



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**COMPARAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO
CONVENCIONAL, EMPLEANDO ESPECIMENES CILÍNDRICOS Y CÚBICOS,
UTILIZANDO ARENA DE CERRO MOTASTEPE.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Jorge Luis Munguía

Tutor

MSc. Ing. Juan Carlos Mendoza

Managua, enero 2023

DEDICATORIA

A mis padres, a la compañera de vida, a los alumnos por haber no coordinados con conocimientos necesario, para poder enfrentar con sabiduría este presente reto y, por ende, poder formarnos como futuros profesionales para servir a la sociedad.

A todos aquellos interesados en contribuir a la preservación de la sabiduría y el conocimiento.

Al profesor por su constancia para conmigo y por estar pendiente del desarrollo del trabajo. Y con esto ha logrado en nosotros surgir una conciencia investigadora que va más allá de lo que se nos presenta. Santiago 1: 4,5,6.

AGRADECIMIENTO

A Dios Cristo Jesús por estar siempre al lado apoyándome en el conocimiento y la sabiduría que nos da a todos gratuitamente.

Por ser quien medio la vida y el don de la perseverancia y la paciencia para continuar estudiando, a los profesores, a mi tutor MSc ING: Juan Carlos Mendoza, al ING: Johnny Robles.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

Contenido

1.1 INTRODUCCION	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 JUSTIFICACION	3
1.4 OBJETIVO	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivo específicos	4
1.5 MARCO TEÓRICO.....	5
1.5.1 Mortero.....	5
1.5.2 Clasificación de los morteros.....	9
1.5.3 Propiedad de los morteros	9
1.5.4 Tipos de morteros	10
1.5.4.1 Mortero convencional	10
1.5.4.2 Mortero con cal.....	11
1.5.4.3 Mortero con yeso.....	12
1.5.4.4 Mortero Bastardo.....	13
1.5.5 Componentes de los morteros convencional	13
1.5.5.1 Cemento.....	13
1.5.5.1.1 Tipos de Cementos.....	14
1.5.5.1.1.1 Cementos Portland.....	14

1.5.5.1.1.2	Cemento Tipo GU.....	16
1.5.5.1.1.3	Cemento mampostería	17
1.5.5.1.2	Propiedades del Cemento	18
1.5.6	Agregado fino (Arena)	20
1.5.6.1	Clasificación de las arenas	20
1.5.6.2	Propiedades físicas de las arenas	21
1.5.6.3	Módulo de Finura	25
1.5.6.4	Colorimetría.....	26
1.5.7	Agua para mortero	26
1.5.8	Relación agua cemento.....	27
1.6	Diseño metodológico.....	28
1.6.1	Etapa 1: Trabajo de campo.....	28
1.6.1.1	Muestreo de agregado fino.....	28
1.6.1.2	Ensayo físico mecánico del agregado fino	29
1.6.1.3	Diseño de mezcla.....	30
1.6.1.4	Elaboración de especímenes	30
1.6.2	Etapa 2: Trabajo de gabinete.....	31
1.6.3	Etapa 3: Redacción del documento y revisión final	31
CAPÍTULO II: PRUEBA A MATERIALES Y MORTERO.....		33
2.1	Cerro motastepe.....	33
2.2	Análisis de la calidad de la arena	34

2.2.1 Granulometría y módulo de finura (ASTM C 136).....	35
2.2.1.1 Cálculo de los porcentajes retenidos parciales	35
2.2.1.2 Calculo del porcentaje retenido acumulado	36
2.2.1.3 Cálculo del porcentaje que pasa.....	36
2.2.1.4 Cálculo del módulo de finura	36
2.2.1.5 Cálculo del material más fino que la malla N°200	37
2.2.1.6 Análisis e interpretación de resultado	39
2.2.2 Gravedad específica y absorción (ASTM C128)	40
2.2.2.1 Cálculo de gravedad específica o densidad relativa	40
2.2.2.2 Análisis e interpretación de resultados	43
2.2.3 Peso Unitario (ASTM C 29)	43
2.2.3.1 Cálculo del Peso volumétrico seco suelto.....	43
2.2.3.2 Cálculo del peso volumétrico seco compacto	44
2.2.3.3 Análisis e interpretación de resultado	45
2.3 Diseño de mortero.....	46
2.4 Resistencia a la compresión de especímenes de mortero.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	66
Bibliografía	68

ANEXO	I
ANEXOS II. Datos Técnicos del Cemento Canal.....	II
ANEXO III. Requerimientos normados	III
ANEXO IV. Tabla: Propiedades Física Química.....	IV
ANEXOS V. Figura: Procedimiento de los ensayos de laboratorio	V

RESUMEN

El mortero se ha usado desde tiempos antiguos, es una mezcla que formada por un cementante, agregado fino como la arena y agua forman una pasta que luego endurece y brindara propiedades de resistencia y adherencia a la mampostería.

Pero muchas veces, se desconocen los procedimientos y normativas aplicadas para la correcta ejecución y evaluación de esta importante propiedad. Y este punto, ha sido la base para llevar a cabo este tema monográfico: Comparar la resistencia a la compresión de mortero convencional, empleando especímenes cilíndricos y cúbicos, utilizando arena de procedencia del cerro motastepe.

Se evaluó la resistencia a la compresión presentada por el mortero a las edades de 3, 7, y 28 días, cuando son empleados los procedimiento y especímenes descritos en la norma ASTM C 780.

Este trabajo monográfico se desarrolló en III capítulos, ordenados de la siguiente manera:

El capítulo I: está constituido por el aspecto general como, Introducción, Antecedentes, Justificación, Objetivos de la investigación.

Marco teórico de la investigación, en él se aborda de manera ordenada todo lo relacionado con los morteros, partiendo de la definición y descripción de las propiedades de cada uno de sus componentes

El capítulo II: prueba de materiales y morteros se enfoca en el análisis e interpretación de datos, tabulación e imágenes, se presentan resultados obtenidos de los ensayos realizados.

Por último, como capítulo III: de este trabajo de Monográfico, se indican las conclusiones, recomendaciones.

Las referencias bibliográficas y anexos después de haber sido evaluado e interpretado los resultados de la investigación.

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Requerimiento de Propiedades Especifica ASTM C 1152	7
Tabla N°2 Requisito de Especificaciones de propiedad ASTM C 270	8
Tabla N°3 Tipos de Cementos	14
Tabla N° 4 tipo de cemento portland según ASTM C 150	15
Tabla N°5 Requisito de composición estándar del cemento Portland.....	16
Tabla N°6 Abertura de tamiz Granulométrico	24
Tabla N°7 Especificación Granulométrica para agregado fino a utilizar en mortero.....	25
Tabla N°8 Banco de materiales	28
Tabla N°9 Ensayo físico mecánico en muestra de agregado fino.....	29
Tabla N°10 Cantidad de especímenes cilíndricos y cúbicos a fabricar por mezclade mortero	30
Tabla N°11 Cálculo para el análisis de la granulometría dela arena del cerro Motastepe	38
Tabla N°12 Clasificación del agregado fino de acuerdo al módulo de finura	38
Tabla N°13 Gravedad específica y absorción de la arena del cerro motastepe	42
Tabla N°14 Datos para el peso volumétrico seco suelto.....	45
Tabla N° 15 Datos para el peso volumétrico compacto	45
Tabla N°16 Diseño de mortero	46
Tabla N°17 Dosificación final.....	48
Tabla N°18 Resistencia a la compresión a los 3 días a especímenes cúbicos de2x2 pulg,	50

Tabla N°19 Resistencia a la compresión a los 3 días a especímenes cilíndricosde 2x4 pulg,.....	51
Tabla N°20 Resistencia a la compresión a los 3 días a especímenes cilíndricosde 3x6 pulg,.....	51
Tabla N°21 Porcentaje de variación de la resistencia a especímenes cúbicos de2x2 pulg, cilindros 2x4 pulg, 3x6 pulg, a los 3 días	52
Tabla N°22 Resistencia a la Compresión a los 7 días en Especímenes cúbicosde 2x2 pulg,	54
Tabla N°23 Resistencia a la compresión a los 7 días en especímenes cilíndricosde 2x4 pulg,.....	54
Tabla N°24 Resistencia a la compresión a los 7 días en especímenes cilíndricosde 3x6 pulg,.....	55
Tabla N°25 Porcentaje de variación de la resistencia a especímenes cúbicos de2x2 pulg, cilindros 2x4 pulg, 3x6 pulg, a los 7 días	56
Tabla N°26 Resistencia a la Compresión a los 28 días en especímenes Cúbicosde 2x2 pulg,.....	58
Tabla N°27 Resistencia a la compresión a los 28 días a especímenes cilíndricode 2x4 pulg,	58
Tabla N°28 Resistencia a la compresión a los 28 días a especímenes cilíndricode 3x6 pulg,	59
Tabla N°29 Porcentaje de Variación de la resistencia a especímenes cubico de2x2 pulg, cilindros 2x4 pulg, 3x6 pulg, a los 28 días.....	60
Tabla N° 30 Comparación entre el incremento de resistencia en porcentaje de los diferentes especímenes con respecto a la resistencia a los 28 días	61
Tabla N° 31: Porcentaje de variación y factor de ajuste de la resistencia a la compresión tomando como patrón los especímenes cúbicos a los 3 días...	62
Tabla N° 32: Porcentaje de variación y factor de ajuste de la resistencia a la compresión tomando como patrón los especímenes cúbicos a los 7 días...	62

Tabla N° 33: Porcentaje de variación y factor de ajuste de la resistencia a la compresión tomando como patrón los especímenes cúbicos a los 28 días. 62

Tabla N°34 Propiedades Física Química..... anexo IV

INDICE DE FIGURA

Figura N°1 Mortero en estado fresco.....	V
Figura N°2 Especímenes cilíndricos y cúbicos sometido a compresión	V
Figura N° 3 Micro localización	V
Figura N° 4 Horno de secado de arena	V
Figura N° 5 Balanza de precisión	VI
Figura N° 6 Juego de tamices	VI
Figura N° 7 Resultado de cribado.....	VI
Figura N° 8 Arena saturada.....	VI
Figura N° 9 Procedimiento del cono truncado en estado húmedo	VII
Figura N° 10 Procedimiento del cono truncado	VII
Figura N°11 Procedimiento del picnómetro	VII
Figura N° 12 Muestra de la arena dentro del picnómetro	VII
Figura N° 13 Recipiente volumétrico para ensayo	VIII
Figura N° 14 Proceso de llenado y enrasado del peso volumétrico suelto.....	VIII
Figura N° 15 Recipiente volumétrico con agregado fino (arena).....	VIII
Figura N° 16 Aplicación de 25 golpes a la primera capa	VIII
Figura N° 17 Varillado por capas y enrazado	IX
Figura N° 18 Botella incolora con solución NaOH	IX
Figura N° 19 Mesa de Fluidez y cono truncado.....	IX
Figura N° 20 Forma de levantar el cono truncado Mortero listo para iniciar con la secuencia de 25 golpes en 25 segundo	IX
Figura N° 21 Medición de las 4 lecturas del mortero en las marcas de flujo. X	X

Figura N° 22 Regla de medición de fluidez.....	X
Figura N° 23 Mezcladora mecánica.....	X
Figura N° 24 Llenado de mortero a moldes de cilindros y cubos	X
Figura N° 25 Forma de apisonado por capas de los especímenes	XI
Figura N° 26 Aplicación del acabado en la superficie del cilindro y cubos ...	XI
Figura N° 27 Desmoldar, rotular los especímenes cilíndricos y cúbicos	XI
Figura N° 28 Especímenes cúbicos de 2x2 pulg, en la recamara de compresión para ensayo	XI
Figura N° 29 Especímenes cilindro de 2x4 pulg, en la recamara de compresión para ensayo	XII
Figura N° 30 Espécimen cilindro de 3x6 pulg, en la recamara de compresión para ensayo	XII

INDICE DE GRAFICA

GRAFICA N° 1 Curva granulométrica	39
GRAFICA N° 2 Promedio por edad a los 3 días	53
GRAFICA N° 3 Promedio por edad a los 7 días	57
GRAFICA N° 4 Promedio por edad a los 28.....	61

1.1 INTRODUCCION

El mortero es esencial en construcción, ya que es el material con el que se unen los bloques de construcción como ladrillo, piedras, bloques de hormigón etc. Además, se usa para rellenar los espacios que quedan entre los bloques y para el repello de paredes. El mortero se ha usado desde tiempos antiguos y es una mezcla que forma una pasta de cemento, agregado fino (arena) y agua. Como material de construcción ofrece, superficies con acabados estéticos, moldeo de figura, rellenos etc.

Tomando en cuenta esta situación, se plantea realizar un estudio sobre la determinación de la resistencia a la compresión de mortero empleando especímenes cilíndricos y cúbicos, utilizando arena del cerro Motastepe; basándose en la norma ASTM C 780: Método para la evaluación de morteros, antes y durante la construcción, para mampostería confinada o no reforzada. Se hará ensayos correspondientes en el laboratorio, para caracterizar el agregado fino arena y se elaborarán especímenes cúbicos de 2 pulg. de arista y especímenes cilíndricos de 2 pulg. de diámetro por 4 pulg. de altura y 3 pulg. diámetro x 6 pulg. de altura, para ensayarlos a compresión, teniendo como patrón los especímenes cúbicos, y determinar su resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días, para cada uno de los especímenes elaborados.

Para el desarrollo de esta investigación se han establecido 2 variables, las cuales son: Cemento de uso general, y la arena procedente de la zona del occidente del país específicamente del cerro Motastepe km 8 carretera nueva a león. Estableciendo como base el diseño de mezcla de mortero con la siguiente proporción, una parte de cemento por tres partes de arena, de la Tabla N°2 de la norma ASTM C 270.

Muchas propiedades del mortero no están definidas cuantitativamente en términos precisos. Por estas y otras razones no hay normas o de supervisión para morteros completamente basadas en el desempeño, y se continuaran usando las normas tradicionales prescriptivas en la mayoría de situaciones.

1.2 ANTECEDENTES

En un intento de tipificar los métodos de ensayos, de Sociedad Americana de ensayos de materiales, conocida por siglas en inglés como ASTM, ha redactado especificaciones que son de uso común en Estados Unidos y numerosos países de América y Europa, y en el caso de ello Nicaragua.

Pero a pesar de esto, en las especificaciones para prueba de compresión de mortero no se determina un tipo específico de molde a utilizar, sino que se dan 3 opciones, la experiencia en el país empíricamente, ha demostrado que no se tiene un conocimiento claro de ellas, ya que las especificaciones particulares de proyectos exigen la determinación de la resistencia a la compresión de dichos morteros, utilizando especímenes cúbicos de 2 pulgadas, obviando los especímenes cilíndricos de 2pulg x 4pulg y 3pulg x 6pulg, cuando en la norma (ASTM C 780 anexo 1.6.3), está claramente definido el uso de cubos 2x2 pulg, y no determina los otros, cilindros de 2pulg x 4 pulg, (5cm x 10cm), 3pulg x 6pulg (8cm x 15cm).

La intención principal de este trabajo investigativo es analizar una propuesta que permita valorar las propiedades técnicas de los morteros a ser empleados en la construcción de muros de mampostería, repello y de otros usos, en cuanto a la forma geométrica de los especímenes y no encerrarse definitivamente en los moldes cúbicos estandarizados, sino también en los moldes cilíndricos, pero valorando su efectividad y trabajabilidad.

1.3 JUSTIFICACION

Los tamaños de los especímenes de mortero utilizados para la prueba de resistencia a la compresión en el país solo son de cubos de 2pulg (50.8mm) de aristas, son según especificaciones de proyectos locales, mientras que está prescrito en la norma ASTM C 780 “Método de prueba estándar para pre construcción y evaluación de morteros para unidad confinada y no reforzado”, el uso tanto de cilindros de 3 pulg x 6 pulg (8cm x 15cm) y 2 pulg x 4 pulg (5cm x 10cm) como de los cubos de 2 pulg (5cm). Por lo cual es necesario llevar un estricto control de calidad de dichos diseños.

Es evidente, por tanto, la necesidad de realizar estudios que puedan establecer medida más idónea de especímenes para realizar la prueba de la resistencia a la compresión de mortero, para obtener formas geométricas más amigables o más fáciles de fabricar según normas y conveniente para este tipo de pruebas, que garanticen datos certeros y que permitan elaborar dichas pruebas de manera más rápida y a un menor costo.

En esta investigación se pretende tomar como materias primas el cemento de uso general, y como agregados, arena proveniente del cerro Motastepe, ubicada en el departamento de Managua al occidente de nuestro país, realizándole pruebas para establecer su comportamiento y calidez.

Por lo anteriormente expresado, se justifica de realizar un estudio respecto a la Determinación de la resistencia a la compresión de mortero empleando especímenes cúbicos y cilindros, aplicando lo establecido en las normas (ASTM C 780 anexo 1.6.3.1) que sean necesarias para su desarrollo. Dicho estudio se plasmará en un documento que servirá como una herramienta auxiliar de gran ayuda, no solo para estudiantes sino también para formuladores, constructores y supervisores de proyectos de las empresas del país.

1.4 OBJETIVO

1.4.1 Objetivo General

Comparar la resistencia a la compresión de mortero convencional, empleando especímenes cilíndricos y cúbicos, utilizando arena del cerro motastepe en base a la norma ASTM C 780.

1.4.2 Objetivo Específicos

Caracterizar el agregado fino (arena de motastepe), para determinar sus propiedades físicas en base a las normas ASTM.

Realizar mezclas de mortero convencional, tomando en cuenta las propiedades de los materiales y considerando una proporción de una parte de cemento y tres partes de arena (1:3) según Tabla 2 ASTM C 270.

Elaborar especímenes cilíndricos de 2 pulg (50.8mm) x 4 pulg (101.6mm), 3 pulg (76.2mm) x 6 pulg (152.4mm) y especímenes cúbicos de 2 pulg (50.8mm) de arista, según la ASTM C780.

Comparar la resistencia a la compresión de los diferentes especímenes cilíndricos, teniendo como patrón los especímenes cúbicos, determinando la confiabilidad entre estos y su nivel de aceptación.

1.5 MARCO TEÓRICO

1.5.1 Mortero

El mortero es esencial en construcción, ya que es un material con que se unen los bloques de construcción como ladrillos, piedras, bloques de hormigón etc. Además, se usa para rellenar los espacios de los bloques y para el relleno de paredes. El mortero se ha usado desde tiempos antiguos y es una mezcla que forma una pasta de cemento, agregado fino como la arena y agua, como se muestra en la figura N°1.

Figura 1: Mortero en estado fresco.



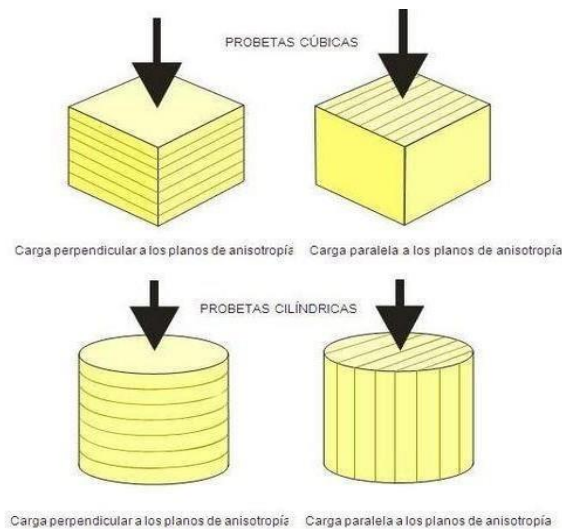
Fuente: <http://Wikipedia.org>

La fase del mortero una vez mezclado y amasado. En esta etapa el mortero es plástico y trabajable, lo que permite su puesta en obra e influirá principalmente en el rendimiento y la calidad de la ejecución. Superada esta fase el mortero endurece hasta consolidarse.

Las propiedades en estado endurecido son estipuladas por las prescripciones de proyecto y por el cumplimiento de las exigencias normativas y reglamentarias, entre una de las funciones principales está el servir como dispositivo de unión y como dispositivo de la compresión, producto de las cargas de los elementos de mampostería. Esta resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes, ya que estará presente durante el transcurso de su vida útil y de ella depende la estabilidad de la obra que se ejecute. Por lo cual se requiere el adecuado establecimiento de la resistencia a la compresión del mortero, para que

este pueda soportar las cargas, según lo requerido por el diseño.

Figura 1: Especímenes cúbicos y cilíndricos sometidos a compresión.



Fuente: <http://www.construmatica.com>

A pesar que la exploración de mortero es muy amplia en las obras civiles que se construyen en el país, la metodología empleada para determinar la resistencia a la compresión por parte de los proyectistas, en la mayoría de veces, no es la adecuada.

Tomando en cuenta esta situación, se plantea realizar un estudio sobre la comparación de la resistencia a la compresión de mortero convencional, empleando especímenes cúbicos como patrón vs cilindros, utilizando arena del cerro Motastepe.

Basándose en la norma ASTM C 780: METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA PRE CONSTRUCCION Y CONSTRUCCION DE EVALUACION DE MORTEROS PARA UNIDADES CONFINADA Y NO REFORZADO, de acuerdo a la misma, se elaborarán especímenes cúbicos de 2 x 2 pulg y cilíndricos de 2 pulg x 4 pulg, 3 pulg x 6 pulg, ensayados y establecer su resistencia a la compresión a los 3, 7, y 28 días respectivamente.

Para el desarrollo de esta investigación se han establecido 2 variable, las cuales son cemento de uso general bajo la Norma (ASTM C 1157), y la arena procedente

del cerro Motastepe del departamento de Managua.

Estableciendo como base de diseño de mortero: 1 parte de cemento y tres partes de arena.

Este proyecto de investigación consiste principalmente a un análisis científico, el método de resistencia a la compresión del mortero, con diferentes especímenes (cúbicos y cilíndricos) con la finalidad de generar información científica y fidedigna, que demuestre lo factible y eficiente que es el cubo 2x2 pulg, como patrón económico rentable y fácil de maniobrar en su ensayo.

Según la tabla N° 2, de la norma ASTM C 270, el mortero debe cumplir con requisitos de resistencias y retención de agua.

Tabla N° 1: Requerimientos para la especificación por proporciones

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (Materiales comandantes)							Proporción de agregado (medio en condiciones húmedo suelto)	
		Cemento Hidráulico	Cemento para mortero de pega			Cemento de Mampostería				Cal hidratada o de cal pasta
			M	S	N	M	S	N		
Cemento-cal	M	1	Más $\frac{1}{4}$	
	S	1	...	...	...	...	...	...	Más de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$
	N	1	...	...	...	...	...	...	Más de $\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{4}$
	O	1	...	...	...	...	...	...	Más de $1\frac{1}{4}$ a $2\frac{1}{2}$
Cemento para mortero de pega	M	1	1	No menos que $2\frac{1}{4}$ y no más que 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	M	...	1	...	...	...	...	...	...
	S	$\frac{1}{2}$	...	...	1	...	...	...	...
	S	...	...	1	...	...	...	...	...
	N	...	...	...	1	...	...	...	...
Cemento de mampostería	O	...	...	...	1	...	...	...	...
	M	1	...	...	...	...	1	...	...
	M	...	...	...	...	1	...	...	...
	S	$\frac{1}{2}$	...	...	...	...	...	1	...
	S	...	...	...	...	...	1	...	...
	N	...	...	...	...	...	...	1	...
O	...	...	...	...	...	...	1	...	

Fuente: Sociedad americana de ensayos de materiales ASTM C 270.

Los morteros se denominan según sea el aglomerante. Así se tienen morteros de yeso, de cal o de cemento. Los morteros, como los aglomerantes, se clasifican en aéreos e hidráulicos. Los morteros se utilizan en mampostería confinada y mampostería reforzada). RNC 01-07-56,07-60, y Arto.62 Mortero.

Tabla N° 2: Requisitos para la especificación por propiedades ASTM C 270

Mortero	tipo	Resistencia a la compresión promedio mínima MPa (lb/pulg ²)	Retención de agua mínima %	Contenido de aire máximo % ^B	Proporción de agregado (medido en condiciones húmedo suelto)
Cemento -cal	M	17,2 (2500)	75	12	No menos que 2¼ y no más que 3½ veces de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12,4 (1800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 ^C	
	O	2,4 (350)	75	14 ^C	
Cemento para mortero de pega	M	17,2 (2500)	7	12	
	S	12,4 (1800)	5	12	
	N	5,2 (750)	7	14 ^C	
	O	2,4 (350)	5	14 ^C	
			7		
			5		
			7		
			5		
Cemento de mampostería	M	17,2 (2500)	7	1	
	S	12,4 (1800)	5	8	
			7	1	
			5	8	
Cemento de mampostería	N	5,2 (750)	75	20 ^D	
	O	2,4 (350)	75	20 ^D	
<p>^A Únicamente para mortero preparado en laboratorio (véase nota 5).</p> <p>^B Véase la Nota 5</p> <p>^C Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento-cal, o en un mortero de cemento para mortero de pega, el máximo contenido de aire debe ser 12%.</p> <p>^D Cuando el estructural está embebido en un mortero de cemento de mampostería, el máximo contenido de aire debe ser 18%.</p>					

Fuente: Sociedad americana de ensayos de materiales ASTM C 270.

1.5.2 Clasificación de los morteros de mampostería

De acuerdo con la norma ASTM C 270, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades, o por sus proporciones. Toda especificación debe hacerse por una sola categoría de las indicadas, pero no por ambas (son excluyentes).

La especificación por propiedades (resistencia a la compresión, retención de agua y contenido de aire).

Se asume que las proporciones establecidas en laboratorio son las que se emplearan al mezclar en obra, esperándose del producto un comportamiento satisfactorio.

La especificación por proporciones se basa en el conocimiento previo de los pesos unitario de los materiales componentes del mortero.

Desde los albores de la civilización, este material ha sido utilizado como material de construcción de edificio y defensas, alternativo a otros materiales como la piedra o madera.

1.5.3 Propiedades de los morteros.

- **Manejabilidad:** especialmente importante en morteros de rellenos de celdas, de pega de bloques, de revoco etc. Depende principalmente el contenido de agua, agregado de finura del cemento. Se evalúa mediante ensayo de mesa de flujo método del cono de penetración.
- **Retención de agua:** debe ser alta, para evitar agrietamiento y pérdida de resistencias. Se logra con el cemento ASTM C91.
- **Retracción de secado:** es alta en morteros (alto contenido de pasta) y por lo tanto debe tratar de disminuirse. Se recomienda emplear bajos contenidos de cemento, bajo contenidos finos y en lo posible cemento adicionados. Debe ser curado tan rigurosamente como el hormigón.

- **Resistencias mecánicas:** El cemento al hidratarse con el agua constituye que asegura la resistencia del esqueleto de agregado que conforman morteros.

En la pasta endurecida independientemente la resistencia propia del cemento, la resistencia se debe al volumen de producto de hidratación que se forman en el espacio definitivo por el cemento y el agua de mezcla. Factor que en cierta medida se expresa en la clásica relación agua cemento. La arcilla disminuye las resistencias por lo cual es indispensable controlar su inclusión a través de las arenas sucias.

1.5.4 Tipos de morteros.

Según la necesidad en estética, en disminuir o aumentar el tiempo de fraguado, en disminuir la capacidad de absorber humedad, en acabado hasta estructuralmente varía la forma de presentar los tipos de morteros. Estos dependen de los materiales que los componen, ejemplo:

1.5.4.1 Mortero convencional.

El mortero convencional está compuesto solamente de agregado fino (Arena), Cemento, y agua. Muy utilizado en nuestro país, para repello en paredes, para juntas de pegos de unidades de bloques, para elaborar bloques (aunque estos con una fluidez menor a la recomendada), para anivelar cascote de pega de cerámicas, azulejos o pisos. Entre otras actividades donde se utiliza dicho mortero convencional, es muy aplicado en la práctica, pero sin un correcto control de calidad.

Posee gran resistencia y asimismo rapidez en secarse y endurecerse. Sin embargo, es escasamente flexible, y puede agrietarse con facilidad.

En algunos casos se emplean arenas con ligeros contenidos de limo o arcilla, para darle mayor trabajabilidad al mortero, sin embargo, los morteros fabricados con este tipo de arena no son muy resistentes. Si el mortero tiene muy poco cemento la mezcla se hace áspera y poco trabajable, ya que las partículas de arena se rozan entre sí, pues no existe suficiente pasta de cemento que actúe como lubricante.

1.5.4.2 Mortero con cal.

Es un tipo de mortero compuesto de cal, tales como, de arenas globales, y agua. Es uno de los tipos de mortero antiguos más conocidos, que data del siglo cuarto antes de Cristo y ampliamente utilizado en la antigua Roma y Grecia. Fue reemplazado en gran medida por los morteros de barro y yeso común para la construcción del antiguo Egipto.

Con la introducción del cemento Portland ordinario (OPC) en el siglo XIX el uso de mortero de cal en construcciones nuevas, disminuyó gradualmente, en gran parte, debido a la facilidad de uso de Portland, ajuste rápido y resistencia a la compresión. Sin embargo, las propiedades suave y porosa del mortero de cal proporcionan ciertas ventajas cuando se trabaja con materiales de construcción más suaves, como la piedra natural y terracota.

El OPC sigue siendo de uso común en ladrillo y concreto, en la reparación de más edad, las estructuras de piedra y la restauración de edificios históricos el uso de OPC ha sido ampliamente desacreditado.

A pesar de su utilidad permanente, durante muchos siglos, la eficacia del mortero de cal como material de construcción, no ha sido bien entendida, las prácticas consagradas por el tiempo se basaban en la tradición, el folclore y los conocimientos comerciales, reivindicado por el gran número de edificios antiguos que quedan en pie. Solo durante las últimas décadas ha proporcionado pruebas empíricas, como una compresión científica de su durabilidad excepcional.

El mortero de cal se utiliza como una alternativa al cemento portland ordinario. Está hecho principalmente de agua de cal (hidráulica, o no hidráulica) y arena. Los morteros de cal y arena se usan para: ASTM C 207.

- Para revoques, una parte de cal por dos de arena.
- Para enlucidos, se utilizarán una parte de cal por una de arena.
- Para muros de ladrillos, una parte de cal y tres de arena.
- Para muros de mampostería: una parte de cal por cuatro de arena.
- Ventajas;
- Menor retracción.
- Menor figuración.

Desventajas;

- Menor rigidez mecánica.

1.5.4.3 Mortero con yeso.

El yeso, es un producto industrial, es sulfato de calcio hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), También llamado vulgarmente “Yeso cocido”. Se comercializa molido, en forma de polvo. El yeso es uno de los materiales más antiguos empleado en construcción. En el período Neolítico, con el dominio del fuego, comenzó a elaborarse yeso calcinando aljez. Se denomina mortero de yeso a aquel elaborado a base de yeso, arena y agua. Es menos resistente que otros morteros, pero endurece rápidamente. Normalmente no se utiliza para levantar mamposterías de división interior; se emplea con mayor frecuencia para fijar elementos de obra.

Los morteros de yeso y arena se utilizan para:

- Unir piezas de mampostería.
- Sellar las juntas de los muros.
- Para revestir los paramentos de las viviendas, sustituyendo al mortero de barro.

1.5.4.4 Mortero Bastardo.

➤ Morteros yeso y cal.

Debido a su resistencia al agua, se usan en zonas con bastante lluvia. Su superficie es poco porosa y presenta cierta repelencia al agua. Es aconsejable el uso de imprimaciones selladoras.

➤ Morteros cal y cemento.

Está compuesto por cemento, cal y arena que combina las cualidades de los dos anteriores. Si en la masa se pone más cemento que cal será más resistente y si la cantidad de cal es mayor será más flexible.

1.5.5 Componentes de los morteros convencionales.

1.5.5.1 Cemento.

Los materiales denominados como cementantes tienen como función servir de aglomerante y dar la resistencia esperada a la mezcla. Es decir, el cementante proporciona una soldadura entre grano y grano de arena, al cubrirlos en forma de película fina, la cual a la vez sirve de lubricante (determinante a la trabajabilidad) cuando el mortero está fresco (plástico) y de agente adhesivo- cohesivo cuando esta endurecido (determinante de la resistencia).

Se define como cemento los conglomerantes Hidráulicos que convenientemente amasados con agua, forman pasta que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos mecánicamente resistentes y estables tanto al aire como bajo agua.

1.5.5.1.1 Tipos de cementos.

Tabla N°3: Tipos de Cemento:

Cemento	Características	Aplicación en la construcción.
GU	Uso general en la construcción	Edificios, puentes, carreteras.
MS	Resistencia a los sulfatos	Trabajos en puentes base de prensas y alcantarillados.
MH	Media calor hidratación	
HE	Alta resistencia inicial	Concreto pretensados, potenzados vigas y bloques.
LH	Bajo calor de hidratación	Concreto masivo en presas, muros y rellenos.
HS	Alta resistencia a los sulfatos	Industria química, laguna de oxidación.

Fuente: ASTM C 1157

1.5.5.1.1.1 Cemento Portland.

Son los más comunes entre los cementos hidráulicos modernos. Se producen mezclando proporciones muy exactas de material calcáreos y argilaceos. Luego la mezcla se calcina en el horno rotatorio a una temperatura de aproximadamente 1500°C, con lo que se forma bolas nebulizadas duras, llamadas Clinker o escoria. Enseguida se muele el Clinker junto con un retardador (generalmente roca de yeso) hasta convertirlo en un polvo finísimo, que se conoce como cemento portland.

Tabla N°4: Tipos de cemento portland según ASTM C150

1.1.1	Tipo I:	Para usar cuando se especifican las propiedades especiales para cualquier otro tipo no se requieren.
1.1.2	Tipo LA:	Cemento incorporado de aire para los mismos usos del Tipo I, donde se desea el arrastre de aire.
1.1.3	Tipo II:	Para uso general, más especialmente cuando se desea resistencia a los sulfatos.
1.1.4	Tipo ILA:	Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo II, donde se desea el arrastre de aire.
1.1.5	Tipo II (MH):	Para uso general, más especialmente cuando. El calor moderado de hidratación y la resistencia moderada a los sulfatos son deseados.
1.1.6	Tipo II (MH) A —	Cemento incorporado de aire para el mismo se utiliza como II (MH), donde se desea el arrastre de aire.
1.1.7	Tipo III:	Para uso cuando se desea una alta resistencia inicial.
1.1.8	Tipo IIIA:	Cemento incorporador de aire para el mismo uso que Tipo III, donde se desea el arrastre de aire.
1.1.9	Tipo IV:	Para uso cuando se necesita un calor bajo de hidratación deseado.
1.1.10	Tipo V:	Para uso cuando se requiere alta resistencia a los sulfatos, deseados.

Fuente: ASTM C150

La tabla N°4 ilustra las propiedades estándar de composición de los cementos portland según ASTM C150.

Tabla N°5: Requisitos de composición estándar del cemento Portland

TABLE 1 Standard Composition Requirements

Cement Type ^A	Applicable Test Method	I and IA	II and IIA	II(MH) and II(MH)A	III and IIIA	IV	V
Aluminum oxide (Al ₂ O ₃), max, %	C114	...	6.0	6.0	...	...	...
Ferric oxide (Fe ₂ O ₃), max, %	C114	...	6.0 ^B	6.0 ^{B,C}	...	6.5	...
Magnesium oxide (MgO), max, %	C114	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Sulfur trioxide (SO ₃), ^D max, %	C114						
When (C ₃ A) ^E is 8 % or less		3.0	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
When (C ₃ A) ^E is more than 8 %		3.5	F	F	4.5	F	F
Loss on ignition, max, %	C114	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Insoluble residue, max, %	C114	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Tricalcium silicate (C ₃ S) ^E , max, %	See Annex A1	...	...	...	...	35 ^C	...
Dicalcium silicate (C ₂ S) ^E , min, %	See Annex A1	...	...	...	...	40 ^C	...
Tricalcium aluminate (C ₃ A) ^E , max, %	See Annex A1	...	8	8	15	7 ^C	5 ^B
Sum of C ₃ S + 4.75C ₃ A ^G , max, %	See Annex A1	...	...	100 ^{C,H}	...	...	...
Tetracalcium aluminoferrite plus twice the tricalcium aluminate (C ₄ AF + 2(C ₃ A)), or solid solution (C ₄ AF + C ₂ F), as applicable, max, %	See Annex A1	...	...	...	...	...	25 ^B

^A See Note 2.

^B Does not apply when the sulfate resistance limit in Table 4 is specified.

^C Does not apply when the heat of hydration limit in Table 4 is specified.

^D It is permissible to exceed the values in the table for SO₃ content, provided it has been demonstrated by Test Method C1038 that the cement with the increased SO₃ will not develop expansion exceeding 0.020 % at 14 days. When the manufacturer supplies cement under this provision, supporting data shall be supplied to the purchaser. See Note 6.

^E See Annex A1 for calculation.

^F Not applicable.

^G See Note 5.

^H In addition, three-day heat of hydration testing by Test Method C1702 shall be conducted at least once every six months. Such testing shall not be used for acceptance or rejection of the cement, but results shall be reported for informational purposes.

Fuente: Sociedad Americana de ensayos de Materiales ASTM C150.

1.5.5.1.1.2 Cemento de TIPO GU.

En nuestro país el cemento más utilizado es el cemento tipo GU. Este puede ser utilizado en todo tipo de construcción siempre y cuando estas no requieran las características y propiedades especiales de otro tipo de cemento. Los usos de este cemento son principalmente obras de albañilerías y estructuras.

Características del cemento Tipo GU.

- Ofrece tiempos de fraguados controlados proporcionando un mayor tiempo de trabajabilidad y le confiere mejores atributos de plasticidad a la mezcla en estado fresco.

- Presenta color de hidratación inferior a un cemento de alta resistencia inicial, reduciendo así el riesgo de fisuras generales.
- Ayuda a obtener mejor calidad en los acabados.

1.5.5.1.1.3 Cemento de mampostería

Al final de la década de los 20, los fabricantes de cemento portland empezaron a formular combinaciones especiales de cemento portland y plastificantes para la industria de la mampostería.

Estas mezclas preparadas y empacadas en bolsa luego se llamaron cemento de mampostería. El cemento de mampostería es un cemento hidráulico que consiste en una mezcla de cemento portland o mezcla de otro tipo de cemento hidráulico y materiales plastificantes tales como la caliza, cal hidratada o hidráulica, junto con otros materiales introducidos para aumentar uno o más propiedades, como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad.

El cemento de mampostería se emplea en la elaboración de mortero para aplanados, junta de bloques y otros trabajos similares, por cuyos motivos también se le denomina cemento de albañilería. Dos características importantes de este cemento son su plasticidad y su capacidad para retener el agua de mezclado. Tomando en cuenta que sus requisitos de resistencia son comparativamente menores que la del portland, esas características suelen fomentarse con el uso de materiales inertes, tales como caliza y arcilla, que pueden molerse por separado conjuntamente con el Clinker o molerse por separado y mezclarse con el cemento portland ya elaborado. Los cementos de mampostería son mezcla con formula especiales y con patente de fabricación. Los empaques muestran la marca, el nombre del fabricante el tipo de cemento de mampostería y yeso neto; pero normalmente no revelan la combinación exacta de cemento, plastificante y aditivo.

En 1932, el ASTM publico la primera norma para la industria del cemento de mampostería, C 91 Especificación Estándar para cemento de mampostería. Esta cubre requisitos de finura, expande bajo presión, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión contenido de aire y retención de agua.

La norma C 91 define tres tipos de cementos de mampostería, los cuales son del tipo N, S y M, empleados para uso en la fabricación de morteros tipo N, S y M de acuerdo con la norma ASTM C 270. El tipo N es un cemento de uso generalizado, el tipo S es de moderada resistencia y el tipo M es un cemento de alta resistencia. Cuando se combinan con concreto portland o cemento hidráulico pulverizado, el tipo N puede usarse para hacer los tipos de mortero S y M; y el cemento tipo S puede usarse para hacer el mortero tipo M.

1.5.5.1.2 Propiedades del cemento.

➤ Gravedad Específica del Cemento

El peso específico es la relación entre el peso de un volumen dado de material a cierta temperatura, al peso de un volumen igual de agua a esa misma temperatura.

En este caso, la temperatura a la cual le haga la prueba no ocasionada mucha diferencia en los resultados; pero es importante que la temperatura del frasco, del líquido y del cemento se mantenga constante durante toda la práctica. La principal utilidad que tiene la gravedad específica del cemento está relacionada con el diseño y control de mezcla de mortero y concreto.

➤ Consistencia normal del cemento

Se define como el agua necesaria para que el embolo de 1 cm de diámetro del aparato de Vicát penetre 10 ± 1 mm durante 30 segundos en la pasta de cemento, después de haberse iniciado la prueba. Química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla.

Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la

mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar, tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final. Para determinar el principio y final del fraguado del cemento, es necesario determinar primeramente el contenido de agua que la pasta necesita para producir una pasta normal, es decir el contenido de agua que el cemento necesita para adquirir una consistencia normal.

➤ **Fraguado del cemento**

Se determina fraguado de cemento al cambio de la pasta del estado plástico al estado rígido. Este fenómeno es importante en la utilización del cemento, pues el mortero es un material moldeado en estado fresco, lo que afecta seriamente la resistencia final. El fraguado nos muestra el tiempo máximo de utilización que tiene la mezcla, para ser vertida, tiempo después del rango máximo, la mezcla comienza a endurecerse. Se obtiene el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final. El tiempo de fraguado inicial es cuando la aguja de Vicát de 1mm de diámetro penetra 25mm en la denominada pasta de consistencia normal.

➤ **Resistencia mecánica del cemento**

El cemento al hidratarse con el agua constituye la matriz que forma la resistencia del esqueleto de agregados que conforman morteros. En estas pastas endurecidas, independientemente de la resistencia propia del cemento, la resistencia se debe al volumen de producto de hidratación que se forman en el espacio definitivo por el cemento y el agua de mezcla. Factor que en cierta medida se expresa en la clásica relación agua cemento ASTM C 109.

➤ **Finura del cemento**

El concepto está vinculado a la calidad del cemento. En efecto, se aprecia que cuando más fino sea el polvo de cemento se potencian las reacciones de hidratación del cemento y el agua. El cemento más fino produce una pasta con mayor capacidad para cubrir los gránulos del agregado, actor de importancia, pues la rotura de mortero se debe generalmente a la falta de adherencia.

Entre las ventajas de finura:

- Resistencia más rápida.
- Menor cantidad de agua necesaria para consistencia apropiada de morteros.
- Disminuye la tendencia al sangrado del mortero.

Así mismo, genera los problemas de:

- Aumenta la acción del intemperismo sobre el cemento.
- Origina deformaciones más importantes.

1.5.6 Agregado fino (Arena)

Como agregado de las mezclas de mortero se puede considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de partículas), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente en la pasta.

1.5.6.1 Clasificación de las arenas.

Las arenas se pueden clasificar según: Procedencia. Se refiere al lugar de donde se extrae y a la historia que lo rodea. Siendo estos causantes del tamaño, forma, tipo y estado de la roca granulometría, redondez, grado de uniformidad y otros factores favorables para su utilización.

➤ **Agregados naturales**

Consisten en materiales compuestos de fragmentos de roca (Segregación de la

roca madre) modificados por procesos naturales como intemperismo como procesos fluviales, los generados por terremotos, corrientes eólicas, y procesos marinos que han contribuido a la formación de los materiales que se usan como agregados.

➤ **Agregados artificiales**

Estos se obtienen a partir de productos y procesos industriales, tales como: Trituración de rocas a tamaños deseados.

1.5.6.2 Propiedades físicas de las Arenas.

1.5.6.2.1 Peso Unitario

El peso volumétrico de un agregado, más comúnmente conocido como masa unitaria, está definido como la relación existente entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. De tal manera que, al colocar el agregado dentro del recipiente, se tendrá un acomodamiento de las partículas lo cual depende de la distribución de tamaño (granulometría), la forma y la textura del agregado.

Peso unitario de un material es la masa del material necesario para llenar un recipiente de volumen unitario. En la masa unitaria además del volumen de las partículas el agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas. El peso unitario puede determinarse seco compacto (Varillado en seco) o seco suelto; la masa unitaria compacta se emplea en algunos métodos de dosificación de mezcla y la masa unitaria suelta sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si esos se venden por volumen (volumen suelto) como ocurre comúnmente ASTM C 29/C29 M-09.

1.5.6.2.2 Densidad relativa o peso Específico relativo

Dentro de las propiedades físicas de los agregados que dependen directamente de las propiedades de la roca original de donde provienen, se encuentra la densidad, la cual está definida como la relación entre la masa de una determinada cantidad de material y el volumen de agua a 4°C igual al volumen del material.

Las partículas del agregado están formadas por masa del agregado, vacíos que se comunican con la superficie, llamados poros permeables o saturables y vacíos que no se comunican con la superficie, es decir que queden en el interior del agregado, llamado poros impermeables o no saturables; de acuerdo con lo anterior se tienen tres densidades a saber:

- **Densidad real:** Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, excluyendo sus poros permeables y los no saturables o impermeables.
- **Densidad nominal:** superficialmente seca: Si la masa de agregado se determina con material seco tendríamos densidad aparente, pero si la masa del agregado se determina con material saturado y superficialmente seca (S.S.S) tendríamos densidad aparente saturada.
- **Densidad Aparente:** es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de los agregados.

De los tres tipos de densidades relativas antes definidas, la densidad aparente es la que se emplea en el cálculo de mezclas, porque se parte de que el material primero se satura, es decir, todos los poros permeables de cada partícula queden llenos de agua y el agua adicional a este estado (agua libre), es la que reacciona con el cemento; si la densidad del agregado que se toma en el diseño es la aparente saturada, las masa que se calculen del agregado serán masas saturadas; pero si se toma para dosificación de mezclas, la densidad aparente seca, las masas que se determinen del agregado serán masas secas.

Se define como peso específico relativo o gravedad específica a la relación en peso entre la determinada cantidad de árido seco y el peso de un volumen igual; considerando como volumen de áridos a la suma de los volúmenes de la parte sólida y poros. Cuyas características deben ajustarse a la norma ASTM C 144 (Especificaciones estándar para agregados de morteros de mampostería).

1.5.6.2.3 Forma y tamaño superficial

La forma tiene gran influencia en la resistencia de los morteros. Las arenas cuyos granos son angulosos y ásperos dan morteros gruesos de peor trabajabilidad que las de granos lisos y redondeados. Las partículas alargadas pueden afectar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de las mezclas, porque tienden a orientarse en un solo plano lo cual dificulta la manejabilidad; además debajo de las partículas e informan huecos de aire y se acumula agua perjudicando las propiedades de la mezcla endurecida. Por otro lado, la textura superficial de las partículas influye la manejabilidad y la adherencia entre la pasta y el agregado, por lo tanto, afecta la resistencia.

1.5.6.2.4 Porosidad y Absorción

La porosidad de las partículas del agregado, es muy importante en el comportamiento de los agregados dentro del concreto o mortero, porque una partícula porosa es mucho menos dura que una partícula compacta o maciza, lo cual no solo afecta a las propiedades mecánicas como la adherencia y la resistencia a la compresión y flexión, sino también propiedades de durabilidad como la resistencia al conglomerante y deshielo, estabilidad química y resistencia a la abrasión. La porosidad está relacionada con la capacidad de absorción de agua u otro líquido dentro de los agregados, según el tamaño de los poros, su continuidad (permeabilidad) y su volumen total, En la práctica, lo que se mide para cuantificar la influencia de la porosidad dentro del agregado es su capacidad de absorción, ya que las partículas del agregado pueden pasar por cuatro estados, a saber: seco parcialmente saturado, saturado y superficialmente seco o húmedo. Según lo anterior, la capacidad de absorción de las partículas de agregado se puede determinar fácilmente por diferencia de pesos, entre el peso saturado y

superficialmente seco y el peso seco, expresado como un porcentaje del peso seco.

Dónde:

Psss = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca.

Ps = Peso seco de la muestra.

1.5.6.2.5 Granulometría

La granulometría está definida como la distribución de los tamaños de las partículas que contribuyen una masa de agregados. Se determina mediante análisis granulométrico, que consiste en dividir una muestra del agregado en fracciones de igual tamaño. La medida de la cuantía de cada fracción se conoce como granulometría. La operación de separar una masa de agregado fino (arena) en fracciones de igual tamaño, consiste en hacer pasar este a través de una serie de tamices que tienen aberturas cuadradas y cuyas características deben ajustarse a la norma **ASTM C 136 y 117**. Además de determinar la distribución de tamaño y de visualizarla por medio de un gráfico, que permite conocer que tan grueso o fino es, así como detectar deficiencia o excesos de un tamaño en partículas; del análisis granulométrico se derivan algunos factores que constituyen una caracterización más de la distribución de tamaños, que posteriormente se utilizan como parámetros de diseño de una mezcla de mortero u concreto.

Tabla N° 6: Abertura de tamiz Granulométrico.

Tamiz	Abertura de Tamiz (mm)
3/8	9.52
N°4	4.75
N°8	2.38
N°16	1.19
N°30	0.59
N°50	0.297
N°100	0.149
N°200	0.075

Fuente: ASTM C 33

1.5.6.3 Módulo de finura

El módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Está definido como la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos en los tamices de la serie “estándar”, desde el tamiz: (N°100), (N°50), (N°30), (N°16), (N°8), (N°4). Hasta el máximo tamaño que se encuentra, dividido por 100. En la medida en que se acerca a cero indica un agregado fino y en la medida que aumenta su valor, indica que el agregado es más grueso. Su uso generalmente se ha centrado en la evaluación de “**grado de finura**” del agregado fino o arena.

Según la norma ASTM C – 136. Inciso de módulo de finura del agregado fino no debe ser menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

1.5.6.3.1 Especificaciones Granulométricas

Existen varias razones para especificar límites en la granulometría. La granulometría afecta las proporciones relativas de los agregados, así como cantidad de agua y cemento necesario en la mezcla. En general, los agregados deben tener partículas de todos los tamaños con el fin de que las partículas pequeñas llenen los espacios dejados por las partículas más grandes, de esta forma se obtiene un mínimo de huecos o sea una máxima densidad.

Tabla N°7: Especificaciones Granulométricas para agregado Fino a Utilizar en Moteros.

Tamiz	Arena Natural (% que pasa)
3/8	100
N°4	95-100
N°8	80-100
N°16	50-85
N°30	25-60
N°50	10-30
N°100	2-10

Fuente: ASTM C 33

1.5.6.4 Colorimetría

La presencia de impurezas orgánicas es un árido puede modificar las reacciones químicas del cemento con el agua, alterando el correcto fraguado y endurecimiento. Normalmente esas impurezas se evitan por completo por medio del despejado adecuado del depósito, para eliminar por completo la tierra vegetal, y un enérgico lavado en la arena. La detención del alto contenido orgánico en la arena se lleva a cabo con facilidad por medio de la prueba colométría con hidróxido de sodio, que detalla la norma ASTM C - 40.

1.5.7 Agua para mortero.

La norma ASTM C -1602/C 1602M permite el uso de agua potable sin practicarle ensayos e incluye método para calificar las fuentes de agua impotable, considerando los efectos en el tiempo de fraguado y la resistencia. El agua utilizada para la confección de mortero debe carecer de impurezas tales como arcilla y cloruros que alteran su durabilidad y aspecto estético. Para la confección de mortero, debe emplearse la cantidad de agua necesaria para la hidratación de todo el conglomerante, ahora bien, esta cantidad de agua nos dará un mortero con el que no se podrá trabajar por no tener una plasticidad mínima, por lo que habrá que añadir la cantidad de agua necesaria para obtener una plasticidad acorde con el uso al que se destine. No solo la cantidad de agua, es importante, sino que la temperatura de amasado y el contenido de impurezas son condicionantes que varían el comportamiento final del mortero, ya que estas pueden inferir en el endurecimiento del cemento, así como afectar la resistencia del mortero. También es utilizada como medio de curado de las estructuras recién construidas, esto garantizara la continuación de la hidratación el cemento, por lo que también es significativo. En nuestro caso será utilizada agua potable que es la que se ocupa generalmente en toda construcción.

1.5.8 Relación agua - cemento

La relación agua cemento constituye un parámetro importante de la compresión del mortero. La relación agua cemento (A/C) es el valor característico más importante de la tecnología del mortero. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como el coeficiente de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta cemento endurecido. (ASTM C 109)

Cemento existente en la relación agua cemento es el coeficiente entre las cantidades de agua y no del mortero fresco.

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

Para cumplir con una metodología adecuada, la cual efectué los objetivos planteados, es preciso desarrollar la metodología dentro de las faces descritas a continuación. Periodo de reconocimiento y estudio de antecedentes. Esta fase de reconocimiento y estudio de antecedentes se realiza haciendo uso de material bibliográfico obtenido de la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua (UNI), en los cuales encontramos libros como apoyo para realización de marco referencial, proyectos de grado como antecedentes y material de circulación en internet (ASTM). Recolección de muestras. Se realizará una vista para la extracción del agregado a realizar en el cerro motastepe y el conglomerante (Cemento). Con el material suficiente para la realización de los ensayos que determinan las propiedades físicas de estos agregados. Se transportará la muestra al laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería de Managua Nicaragua (UNI).

1.6.1 Etapa 1: Trabajo de campo.

1.6.1.1 Muestreo de agregado fino

Para el desarrollo de este estudio experimental realizaremos un ensayo abierto, en el sitio en estudio, con el objetivo de evaluar visiblemente la arena y así poder tomar muestras, las cuales serán trasladadas al laboratorio de materiales y suelos de la UNI. Se utilizarán los procedimientos establecidos por las normas de la ASTM.

Tabla N°8: Banco de material propuesto

Nombre del banco de material	Tipo de agregado	Localización
Motastepe	Agregados fino (arena)	Km 8 carretera nueva alLeón

Fuente: Elaboración propia.

1.6.1.2 Ensayo físico-mecánico del agregado fino

A las muestras, a obtener del banco de materiales se le efectuarán ensayos físicos-mecánicos, para evaluarlos y cuyos resultados serán aplicados en el diseño de gabinete. Para los ensayos físicos-mecánicos se utilizarán los procedimientos establecidos por las normas de la ASTM, los cuales se mencionan en la tabla N°9.

Tabla N°9: Ensayo físico-mecánicos en muestra de agregado fino.

Ensayo	Especificaciones ASTM
Muestreo de agregados	D 75-03
Reducción de las muestras de agregado a tamaño de prueba	c-702-98
Densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados	C29/C29M-97; Re aprobada 2003
Análisis por malla de agregado grueso y fino	C136-06
Gravedad específica y absorción del agregado fino	C 128-01
Impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto	C 40-04

Fuente: ASTM C 305

1.6.1.3 Diseño de mezcla

A partir de los resultados de las propiedades de los agregados finos y del material cementante, se llevarán a cabo diseños de mezclas de mortero (Cemento, arena y agua) empleando la relación de volúmenes sueltos y una relación agua cemento.

1.6.1.4 Elaboración de especímenes

La cantidad de especímenes a fabricar, serán los necesarios para su elaboración, la mezcla de mortero según los diseños propuestos y a partir de dichas mezclas se procederá a fabricar especímenes para ser sometidos conforme el procedimiento establecido por las normas ASTM C 780.

La cantidad de especímenes a fabricar, serán los necesarios para ser sometidos a ensayos de compresión a las edades de 3,7 y 28 días. Además, se fabricarán especímenes para tenerlos como testigos para su posterior ensayo a compresión de verificación.

Los especímenes denominados “Testigos”, serán ensayados después de los 28 días de fabricados en el caso que se necesite confirmar los resultados obtenidos a la edad de 28 días.

Tabla N°10: Cantidad de especímenes cilíndricos y cúbicos a fabricar por mezcla de mortero

Mezcla	Cantidad de cilindros a ensayar por día				
	3 días	7 días	28 días	Testigo	Total
A1	3	3	3	3	12
A2	3	3	3	3	12
A3	3	3	3	3	12

Fuente: ASTM C-31

Ensayos de resistencia a compresión simple de especificaciones de mezcla de mortero

Antes de efectuar el ensayo de compresión simple a los especímenes de mortero, se realizará el cabeceo (cappi), para dejar la superficie de contacto uniforme y que no se produzcan errores al momento de aplicar la carga de falla.

Nos proponemos efectuar el ensayo a compresión simple en los cilindros y cúbicos en dirección ortogonal a la superficie donde se aplicó la energía de compactación, simulando la forma como se ensayarán a compresión las unidades de cilindros. El ensayo de resistencia a compresión se regirá conforme el procedimiento establecido en la ASTM C- 31.

El total de especímenes a ensayar se realizará conforme a la tabla N°10.

Partiendo de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión simple, se procederá a elaborar un gráfico que contemple en el eje de la abscisa las proporciones de diseño y en el eje de las ordenadas los valores de resistencia a compresión simple correspondiente, con el objetivo de observar el comportamiento del mortero diseñado variando las proporciones en volumen de sus componentes.

1.6.2 Etapa 2: Trabajo de gabinete

En esta etapa se realizarán los cálculos y análisis necesarios sobre los datos obtenidos en la etapa anterior, así como es el diseño de mezcla de mortero óptimo para la elaboración.

1.6.3 Etapa 3: Redacción del documento y revisión final

En esta etapa se realizará la reducción del documento para luego entregar el documento terminado al tutor para, ser revisado, corregir errores encontrados.

CAPÍTULO II: PRUEBA DE MATERIALES Y MORTERO

2.0 PRUEBAS DE MATERIALES Y MORTERO

En este capítulo en primer lugar se presenta de una manera ordenada los procedimientos seguidos para evaluación de los materiales utilizados en la elaboración de mortero según norma ASTM, centrándose específicamente la mayoría de pruebas en la determinación de localización de la arena, ya que este parámetro es un punto fundamental de la investigación. Es de mencionar además que, al Cemento Cemex de uso general utilizado, no se le realizó ningún tipo de prueba, ya que este producto es el resultado de un proceso de producción certificado y acreditado por la Norma de gestión de calidad.

De igual manera, al agua utilizada en los ensayos no fue necesario hacerle ningún tipo de prueba ya que se utilizó la suministrada por la administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL); por lo cual es apta para el consumo humano. En la norma (ASTM C 270) limitación de esta norma: materiales (4.1.3,) la cual establece que el agua a utilizar para la fabricación de los morteros, debe ser limpia, libre de impureza perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, sales, minerales y materias orgánicas o cualquier otra sustancia que pueda ser nociva; se sugiere utilizar agua potable, o agua que esté libre de cualquier materia. En cuarto lugar, se presenta el desarrollo de los procedimientos para determinar las propiedades del mortero, como son la fluidez en estado plástico, y la resistencia a la compresión en estado endurecido, este último punto, es la parte fundamental de esta investigación. La síntesis de los resultados, se utilizó mediante la interpretación de datos representada en tablas resumen y gráficas, que servirán como parámetros para el posterior análisis de resultados.

2.1 Cerro Motastepe

El cerro Motastepe es un recurso potencial de la zona de Managua 8 km al occidente del departamento. Además, cuenta con este banco de materiales, particularmente de arena, las ferreterías que proporcionan este material lo compran en su mayoría en dicha arenera por ser un tipo de material responsable en la materia de la construcción, cuando se tamizó la arena en la malla # 4 se encontró libre a mayores de esta abertura de tamiz.

Figura 2: Micro localización



Fuente: Google Earth

2.2 Análisis de la calidad de la arena

Como se ha mencionado, el agregado para mortero, en este caso la arena, es el mayor constituyente en la mezcla del mismo y es la que hace que esta sea económica, además de proporcionar resistencia a dicho mortero cuando llega su estado endurecido. De allí la importancia de que esta deba cumplir ciertas características y propiedades para darle un uso ingenieril óptimo, por ejemplo, debe tener partículas duras, limpias, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Debido a que la arena proveniente del cerro Motastepe, es una arena de la que se desconoce sus características, propiedades y su calidad para ser utilizada en la elaboración de mortero; se procedió a la realización de algunas pruebas de laboratorio que se describen a continuación.

2.2.1 Granulometría y Módulo de Finura (ASTM C 136)

La prueba de análisis granulométrico consiste en determinar la clasificación de un material por sus tamaños de partículas individuales; valiéndose de la curva granulométrica. Para la realización de esta prueba se siguieron los alineamientos descritos en la norma ASTM C 136.

La prueba se realiza por medio del tamizado del material a través de diferentes mallas, lo cual se conoce como Análisis Granulométrico Mecánico, pero para este caso se realizó de forma manual.

Materiales y Equipo

- Arena procedente del cerro Motastepe. Charola, Horno y Guantes para horno.
- Juego de tamices estándar: #3/8, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, fondo. Balanza, Tara, Brocha.

Calculo

- Se tabulan los pesos retenidos en cada una de las mallas del arreglo que plantea la norma C 136, dentro de la columna “Peso retenido parcial (gr)”.
- Calcular el porcentaje de masa retenida y colocada en la columna “Peso retenida (%)”, dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos, entre el peso total de la muestra seca.

2.2.1.1 Cálculo de los pesos retenidos parciales

Ecuación N°1

$$\%RP = \frac{\text{Peso retenido en cada tamiz}}{\text{Peso seco total}} * 100$$

Donde:

%RP = Peso retenido parcial en cada tamiz.

$$\%RP_{Tamiz\ N^{\circ}\ 16} = \frac{87\text{gr}}{429.5\text{gr}} * 100 = 20\%$$

2.2.1.2 Cálculo de los pesos retenidos acumulado

Ecuación N°2

$$\%Ra = \%Ra_i + (\%Rp_{i+1})$$

Donde:

%Ra: Porcentaje retenido acumulado

%Ra_i: Porcentaje retenido acumulado inicial

%RP_{i+1}: Porcentaje retenido parcial siguiente al acumulado que está calculando

$$\%Ra_{Tamiz\ N^{\circ}\ 30} = 31\% + 21\% = 52\%$$

2.2.1.3 Cálculo del porcentaje que pasan

Ecuación N°3

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%Ra$$

Dónde:

%Ra: Porcentaje retenido que pasa

$$\%Pasa_{Tamiz\ N^{\circ}\ 50} = 100\% - 75\% = 25\%$$

2.2.1.4 Cálculo del módulo de finura

Los resultados del análisis granulométrico se resume en el dato del Módulo de Finura, que se define como la suma de los porcentajes acumulados en cada una de las mallas dividido entre 100. Puntos en el área de los límites establecidos en la especificación, los porcentajes si cumplen pasando por los tamices N° 100, N°50, N°30, N°16, N°8, como mínimo permitido. (Ver Tabla N°8)

Ecuación N°4

$$MF = \frac{\%Ra(\text{de } \frac{3}{8} \text{ hasta a la } 100)}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 0 + 13\% + 31\% + 52\% + 75\% + 88\%}{100\%} = 2.59$$

2.2.1.5 Cálculo del material más fino que la malla N° 200

Ecuación N°5

$$Pasa N^{\circ}200 = \frac{\text{Peso seco} - \text{peso seco lavado}}{\text{Peso seco}} * 100$$

- Trazar la curva granulométrica del material, donde la abertura de las mallas se sitúa en las abscisas a escala logarítmica y en las ordenadas los porcentajes de material que pasan por dichas mallas, a escala natural, ver Tabla N°8.

Ecuación N°10

$$Pasa N^{\circ}200 = \frac{494.2gr - 474.2gr}{494.2gr} * 100 = 4\%$$

Resultados del análisis granulométrico

Con los datos obtenidos en la tabla N°8 se puede trazar la curva granulométrica para observar su comportamiento en el grado de finura.

Tabla N°11: Cálculo obtenidos en el Análisis Granulométrico de la arena del cerro Motastepe.

Malla N°	Retenid o	% retenidos	% Ra	(%)Pasa
3/8 (9.52mm)	0	0	0	100
N°4 (4.75mm)	0	0	0	100
N°8 (2.36mm)	62.4	13	13	87
N°16 (1.18mm)	87	18	31	69
N°30 (0.60mm)	101.1	21	52	48
N°50 (0.30mm)	120.8	23	75	25
N°100 (0.15mm)	62	13	88	12
N°200(0.075mm)	40.9	8	96	4
PasaN°200	20	4	100	
Suma	494.2	100		
MF	2.76			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del Módulo finura.

MODULO DE FINURA	AGREGADO FINO
Menor que 2,00	Muy fino o extra fino
2,00 — 2,30	Fino
2,30 — 2,60	Ligeramente fino
2,60 — 2,90	Mediano
2,90 — 3,20	Ligeramente grueso
3,20 — 3,50	grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extragrueso

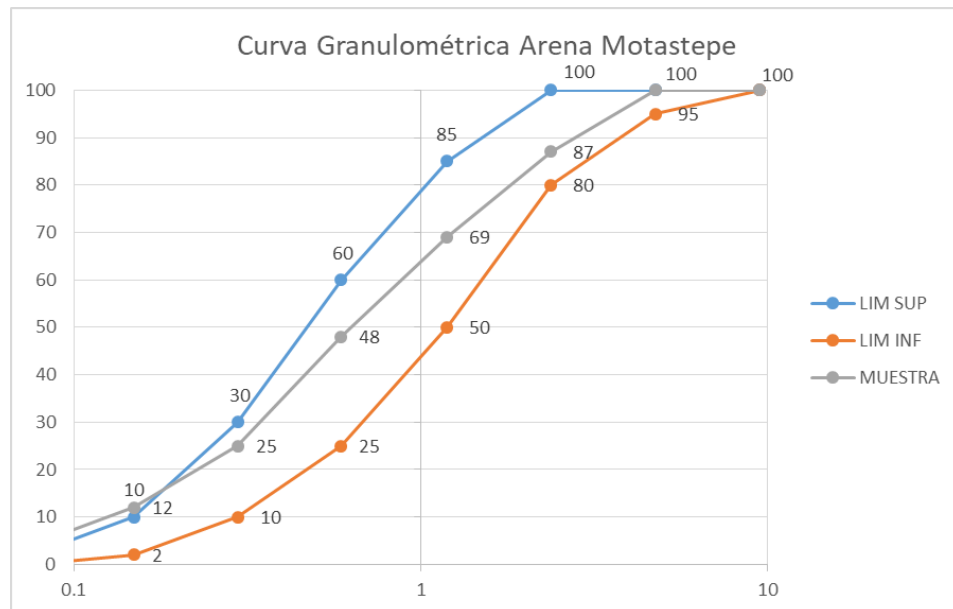
Fuente: Norma ASTM C 136

2.2.1.6 Análisis e interpretación de resultados

Se obtuvo un Módulo de Finura de 2.59, que por lo general es para arena utilizadas en mortero y por lo tanto se recomienda que es acta para su uso, según el rango utilizado 2.3-3.10, según la ASTM C136.

Lo importante para seleccionar una arena es que tenga una buena graduación, lo cual garantiza que cuando se mezcle con el cemento y el agua se tenga una adecuada distribución de las partículas, por lo que es un factor importante para obtener un mortero de calidad; y en este caso, la arena proveniente del cerro Motastepe, que cumple con la granulometría especificada por la norma ASTM C136 para la arena natural.

Grafica 1: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Gravedad específica y absorción (ASTM C-128)

De acuerdo a la condición de humedad del agregado, la gravedad específica se determina en condición Saturado y Superficialmente Seco (SSS). Esta información permite hacer una relación entre el peso de los agregados y el volumen que ocupa dentro de la mezcla. La diferencia en pesos expresada como porcentaje del peso seco es la capacidad de absorción.

Luego de haber realizado los procedimientos establecidos por la norma ASTM C128 para medir la Gravedad Especifica (Densidad relativa), de la arena en estado Seco y en estado Saturado Superficialmente Seca (SSS), y de haber medido porcentaje de absorción de esta, se presentan los resultados siguientes:

Cálculo

2.2.2.1 Cálculo de la gravedad específica o densidad relativa

La gravedad específica de masa SSS, y la absorción, se calculan de empleando las formulas:

Ecuación N°11

➤ Gravedad específica de masa:

$$G_{e_m} = \frac{A}{D + B - C}$$

Dónde:

Gm: Gravedad específica de masa

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca decalibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

$$Ge_m = \frac{467.7}{682.9 + 500 - 975.6} = 2.26$$

Ecuación N°12

- Gravedad específica en condición saturada y superficialmenteseca:

$$Ge_{sss} = \frac{B}{D + B - C}$$

Donde:

G_{sss}: gravedad específica saturada superficialmente seca

B: peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

$$Ge_{sss} = \frac{500}{682.9 + 500 - 975.6} = 2.41$$

Ecuación N°13

- Gravedad específica aparente:

$$Ge_{ap} = \frac{A}{D + A - C}$$

Donde:

Gap: gravedad específica aparente

A: peso de la muestra secada al horno (gr)

B: peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta marca de calibración (gr)

$$Ge_{ap} = \frac{467.7}{682.9 + 467.7 - 975.6} = 2.67$$

➤ Cálculo del porcentaje de absorción

Ecuación N°14

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

$$\%Abs = \frac{500 - 467.7}{467.7} * 100 = 6.9$$

Ecuación N°15

$$\text{Agua} = 500 - 467.7 = 32.3 \text{ gr}$$

$$\text{Agua} = 32.3 \text{ gr}$$

Los datos obtenidos se encuentran resumido en la tabla:

Tabla N°13: Gravedad específica y absorción de la arena del cerro Motastepe.

N°	Procedimiento	Pesos
1.	Temperatura Ambiente	30°C
2.	Periodo de Saturación	24 horas
3.	Peso de la muestra saturada y superficialmente seca	500 gr
4.	Agua	32.3 gr
5.	Peso del frasco volumétrico	182.8 gr
6.	Peso del frasco y la muestra	682.3 gr
7.	Peso del frasco, muestra y agua	975.9 gr
8.	Peso de la muestra seca (A)	467.7 gr
9.	Peso del frasco y agua	680.9 gr
10.	Peso del agua necesario para llenar el frasco (W)	293.3ml
11.	Volumen del frasco (V)	500ml

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2 Análisis e interpretación de resultado.

- La Gravedad Especifica promedio de la en condición seca es 2.26
- La Gravedad Especifica promedio de la arena en condición saturada y superficialmente seca (SSS) es 2.41
- La Gravedad aparente 2.67
- El porcentaje de absorción de la arena es de 6.90 %.
- Agua = 32.3 gr

Este análisis está basado en la norma ASTM C 128.

Sánchez de Guzmán (2001), establece que la gravedad específica de algunos agregados pétreos naturales en condición seca, oscilan entre 2.3 y 2.8. Por lo cual, si se basa en este rango, la arena del cerro Motastepe está en el rango establecido, utilizando la gravedad específica aparente que sería la de los sólidos.

2.2.3 Peso Unitario (ASTM C 29)

El peso volumétrico también llamado “peso unitario o densidad relativa” es un método que se aplica en agregados gruesos, y finos o en una combinación de ambos agregados. Para el cálculo del peso unitario del agregado en estudio, se han utilizado como unidades los kilogramos por metros cúbicos, siguiendo el procedimiento establecido por la norma ASTM C 29, se obtuvo lo siguiente:

Para evaluar el P.V.S.S debe obtenerse el promedio de las masas del agregado de las tres muestras tomadas para el ensayo, y procesarla según la norma ASTM mencionada anteriormente.

2.2.3.1 Cálculo del peso Volumétrico Seco Suelto

Ecuación N°16

$$Pvss = \frac{Ws}{Vol}$$

Dónde:

Pvss: peso volumétrico seco suelto, en kg/m³

Ws: Peso del material seco suelto contenido en el recipiente

Vol: Volumen del recipiente (m³)

Ecuación N°17

$$Ws = (W_{molde} + W_{mat}) - W_{molde}$$

Donde:

Ws: Peso del material seco contenido en el recipiente

Wm+Wmat: Peso del molde más material seco

Wm: Peso del molde

Datos;

Ws: peso del recipiente 2.886 kg

Vol. Volumen del recipiente (m³) 0.0032

Pesos Obtenidos en ensayo	Ws
1	4.903kg
2	4.942kg
3	4.874kg
Promedio	4.906kg

$$PVSS = \frac{4.906kg}{0.0032m^3} = 1533 \frac{kg}{m^3}$$

2.2.3.2 Cálculo del peso Volumétrico Seco Compacto

Pesos Obtenidos en ensayo	Ws
1	5.210kg
2	5.251kg
3	5.283kg
Promedio	5.248kg

$$PVSS = \frac{5.248kg}{0.0032m^3} = 1640 \frac{kg}{m^3}$$

2.2.3.3 Análisis e interpretación de resultado

La norma ASTM C 29 solo establece el procedimiento a seguir para evaluar el peso Volumétrico (peso unitario) en estas dos condiciones, pero no establece ningún parámetro para poder comparar resultados y dar una apreciación en cuanto a la condición de la arena. Estos pesos unitarios proporcionan una valiosa información en cuanto a la relación volumen/peso para poder obtener ya sea el volumen o el peso en determinado momento, que es vital para la cantidad de material a transportar según el volumen de la mezcla.

Tabla N°14: Datos para el peso volumétrico Seco Suelto

PVSS de agregado fino (arena)				
Material	Datos	1	2	3
Arena	PVSS ($\frac{kg}{m^3}$)	4903	4942	4874
	PVSS promedio ($\frac{kg}{m^3}$)	4906		
PVSS = 1533 ($\frac{kg}{m^3}$)				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°15: Datos para el peso volumétrico Seco Compacto

PVSC de agregado fino (arena)				
Material	Datos	1	2	3
Arena	PVSC ($\frac{kg}{m^3}$)	5210	5251	5283
	PVSC promedio ($\frac{kg}{m^3}$)	5248		
PVSC = 1640 ($\frac{kg}{m^3}$)				

Fuente: Elaboración propia

2.3 Diseño de mortero convencional

Con los datos obtenidos de los ensayos realizado en el laboratorio de la gravedad específica y absorción, se obtuvo; Gap = 2.67, %Abs=6.90, PVSS=1,533 kg/m³, y el PVSC= 1,640 kg/m³

Es de mencionar además que, al Cemento Cemex de uso general utilizado, no se le realizó ningún tipo de prueba. La relación agua cemento que se considerará es de A/C=0.52, así como la gravedad específica del cemento según fabricante “Gm” igual a 3 y la densidad del cemento 1200 kg/m³. Requiriéndose la necesidad de ajustar con una lechada para completar la fluidez de 110 ± 5.

En los cálculos del diseño se utilizó el método por lechada, ya que el método de proporción, es un método menos eficaz o preciso, orientado al campo y para obtener mejores resultados se optó por el método con mayor precisión y desarrollo.

Tabla 16: Diseño de mortero.

Datos	Pvss	Pvsc	Gm	Ab %
Cemento	1200	-----	3	-----
Arena	1,533	1,640	2.67	6.90

Elaboración propia

A = Gravedad específica (Gap).

B = peso volumétrico seco suelto (PVSS).

C = peso volumétrico seco compacto (PVSC).

D = Gravedad de masa del cemento (Gm).

E = Densidad del agua (γ_w).

F = Relación agua cemento (A/C).

G = 1 bolsa de cemento (kg).

H = Volumen de cemento para 1m³.

I = Volumen de Agua para un 1m³.

J = Agua de absorción.

K = Total de agua para un 1m³ lts.

L = Agua de absorción (Aab).

LI = % Vacios.

M = Número de bolsa.

N = volumen de arena de para un 1m³.

O = Densidad del cemento.

- Volumen de lechada para un metro cubico de mortero

Ecuación N°18

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

$$\%Vacios = \frac{2.67 * 1000 - 1640}{2.67 * 1000} * 100 = 37.57\%$$

- Calculo del peso de cemento y agua que ocuparán el vacío calculado

1 bolsa de cemento pesa 42.5kg

Ecuación N°19

Volumen del cemento para una bolsa:

$$V_{cem} = \frac{W_{1bolsacem}}{G_m * \gamma_w}$$

$$V_{cem} = \frac{42.5kg}{3 * 1000} = 0.0142m^3$$

Volumen de agua a partir de la relación agua cemento para una bolsa:

$$V_w = 42.5kg * 0.52 = 22.1lt$$

Ecuación N°20

Volumen de lechada para una bolsa de cemento

$$V_{lechada} = V_{cemm} + V_w = 0.0142m^3 + 0.0221m^3 = 0.0363m^3$$

Ecuación N°21

Con una regla de tres, se calcula el volumen de cemento y lechada para él % vacío.

$$W_{cem_{Pasta}} = \frac{0.0363 * 42.5}{37.57\%} = 410.6kg$$

$$W_{w_{Pasta}} = 410.6 * 0.52 = 213.5kg \text{ o } lt$$

Ecuación N°22

Agua de absorción.

$$W_{w_{\%abs}} = \frac{PVSC * \%Abs}{100} = \frac{1640 * 6.9}{100} = 113.16 \text{ kg o lts}$$

Ecuación N°23

Cantidad de agua para 1m³ de mortero:

$$W_{w_{Total}} = W_{w_{Pasta}} + W_{w_{\%abs}}$$

$$W_{w_{Total}} = 213.5kg + 113.2kg = 326.7kg \text{ o } lts$$

Tabla N°17: Dosificación final

Datos	Peso seco para 1m ³	Peso seco para 1 bolsa	Volumen para 1m ³	Pasta por volumen	Volumen pie ³ /bolsa
Cemento	410.6 kg	42.50 kg	0.3421m ³	1	0.2832
Arena	1640 kg	169.75 kg	1.0697m ³	3	0.907
Agua	326.67 lts	33.81 lts	0.3266m ³	0.92	0.028

Fuente: Elaboración propia

➤ Volúmenes de moldes a utilizar

$$2x2 \text{ pulg} = 0.000600 \text{ m}^3$$

$$2x4 \text{ pulg} = 0.000989 \text{ m}^3$$

$$3x6 \text{ pulg} = 0.00266 \text{ m}^3$$

$$\text{Total: } 0.004249\text{m}^3$$

Ecuación N°24

Lechada por espécimen (con el reajuste de lechada para mantener la fluidez)

- Para cubos de 2"x2"x2" = A/C = .52 y un ajuste de lechada .22%

$$\text{Cemento} = \frac{500.93kg * 0.0006}{1} = 0.3005 * 1000 = 300.55gr$$

$$\text{Arena} = \frac{1640kg * 0.0006}{1} = 0.984 * 1000 = 984gr$$

$$\text{Agua} = \frac{398.53 * 0.0006}{1} = 0.23911 * 1000 = 239.1ml$$

- Para cilindros de 2" x 4" = A/C = .52 y un ajuste de lechada .25%

$$\text{Cemento} = \frac{513.25kg * 0.000989}{1} = 0.5078 * 1000 = 507.8gr$$

$$\text{Arena} = \frac{1640kg * 0.000989}{1} = 0.984 * 1000 = 984gr$$

$$\text{Agua} = \frac{408.33 * 0.000989}{1} = 0.404 * 1000 = 404ml$$

- Para cilindros de 3" x 6" = A/C = .52 y un ajuste de lechada .27% Cemento .37% agua.

$$\text{Cemento} = \frac{550.20kg * 0.00266}{1} = 1.464 * 1000 = 1464gr$$

$$\text{Arena} = \frac{1640kg * 0.00266}{1} = 3.884 * 1000 = 3884gr$$

$$\text{Agua} = \frac{447.49 * 0.00266}{1} = 1.19 * 1000 = 1190ml$$

2.4 Resistencia a la compresión de especímenes de mortero

Al terminar la resistencia a la compresión no se debe tomar en cuenta los especímenes que son realmente defectuosos, o que proporcionen resistencias que difieran en más del 10 % del valor promedio de todos los especímenes ensayados de la misma muestra y en el mismo período. Si después de descartar los especímenes a los valores de resistencia, quedan menos de dos valores de resistencia para determinar el valor promedio en cualquier periodo determinado, debe hacerse un nuevo ensayo. Según ASTM C780

Tabla N°18: Resistencia a la compresión en laboratorio a los 3 días en cubos de 2x2 pulg.

Tipo de Cemento: Cemex de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
300.55 gr		984 gr			239.11 ml		
% Fluidez 110±5		Carga de rotura			Esfuerzo compresión		
R A/C .52							
Fecha de rotura 7/7/2022							
Edad 3 días							
Cubo #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	$\frac{kg}{cm^2}$	PSI
A-1	5	5	25	4,380	4,300	172	2,442
A-1	5	5	25	4,120			
A-1	5	5	25	4,400			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°19: Resistencia a la compresión en laboratorio a los 3 días en Cilindros 2x4 pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
507.60 gr		1621 gr			403.83 ml		
% de Fluidez 110±5							
R a/c .52							
Fecha de rotura 7/7/2022		Carga de rotura			Esfuerzo compresión		
Edad 3 días							
Cilindro #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	kg cm ²	PSI
A-2	5	10	19.63	1,070	1,123	57	1,594
A-2	5	10	19.63	1,080			
A-2	5	10	19.63	1,220			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°20: Resistencia a la compresión en laboratorio a los 3 días en Cilindros 3x6 pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
1,441 gr		4,362.4 gr			1,146.99 ml		
% de Fluidez 110±5c							
R a/c .52							
Fecha rotura 7/7/2022		Carga de rotura			Esfuerzo a la compresión		
Edad 3 días							
Cilindro #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	kg cm ²	PSI
A-3	7.62	15.24	45.60	4,870	4,742	104	1,476
A-3	7.62	15.24	45.60	4,614			
A-3	7.62	15.24	45.60	3590			

Fuente: Elaboración propia

El valor en rojo tiene que descartarse por pasar el 10% de la resistencia promedio, se tomaron los valores que si cumplen con este criterio.

Cubos de 2x2 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{4380+4120+4400}{3} = 4,300 \text{ kg}$$

$$= \frac{4300}{25} = 172 \times 14.2 = 2,442 \text{ PSI}$$

Cilindros 2x4 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{1070+1080+1220}{3} = 1,123 \text{ kg promedio}$$

$$= \frac{1123}{19.63} = 57.20 \times 14.20 = 812 \text{ PSI}$$

Cilindros 3x6 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{5270+5500+3590}{3} = 4,786 \text{ kg}$$

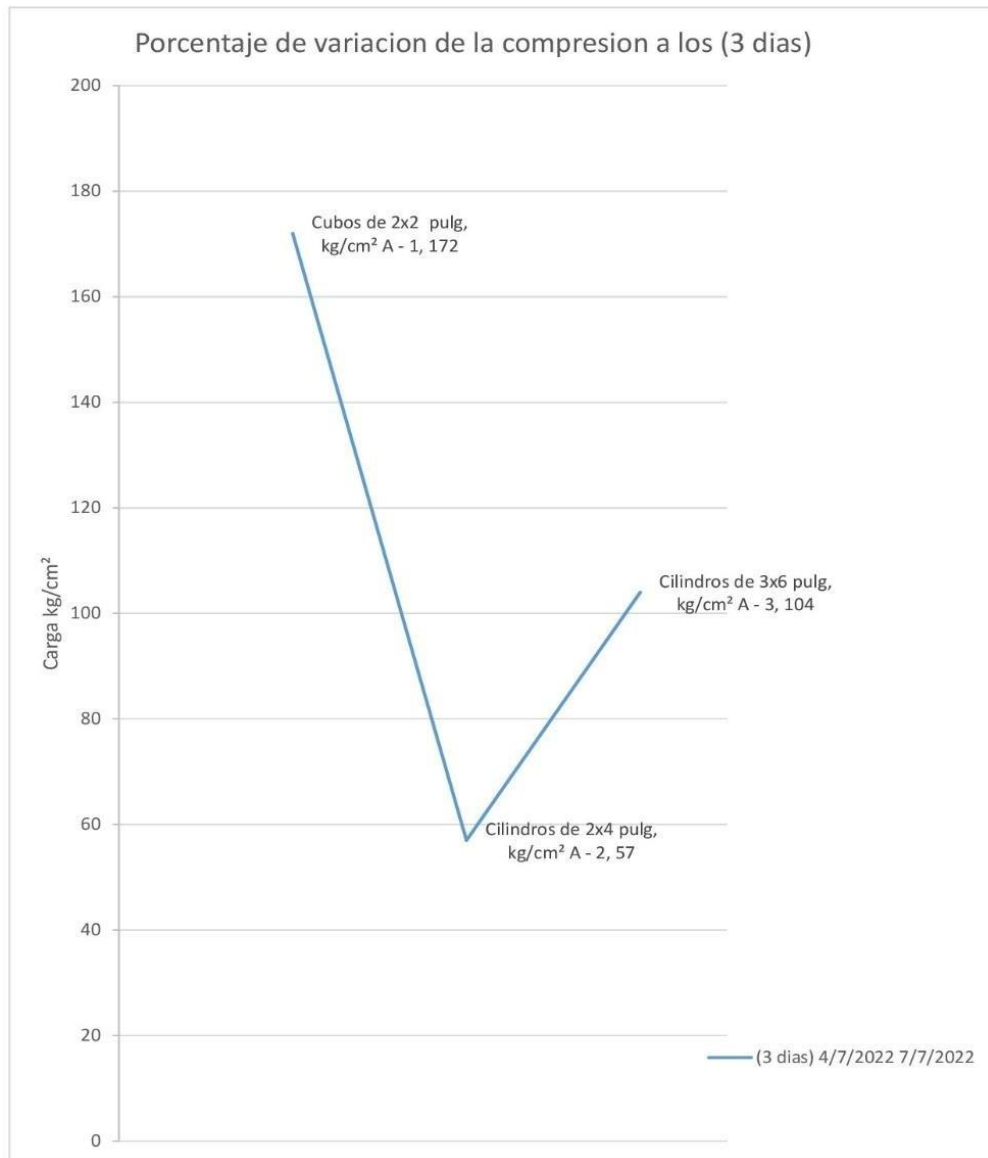
$$= \frac{4786}{45.60} = 104 \times 14.2 = 1,988 \text{ PSI}$$

Tabla N°21: Variación de la resistencia (2 pulg, 2x4 pulg, 3x6 pulg) a los 3 días.

Fecha de ensayo	Fecha de Rotura	Cubos de 2x2 pulg, kg/cm ²	Cilindros de 2x4 pulg, = kg/cm ²	Cilindros de 3x6 pulg, = kg/cm ²
		A - 1	A- 2	A - 3
(3 días) 4/7/2022	7/7/2022	172	57	104

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2: Promedio por edad (3 días) de la resistencia a la Compresión en Laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°22: Resistencia a la Compresión en laboratorio a los 7 días en cubo de 2x2 pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
300.55 gr		984 gr			239.11 ml		
% Fluidez 110 ± 5							
R a/c .52							
Fecha de rotura 03/07/2022		Carga de rotura			Esfuerzo a la compresión		
Edad 7 días							
Cilindro #	A (cm)	L(cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	kg cm ²	PSI
A-1	5	5	25	7110	7,100	284	4,032
A-1	5	5	25	6,120			
A-1	5	5	25	7,090			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°23: Resistencia a la Compresión en laboratorio a los 7 días en Cilindros de 2x4 pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
507.60 gr		1,621 gr			403.83 ml		
% Fluidez 110±5							
R a/c .52							
Fecha de rotura 03/07/2022		Carga de rotura			Esfuerzo a la compresión		
Edad 7 días							
Cilindro #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	kg cm ²	PSI
A-2	5	10	19.63	3,680	3,643	185	2,627
A-2	5	10	19.63	3,900			
A-2	5	10	19.63	3,350			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°24: Resistencia a la Compresión en laboratorio a los 7 días en Cilindros de 3x6 pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
1441 gr		4362 gr			1146.99 ml		
%Fluidez 110 ± 5							
R a/c .52							
Fecha de rotura 03/07/2022							
Edad 7 días							
Cilindro #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio kg	kg cm ²	PSI
A-3	7.62	15.24	45.60	6,950	7,233	158	2,243
A-3	7.62	15.24	45.60	7,410			
A-3	7.62	15.24	45.60	7,340			

Fuente: Elaboración propia

Cubos 2x2 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{8,130+8,170+7,090}{3} = 7,796 \text{ kg}$$

$$= \frac{7796.66}{25} = 319.84 \times 14.2 = 4,541 \text{ PSI}$$

Cilindro de 2x4 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{3,670+3,900+3,350}{3} = 3,640 \text{ kg}$$

$$= \frac{3,640}{19.98} = 182 \times 14.2 = 2,584 \text{ PSI}$$

Cilindro de 3x6 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{6,950+7,410+7,340}{3} = 7,233.33 \text{ kg}$$

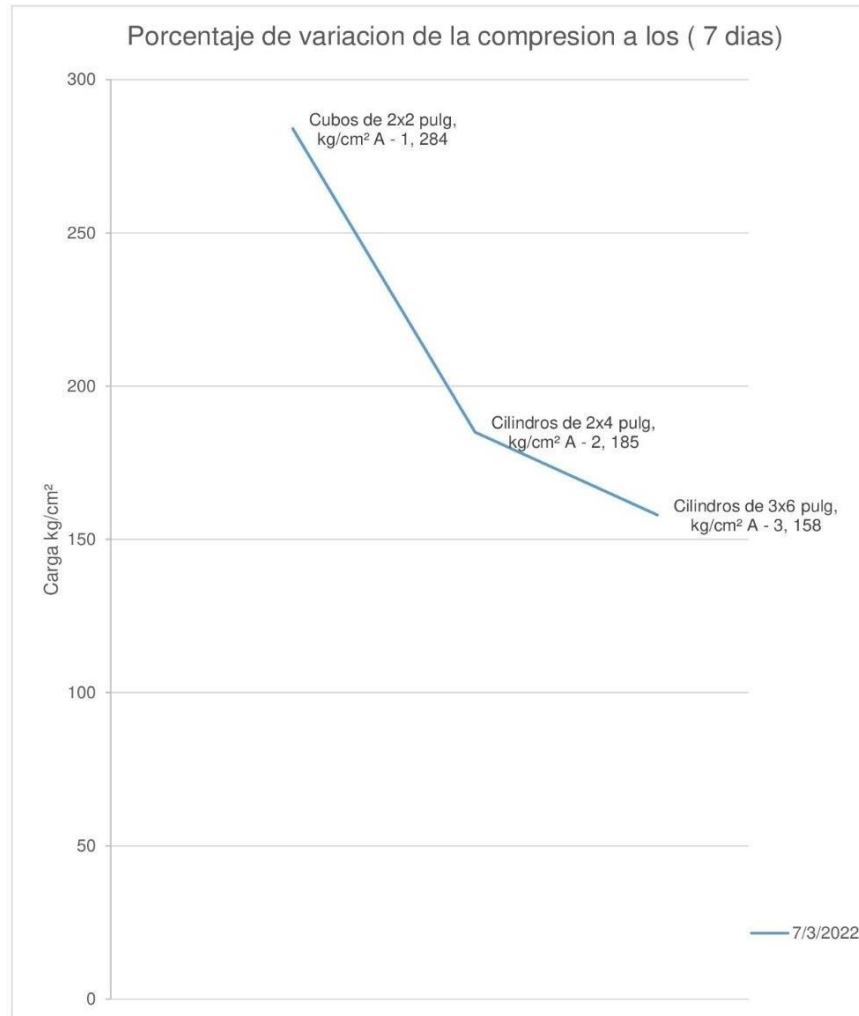
$$= \frac{7233.33}{45.62} = 158.55 \times 14.2 = 2,251 \text{ PSI}$$

Tabla N°25: Variación de la resistencia 2 pulg, 2x4 pulg, 3x6 pulg, a los 7 dias

Fecha de ensayo	Fecha de Rotura	Cubos de 2x2 pulg, kg/cm ²	Cilindros de 2x4 pulg, kg/cm ²	Cilindros de 3x6 pulg, kg/cm ²
		A - 1	A- 2	A - 3
(7 días) 26/7/2022	3/7/2022	284	185	158

Fuente: ASTM C 31

Grafica 3: Promedio por edad (7 días) de la resistencia a la Compresión en Laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°26: Resistencia a la compresión en laboratorio a los 28 días en cilindros de 2x2 pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
300.55 gr		984 gr			239.11 ml		
%Fluidez 110 ± 5							
R a/c .52		Carga de rotura			Esfuerzo a la compresión		
Fecha de rotura 01/9/2022							
Edad de 28 días							
Cilindro #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	$\frac{kg}{cm^2}$	PSI
A-1	5	5	25	8,270	8,880	355	4,772
A-1	5	5	25	10,090			
A-1	5	5	25	9,490			

Fuente: ASTM C 31

Tabla N°27: Resistencia a la compresión en laboratorio a los 28 días en cilindros de 2x4 pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporciones							
Cemento		Arena			Agua		
507.60 gr		1621 gr			403.83 ml		
%Fluidez 110±5							
R a/c .52		Carga de rotura			Esfuerzo a la compresión		
Fecha de rotura 01/09/2022							
Edad de 28 días							
Cilindro #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	$\frac{kg}{cm^2}$	PSI
A-2	5	10	19.63	6,830	5,253	267	3,791
A-2	5	10	19.63	5,457			
A-2	5	10	19.63	5,049			

Fuente: ASTM C 31

Tabla N°28: Resistencia a la Compresión en laboratorio a los 28 días en Cilindros de 3x6pulg.

Tipo de Cemento: CEMEX de uso General							
Proporcional							
Cemento		Arena			Agua		
1,441 gr		4,362 gr			1,146. 99 ml		
% Fluidez 110 ± 5							
R a/c .52							
Fecha de rotura 01/09/2022							
Edad 28 días							
Cilindro #	A (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Promedio (kg)	$\frac{kg}{cm^2}$	PSI
A-3	7.62	15.24	45.60	15,340	16,850	369	5,239
A-3	7.62	15.24	45.60	17,290			
A-3	7.62	15.24	45.60	17,920			

Fuente: ASTM C 31

Resistencia a la compresión en laboratorio a la edad de 28 días.

Cubos de 2x2 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{8270+10090+8280}{3} = 8,880 \text{ kg}$$

$$= \frac{8880}{25} = 355.2 \times 14.2 = 5,043 \text{ PSI}$$

Cilindros 2x4 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{6830+4390+4540}{3} = 5,220 \text{ kg}$$

$$= \frac{5253}{19.63} = 267 \times 14.2 = 3,791 \text{ PSI}$$

Cilindros 3x6 pulg

Promedio de carga

$$= \frac{15340+17290+17920}{3} = 16,850 \text{ kg}$$

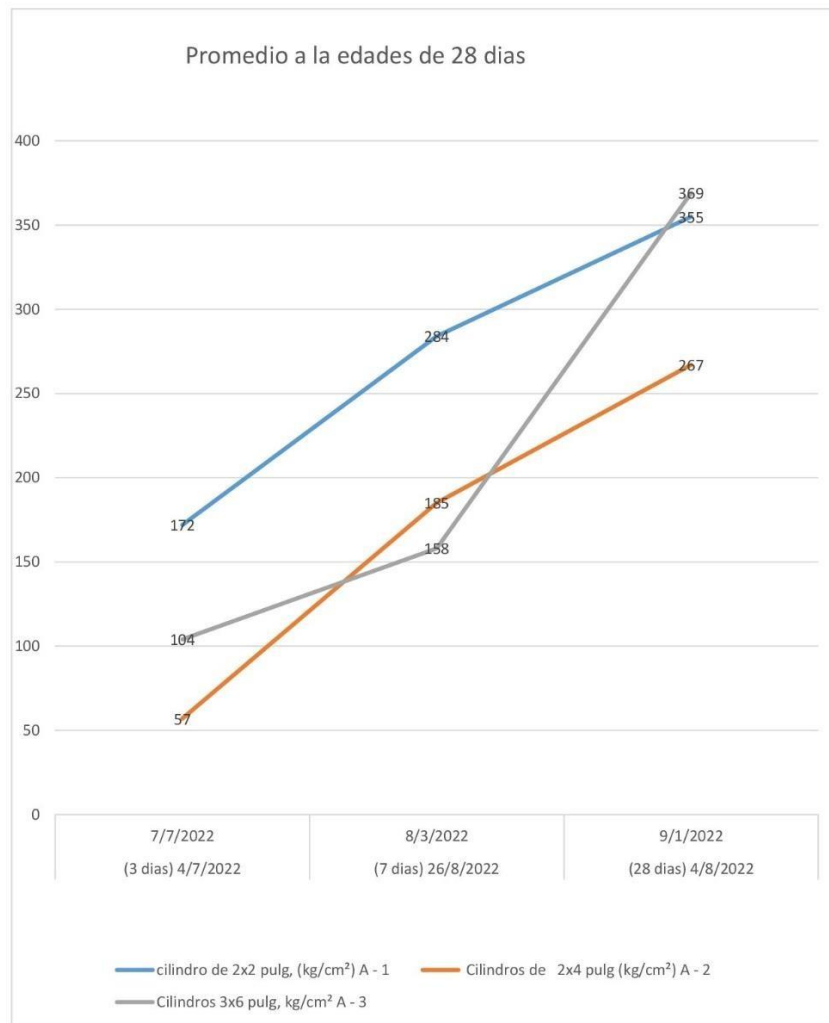
$$= \frac{16850}{45.60} = 369.51 \times 14.2 = 5,245 \text{ PSI}$$

Tabla N°29: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días.

Fecha de ensayo	Fecha de Rotura	Cubos de 2x2 pulg, kg/cm ²	Cilindros de 2x4 pulg, kg/cm	Cilindros de 3x6 pulg, kg/cm ²
		A - 1	A- 2	A - 3
(3 días) 4/7/2022	7/7/2022	172	57	104
(7 días) 26/7/2022	3/7/2022	284	185	158
(28 días) 4/8/2022	1/9/2022	355	267	369

Fuente: ASTM C 31

Grafica 4: Promedio por edad a los (28 días) de la resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30 Comparación entre el incremento de resistencia en porcentaje de los diferentes especímenes con respecto a la resistencia a los 28 días.

Especímen	3 días	7 días	28 días
2"x2"(Cubo)	48%	80%	100%
2"x4"(Cilíndrico)	21%	59%	100%
3"x6"(Cilíndrico)	28%	42.8%	100%

Tabla N° 31: Porcentaje de variación y factor de ajuste de la resistencia a la compresión tomando como patrón los especímenes cúbicos a los 3 días

Especímenes	Dimensiones	f'c (Kg/cm2)	%	Factor
Cúbico	2"x2"	172	0	1
Cilíndrico	2"x4"	57	66.86	3.018
Cilíndrico	3"x6"	104	39.53	1.654

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32: Porcentaje de variación y factor de ajuste de la resistencia a la compresión tomando como patrón los especímenes cúbicos a los 7 días

Especímenes	Dimensiones	f'c (Kg/cm2)	%	Factor
Cúbico	2"x2"	284	0	1
Cilíndrico	2"x4"	185	34.86	1.535
Cilíndrico	3"x6"	158	44.37	1.797

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33: Porcentaje de variación y factor de ajuste de la resistencia a la compresión tomando como patrón los especímenes cúbicos a los 28 días

Especímenes	Dimensiones	f'c (Kg/cm2)	%	Factor
Cúbico	2"x2"	355	0	1
Cilíndrico	2"x4"	267	24.79	1.330
Cilíndrico	3"x6"	369	-3.94	0.962

Fuente elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los ensayos de la Granulometría y Colorimetría cumplen con los estándares descritos en la norma ASTM C 144, Art 4 y 5.2 respectivamente, para agregado de mampostería.

El procedimiento de muestreo, tamizado y tamaño de muestra para el agregado se realizó con respecto a la norma ASTM C 136. Dando un análisis adecuado, quedando demostrado que la arena del cerro Motastepe cumple con lo establecidos en la norma ASTM C33 en base a los límites superiores e inferiores de los estándares en la curva granulométrica, así como el Modulo de finura (MF=2.59), el cual dicha norma establece un rango de 2.3 a 3.1.

El resultado de gravedad específica del árido fino (Gravedad específica de masa, en condición de saturada superficialmente seco, y aparente) en este estudio dio como resultado; 2.26, 2.41 y 2.67 respectivamente, con un porcentaje de absorción de 6.9%, según procedimiento estandarizado de la ASTM C128, los cuales son adecuado para esta muestra según rango especificado por Sánchez de Guzmán (2001).

Los resultados de los pesos unitarios se realizaron siguiendo los procedimientos de la norma ASTM C29, PVSS= 1533kg/m³ y PVSC= 1640kg/m³, los cuales son valores adecuado para el agregado fino en estudio.

Para cumplir con el porcentaje de fluidez, se realizó un ajuste aumentando el porcentaje de lechada a la mezcla de mortero, estimando una relación a/c= 0.52 y con la norma ASTM C-230 se estableció el rango de la fluidez del mortero de 110 ± 5 %, ejecutando este procedimiento del flujo del mortero con la ASTM C1437.

En cuanto a la resistencia, en la tabla N° de muestra el incremento en porcentaje de la misma, a los 3, 7 y 28 días, de cada espécimen con respecto a la resistencia a los 28 días, lo cual se muestra que el mejor comportamiento lo tiene los

especímenes cúbicos de 2"x2".

La variación abrupta, en la resistencia a la compresión de los diferentes especímenes se debe a la forma geométrica de cada uno, interviniendo el tamaño de los mismos, entre mayor menos resistencia (según los resultados) o comportamiento no adecuado de la misma.

La mayoría de las resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos, resultaron menores que las resistencia de los especímenes cubico, demostrado en las tablas 31, 32 y 33 del documento, donde se encuentra dichos resultados, donde los especímenes cilindros con respecto a los especímenes cúbicos su resistencia decrece exponencialmente (es decir al aumentar la edad de curado, la resistencia de los especímenes cilíndricos se acerca a los especímenes cúbicos), pero el mejor comportamiento entre los especímenes cilíndrico los tiene los de 2"x4" que los de 3"x6", lo que se demuestra que entre mayor volumen o dimensiones tengan los especímenes estos darán resultados más alejado de la realidad.

RECOMENDACIONES

En base a toda la información recopilada, los resultados obtenidos y la experiencia acumulada en el desarrollo del presente trabajo de Grado, se pueden emitir recomendaciones, las cuales se mencionan a continuación:

Se recomienda especímenes cúbicos 2x2 pulg, para evaluar la resistencia a la compresión del mortero convencional, ya que este brinda resultados confiables y proporciona mejores condiciones económica para su elaboración, manejo y curado.

Es necesario cumplir con cada una de las designaciones ASTM para cada determinada prueba, ya que estos procedimientos son abalados por unas series de ensayos estadísticos que realizan la asociación americana de ensayos de materiales.

Cuando se incurre en la necesidad de elaborar moldes para los especímenes que contempla la norma ASTM C 780, estos deben tener relaciones de esbeltez recomendadas por las normas ASTM, para que la forma del espécimen sean uniforme, así como la superficie sea lisa (superficies a cargar) y el acabado sea perpendicular a su longitud para que las cargas se aplique perpendicular al área transversal del mismo con el debido cuidado de elaboración.

En la etapa de elaboración de especímenes, se recomienda planificar detalladamente los procedimientos de dosificación, mezclados, colocados y acabados de la superficie (enrasado), debido a que pequeñas variaciones en estos procedimientos, pueden mostrar grandes cambios en los resultados.

Si hay curvatura en los especímenes de ensayo, lijar la cara o las caras a una superficie plana o descartar la muestra, ya que las imperfecciones o deficiencia, pueden alterar los resultados de los ensayos a compresión.

El agua a utilizar en los morteros, no debe tener químicos ni agentes externos a su composición, que puedan ocasionar que el mortero disminuya su resistencia. Por lo general, se recomienda que el agua sea potable

Se recomienda que se profundice en este tema, tomando como partida este trabajo, en cuanto a aumentar el número de especímenes por día de edad, aumentar el número de ensayo en cuanto a relación agua cemento, proporciones, etc., determinando una cantidad de muestra estadística que arroje resultados más precisos, y de esa manera determinar factores de ajustes en cuanto a los tipos de especímenes (formas geométricas).

Bibliografía

- ❖ ASTM C 780-02: Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry (Método Estándar para la evaluación antes y durante la construcción de morteros para mampostería confinado o reforzada)

- ❖ ASTM C 270 – 02: Standard Specification for Mortar for Unit Masonry (*Especificación Estándar del Mortero para Unidades de Mampostería*).

- ❖ ASTM C 144-02: Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar (*Especificación estándar para agregados de morteros de mampostería*)

- ❖ ASTM C 1586-05: Standard Guide for Quality Assurance of Mortars (*Guía estándar para el Aseguramiento de la Calidad de Morteros*)

- ❖ ASTM C 91 – 03: Standard Specification for Masonry Cement (Especificación estándar para Cemento de Albañilería)

- ❖ ASTM C 109/C 109M – 02: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens) (*Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando Especímenes Cúbicos de 2-pulg o [50-mm])*).

- ❖ ASTM C 230/C 230M-03: Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement (*Especificación Estándar para la Mesa de Fluidez para el Uso en Ensayos de Cemento Hidráulico*).

- ❖ ASTM C136-06: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates (*Método de Ensayo Estándar para Análisis Granulométrico de Agregado Grueso y Fino*)
- ❖ ASTM C128 – 07: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate (*Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (gravedad Específica) y Absorción del agregado Fino*)
- ❖ ASTM C29 / C29M – 09: Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate. (*Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta (Peso Unitario) y Vacíos en los agregados*)
- ❖ ASTM D75 – 03: Standard Practice for Sampling Aggregates (*Practica Estándar para el Muestreo de Agregados*)
- ❖ ASTM C 305 - 06: Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency (*Practica Estándar para la Mezcla Mecánica de Pasta de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica*).
- ❖ ASTM C 511 - 06: Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes (*Especificación Estándar para Cuartos de Mezclado, Gabinetes Húmedos, Cuartos Húmedos y Tanques de Agua Usados en los Ensayos de Cemento y Concreto Hidráulico*)
- ❖ ASTM C 88-05: Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate (*Método de prueba estándar para determinar la validez de los agregados por el uso de Hidróxido sodio*)

❖ ASTM C1437-07: Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar (Método de Ensayo Estándar para la Fluidéz del Mortero de Cemento Hidráulico)

❖ Nicaragua. Managua-Nicaragua, c. d. (s.f.). *gaceta*. Recuperado el 25 de octubre de 2021, de gaceta:

www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1692

ANEXO

ANEXO II: Dato Técnicos del Cemento Canal



Marca de Conformidad de _____ Producto

La Asociación Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO, ubicada en San José, Costa Rica, certifica que la organización:

National Institute of Standardization Association of Costa Rica, INTECO - San José, Costa Rica, certifies that the organization:



CEMEX NICARAGUA S.A.

Que opera en las instalaciones ubicadas en:

which are carried out in

Planta San Rafael del Sur, Km 45 carretera el Crucero - Masachapa. San Rafael del Sur, Managua. Planta Managua, del empalme cuesta, 400 metros al este, 300 metros al norte, ciudad Sandino.

Conforme con los documentos normativos especificados en el Anexo A y B, según los requisitos del Esquema 5 de Certificación de la ISOI basado en la Norma ISO/IEC 17067 en su versión vigente, para:

According the normative documents specified in Annex A and B, as requirements of the Scheme 5 of ISO Certification, based in the Standard ISO/IEC 17067 in its current version, for:

"Producción Cemento Hidráulico de uso general "Tipo GU" y de alta resistencia inicial "Tipo HE". Initial

"Production of General Use "Type GU " Hydraulic Cement and high resistance "Type HE".

ANEXO III



Director de Servicios
de Evaluación

Fecha de emisión. Issued on:
2018-04-03

Fecha de expiración. Expires on:
2021-04-03

El presente certificado es válido exclusivamente para el producto, proceso o servicio descrito, salvo suspensión o retiro notificado por INTECO. El presente certificado no tiene validez sin su correspondiente alcance de la certificación, donde se indica el producto, proceso o servicio, las especificaciones y normas aplicables, así como número de registro. NOTA: ¡En caso de duda siempre preva! ecerá la versión en español. The Certificate is valid exclusively for the product, process or service, describe unless it is cancel! ed or withdrawn upon INTECO's written notification. This certificate is not valid without a corresponding scope of certification, indicating the product, process or service specifications and standars, and registration number, Note: In case of doubt the spanish written scope Will prevail over the english written scope. RS-SE-85. Versión 03. Revisión #1.

Tabla N°34: Propiedades Física Química

Propiedades Física - Química			
Estado Físico	solido	Taza de evaporación	NA
Apariencia	Blanco o Grisáceo	PH	12 - 13
Olor	Ninguno	Punto de ebullición	➤ 1000c
Profesión de vapor	NA	Punto de congelación	Ninguno
Densidad de vapor	NA	Viscosidad	Ninguno
Gravedad especifica	2.85 g/cm ³	Solubilidad en agua	Insignificante

ANEXO IV: REQUERIMIENTOS NORMADOS



REQUERIMIENTOS NORMADOS

Especificaciones para cemento CANAL Norma NTON 12006 - 11 Tipo GU Equivalente a ASTM C 1157 - 03 Tipo GU	
Requerimientos Físicos	
Expansión máx. por autoclave	0.08
Resistencia a compresión:	
1 Día, PSI	
3 Día, PSI	1450
7 Día, PSI	2465
28 Día, PSI	3625
Tiempos de fraguados:	
Fraguado inicial, minutos	45
Fraguado final, minutos	420
Falso fraguado, %	50

ANEXO V: Procedimiento de ensayo en laboratorio

Figura N°3: Horno



Fuente: Elaboración propia

Figura N°4: Balanza



Fuente: Elaboración propia

Figura N°5: Juego de tamiz



Fuente: Elaboración propia

Figura N°6: Resultado de tamiz



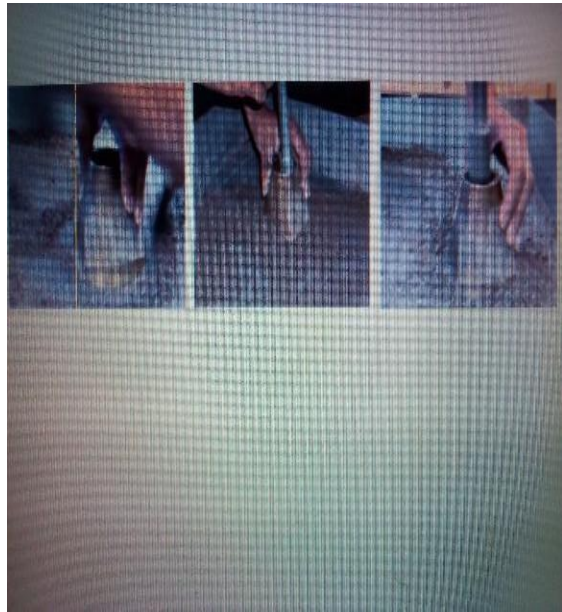
Fuente: Elaboración propia

Figura N°7: Arena saturada



Fuente: Elaboración propia

Figura N°8: Procedimiento del cono truncado para la humedad superficial.



Fuente: Elaboración propia

Figura N°9: Procedimiento del cono truncado Figura N°10: Procedimiento del cono truncado en estado húmedo



Fuente: Elaboración propia



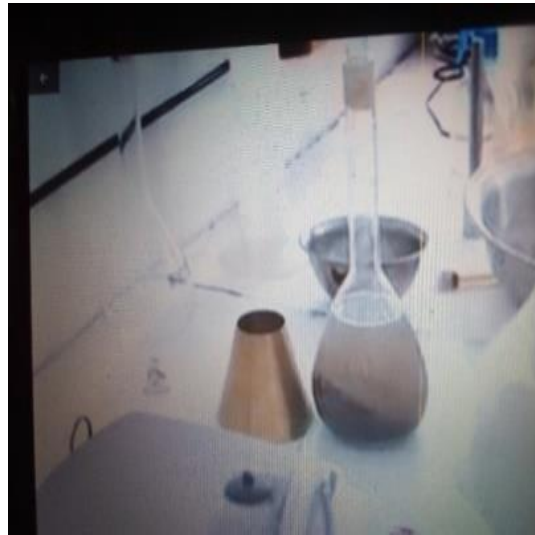
Fuente: Elaboración propia

Figura N°11: Procedimiento del Picnómetro balanza



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Procedimiento de en picnómetro

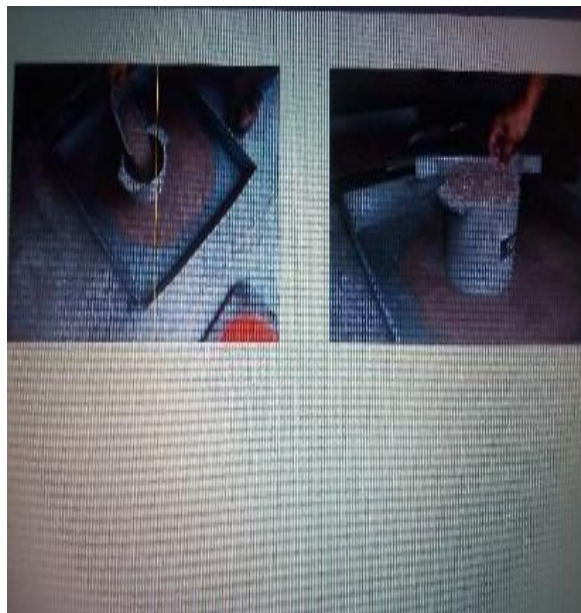


Fuente: Elaboración propia

Figura N°13: Recipiente volumétrico para ensayo. Figura 14: Recipiente Volumétrico con agregado fino.



Fuente: Elaboración propia

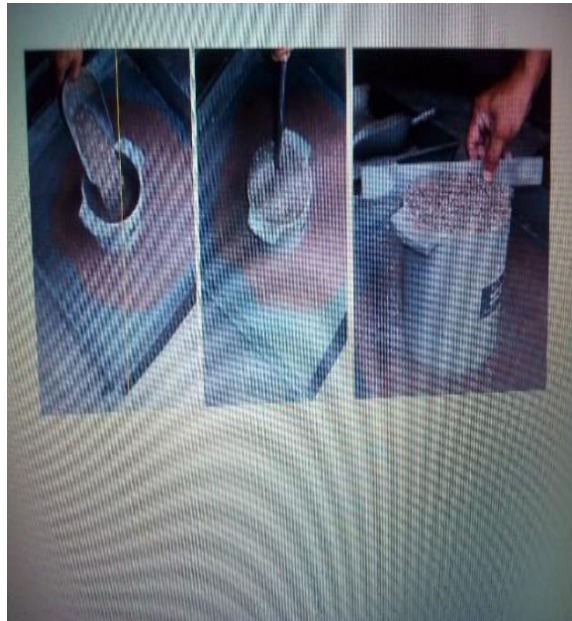


Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Aplicaciones de 25 golpes a la primera capa. Figura N°16: Varillado por capas y enrasado.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura N°17 Botella incolora con NaHO. Figura N°18 Botella incolora con NaHO después de 24 horas.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Mezcladora mecánica



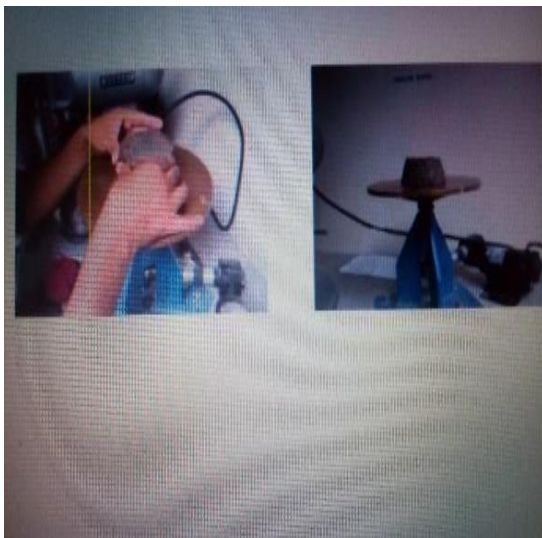
Fuente: Elaboración propia

Figura N°20: Mesa de Fluidez y cono truncado.



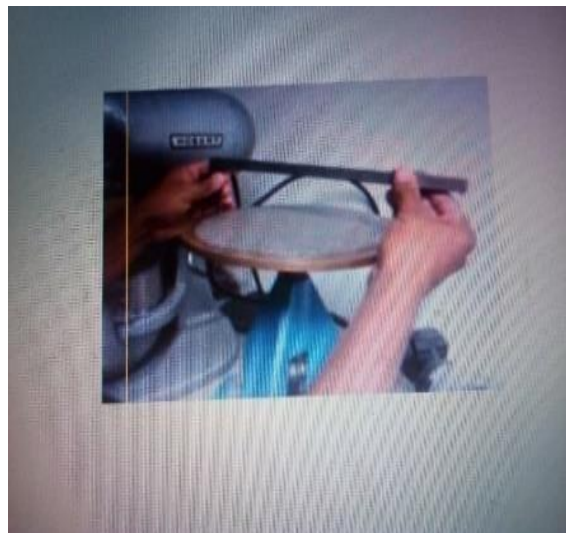
Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Forma de levantar el cono truncado-Mortero listo para iniciar con la secuencia de 25 golpes.



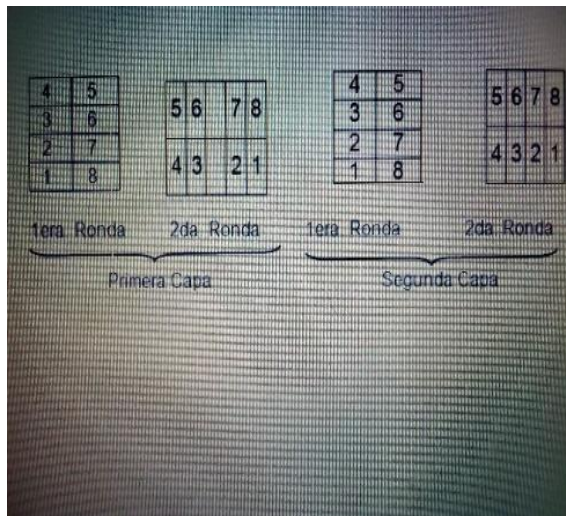
Fuente: Elaboración propia

Figura N°22: Regla de medición de fluidez.



Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Forma de apisonado por capas de los especímenes cúbicos y cilíndricos.



Fuente: ASTM C 109

Figura N°24: Molde con mortero.



Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Desmoldar los Especímenes



Fuente: Elaboración propia

Figura N°26: Rotular



Fuente: Elaboración propia

Figura N°27,28: Espécimen cúbicos de 2x2 pulg, cilíndricos 2x4 pulg, 3x6 pulg. en la recamara de compresion para ensayo



Fuente. Elaboración propia



Fuente. Elaboración propia

Figura N°29,30: Espécimen en la recamara de compresion para ensayo



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia