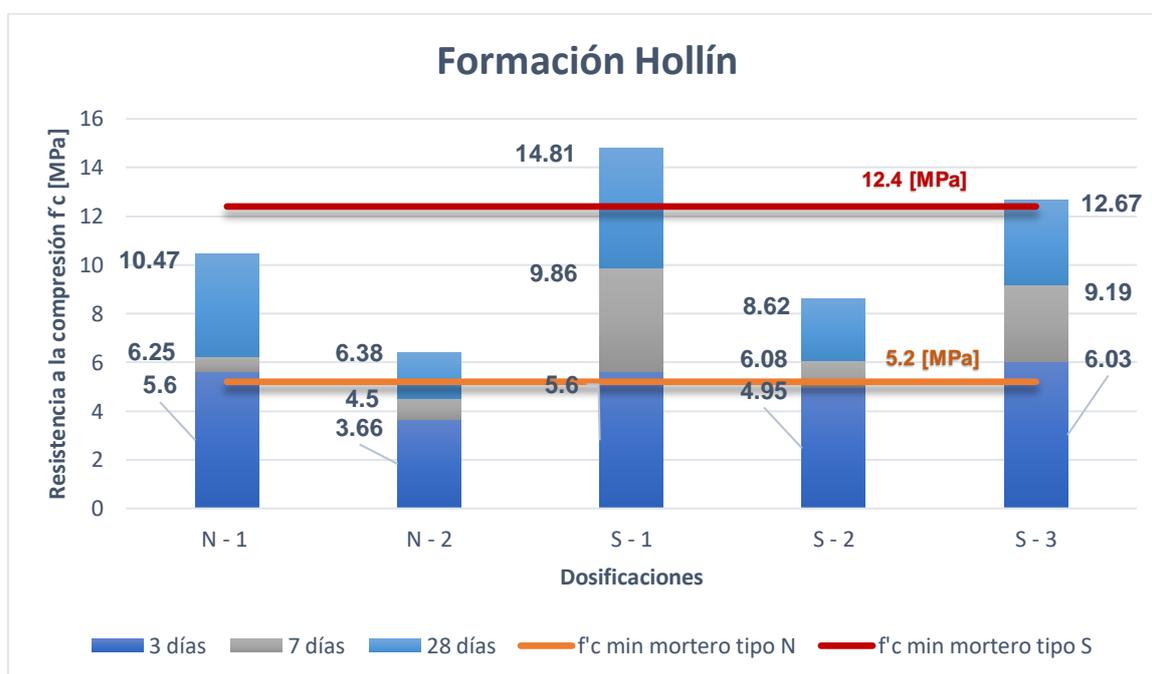


Gráfico 3.15 Comparación de la resistencia a la compresión obtenida para cada muestra, ensayada con áridos procedentes de la formación Hollín, con la mínima estipulada por la norma INEN 2518:2010 [Gráfico elaborado por la autora]

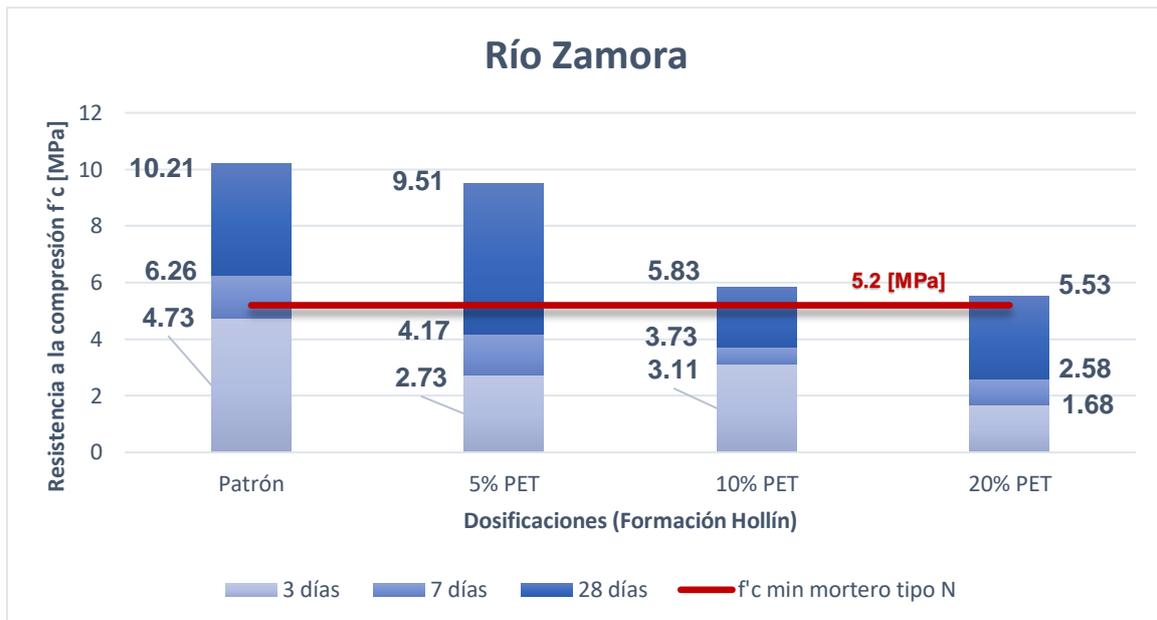


Gráfico 3.16 Comparación de la resistencia a la compresión obtenida para cada muestra, ensayada con áridos procedentes del Río Zamora, con la mínima estipulada por la norma INEN 2518:2010 [Gráfico elaborado por la autora]

Tal como se puede observar en el gráfico 3.15, la mayor parte de los especímenes ensayados con agregados procedentes de la formación Hollín superan la resistencia mínima requerida para los tipos de mortero S y N, a excepción de la muestra S – 2, la cual presenta una resistencia menor en un 30% a la indicada por la norma para un mortero del tipo S, lo cual puede deberse a la dosificación que se utilizó para su elaboración. Por otro lado, respecto a los especímenes ensayados con agregados procedentes del río Zamora, no llegan a presentar resistencias tan altas, sin embargo, superan la resistencia a la compresión mínima para morteros del tipo N. Adicionalmente, hay que destacar que, conforme se incrementa el porcentaje de PET en el mortero, existe una importante disminución de la resistencia.

3.2.3. Estudio de la fluidez del mortero

Anteriormente se mencionó la importancia de esta propiedad y que suele ser medida en laboratorio utilizando el método de la penetración del cono, el cual consiste en colocar sobre un mesa de flujo, un cono truncado de mortero, levantándolo mecánicamente 12.7 mm y dejándolo caer 25 veces en 15 segundos para luego medir su nuevo diámetro (NTE INEN 2518, 2010).

Teniendo en cuenta eso, a continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos de este ensayo para los áridos en estudio.

Tabla 3.20 Porcentaje de Fluidez obtenido de los morteros preparados con los áridos procedentes de las distintas regiones del país [Tabla elaborada por la autora]

Procedencia	Muestra	% Fluidez	% Fluidez requerida por la norma	Cumple
Cuenca	C – A	107.14	110 ± 5	Sí
	C – 1	108.57		Sí
Riobamba	M – 1	116.5		Sí
	M – 2	103.0		No
	M – 3	96.5		No
	M – 4	81.5		No
	M – 5	69.8		No
Zamora	Patrón	125.5		Sí
	5% PET	118.9		Sí
	10% PET	109.8		Sí
	20% PET	104.4	No	
	30% PET	64.7	No	

En la tabla 3.20 se puede observar el porcentaje de consistencia obtenido para cada muestra evaluada en las diferentes ciudades, de lo cual, es apropiado destacar que una considerable parte de las muestras cumplen con la fluidez requerida por la norma. Adicionalmente, se considera importante señalar que aquellas muestras a las que se le adicionaron cierto porcentaje de otro material diferente a los comúnmente usados en la preparación de morteros (cemento, árido y agua), presentaron una notable disminución en su consistencia, tales como los resultados presentados en los casos de estudio realizados por (Ordoñez, Arcos, Ibañez, & Cazar, 2019) y (Zaruma, 2018).

3.2.4. Capacidad de retención de agua

Anteriormente se estableció la importancia de esta propiedad ya que influye notablemente en la resistencia final de un mortero. Su determinación se realiza conforme a lo estipulado en la norma ASTM C 1506, utilizando los materiales y dosificaciones que se emplearán en obra. A continuación, se presentan los

porcentajes de retención obtenidos de morteros elaborados con agregados de las distintas zonas de estudio:

Cuenca

Tabla 3.21 Análisis del ensayo de retención de agua obtenido de los morteros elaborados con áridos procedentes de Cuenca [González J. F., 2016]

Muestra	Peso de la muestra [gr]	Peso final de la muestra [gr]	Peso de agua extraída [gr]	% de agua succionada en relación al peso de la muestra
C – A	136.6	134.4	2.2	1.61%
C – 1	133	130.6	2.4	1.80%

Observando la tabla 3.20, se puede analizar que la muestra preparada en condiciones similares a las de una obra (C – A) presenta un mayor porcentaje de retención de agua, ya que llega a soltar una menor proporción de agua al momento de ser sujeta a succión, en comparación a la muestra C – 1, aun así, la diferencia entre ambos porcentajes es muy pequeña, por lo cual se puede concluir que los morteros preparados con este tipo de árido llegan a presentar un gran porcentaje de retención de agua, lo cual llega a ser favorable al manejar este material en obra ya que adquiere una mejor trabajabilidad en estado fresco.

3.2.5. Resistencia a la adherencia

Zamora

(Zaruma, 2018), en su estudio, realizó la evaluación de esta propiedad, mediante la elaboración de especímenes que consistían en la unión de dos ladrillos entrecruzados, pegados entre sí con los distintos morteros analizados en su estudio. Todos los modelos fueron ensayados en el mismo tiempo (42 días). El procedimiento de este ensayo fue seguido mediante lo estipulado en la norma técnica guatemalteca (NTG 41051-H7)



Ilustración 3.6 Visualización del proceso que conllevó el ensayo de adherencia de los morteros fabricados con agregados procedentes del río Zamora [Zaruma, 2018]

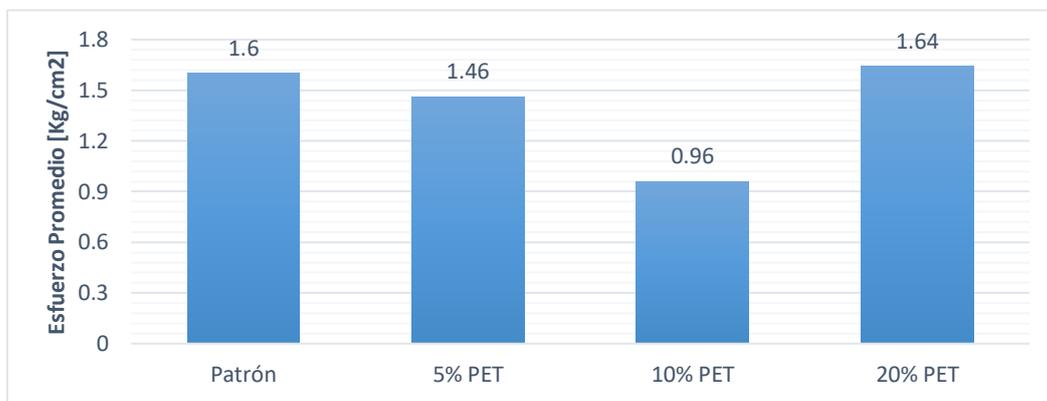


Gráfico 3.17 Resistencias a la adherencia obtenidas para las muestras ensayadas con áridos procedentes del río Zamora [Zaruma, 2018]

En el gráfico 3.17 se muestran los resultados de adherencia obtenidos para cada muestra ensayada en dicho estudio, de lo cual se puede destacar la variación de esta propiedad al incrementar el porcentaje de PET en la mezcla del mortero. La mezcla patrón elaborada bajo condiciones normales en obra presentó una resistencia a la adherencia de 1.6 [Kg/cm²], sin embargo, al aumentarle un 20% de PET en la mezcla del mortero, se logró aumentar un 2.5% su esfuerzo de adherencia. Por otro lado, en aquellas muestras en las que se adicionó un 5% de PET, dicha capacidad disminuyó un 8.75% y para aquellas que contenían 10% de PET, decreció un 40%.

3.3. Análisis de costo – beneficio

Uno de los intereses del presente proyecto investigativo es desarrollar un análisis costo–beneficio entre implementar un mortero industrial en una construcción o prepararlo tradicionalmente en obra. Para ello, se efectuará un estudio del volumen de mortero requerido para llevar a cabo un metro cuadrado de una actividad específica en una construcción como lo son: la elaboración de un muro de mampostería, nivelación de pisos o el enlucido de paredes. Este análisis se presenta en la sección de Anexo B del presente documento, pero, resumiendo lo manifestado en dicha sección, a continuación, se presenta en los gráficos 3.18, 3.19 y 3.20, un esquema de los precios obtenidos de la fabricación de un mortero tradicional en las cuatro provincias del país con mayor número de construcciones y el uso de un mortero industrial.

Nivelación de pisos



Gráfico 3.18 Comparación de precio por metro cuadrado entre utilizar un mortero preparado en sitio y un mortero industrializado al realizar la nivelación de un piso, en las provincias con el mayor registro de construcciones [Gráfico elaborado por la autora]

A partir del gráfico 3.18, es posible observar que, para este tipo de actividad, emplear un mortero industrial en una obra civil resulta ser casi el doble de costoso que prepararlo tradicionalmente, no obstante, este precio podría verse influenciado por otros factores, particularmente por la resistencia a la compresión que debe alcanzar el material ya que constantemente se verá sometido a una

considerable cantidad de cargas compresivas, por lo cual, la normativa ecuatoriana (NTE INEN 2518, 2010) estableció que, para este tipo de actividad, el mortero a utilizar debe alcanzar una resistencia a la compresión superior a la mínima requerida para un mortero del tipo S.

Sin embargo, como ya se vio en la sección 3.2.2. no todos los morteros preparados con los áridos estudiados cumplieron con dicha resistencia, de manera que para aquellos casos se considera necesario cambiar su dosificación, aumentando el contenido de material cementante, adicionando un aditivo para mejorar su resistencia o tiempo de fraguado, e inclusive, lavando mejor el agregado y ajustar su granulometría según lo solicitado por la norma. Con ello se podría aumentar su resistencia, pero, por otro lado, también generaría un incremento en los costos de producción, por lo cual sería conveniente meditar en qué casos es más factible utilizar un método de otro.

Enlucido de pared



Gráfico 3.19 Comparación de precio por metro cuadrado entre utilizar un mortero preparado en sitio y un mortero industrializado al realizar el enlucido de una pared, en las provincias con el mayor registro de construcciones [Gráfico elaborado por la autora]

En el gráfico 3.19 se observa los distintos precios entre implementar un mortero industrializado o uno producido en sitio para el enlucido de una pared, los cuales no llegan a presentar una gran variación al tratarse de precios asequibles, sin embargo, esta diferencia podría ser más evidente, al tratarse de una mayor área

requerida. Cabe destacar que, particularmente, este tipo de actividad representa un papel importante en la presentación final de un edificio, ya que hace que la estructura figure una buena apariencia, seguridad y durabilidad, por lo cual normalmente, se exige un gran control en la calidad del mortero empleado, sobre todo al tratarse de grandes obras.

Para el caso de contar con un proyecto con una gran área de extensión que necesite ser enlucida, es razonable optar por un mortero elaborado en sitio, debido a se tiene la ventaja de conseguir un importante ahorro en costos en materiales al conseguirlo al por mayor. Además, se pueden utilizar cualquiera de los áridos estudiados para la elaboración de morteros de enlucido, debido a que, para este tipo de actividad, la norma recomienda utilizar morteros del tipo N, y anteriormente se demostró que todos los áridos superaban la resistencia a la compresión mínima requerida para este tipo de mortero. Adicionalmente, debido a que se mencionó la importancia de la calidad final de un mortero de este tipo, se consideró conveniente incluir en el análisis de costos de un mortero de enlucido preparado en sitio (tabla 3.25 del Anexo B), microfibras de polipropileno con la finalidad de mejorar su capacidad resistente y reducir las fisuras por retracción e impedir su propagación. Cabe destacar que, a pesar de haber incluido este material, como una manera opcional de mejorar el desempeño de un mortero fabricado en obra, se obtuvo un costo relativamente menor que al tratar de implementar un mortero prefabricado. Por otro lado, en caso de tratarse de un proyecto de un área menor, podría ser más beneficioso emplear un mortero prefabricado, ya que los precios no diferirían mucho, se conseguiría un mejor acabado y no se generarían pérdidas de material.

Pega de bloques

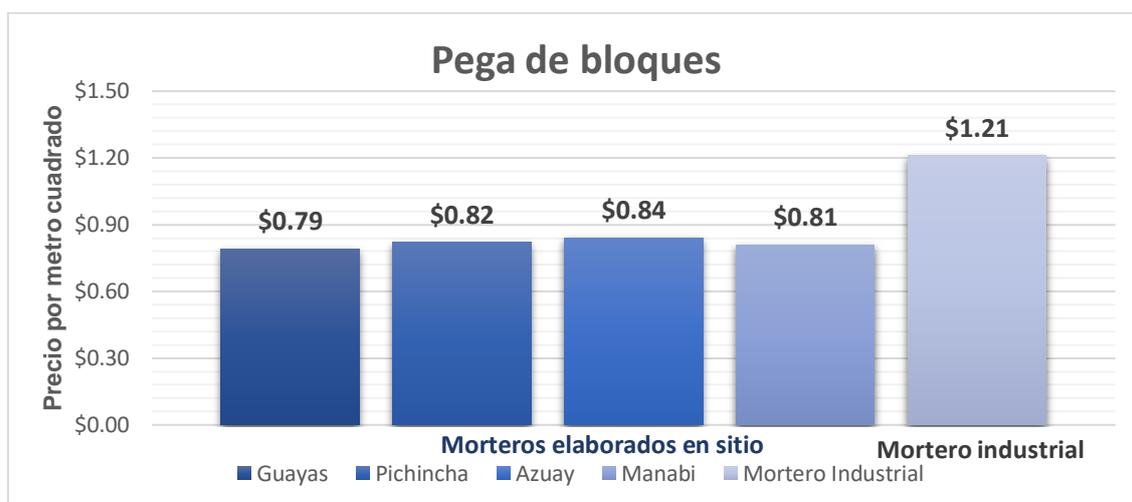


Gráfico 3.20 Comparación de precio por metro cuadrado entre utilizar un mortero fabricado 'in situ' y un mortero industrializado como elemento de pega para construir un muro de mampostería, en las provincias con el mayor registro de construcciones [Gráfico elaborado por la autora]

Para este caso, el gráfico 3.20 muestra que los precios entre implementar un tipo de mortero u otro casi no difieren en absoluto, de manera que, otro de los factores por los que podría verse influenciada su elección sería la resistencia a la compresión que el elemento necesite soportar, ya que, teniendo en cuenta este criterio, se considerará conveniente optar por un mortero del tipo S o N.

En caso de que el elemento no requiera resistir una carga muy considerable, sería conveniente permitirse utilizar un mortero del tipo N, lo cual saldría económicamente más beneficioso, sin embargo, en caso de considerar cargas mayores, se requerirá por lo menos el uso de un mortero del tipo S, con lo cual, como ya se vio anteriormente, dependiendo del sector de la obra, se necesitará modificar su dosificación, debido al estado de los áridos utilizados en su preparación, ya que, en caso de ser de baja calidad, el mortero no podrá alcanzar grandes resistencias, tal como se vio en la sección 3.2.2.

En resumen, para este tipo de actividad, los precios se verán influenciados por la resistencia a compresión que requieran alcanzar los morteros, la cual, si es de una gran demanda, aumentará los precios que se mostraron previamente, por lo tanto, para esos casos resultaría más conveniente usar un mortero prefabricado, ya que es de precio fijo y cumple con la resistencia mínima requerida.

Finalmente, se presenta una síntesis de las principales ventajas que ofrece el uso de un mortero u otro, con la finalidad de facilitar al dueño del proyecto la elección de la obtención de este material de acuerdo a las solicitudes que considere de mayor importancia.

Tabla 3.22 Comparación entre las ventajas de usar un mortero industrializado o uno elaborado en sitio de acuerdo a la actividad encomendada [Tabla elaborada por la autora]

Ventajas de uso	Actividades					
	Enlucido de pared		Nivelación de pisos		Pega de piezas de mampostería	
	Tipos de mortero					
	MES	MI	MES	MI	MES	MI
Ahorro de costos de obras menores		×		*		×
Ahorro de costos en obras mayores	✓		✓		*	
Prevención de grietas	*	×	*	×	*	×
Gran estética y calidad	*	×	*	×		
Resistencia a la compresión requerida por la norma	✓	×	*	×	*	×
Excelente adherencia	*	×			*	×

Tipos de mortero	
✓	Elaborado 'in situ' (MES)
×	Industrial (MI)
*	Depende

CAPÍTULO 4

4. Evaluación de Impacto Ambiental

4.1. Objetivo de la evaluación del impacto ambiental

4.1.1. Objetivo General

Evaluar la huella de carbono regular ocasionada por un proyecto constructivo en Ecuador al elaborar una mezcla de mortero en obra para valorar el impacto generado al ambiente.

4.1.2. Objetivos Específicos

1. Analizar las principales fuentes de contaminación de CO₂ que se generan en el proceso de fabricación de un mortero dentro de una obra civil y valorar el nivel de afectación que ocasiona en el medio ambiente.
2. Indicar ciertas medidas de prevención para implementar en futuros proyectos constructivos al momento de elaborar un mortero 'in situ', con el fin de mitigar la huella de carbono en el ambiente.

4.2. Descripción del proyecto

Como ya se mencionó con anterioridad, en la mayoría de las construcciones realizadas en el país, se suele elaborar la mezcla de hormigón o mortero en sitio, de manera que los agregados utilizados son procedentes o cercanos a la zona donde se realiza la obra, y ya que Ecuador es un territorio con una diversidad geológica muy grande, las características de estos áridos diferirán de acuerdo a su procedencia, lo cual a su vez, influye significativamente en las propiedades del mortero, por ello que se consideró importante analizar la variación de sus propiedades más relevantes, y otros factores influyentes al momento de elegir entre implementar un mortero prefabricado o tradicional dentro de una obra civil, tales como la ventaja económica y actualmente, la huella de carbono de la elaboración de este material. Además, incorporar ciertas recomendaciones para mitigar el impacto ambiental que este tipo de actividad ocasiona en el ambiente.

4.3. Descripción de las actividades del proyecto

El sector de la construcción naturalmente emplea gran parte de los recursos renovables y no renovables. De hecho, de acuerdo con estudios realizados, el 40% de las materias primas en el mundo, siendo estas un equivalente a 3000 millones de toneladas por año, son destinadas a este sector (Acevedo, Vásquez, & Ramírez, 2012).

Dentro de una construcción se llevan a cabo varias etapas para la realización de una obra, sin embargo, el enfoque del presente proyecto está basado únicamente en el proceso de elaboración de un mortero en obra y el impacto que este proceso causa en el medio ambiente. Para ello es necesario considerar las etapas que conforman la fabricación de un mortero, las cuales se mencionan en la tabla 4.1 mostrada a continuación.

Tabla 4.1 Descripción de las Actividades realizadas en la elaboración de una mezcla de mortero de mampostería [Tabla elaborada por la autora]

Etapa	Actividad	Descripción de Actividad
Selección de materia prima	Extracción de materia pétreo	Excavación de agregados utilizados en las obras constructivas mediante el uso de maquinarias.
	Transporte de materia pétreo	Traslado del material del sitio de procedencia del árido escogido hacia el lugar donde se ubica el proyecto.
Fabricación	Elaboración de morteros de mampostería	Preparación en sitio de la mezcla de mortero, utilizando como materiales: agua, cemento, árido y (en caso de ser necesario) la incorporación de un aditivo.
Construcción de obra	Empleo de morteros pega en la unión de piezas de mampostería	Adhesión de piezas de mampostería y elementos cerámicos de una obra mediante el uso de un mortero pega.
	Uso de mortero como enlucido de elementos estructurales y no estructurales	Incorporación de mortero como elemento de revestimiento en la superficie de los elementos estructurales y no estructurales en una obra civil

4.4. Áreas sensibles

El análisis ambiental del presente estudio está limitado al proceso de elaboración de un mortero de mampostería, de manera que los factores ambientales encontrados en el estudio de las áreas sensibles del presente proyecto se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Áreas sensibles y factores ambientales identificados en el presente proyecto [Tabla elaborada por la autora]

Área	Factor Ambiental
Física	Agua
	Suelo
	Aire
	Ruido
Biótica	Fauna
Socioeconómica	Empleo
	Movilidad

4.5. Identificación de Impactos Ambientales

En la tabla 4.3 se describen los impactos ambientales identificados en el proceso de elaboración de un mortero en obra. Además, se enfatiza las principales actividades que contribuyen al aumento de la huella de carbono en el ambiente, como lo es el transporte de material pétreo del sitio de extracción al sector de la obra, actividad en la cual se utilizan varias maquinarias pesadas que generan un notable incremento de concentraciones de CO₂. De hecho, un estudio publicado en el año 2017 (Centro de Investigaciones Económicas de Espol, 2019) reportó el 16% del consumo de combustible fue destinado al sector de explotación de minas y canteras y el 4% a la construcción. Por otro lado, el director de cambio climático de la Secretaría de Ambiente de Quito reportó que, solo en la capital del país, el 52% de las emisiones de CO₂ corresponden al consumo de diésel y gasolina (El Telégrafo, 2017). Extrapolando estos valores a nivel nacional, es posible estimar que existe una tasa significativa de emisión de CO₂ que este tipo de actividad genera al ambiente.

Por otro lado, en la etapa constructiva, al momento de fabricar el mortero ‘in situ’, se producen cantidades de polvo en el ambiente que alteran la calidad del aire en el sector y afectan la salud de los trabajadores. Una vez acabado el proceso de elaboración, al momento de realizar la remoción de escombros, se lleva a cabo un manejo poco adecuado de estos residuos, por lo que generalmente, en construcciones locales se botan estos desperdicios en las vías públicas, ocasionando muchas veces taponamiento de sumideros y alcantarillas de la zona, lo cual ha sido evidenciado por varios testimonios, en sectores como el Guasmo sur y en la Florida al norte de Guayaquil (El Universo, 2019). Además, cabe destacar que, en ocasiones parte de estos materiales (áridos, cementos o morteros industriales) se filtran en sumideros de aguas lluvias, los cuales, no siempre son tratados previos a su expulsión a los cuerpos marinos, contaminando las aguas con la presencia de sólidos, aditivos y otros compuestos químicos.

Tabla 4.3 Impactos ambientales generados durante el proceso de elaboración de un mortero en obra [Tabla elaborada por la autora]

Factor Ambiental	Impacto Ambiental	Descripción del Impacto
Agua	Contaminación por sustancias tóxicas en aguas residuales	Aumento de contaminantes químicos en aguas lluvias que habitualmente no reciben tratamiento y son directamente expulsadas a cuerpos marinos
Suelo	Alteración de la morfología y topografía del suelo	Cambios en la forma del terreno producto de la extracción de material rocoso del lugar de excavación.
	Degradación de la calidad de los suelos	Aumento de erosión del suelo del sitio de extracción del material pétreo.
Aire	Alteración en la calidad del Aire	Incremento de las concentraciones de compuestos como el SO ₂ y CO ₂ generado por las maquinarias utilizadas en el proceso de excavación y traslado de material a la obra. Además del polvo ocasionado al momento de preparar el mortero.
Ruido	Contaminación por ruido ocasionado en zonas cercanas al proyecto	Alta intensidad de sonido que puede afectar la salud de las personas que se encuentran cercanas a la zona donde se realiza el proyecto.

Fauna	Afectación en la salud de los animales cercanos a la zona del proyecto	La salud de estos animales se puede ver afectada debido a los grados de contaminación atmosférica y sonora ocasionados por la construcción del proyecto.
Empleo	Generación de empleo por mano de obra	Demanda de mano de obra de acuerdo con las áreas influyentes del proyecto, para el caso de estudio, tanto en el proceso de extracción y transporte de material pétreo al sitio del proyecto como para la construcción de esta.
Movilidad	Afectación a la movilidad vehicular	Aumento de tráfico en zonas de estrechas vías generado por el tránsito de maquinaria pesada, ocasionando una obstaculización temporal sobre la vía.
Paisaje	Alteración de vía pública por mal disposición de escombros	Acumulación de escombros de materiales en diversos sectores de la ciudad afectan a los habitantes y el aspecto de la ciudad.

4.6. Valoración de impactos ambientales

Por medio de la tabla 4.4, la cual muestra una matriz de evaluación de impactos ambientales de las actividades identificadas en el proceso de elaboración de un mortero, método elaborado por Conesa-Fernández, se dedujo que las principales actividades que ocasionan afectación negativa al ambiente son: (i) el transporte de materia pétreo, (ii) la generación de polvo en el ambiente, (iii) vertimiento de residuos en redes de aguas lluvias y (iv) manejo inadecuado de residuos, debido a los impactos ambientales que causan tales como la alteración de la calidad del aire y la contaminación indirecta de cuerpos marinos por causa de los desechos de material que se suelen filtran en los sumideros de aguas lluvias, los cuales no reciben un adecuado tratamiento y la contaminación atmosférica como consecuencia de las concentraciones de CO₂ en el ambiente.

Se identificó un importante impacto positivo que es la generación de plazas de trabajos, lo cual beneficia económicamente a la comunidad. Los impactos negativos mencionados obtuvieron una valoración de severidad entre 30-72, lo cual, según con la tabla 4.6 mencionada en la sección de Anexos C, representa un alto grado de riesgo, de modo que, en la sección 4.7, se procederá a recomendar medidas de prevención para disminuir los daños que este tipo de actividad pueda generar en el ambiente.

Tabla 4.4 Matriz de evaluación de impactos ambientales según las actividades identificadas del proyecto

			IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA ESTE ESTUDIO																					VALORACION							
ACTIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO	Severidad (S)			Probabilidad Ocurrencia (P)			(T)	Extensión (E)			Intensidad (I)			Duración (Du)			Desarrollo (De)			Recuperación (R)			Interacción (Ia)			(Mg)	(Imp)		
			1	2	3	1	2	3	Relevancia del Impacto T=SxP	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	Magnitud del Impacto Mg = E + I + Du+De+R+Ia	Importancia del Impacto Imp = Mg x T		
Extracción de materia pétre	Excavación del material	Alteración de la topografía de la zona		2				2	4			2			1			1						0			0			5	20
Transporte de materia pétre del sitio de extracción a la zona del proyecto	Emisión de CO2 en la atmosfera	Modificación de la calidad de aire			3			3	9		1				1			2						1			1		8	72	
Elaboración de morteros de mampostería	Necesidad de contratación de mano de obra	Generación de plazas de trabajo para habitantes de la localidad	1					3	3	0			0				0			1			0			0		1	3		

	Generación de polvo en el ambiente	Modificación de la calidad de aire		2			3	6		1		1		1		2		1		1		7	42
Remoción de escombros	Vertimiento de residuos en redes de aguas lluvias	Contaminación por sustancias tóxicas en aguas residuales		2			3	6		1		1		1		0		1		1		5	30
	Manejo inadecuado de residuos	Polución en vías públicas			3		2	6	0			1		1		1		1		1		5	30
Empleo de morteros de pega en la unión de piezas de mampostería	Necesidad de contratación de mano de obra	Generación de plazas de trabajo para habitantes de la localidad	1				3	3	0			0		0		1	0			0		1	3
Uso de mortero como enlucido de elementos estructurales y no estructurales	Necesidad de contratación de mano de obra	Generación de plazas de trabajo para habitantes de la localidad	1				3	3	0			0		0		1	0			0		1	3
Uso de mortero de relleno como elemento de inyección	Necesidad de contratación de mano de obra	Generación de plazas de trabajo para habitantes de la localidad	1				3	3	0			0		0		1	0			0		1	3

4.7. Medidas de prevención

Teniendo como base, el nivel de impacto ambiental generado por cada actividad identificada en el proceso de elaboración de un mortero, a continuación, se presenta en la tabla 4.5, algunas medidas de prevención de acorde con los impactos ambientales encontrados.

Tabla 4.5 Medidas de prevención para tener presente en el proceso de elaboración de un mortero en obra [Tabla elaborada por la autora]

Etapa	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Medida de Prevención
Selección de materia prima	Excavación del material	Alteración de la topografía de la zona	<ul style="list-style-type: none"> - Restauración de la zona utilizada para la extracción de materia prima. - Esparcir agua moderadamente en las zonas donde se levante polvo debido a los trabajos de movimiento de tierra.
	Emisión de CO ₂ en la atmósfera	Modificación de la calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurarse de que todas las maquinarias implementadas cuenten con el respectivo certificado de revisión técnico – mecánica vigente – Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito. - Contar con vehículos de modelos recientes ya que estos tienen un mejor rendimiento y, por ende, generan menores emisiones de CO₂.
Fabricación	Generación de polvo en el ambiente	Modificación de la calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> - Los materiales implementados en la construcción deben estar debidamente cubiertos y protegidos de la acción del aire (vientos fuertes) y del agua (lluvia). - Los vehículos utilizados para el transporte de materiales deben contar con lonas o carpas para cubrirlos.
Remoción de escombros	Vertimiento de residuos en redes de aguas lluvias	Contaminación por sustancias tóxicas en aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar el uso del agua como elemento para eliminar materiales sobrantes sobre las superficies trabajadas.

			<p>Realizar la limpieza de residuos, mayormente, por vía seca.</p> <p>- Instalar trampas de sedimentos en los sumideros cercanos a la zona de la obra para impedir el arrastre de sedimentos a cuerpos marinos.</p>
	Desecho inadecuado de residuos de materiales de construcción	Polución en la vía pública	<p>- Aprovechar los materiales lo mejor posible.</p> <p>- Recolectar los residuos en sacos y llevarlos a un depósito de escombros de materiales de construcción</p>

4.8. Conclusión de la evaluación de impacto ambiental

- ❖ La presente evaluación ambiental fue realizada con la finalidad de proporcionar al usuario una información sintetizada de los impactos ambientales generados en las actividades que conllevan la elaboración de un mortero 'in situ' e indicar ciertas formas de prevenir o minimizar dicha alteración negativa en el medio ambiente.
- ❖ De entre las principales fuentes de contaminación se identificaron el CO₂ generado por las maquinarias pesadas utilizadas para transportar el material pétreo, como lo son las volquetas. Estos vehículos son frecuentemente utilizados tanto para el traslado de material como para la remoción de escombros, por lo cual se ha visto en la necesidad de recomendar emplear maquinarias con un mayor rendimiento, ya que producen menos emisiones de carbono en el ambiente, además se sugiere realizar con frecuencia un buen mantenimiento para alargar su vida útil.
- ❖ Por otro lado, durante la fase constructiva, a pesar de tener una menor afectación, la generación de polvo que conlleva la elaboración de un mortero en obra, perjudica la salud de la o las personas que se encuentren realizando dicha labor, por lo cual se recomienda utilizar mascarillas al momento de fabricar el mortero y cubrir con lona los materiales cuando se vayan a almacenar, esto con el fin de

evitar que sean expuestos a fuertes vientos que propaguen bruscamente polvo en la zona del proyecto.

- ❖ Respecto al material pétreo utilizado, a menudo no es aprovechado completamente en obra y una considerable parte de él se convierte en escombros que posteriormente se desecha, junto con demás residuos, en algún punto de la ciudad. De hecho, la mayor parte de los residuos de una construcción se basa en este material, el cual de por sí, ha necesitado un gran consumo de energía para su preparación y distribución y, en consecuencia, ocasionado grandes emisiones de carbono. Por otro lado, el uso de un mortero industrial implicaría un mejor rendimiento y evitaría posibles desperdicios de material, debido a que su fabricación se realizaría justo al instante de ser consumido, lo cual conllevaría un menor impacto ambiental. Aun así, la decisión entre implementar un método u otro dependerá de los factores más importantes que considere el usuario, sin embargo, teniendo en cuenta las precauciones mencionadas, se espera que pueda tomar una decisión más sólida y conseguir desarrollar un proyecto más sostenible.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

Con la finalidad de tener una noción más precisa de la influencia que tienen los áridos del territorio ecuatoriano en la calidad de un mortero, se sintetizó en un solo trabajo, varios estudios realizados a lo largo de las últimas décadas, acerca de las propiedades mecánicas de distintos morteros preparados con agregados finos procedentes de las diversas regiones del país, y posterior a la metodología implementada, los resultados obtenidos y el análisis realizado, se logró concluir lo siguiente:

5.1.1. Áridos del territorio ecuatoriano que se usan en morteros

Los áridos que presentaron mejores propiedades físicas, por cada región, se definen en la tabla 5.1, en la cual, se comparan las propiedades, de estos materiales, que mayor influencia tienen en la calidad de un mortero.

Costa

- ❖ Respecto a los áridos naturales de esta región se dedujo que, el mejor material era proveniente de río, ya que llegaron a cumplir con un apropiado módulo de finura, una gran densidad y un porcentaje de absorción relativamente bajo, exceptuando a los agregados oriundos del río Chancay, en Manta, los cuales poseían un significativo porcentaje de absorción, pero a pesar de ello, fue el único de los áridos de esta localidad que cumplió con los límites granulométricos establecidos por la norma, además, las muestras de mortero preparadas con este material, bajo una relación 1:3, presentaron una resistencia a la compresión superior a la mínima permitida por la norma para un mortero del tipo S, a diferencia de los otros especímenes analizados en el mismo estudio que presentaron resistencias relativamente bajas.
- ❖ Cabe destacar que, aquellos agregados provenientes de zonas marítimas llegaron a presentar porcentajes de absorción de entre 8 a 11 %, valores que llegan a bajar notablemente la resistencia del mortero. Además, los áridos procedentes de la playa

San Mateo, en Manta, manifestaron un considerable contenido de material orgánico en su composición, mismo que puede llegar a deteriorar al mortero, por lo cual, no se considera seguro el uso de este material, tanto para la preparación de un mortero como de un hormigón.

Sierra

- ❖ Los áridos oriundos esta región presentaron una densidad levemente inferior a la de los agregados costeros, aun así, se consideran adecuadas como para contribuir en la resistencia del mortero, además también les favorece su bajo porcentaje absorción y apropiada distribución granular.
- ❖ En relación al análisis de contenido orgánico realizado en áridos de ciudades como Cuenca, Quito y Riobamba, se comprobó que, en la mayoría de ellos, el material inorgánico que contenían era despreciable, a excepción de los agregados procedentes de la formación Riobamba, en los cuales se determinó una notable porción de impurezas orgánicas, debido al color amarillento claro que presentó la muestra de agua que contenía al material, aun así, se encontró dentro de los límites permisibles, pero, por seguridad se recomienda controlar su uso y verificar requisitos de durabilidad y resistencia antes de implementarlo en un proyecto.

Oriente

- ❖ Los agregados procedentes del Oriente ecuatoriano no lograron cumplir con los límites granulométricos establecidos por la norma, de hecho, ambos materiales presentaron un módulo de finura relativamente bajo, por lo cual se pudo concluir que una gran parte de sus partículas se conformaba de arena arcillosa. Por otro lado, presentaron un alto grado de densidad, y se evidenció en los gráficos 3.15 y 3.16 que ambos agregados pueden ser utilizados como morteros de enlucido, ya que superan la resistencia mínima establecida por la norma para un mortero del tipo N.
- ❖ Respecto al ensayo de colorimetría realizado para los áridos estudiados en esta región, se llegó a concluir que ambos materiales presentan un nivel de impureza bastante elevado, debido al alto contenido arcilloso en su composición, por lo cual, se cree que, el uso de este material en obra no sería del todo conveniente, a no ser que mediante algún proceso físico o químico se reduzca el contenido orgánico de este material, de modo que no perjudique las propiedades del mortero.

Galápagos

- ❖ Para esta región solo se analizó el árido procedente a una sola zona: la isla San Cristóbal, del cual se llegó a concluir que, la densidad que presentaba este material era bastante baja en comparación a los demás áridos estudiados, además presentó un porcentaje de absorción en exceso superior a los otros agregados finos y un módulo de finura superior al límite granulométrico permitido por la norma. Con esta información se llegó a deducir que la mayor parte de su contenido se conformaba de material rocoso y además se llegó a la conclusión de que su uso no debería ser aconsejado en la preparación de morteros ya que este material presenta una gran fracción de partículas gruesas, lo cual aumentaría el grado de porosidad del mortero y esto no es recomendable porque reduciría sus principales características: ser un material impermeable y resistente.

Tabla 5.1 Recopilación de los áridos que presentaron mejores propiedades, por región
[Tabla elaborada por la autora]

Región	Procedencia	Cumplimiento de MF	Densidad [Kg/m ³]	% Absorción	Calidad por contenido de impurezas
Costa	Río Chancay	Sí	-	9.81	Muy buena
	Río Boliche	Sí	2639	2.09	-
	Río Guayas	Sí	2600	3.30	-
	Río Hondo	Sí	2690	1.00	-
	Río Samborondón	Sí	2590	2.95	-
Sierra	Cantera Playa LLaghoa	Sí	2512	0.61	-
	Mina HOLCIM Pifo	Sí	2530	3.9	Muy Buena
	Cantera Hnos. Castro	No	2600	2.10	Buena
Oriente	Formación Hollín	No	2690	0.4	Muy mala
Galápagos	Archipiélago San Cristóbal	No	2250	22.7	-

5.1.2. Influencia en las propiedades de los morteros

Al inicio del estudio, se mencionó la influencia que tienen los componentes de un mortero en sus propiedades y calidad final, sin embargo, debido a que el agua y cemento que se utilizan para su elaboración, son productos ya certificados por normativas como NTE INEN 1108 (aguas potables) y NTE INEN 2380 (cemento hidráulico de uso general), el único producto variante viene a ser el árido, ya que las características de este material dependerán de su procedencia geológica, por lo que, basando el presente estudio, en la influencia de esta variante en la composición de un mortero, mediante los ensayos y resultados obtenidos, se logró concluir lo siguiente:

Costa

- ❖ En relación con los áridos estudiados en la región Costa, se lograron obtener mejores resultados al implementar arena de río, sobre todo en aquellos cercanos a la ciudad de Guayaquil, debido a que, tal como se observó en la tabla 5.1, aquellos áridos procedentes de ríos como Guayas, Samborondón, río Hondo y Boliche, presentaron un alto grado de densidad y una baja absorción, menor al 5%, el cual es un valor aceptable para ser utilizado en la preparación de hormigones y morteros, ya que una baja absorción representa un bajo contenido de permeabilidad y una alta capacidad resistente. Cabe destacar que, para este tipo de arena se podría implementar dosificaciones de hasta 1:3.5, para conseguir una mejor manejabilidad en estado plástico y altas resistencias, una vez endurecido.
- ❖ Por el contrario, aquellos morteros que fueron fabricados con agregados finos naturales de Manta, no lograron presentar una alta resistencia, a excepción de uno procedente del río Chancay, sin embargo, aquel material poseía una capacidad de absorción superior a 5%, valor que puede comprometer en gran medida la característica impermeable del mortero, por lo cual, no se lo considera útil para todo tipo de uso, ya que, puede ser bueno para utilizarse en la construcción de un muro de mampostería, pero no adecuado para implementarlo en el revestimiento de elementos estructurales, debido a que no aportaría suficiente protección ante el ataque de agentes externos, no obstante, en caso de que se requiera practicar esta actividad en la ciudad de Manta, se consideraría prudente utilizar un agregado procedente del río Toachi para preparar la mezcla de mortero, debido a su baja absorción y buena resistencia.

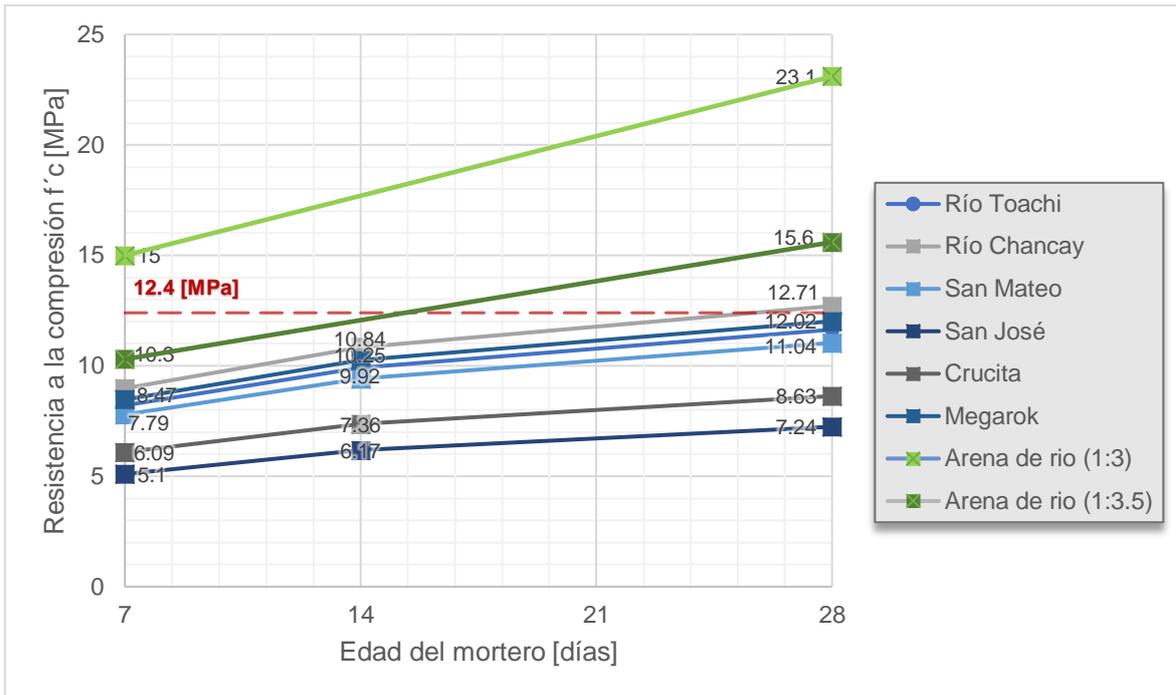


Gráfico 5.1 Comparación de la resistencia a la compresión de los áridos estudiados en la región Costa [Elaborado por la autora]

Sierra

- ❖ Las muestras de mortero fabricadas con áridos de esta región fueron preparadas bajo una dosificación de 1:3 (proporción mayormente usada en obras), con la finalidad de conocer mejor su capacidad resistente al implementarse en una construcción común. Los agregados finos que tuvieron una mejor contribución a la resistencia a la compresión del mortero fueron procedentes de la ciudad de Quito; siendo el de mejor calidad, el extraído de la localidad de Pifo debido a su alta densidad y baja absorción, razón por la cual, se considera adecuado utilizarlo en la elaboración de un mortero competente para la construcción de una mampostería estructural, ya que aportaría al sistema estructural aumentando la resistencia del muro, además de ejercer una buena adherencia entre la mampostería y el acero de refuerzo. Sin embargo, en caso de tratarse de otra actividad, como en la construcción de un muro no estructural, se recomienda que, en caso de contar con este material, aumentar su dosificación a una relación de 1:4, ya que no se requieren resistencias tan altas y es más trabajable en obra.

❖ Respecto a los especímenes de mortero elaborados con agregados procedentes del río Jubones, no llegaron a presentar resistencias considerablemente altas, aun así, pueden ser implementado como elemento de pega, en sistemas constructivos no estructurales, y adicionalmente, como material de revestimiento. en cuanto a los morteros fabricados con arena volcánica procedente del sector Licán (Riobamba), se obtuvieron una resistencia a la compresión bastante adecuada, considerando que resultó ser superior a la esperada, además los agregados finos de esta localidad presentan un alto grado de densidad y baja absorción, sin embargo, se debe controlar su uso debido a que presentan un módulo de finura inferior al rango establecido por la norma, lo cual indica una considerable porción de material arcilloso en su composición, mismo que podría ser perjudicial utilizar en la elaboración de un mortero.

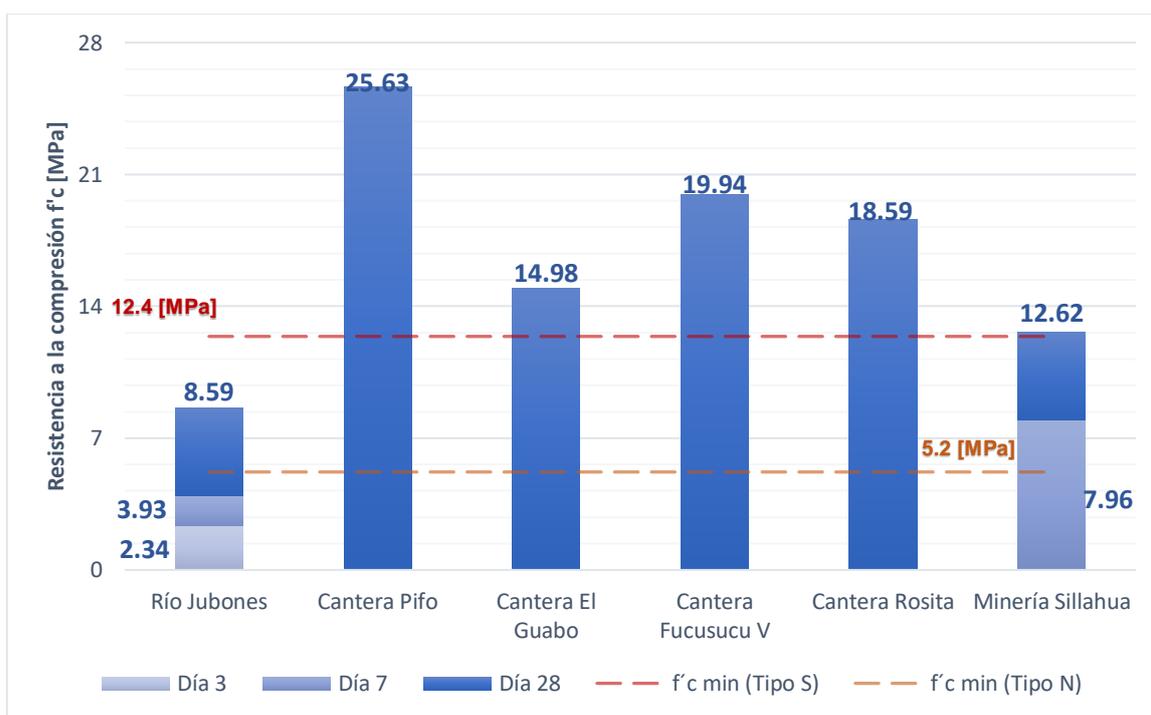


Gráfico 5.2 Comparación de la resistencia a la compresión de los áridos estudiados en la región Sierra [Elaborado por la autora]

Oriente

- ❖ Anteriormente se describió el contenido arcilloso que tienen ambos áridos analizados en esta región, sin embargo, bajo un adecuado lavado de material, se puede llegar a emplear estos tipos de agregados en la elaboración de un mortero y conseguir valores de resistencias a la compresión superiores los establecidos en la norma (NTE INEN 2518, 2010) dependiendo del tipo de mortero que se espere obtener.
- ❖ Cabe destacar que, las construcciones en esta zona del país están constantemente expuestas a un clima muy húmedo, por lo cual, se requiere contar con un material muy impermeable que proteja los sistemas constructivos de la intemperie, razón por la cual, el grado de absorción del árido empleado llega a ser un factor muy importante en la propiedad permeable del mortero de esta zona, ya que ambas propiedades están estrechamente ligadas entre sí, y puesto que, ambos agregados presentan bajos índices de absorción pueden ser utilizados en el revestimiento de elementos estructurales en las construcciones de esta región, siempre y cuando se aplique un adecuado lavado del material.

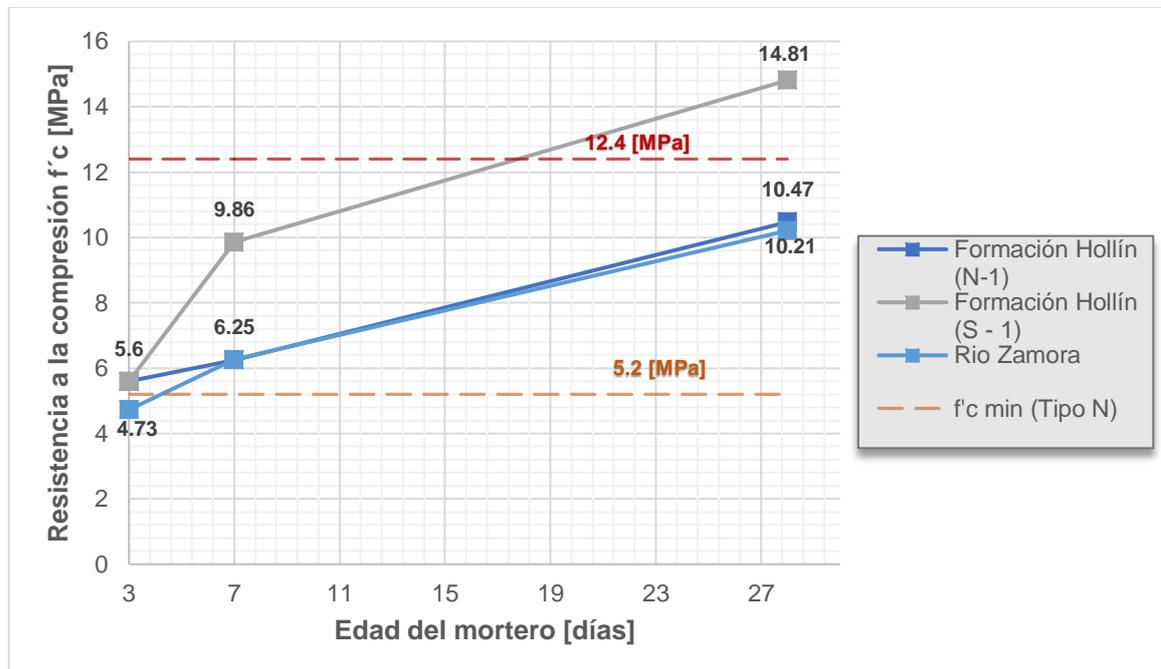


Gráfico 5.3 Comparación de la resistencia a la compresión de los áridos estudiados en la región Oriente [Elaborado por la autora]

Finalmente, teniendo en cuenta el propósito general del presente proyecto, en la tabla 5.2, mostrada a continuación, se presenta un resumen del desempeño de las propiedades más relevantes del mortero que fueron seleccionadas para este estudio, de acuerdo al tipo de agregado fino utilizado en su preparación. Aunque, de ello, es preciso rescatar que, la importancia de la facultad de una propiedad depende mucho del tipo de uso que se le vaya a dar al mortero.

Por ejemplo, en caso de tratarse de la pega de unidades de mampostería, las propiedades más importantes a analizar son la adherencia y la retención de agua, características que están estrechamente enlazadas a la densidad y absorción del árido utilizado, debido al efecto de capilaridad del material, mismo que indica que, mientras menor sea la red capilar, menor será el porcentaje de absorción y el contacto entre el mortero y el mampuesto será más íntimo, es decir se tendrá una mayor adherencia. De los áridos estudiados se deduce que aquellos procedentes de río presentan un mejor comportamiento para ser utilizados en este tipo de actividad, debido a la forma y tamaño de sus partículas, densidad, bajo porcentaje de absorción y en especial, moderada resistencia a la compresión.

En caso de tratarse de un mortero de revestimiento, las propiedades más influyentes a considerar son la adherencia y la impermeabilidad. En la tabla 5.2 se muestra los áridos que contribuyen mejor en la eficiencia de estas propiedades. De estos, se puede destacar principalmente, aquellos procedentes de la región del Oriente, sin embargo, también poseen buenos atributos, aquellos extraídos de ríos y canteras, exceptuando las canteras “El Guabo” y “Rosita”, ubicadas en la localidad de San Antonio, Pichincha, ya que presentan un significativo porcentaje de absorción, el cual no beneficia la capacidad impermeable que el mortero necesita para ejercer esta actividad.

Por último, en caso de requerir un mortero de relleno, se manifestó anteriormente, que las características más relevantes se basaban en una buena resistencia a la compresión y consistencia. Y de ello, se deduce que, los agregados que favorecen en mayor medida a estas propiedades son procedentes de ríos (para el caso de la Costa), canteras (para el caso de la Sierra) y respecto al Oriente, de la formación Hollín.

Tabla 5.2 Resumen de la influencia de los áridos, seleccionados de cada región del país, en las propiedades más relevantes de un mortero [Tabla elaborada por la autora]

Región	Procedencia	Propiedades del mortero			
		Consistencia	Adherencia	Resistencia a la compresión	Impermeabilidad
Costa	Rio Toachi	-	-	Medio	Alto
	Rio Chancay	-	-	Alto	Medio
	San José	-	-	Medio	Medio
	Crucita	-	-	Medio	Medio
	Rio Boliche	Fluida	Buena	Alto	Alto
Sierra	Rio Jubones	Fluida	-	Medio	Alto
	Cantera Pifo	-	Buena	Alto	Alto
	El Guabo	-	Buena	Alto	Medio
	Fucusucu V	-	Buena	Alto	Alto
	Rosita	-	Buena	Alto	Medio
	Hnos. Castro	Fluida	-	Medio	Alto
Oriente	F. Hollín	-	-	Alto	Alto
	Rio Zamora	Muy Fluida	Buena	Medio	Alto
Galápagos	San Cristóbal	-	-	Bajo	Bajo

5.2. Recomendaciones

- ❖ Debido a que en el país, todavía sigue predominando el número de construcciones informales, una manera que controlar la seguridad que se lleva en juego al construir este tipo de estructuras, es realizando un mayor número de capacitaciones constructivas a maestros de obra, quienes son los que mayormente suelen llevar a cabo esta actividad, en la cual se concientice la importancia que tiene una apropiada selección de materiales dentro de una obra y los efectos nocivos que pueden generar en una construcción, tal como un acelerado deterioro de elementos constructivos y con ello una mayor probabilidad de vulnerabilidad ante un ataque sísmico, evento que al menos en nuestro país, podría presentarse en cualquier instante.
- ❖ Respecto a las construcciones realizadas en la región Costa, se determinó que en la mayoría de estas obras predominaba el uso de arena de río y en algunas localidades

con mayor cercanía al mar, como el caso de la ciudad de Manta, la arena de mar, pero debido a que se demostró que el uso de arena de mar en la preparación de un mortero u hormigón en obra perjudica la resistencia de este material, se recomienda evitar su uso, y en vez de ello, considerar aplicar otros métodos, como el empleo de un mortero prefabricado (en caso de tratarse de una construcción menor para evitar pérdidas de materiales) o utilizar arena de río, el cual es un material que se demostró que cumple con una buena granulometría, un bajo índice de absorción y gran retención de agua, características que favorecen la manejabilidad de un mortero en obra.

- ❖ Se recomienda no valerse esencialmente de la resistencia a la compresión del mortero como una medida para la selección del árido empleado en su elaboración, debido a que para usos como pega de bloques o enlucido de muros, la norma aconseja utilizar morteros del tipo N, los cuales cuentan con una baja resistencia compresiva, debido a que se requiere que este valor no sobrepase la resistencia a compresión de las unidades de mampostería, puesto que, en caso de que se llegue a producir dicha circunstancia, las fisuras o cualquier desperfecto, se generarían en los mampuestos, ya que sería el elemento menos resistente y su mantenimiento sería más difícil de llevar a cabo. En vez de ello, se recomienda optar por medidas como la absorción, contenido de aire y retención de agua, los cuales son factores utilizados para determinar la dosificación del mortero y conocer su consistencia y manejabilidad.
- ❖ Debido a que la región del Oriente ecuatoriano se caracteriza por ser una zona con un alto nivel pluviométrico, el factor más importante para tener en cuenta al momento de elaborar las mezclas de mortero es que este material cuente con un alto porcentaje de impermeabilidad, de modo que se recomienda utilizar algún complemento impermeable y áridos con un contenido de absorción muy bajo, para mejorar esta característica. En el estudio realizado en la ciudad de Zamora, se utilizó un polímero para fibra conocido como PET, el cual aumentó en gran medida su capacidad impermeable al incorporarle 5% de este material, sin embargo, también hizo reducir su capacidad resistente, pero ya que esta característica no es tan imprescindible en la elección de un mortero, sobre todo al trabajarlo como elemento de pega o enlucido, se consideró satisfactorio la incorporación de este material. Adicionalmente, también

se recomienda utilizar fibras de propileno para mejorar la impermeabilidad y adherencia de este material y sin llegar a afectar su resistencia mecánica.

- ❖ Debido a que varios de los áridos analizados en el presente estudio no llegaron a cumplir con los límites granulométricos establecidos por la norma, se recomienda modificar esta granulometría de acuerdo con lo que solicita la norma, ya que este parámetro ayudará a mejorar las características del mortero, tales como la resistencia, adherencia y trabajabilidad. En todo caso, además se recomienda lavar el agregado fino que se vaya a emplear, en especial en aquellas zonas en las que no cumplieron con esta condición, como lo son, los materiales provenientes del Oriente, ya que, como se explicó anteriormente, esto altera en gran medida las características finales de un mortero.

- ❖ Se recomienda que, al momento de decidir en una construcción, el método de obtención de un material como el mortero, ya sea de forma tradicional o prefabricado, se considere examinar los siguientes factores: el tamaño de la obra, el material pétreo disponible, el alcance económico, el periodo límite de construcción y la calidad exigida, de modo que se pueda tener una mejor noción de qué tipo de método saldría más conveniente implementar de acuerdo al tipo de proyecto constructivo en el que se requiera su aplicación.

Bibliografía

- Acevedo, H., Vásquez, A., & Ramírez, D. A. (2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, XV(1), 105-118.
- Amador, A. (14 de Octubre de 2018). *Fctores que afectan a la durabilidad del hormigón*. Obtenido de MÁS QUE INGENIERÍA: <https://masqueingenieria.com/blog/durabilidad-del-hormigon/>
- Arévalo, D., Yanchapanta, N., Parra, K., Dibujes, R., & Baquero, R. (2017). *Después del sismo 16 - A*. Escuela Politécnica Nacional. Tonsupa: Segundos de reflexión.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero. (2003). *Morteros. Guía General*.
- Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo*. Lima: Institut français d'études andine.
- Baquero, L. F., & Baquero, J. L. (2018). *Uso de Arena Volcánica en la Elaboración de Mortero Premezclado para Revestimiento de Paredes. Proyecto de Investigación*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industria y Construcción, Guayaquil.
- Bermudez, D. J., & Cadena, H. A. (2015). *Correlación entre la Resistencia al Esfuerzo de Compresión y Tracción del Hormigón, utilizando Agregados de las Canteras de Pifo y San Antonio, Cemento Holcim Tipo GU*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática, Quito.
- Cabrera, J. L. (1995). *La adherencia en los morteros de albañilería*. Cuba: Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción.
- Calderón, I. (2016). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas en morteros de restauración a partir de cementos de bajo carbono producidos localmente*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Departamento de Ingeniería Civil, Santa Clara.
- Cando, L. F. (2016). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática, Quito.

- Centro de Investigaciones Económicas de Espol. (Julio de 2019). *Boletín de Política Económica N° 6: Política Fiscal y Monetaria*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/Presentacio%CC%81n_BID_BPE-1.pdf
- Clausen, B. (2016). La Geología de las Islas Galápagos. *Ciencia de los Orígenes*(89).
- COGUANOR NTG 41050. (2012). *Mortero de pega para unidades de mampostería*. Guatemala: Consejo Nacional de Normalización.
- Delgado, C. (2008). *Hidrología y Modelación del Acuífero Pifo - El Quinche*. Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional.
- Díez, J. (2017). *ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DE MORTEROS CON SUSTITUCIÓN DE ESCORIAS SIDERÚRGICAS UTILIZADOS EN REVESTIMIENTOS INTERIORES SE TUBOS DE FUNDICIÓN*. Cantabria: Univerdad de Cantabria.
- Domenech, M. A., & Espinoza, A. R. (2016). *Determinación de las Propiedades Físico - Mecánicas de los Hormigones y Morteros utilizando Materiales Pétreos de las Canteras de Pifo y Pomasqui - San Antonio*. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito.
- Duque, J., González, S., Garxón, Ó., Del Val, J., & Barinagarrementería, I. (2015). *Memoria Técnica del Cantón Cuenca del proyecto "Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25000, Lote 2"*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Cuenca.
- Egüez, A., Gaona, M., & Albán, A. (2019). *Mapa Geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1 000 000*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Instituto de Investigación Geológico y Energético.
- El Telégrafo. (5 de Agosto de 2017). Los vehículos son los que más contaminan el aire. *El telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/los-vehiculos-son-los-que-mas-contaminan-el-aire>
- El Universo. (15 de Enero de 2019). Escombros se botan en lotes y vías, pues sitios asignados son escasos en Guayaquil. *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/01/15/nota/7139381/escombros-se-botan-lotes-vias-pues-sitios-asignados-son-escasos?amp>

- García, M. R., Museros, P., Martínez, M., & Poy Gil, A. (2002). *Resistencia de Materiales* (Vol. II). Universidad Jaume.
- González, J. F. (2016). *Estudio del Mortero de Pega usado en el cantón Cuenca. Propuesta de Mejora, utilizando Adiciones de Cal*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- González, J. F., Navarro, Í., Durán, A., Sirera, R., Fernández, J., & Álvarez, J. (2018). *Morteros de relleno con base cal con adición puzolánica y diversos aditivos*. Universidad de Navarra, Departamento de Química, Navarra. Obtenido de <http://hdl.dandle.net/10171/52333>
- Guerrero, G. L. (1998). *ANÁLISIS DE MEZCLAS PARA MORTEROS DE ENLUCIDO UTILIZANDO ARENA CUARCIFERA DE LA FORMACIÓN HOLLIN*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Guerrero, L., Correia, M., & Guillaud, H. (2012). Conservación del patrimonio arqueológico construido con tierra en Iberoamérica. *Revista Apuntes*, XXV(2), 210-225.
- INEC. (2019). *Encuesta de Edificaciones 2019 (Permisos de Construcción)*. Obtenido de Ecuador en Cifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2018/2018_ENED_PRESENTACION.pdf
- Instituto Geofísico. (16 de Abril de 2020). *Cuatro años después del terremoto de Pedernales: Un testimonio sobre el peligro sísmico en el Ecuador*. Obtenido de Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional: <https://www.igepon.edu.ec/interactuamos-con-usted/1810-cuatro-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-un-testimonio-sobre-el-peligro-sismico-en-el-ecuador>
- INTACO. (20 de Febrero de 2018). *Importancia de las Arenas en los Morteros*. Obtenido de INTACO: <https://www.intaco.com/blog/ecuador/importancia-de-las-arenas-en-los-morteros#:~:text=La%20arena%2C%20tambi%C3%A9n%20denominada%20agregado,muy%20importantes%20para%20el%20desempe%C3%B1o.>

- Jiménez, G. D. (2016). *Estudio de factibilidad para la creación de una Empresa de Dsitribución de Mortero industrializados y materiales de Construcción en la ciudad de Cuenca*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Guayaquil.
- Larrea, P., & Dominguez, S. (2011). *Hormigón Simple utilizando Agregado Volcánico de la Isla Galápagos "San Cristobal"*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Guayaquil.
- León, M. P., & Ramírez, F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista Ingeniería de Construcción*, 215 - 240. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>
- López, L. G. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Medeiros, J., Sabbatini, F., & Akiama, S. (2000). *Flexibilidad de morteros adhesivos: Un estudio experimental*. España: Catellón .
- Mejía, M. A., Chinchilla, V. P., & Mendoza, C. M. (2012). *Determinación de la resistencia a la compresión de mortero empleando especímenes clíndricos y cúbicos, utilizando area del occidente del país*. Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Ingeniería y Arquitectura, Santa Ana.
- Moreno, J., Mongue, S., González, S., Rodríguez, A., & Tapia, G. (Septiembre de 2011). *Memoria Técnica del cantón Manta del Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional. Escala 1: 25000*. Obtenido de Sistema Nacional de Información: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/MANABI/MANTA/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_geomorfologia.pdf
- Moreno, J., Mongue, S., González, S., Rodríguez, A., & Tapia, G. (Diciembre de 2011). *Memoria Técnica del Cantón Guayaquil del Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional. Escala 1: 25000*. Obtenido de Sistema Nacional de Información (SNI): http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA8/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/GUAYAS/GUAYAQUIL/MEMORIA_TECNICA/mt_geomorfologia.pdf

- MTOP. (2012). *Anexo N° 3. Geología y Geotécnica del Estudio de Ingeniería de la Carretera Santo Domingo - Esmeraldas y la Estructuración Jurídica, Técnica y Económico - Financiera*. Ineco.
- Navas Carro, A. (2007). *Propiedades a compresión de la mampostería de bloques de concreto* (Vol. 17). Ingeniería.
- NEC-SE-MP. (Agosto de 2014). *MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL*. Obtenido de Norma Ecuatoria de la Construcción: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-MP.pdf>
- NTE INEN 2518. (2010). *NTE INEN 2518: Morteros para unidades de mampostería. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 2536. (2010). *Áridos para uso en morteros para mampostería. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 2563. (2011). *Morteros. Evaluación previa a la construcción y durante la construcción de morteros para mampostería simple y reforzada*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Ordoñez, J. G. (2009). *Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.
- Ordoñez, M. A., Arcos, J., Ibañez, W., & Cazar, S. (2019). Caracterización del Mortero Compuesto con Fibras de Cabuya obtenidas en la Ciudad de Riobamba. *Revista Ciencia Digital*, III(3).
- Ortega, A. R. (2013). *La Calidad de los Agregados de tres Canteras de la Ciudad de Ambato y su Influencia en la Resistencia del Hormigón Empleado en la Construcción de Obras Civiles*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato.
- Osorio, J. D. (10 de Junio de 2016). *¿Cómo se evalúa la calidad de un mortero?* Obtenido de 360 Concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/como-se-evalua-la-calidad-de-un-mortero>

- Pacheco, D. (2013). *Estudio Geológico de las Formaciones Cuaternarias en la Zona de San Antonio de Pichincha - Pomasqui*. Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional.
- Páez, C. A. (2014). *Determinación de la carga permanente debida al peso de mampostería de bloque en edificaciones de vivienda*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito.
- Promateriales. (2014). Cementos y Morteros Especiales. Soluciones para acabados perfectos. *Promateriales*, 62-72.
- Promateriales. (2016). Cementos y Morteros: El alma de la arquitectura. *Promateriales*, 83-95.
- Rodríguez, C. M. (2014). *Evaluación de propiedades físico-mecánicas en morteros de albañilería a partir de cementos con sustituciones clínquer por arcillas calcinadas y caliza*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Civil, Santa Clara.
- Salamanca, R. (2001). *La Tecnología de los Morteros*. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia: Dialnet.
- Salazar, A. (2000). *Guía práctica. Morteros de pega para muros de mampostería*.
- Saldarriaga, E. D. (2016). *Aplicación de la norma NTE INEN 2536:2010 en la Selección de Materiales de Construcción en Manta*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO* (Quinta ed.). Bogotá, Colombia: BHANDAR EDITORES LTDA.
- Trujillo, J. J. (2012). *Pastas, morteros, adhesivos y hormigones*. EOCB0208. Málaga, España: INNOVA.
- Vaca, M. E. (26 de Abril de 2016). En Tarqui, las casas se hicieron con arena de mar. *El Telégrafo*, pág. 5. Obtenido de http://www.espol.edu.ec/sites/default/files/docs_escribe/En%20Tarqui,%20las%20casas%20se%20hicieron%20con%20arena%20de%20mar.pdf
- Valbuena, S. G., Mena, M., & García, C. A. (Abril - Junio de 2016). Evaluación de la resistencia a la compresión en morteros de pega de acuerdo con la dosificación

establecida por el código Sismo Resistente Colombiano. Estudio de caso. *Tecnura*, 20(48), 115 - 121. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257046835009.pdf>

Vásquez, J. A. (2014). *Análisis de la resistencia de las mamposterías utilizando diferentes tipos de morteros y de bloques de cemento en la ciudad de Guayaquil en el año 2013*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Guayaquil.

Vázquez, A., González, F., Rocha, L., & Flores, A. (2001). Elaboración de concretos con aguas tratadas. *Construcción y Tecnología en Concreto*.

Vázquez, C. E. (1999). *El auxiliar del conductor de obras* (Cuarta ed.). Argentina: nobuko.

Zaruma, L. A. (2018). *Mortero Impermeable a base de Plástico Reciclado PET para Revestimientos de Edificaciones de la ciudad de Zamora*. Universidad de Cuenca, Cuenca.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Propiedades adicionales evaluadas en los agregados finos utilizados en los estudios de morteros realizado en las diversas regiones del país

Tabla 3.23 Propiedades adicionales evaluadas en los áridos estudiados [Tabla elaborada por la autora]

Ciudad / Región	Procedencia	Módulo de Finura	Rango Aceptable	Cumple MF	% Vacíos	% Agua Retenida	% Hinchamiento	Factor de Hinchamiento
Manta	Río Toachi	1.461	1.75 – 2.83	NO	-	3.28	19.76	1.20
	Río Changay	2.503		SÍ	-	8.92	8.11	1.08
	San José	0.373		NO	-	4.44	16.96	1.17
	Crucita	0.549		NO	-	9.89	23.46	1.23
	San Mateo	0.451		NO	-	7.52	25.00	1.25
	Cantera Megarok	2.870		NO	-	8.10	8.11	1.08
Ambato	Cantera Playa Llagchoa	2.5		SÍ	-	-	-	-
	Cantera Villacrés	3		NO	-	-	-	-
	Planta "Constructora Arias"	2.9		NO	-	-	-	-
Quito	Mina HOLCIM Pífo	2.8		SÍ	32.90	-	-	-
	Cantera El Guabo	2.35		SÍ	24.20	-	-	-
	Cantera Fucusucu V	2.11		SÍ	24.10	-	-	-
	Cantera Rosita	1.65		NO	31.60	-	-	-
Riobamba	Cantera Sillahua	1.42		NO	-	0.55	-	-
	Cantera Hnos. Castro	2.86		NO	-	-	-	-
Cuenca	Río Jubones	2.37		SÍ	-	9.38	36.00	-
Oriente	Formación Hollín	0.99	NO	0.42	-	-	-	
	Río Zamora	1.46	NO	-	9.00	-	-	
Galápagos	San Cristobal	3.87	NO	-	18.5	-	-	

APÉNDICE B

Análisis de precio unitario de la producción de un metro cuadrado de mortero de relación 1:3 requerido en una actividad específica de una construcción

Tabla 3.24 Análisis del precio unitario de la elaboración de un mortero tradicional de relación 1:3 para nivelación de pisos para Guayas, Pichincha, Azuay y Manabí [Tabla elaborada por la autora]

Actividad	Mortero tradicional de relación 1:3 y espesor de 5cm para nivelación de pisos			Unidad	m ²
Materiales					
Guayas					
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	25.75	5	\$ 0.16	\$ 4.15
Arena	m ³	0.052	5	\$ 13.50	\$ 0.74
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.85	\$ 0.02
SikaFiber AD – Microfibra para concreto y mortero con plastificante en polvo	Kg	0.05	5	\$6.97	\$0.36
				Sub – Total	\$ 5.28
Pichincha					
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	25.75	5	\$ 0.17	\$ 4.46
Arena	m ³	0.052	5	\$ 11.00	\$ 0.61
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.66	\$ 0.01
SikaFiber AD – Microfibra para concreto y mortero con plastificante en polvo	Kg	0.05	5	\$6.97	\$0.36
				Sub – Total	\$ 5.44
Azuay					
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	25.75	5	\$ 0.17	\$ 4.55
Arena	m ³	0.052	5	\$ 11.00	\$ 0.61
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.66	\$ 0.01
SikaFiber AD – Microfibra para concreto y mortero con plastificante en polvo	Kg	0.05	5	\$6.97	\$0.36

					Sub – Total	\$ 5.53
Manabí						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	25.75	5	\$ 0.16	\$ 4.37	
Arena	m ³	0.052	5	\$ 11.00	\$ 0.61	
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.66	\$ 0.01	
SikaFiber AD – Microfibra para concreto y mortero con plastificante en polvo	Kg	0.05	5	\$6.97	\$0.36	
					Sub – Total	\$ 5.36

Tabla 3.25 Análisis del precio unitario de la elaboración de un mortero tradicional de relación 1:3 para enlucido de pared para Guayas, Pichincha, Azuay y Manabí [Tabla elaborada por la autora]

Actividad	Mortero tradicional de relación 1:3 y espesor de 2cm para enlucido de pared				Unidad	m ²
Materiales						
Guayas						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	10.30	5	\$ 0.16	\$ 1.66	
Arena	m ³	0.021	5	\$ 13.50	\$ 0.30	
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.85	\$ 0.02	
SikaFiber – Microfibra para hormigón y mortero	Kg	0.012	5	\$6.83	\$0.09	
					Sub – Total	\$ 2.07
Pichincha						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	10.30	5	\$ 0.17	\$ 1.78	
Arena	m ³	0.021	5	\$ 11.00	\$ 0.24	
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.66	\$ 0.01	
SikaFiber – Microfibra para hormigón y mortero	Kg	0.012	5	\$6.83	\$0.09	
					Sub – Total	\$ 2.13
Azuay						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	

Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	10.30	5	\$ 0.17	\$ 1.82
Arena	m ³	0.021	5	\$ 11.00	\$ 0.24
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.66	\$ 0.01
SikaFiber – Microfibra para hormigón y mortero	Kg	0.012	5	\$6.83	\$0.09
				Sub – Total	\$ 2.16
Manabí					
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	10.30	5	\$ 0.16	\$ 1.75
Arena	m ³	0.021	5	\$ 11.00	\$ 0.24
Agua	m ³	0.016	5	\$ 0.66	\$ 0.01
SikaFiber – Microfibra para hormigón y mortero	Kg	0.012	5	\$6.83	\$0.09
				Sub – Total	\$ 2.09

Para el cálculo del volumen de mortero requerido para un metro cuadrado de mampostería se empleó como material de construcción, un bloque de hormigón liviano de (40x20x20) cm y se asumió un espesor de junta de 1.5 cm, con lo cual se llegó a obtener 12 bloques de hormigón por cada metro cuadrado de muro. Teniendo en cuenta este dato, se procedió a determinar el volumen del mortero utilizando la siguiente fórmula:

$$V_{mor} = V_{mu} - (n_{bloq} * V_{bloq})$$

Ecuación 1

Donde:

V_{mor} : Volumen de mortero

V_{mu} : Volumen de muro = $1[m^2] * 0.2[m] = 0.20[m^3]$

n_{bloq} : Número de bloques = 12

V_{bloq} : Volumen de bloque = $0.2[m] * 0.2[m] * 0.4[m] = 0.016[m^3]$

De manera que:

$$V_{mor} = 0.20[m^3] - (12 * 0.016[m^3]) = \mathbf{0.008 [m^3]}$$

Teniendo en cuenta este valor, a continuación, se procede a determinar el costo los materiales que lo conforman, en las provincias con mayor número de construcciones:

Tabla 3.26 Análisis del precio unitario de la elaboración de un mortero tradicional de relación 1:3 para construcción de un muro para Guayas, Pichincha, Azuay y Manabí
[Tabla elaborada por la autora]

Actividad	Mortero tradicional de relación 1:3 y espesor de 20cm para construcción de muro				Unidad	m ²
Materiales						
Guayas						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	4.12	5	\$ 0.16	\$ 0.67	
Arena	m ³	0.008	5	\$ 13.50	\$ 0.12	
Agua	m ³	0.003	5	\$ 0.85	\$ 0.01	
				Sub – Total	\$ 0.79	
Pichincha						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	4.12	5	\$ 0.17	\$ 0.71	
Arena	m ³	0.008	5	\$ 11.00	\$ 0.10	
Agua	m ³	0.003	5	\$ 0.66	\$ 0.01	
				Sub – Total	\$ 0.82	
Azuay						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	4.12	5	\$.17	\$ 0.73	
Arena	m ³	0.008	5	\$ 11.00	\$ 0.10	
Agua	m ³	0.003	5	\$ 0.66	\$ 0.01	
				Sub – Total	\$ 0.84	
Manabí						
Descripción	Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg – Holcim DISENSA	Kg	4.12	5	\$ 0.16	\$ 0.70	
Arena	m ³	0.008	5	\$ 11.00	\$ 0.10	
Agua	m ³	0.003	5	\$ 0.66	\$ 0.01	
				Sub – Total	\$ 0.81	

Los precios unitarios correspondiente a los materiales descritos en las tablas 3.22, 3.23 y 3.24 fueron obtenidos del registro de precios unitarios de las actividades realizadas en una construcción de acuerdo a la provincia donde se ubique la obra, de la página de

Insucons, Ecuador. A continuación, se procede a realizar el APU de las actividades previamente mencionadas, considerando que se utiliza un tipo de mortero industrializado ideal para su ejecución.

Tabla 3.27 Análisis de precio unitario del empleo de un mortero industrializado por metro cuadrado para una actividad particular en una obra [Tabla elaborada por la autora]

Materiales						
Actividad	Mortero tradicional de relación 1:3 y espesor de 5cm para nivelación de pisos				Unidad	m²
Descripción		Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal
MAXIMIX Topping 210 40 kg INTACO		Kg	100	5	\$ 0.10	\$ 10.16
Agua		m ³	0.006	5	\$ 0.85	\$ 0.06
					Sub – Total	\$ 10.17
Actividad	Mortero tradicional de relación 1:3 y espesor de 2cm para enlucido de pared				Unidad	m²
Descripción		Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal
ENLUMAX Capa Gruesa 40 Kg		Kg	40	5	\$ 0.09	\$ 3.82
Agua		m ³	0.006	5	\$ 0.85	\$ 0.06
					Sub – Total	\$ 3.88
Actividad	Mortero tradicional de relación 1:3 para ser utilizado como elemento de pega en construcción de muro de 20 cm de espesor				Unidad	m²
Descripción		Unidad	Cantidad	% Desperdicio	P. Unitario	Subtotal
PEGABLOK N 40 Kg		Kg	16	5	\$ 0.07	\$ 1.15
Agua		m ³	0.006	5	\$ 0.85	\$ 0.06
					Sub – Total	\$ 1.21

ANEXO C

Clasificación del nivel de riesgo de impacto ambiental, de acuerdo con el método elaborado por Conesa-Fernández

Tabla 4.6 Designación de grado de riesgo de impacto ambiental [Tabla elaborada por la autora]

Grado de Riesgo	Puntaje	Acciones por tomar según el Grado de Riesgo
No Significativo	≤ 6	No requiere acción.
Bajo	7 a 12	<ul style="list-style-type: none"> - El grado de riesgo es tolerable. - No requiere controles adicionales. - Si requiere monitoreo operativo, para asegurar que se mantengan los controles existentes.
Medio	13 a 24	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere planificar medidas para reducir el grado de riesgo o mantenerlo bajo control (ej. Definir Procedimientos, planes de acción). - Requiere monitoreo del jefe de Sector para asegurar que se mantengan los controles.
Alto	25 a 75	<ul style="list-style-type: none"> - Tomar medidas para reducir el grado de riesgo en forma inmediata. - Requiere monitoreo del Comité de Riesgos y Cambios, para asegurar la implementación de las medidas
Intolerable	>75	El trabajo NO DEBE empezar ni continuar hasta que el riesgo se haya reducido, con la implementación de una medida de mitigación.