



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS
ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO
EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES
CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS
DE CEMENTO, PUNO – 2020.”**

TESIS

PRESENTADA POR:

BORIS ELEAZAR SONCCO PAREDES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A DIOS, porque me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda humildad que de mi corazón puede emanar, dedico en primer lugar a Dios.

A mis Padres: Juan Manuel, Teodora, Roger y Moreyma, Por brindarme el apoyo incondicional, comprensión y cariño inmenso que me han llenado de fuerzas para alcanzar mis metas a lo largo de mi formación profesional Universitaria.

A mis Hermanos: Percy, Fredy y Fernando, Por su comprensión y apoyo incondicional.

A mi Enamorada Katia, Por brindarme la motivación y apoyo en los momentos más difíciles para que este proyecto de investigación llegue a su culminación

A mis Amigos los Papichas por el apoyo brindado.

Boris Eleazar Soncco Paredes.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por brindarme una formación optima, en especial al personal docente de la Escuela profesional de Ingeniería civil por impartir sus conocimientos, orientaciones y consejos en la formación profesional.

Al honorable jurado, compuesto por el Mag. Emilio Castillo Aroni, Ing. Yasmani Teófilo Vitulas Quille y M.C. Gino Frank Laque Cordova por su tiempo, predisposición y consejos tan acertados.

Al señor asesor Dr. Samuel Huaquisto Cáceres por el apoyo desinteresado a la realización de la investigación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	21
ABSTRACT.....	22

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.1.1. Contextualización	25
1.1.2. Descripción del problema	25
1.1.3. Formulación del problema	27
1.2. HIPÓTESIS.....	27
1.2.1. Hipótesis general.....	27
1.2.2. Hipótesis específica	27
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	28
1.4. OBJETIVOS	29
1.4.1. Objetivo general.....	29
1.4.2. Objetivo específico	29
1.5. VARIABLES	29
1.5.1. Definición conceptual de variables	29
1.5.2. Operacionalización de variables	30
1.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	31

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN O MARCO REFERENCIAL .	33
2.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional:	33
2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional:.....	34
2.2. MARCO TEÓRICO.....	36
2.2.1. Fotocatálisis	36
2.2.1.1. Fotocatálisis heterogénea.....	36
2.2.2. Contaminación del aire	37
2.2.2.1. Calidad del aire en la ciudad de Puno	38
2.2.3. Dióxido de titanio	39
2.2.4. Efectos fotocatalíticos del TiO_2	40
2.2.4.1. Efecto autolimpiante.....	40
2.2.4.2. Efecto descontaminante.....	40
2.2.4.3. Efecto antibacteriano.....	41
2.2.5. Fotocatálisis y su aplicación en el concreto.....	41
2.2.6. El sistema cemento – dióxido de titanio TiO_2	42
2.2.7. Nanotecnología	44
2.2.7.1. Nanotecnología en materiales de construcción	44
2.2.7.2. Nanomateriales	45
2.2.8. Rodamina B	46
2.2.9. Medición de la degradación de rodamina B	46



2.2.10. Norma UNI 11259	47
2.2.10.1. Lámparas de luz ultravioleta (UV)	48
2.2.10.2. Sistema de color CIE L*a*b*	48
2.2.10.3. Método de medición del sistema de color CIE L*a*b*	49
2.2.10.3.1. Imágenes digitales	49
2.2.11. Mortero	50
2.2.11.1. Mortero de cemento	50
2.2.11.2. Usos de mortero	52
2.2.11.3. Clasificación de los morteros	52
2.2.11.4. Propiedades del mortero	54
2.2.11.4.1. Propiedades en estado fresco	54
2.2.11.4.1.1. Manejabilidad	54
2.2.11.4.1.2. Retención de Agua	55
2.2.11.4.1.3. Velocidad de Endurecimiento	55
2.2.11.4.1.4. Contenido de Aire	56
2.2.11.4.1.5. Masa Unitaria	56
2.2.11.4.2. Propiedades en estado endurecido:	57
2.2.11.4.2.1. Retracción	57
2.2.11.4.2.2. Adherencia	57
2.2.11.4.2.3. Resistencia a la compresión	58
2.2.11.4.2.4. Durabilidad	59
2.2.11.4.2.5. Apariencia	59
2.2.11.4.2.6. Permeabilidad	59
2.2.11.4.2.7. Eflorescencia	60
2.2.11.5. Componentes del mortero	60
2.2.11.5.1. Cemento portland blanco	60
2.2.11.5.2. Agregado fino	61
2.2.11.5.2.1. Clasificación (según el tamaño del grano)	62
2.2.11.5.3. Propiedades físicas de los agregados para morteros	63
2.2.11.5.3.1. Ensayo de análisis granulométrico	63
2.2.11.5.3.2. Módulo de fineza	64
2.2.11.5.3.3. Gravedad específica y absorción del agregado fino	65
2.2.11.5.3.4. Ensayo de contenido de humedad	67
2.2.11.5.3.5. Cantidad de material fino que pasa el tamiz (Nº 200) por Lavado	68
2.2.11.5.3.6. Peso unitario volumétrico	69
2.2.11.5.3.7. Impurezas orgánicas	70
2.2.11.5.4. Agua	72
2.2.11.5.4.1. Agua de mezcla	73
2.2.11.5.4.2. Agua para curado	73
2.2.12. Fluidez de morteros	74
2.2.13. Resistencia a la compresión	74
2.2.14. Resistencia a la flexión	75
2.2.15. Tasa de absorción de morteros	76
2.2.16. Permeabilidad de mortero	77

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	81
3.1.1. Tipo de investigación: Analítico	81
3.1.2. Enfoque de investigación: Cuantitativa	81



3.1.3. Alcance o niveles de la investigación: Correlacional	81
3.1.4. Tiempo de estudio: Transeccionales o transversales	82
3.1.5. Diseño metodológico de la investigación: Experimental.....	82
3.1.6. Diseño experimental	83
3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO	83
3.2.1. Geográficas	83
3.2.2. Periodo de duración del proyecto de investigación	84
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.	85
3.3.1. Población:	85
3.3.1.1. Descripción de la población	85
3.3.2. Muestra:	86
3.3.2.1. Método de muestreo no – probabilístico	86
3.3.2.2. Descripción de la muestra	86
3.4. MATERIALES	89
3.4.1. Cemento portland blanco	89
3.4.2. Agregados finos	89
3.4.3. Dióxido de titanio	89
3.4.4. Tela de velcro.....	89
3.4.5. Rodamina B	90
3.4.6. Agua.....	90
3.5. EQUIPOS.....	90
3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	91
3.7. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	92
3.7.1. Análisis estadístico de los resultados.	92
3.7.2. Análisis estadístico de la varianza ANOVA y prueba de rango múltiple de TUKEY y correlación lineal de PEARSON.	92
3.7.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor.....	92
3.7.2.2. Prueba de rango múltiple de TUKEY.	94
3.7.2.3. Análisis de la correlación lineal R de Pearson	95
3.8. METODOLOGÍA MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	95
3.8.1. Obtención del agregado fino	95
3.8.2. Muestreo para materiales de construcción (MTC E 201 / NTP 400.010 / ASTM D75).....	96
3.8.3. Estudio para la determinación de las propiedades físicas del agregado fino. 99	
3.8.3.1. Contenido de humedad (MTC E 108 / NTP 339.127 / ASTM D2216) .	99
3.8.3.2. Análisis granulométrico (MTC E 204 / NTP 400.012 / ASTM C136)	101
3.8.3.3. Módulo de fineza (NTP 400.011).....	104
3.8.3.4. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (MTC E 202 / NTP 400.018 / ASTM C117).....	105
3.8.3.5. Gravedad específica y absorción (MTC E 205 / NTP 400.022 / ASTM C128)	108
3.8.3.6. Peso unitario suelto seco (PUSS) y compactado (PUCS) (MTC E 203 / NTP 400.017 / ASTM C29).....	112
3.8.3.7. Contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino (MTC E 213 / NTP 400.024 / ASTM C 40).....	115
3.8.4. Diseño de mezclas de morteros.....	117



3.8.4.1. Diseño de mezclas de mortero patrón	117
3.8.4.2. Diseño de mezclas de mortero adicionando 5% de dióxido de titanio: 125	
3.8.5. Mezcla mecánica de morteros de consistencia plástica (MTC E 611 / NTP 334.003 / ASTM C 305)	126
3.8.6. Fluidez de mortero de cemento (MTC E 616 / NTP 334.057 / ASTM C 230)	128
3.8.7. Contenido de aire en morteros de cemento (MTC E 612 / NTP 334.048 / ASTM C 185)	132
3.8.8. Peso unitario de morteros de cemento (MTC E714 / NTP 339.046 / ASTM C 138).....	135
3.8.9. Medición de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes	138
3.8.10. Medición de la autolimpieza por degradación de rodamina B (UNI 11259)	141
3.8.11. Resistencia a la compresión de morteros de cemento (cubos de 50 mm) (MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109)	152
3.8.12. Resistencia a la flexión de morteros de cemento (MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348)	165
3.8.13. Tasa de absorción de agua de morteros (NTP 399.631 / ASTM C1403 – 13)	177
3.8.14. Determinación de la permeabilidad de morteros (ASTM D 5084-90)	182

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS. 187	
4.1.1. Resultados de análisis de materiales para diseño de mezclas.....	187
4.1.1.1. Resultados de contenido de humedad.....	187
4.1.1.2. Resultados de análisis granulométrico	188
4.1.1.3. Resultados de módulo de fineza.	191
4.1.1.4. Resultados de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200.	191
4.1.1.5. Resultados de gravedad específica y absorción.....	192
4.1.1.6. Resultados de peso unitario suelto seco (PUSS) y compactado (PUCS).	192
4.1.1.7. Resultados de contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino. 193	
4.1.2. Resultados de ensayos previos a la elaboración de morteros	193
4.1.2.1. Resultados de contenido de aire en morteros de cemento	193
4.1.2.2. Resultados de peso unitario de morteros de cemento.....	194
4.1.2.3. Resultados de fluidez de mortero de cemento.	195
4.2. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	197
4.2.1. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros	197
4.2.1.1. Resultados de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.	197
4.2.1.1.1. Antes de la exposición a partículas volátiles Contaminantes.	198
4.2.1.1.2. Después de la exposición a partículas volátiles Contaminantes.	199
4.2.1.1.3. Después del lavado con agua.....	200
4.2.1.2. Resultados de la autolimpieza por degradación de rodamina b.....	201
4.2.1.2.1. Resultado de la degradación de rodamina B a las 4 horas.....	205
4.2.1.2.2. Resultado de la degradación de rodamina B a las 26 horas.....	207



4.2.1.2.3. Análisis de la autolimpieza por degradación de rodamina B	210
4.2.2. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros.	211
4.2.2.1. Resultados de compresión de morteros de cemento	211
4.2.2.1.1. Resultado de compresión de mortero a las 24 horas	213
4.2.2.1.2. Resultado de compresión de mortero a los 3 días	214
4.2.2.1.3. Resultado de compresión de mortero a los 7 días	216
4.2.2.1.4. Resultado de compresión de mortero a los 28 días	218
4.2.2.1.5. Análisis de la resistencia a la compresión	220
4.2.2.2. Resultado de resistencia a la flexión de morteros de cemento	221
4.2.2.2.1. Resultado de flexión de mortero a las 24 horas	223
4.2.2.2.2. Resultado de flexión de mortero a los 3 días	224
4.2.2.2.3. Resultado de flexión de mortero a los 7 días	226
4.2.2.2.4. Resultado de flexión de mortero a los 28 días	228
4.2.2.2.5. Análisis de la resistencia a la flexión	230
4.2.3. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros.	231
4.2.3.1. Resultados de tasa de absorción de agua de los morteros.	231
4.2.3.1.1. Resultado de la tasa de absorción de morteros a las 0.25 horas	232
4.2.3.1.2. Resultado de la tasa de absorción de morteros a 1 hora	234
4.2.3.1.3. Resultado de la tasa de absorción de morteros a las 4 horas	236
4.2.3.1.4. Resultado de la tasa de absorción de morteros a las 24 horas	238
4.2.3.1.5. Análisis de la tasa de absorción	240
4.2.3.2. Resultados de Coeficiente de permeabilidad de morteros	241
4.2.3.2.1. Resultado de coeficiente de permeabilidad de morteros a los 5 días	242
4.2.3.2.2. Análisis del coeficiente de permeabilidad	243
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	244
4.3.1. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros.	244
4.3.1.1. Medición de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes	244
4.3.1.2. Medición de la autolimpieza por degradación de rodamina B de morteros.	245
4.3.2. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros.	246
4.3.2.1. Resistencia a la compresión	246
4.3.2.2. Resistencia a la flexión	246
4.3.3. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros	247
4.3.3.1. Tasa de absorción	247
4.3.3.2. Coeficiente de permeabilidad	248
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	248
4.4.1. Análisis estadístico ANOVA, TUKEY y correlación lineal de PEARSON.	248
4.4.2. Análisis estadístico de las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros.	249
4.4.2.1. Análisis estadístico de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.	249



4.4.2.2. Análisis estadístico de la autolimpieza por degradación de rodamina B a las 26 horas.	249
4.4.2.2.1. Resultados ANOVA	250
4.4.2.2.2. Resultados TUKEY:	252
4.4.2.2.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:.....	255
4.4.3. Análisis estadístico de las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros	256
4.4.3.1. Análisis estadístico de la resistencia a la compresión a la edad de 28 días.	256
4.4.3.1.1. Resultados ANOVA:	256
4.4.3.1.2. Resultados TUKEY:	259
4.4.3.1.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:.....	262
4.4.3.2. Análisis estadístico de la resistencia a la flexión a la edad de 28 días. 263	
4.4.3.2.1. Resultados ANOVA	263
4.4.3.2.2. Resultados TUKEY:	265
4.4.3.2.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:.....	268
4.4.4. Análisis estadístico de las propiedades físicas de tasa de absorción y permeabilidad de morteros.	269
4.4.4.1. Análisis estadístico de la tasa de absorción a las 24 horas.	269
4.4.4.1.1. Resultados ANOVA	269
4.4.4.1.2. Resultados TUKEY:	272
4.4.4.1.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:.....	275
4.4.4.2. Análisis estadístico del coeficiente de permeabilidad.	276
4.4.4.2.1. Resultados ANOVA	276
4.4.4.2.2. Resultados TUKEY:	278
4.4.4.2.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:.....	282
4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	283
4.5.1. Prueba de hipótesis de propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros.	283
4.5.1.1. Prueba de hipótesis de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.	283
4.5.1.2. Prueba de hipótesis de la autolimpieza por degradación de rodamina B.	283
4.5.2. Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros.	284
4.5.2.1. Prueba de hipótesis de la resistencia a la compresión.	284
4.5.2.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a la flexión	285
4.5.3. Prueba de hipótesis de las propiedades físicas de la tasa de absorción y permeabilidad de morteros.	285
4.5.3.1. Prueba de hipótesis de la tasa de la tasa de absorción	285
4.5.3.2. Prueba de hipótesis del coeficiente de permeabilidad	286
V. CONCLUSIONES	287
5.1. CONCLUSIÓN GENERAL	287
5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	287
VI. RECOMENDACIONES	289
VII. REFERENCIAS.....	290
LIBROS	290
TESIS	291
NORMAS.....	295
ANEXOS.....	297



ANEXO 1: panel fotográfico	297
ANEXO 2: Certificado de resultados de ensayo de materiales	326
ANEXO 3: Diseño de mezclas de mortero	334
ANEXO 4: Contenido de aire de mortero.....	338
ANEXO 5: Peso unitario de morteros de cemento.	339
ANEXO 6: Fluidez de Mortero.....	341
ANEXO 7: Medición de la actividad fotocatalítica	343
ANEXO 8: Resistencia a la compresión de morteros	347
ANEXO 9: Resistencia a la Flexión	363
ANEXO 10: Tasa de absorción de morteros.....	379
ANEXO 11: Permeabilidad de morteros	387
ANEXO 12: Certificado de calibración de prensa de concreto	389
ANEXO 13: Certificado de calibración de prensa CBR.....	392
ANEXO 14: Hoja técnica de cemento blanco Huascarán.....	395
ANEXO 15: Hoja técnica de Dióxido de Titanio.	396

Área : Construcciones

Tema : Tecnología de los materiales en la construcción

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 06 de agosto de 2021.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Fotocatálisis</i>	36
Figura 2: <i>Eliminación de partículas contaminantes.</i>	44
Figura 3: <i>Sistema de color CIE L*a*b* (3D)</i>	49
Figura 4: <i>Escala para contraste de colores de ensayo de impurezas orgánicas.</i>	71
Figura 5: <i>Montaje de equipos para ensayo de Absorción.</i>	77
Figura 6: <i>Propuesta de permeámetro.</i>	80
Figura 7: <i>Diseño Experimental</i>	83
Figura 8: <i>Ubicación de Laboratorio LAIA CONSUL</i>	84
Figura 9: <i>Ubicación de cantera</i>	96
Figura 10: <i>Cuarteo de material.</i>	99
Figura 11: <i>Pesado de muestras para contenido de humedad.</i>	100
Figura 12: <i>Tamizado de muestra.</i>	103
Figura 13: <i>Lavado de muestra que pasa por el tamiz N°200.</i>	107
Figura 14: <i>Determinación SSS para ensayo de gravedad específica.</i>	110
Figura 15: <i>Eliminación de aire para ensayo de gravedad específica.</i>	110
Figura 16: <i>Colocado de muestra en el molde para ensayo de PUSC.</i>	112
Figura 17: <i>Preparado de muestra para ensayo de PUSC.</i>	113
Figura 18: <i>Representación de compactación por capas para ensayo de PUSC.</i>	114
Figura 19: <i>Mezcla de agua y la soda caustica</i>	116
Figura 20: <i>Contraste del color del líquido para ensayo de impurezas orgánicas.</i>	116
Figura 21: <i>Fluidez recomendada para morteros para diseño de mezclas.</i>	117
Figura 22: <i>Resistencia a la compresión vs relación A/C para diseño de mezclas.</i>	119
Figura 23: <i>Resistencia a la compresión vs contenido de cemento para diseño.</i>	120
Figura 24: <i>Retiro de molde para ensayo de fluidez.</i>	129
Figura 25: <i>Caída de mesa de flujo para ensayo de fluidez.</i>	129
Figura 26: <i>Preparación de insumos y materiales para contenido de aire.</i>	133
Figura 27: <i>Elaboración de mortero para ensayo de peso unitario.</i>	136
Figura 28: <i>Colocación de probetas en fogones para descontaminación.</i>	140
Figura 29: <i>Exposición de probetas a los rayos UV para descontaminación.</i>	140
Figura 30: <i>Lavado de probetas para ensayo de descontaminación.</i>	141
Figura 31: <i>Enrasado de probetas para ensayo de autolimpieza.</i>	143
Figura 32: <i>Preparación de la solución de Rodamina B.</i>	144
Figura 33: <i>Aplicación de rodamina B para ensayo de autolimpieza.</i>	144
Figura 34: <i>Registro fotográfico para medición de color.</i>	145
Figura 35: <i>Exposición de probetas a rayos UV.</i>	145
Figura 36: <i>Obtención de los valores en el espacio RGB.</i>	146
Figura 37: <i>Procedimiento de apisonado para ensayo de compresión.</i>	154
Figura 38: <i>Curado de probetas en cámara húmeda para ensayo de compresión.</i>	154
Figura 39: <i>Curado de probetas de mortero para ensayo de compresión.</i>	155
Figura 40: <i>Ensayo de compresión de morteros.</i>	156
Figura 41: <i>Orden de apisonado de probetas para resistencia a la flexión.</i>	166
Figura 42: <i>Marcado de puntos de contacto para resistencia a la flexión.</i>	167
Figura 43: <i>Ensayo de resistencia a la flexión de morteros.</i>	167
Figura 44: <i>Medida de probetas para ensayo de absorción.</i>	178
Figura 45: <i>Llenado de recipiente con agua para ensayo de absorción.</i>	179
Figura 46: <i>Medida de probetas para ensayo de permeabilidad.</i>	183
Figura 47: <i>Ensayo de permeabilidad.</i>	184



Figura 48: Resultado de Curva granulométrica ensayo 1	188
Figura 49: Resultado de curva granulométrica ensayo 2.	189
Figura 50: Resultado de curva granulométrica ensayo 3.	190
Figura 51: Degradación de Rodamina B vs Porcentaje de TiO_2 - 4 horas.	206
Figura 52: Degradación de Rodamina B vs Porcentaje de TiO_2 - 26 horas.	209
Figura 53: Gráfico de degradación de rodamina B VS tiempo de exposición	211
Figura 54: Instrumentación de Probetas de mortero.	212
Figura 55: Falla de muestras al ensayo de compresión.	212
Figura 56: Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO_2 - 24 horas.	214
Figura 57: Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO_2 - 3 días.	216
Figura 58: Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO_2 - 7 días.	218
Figura 59: Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO_2 - 28 días.	220
Figura 60: Gráfico de resistencia a la compresión VS edad.	221
Figura 61: Instrumentación de probetas de mortero.	222
Figura 62: Falla de muestras ensayo de flexión.	222
Figura 63: Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO_2 - 24 horas.	224
Figura 64: Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO_2 - 3 días.	226
Figura 65: Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO_2 - 7 días.	228
Figura 66: Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO_2 - 28 días.	230
Figura 67: Gráfico de resistencia a la flexión Promedio VS edad.	231
Figura 68: Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO_2 - 0.25 horas.	234
Figura 69: Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO_2 - 1 horas.	236
Figura 70: Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO_2 - 4 horas.	238
Figura 71: Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO_2 - 24 horas.	240
Figura 72: Tasa de absorción VS tiempo de exposición al agua.	241
Figura 73: Coeficiente de permeabilidad VS porcentaje de TiO_2	243
Figura 74: Coeficiente de Permeabilidad VS tiempo de exposición al agua.	244
Figura 75: Gráfica de valores de degradación de rodamina B VS tratamiento.	251
Figura 76: Intervalos de confianza y medias para los tratamientos con TiO_2	252
Figura 77: ICs simultáneos de 95% de Tukey degradación de rodamina B.	254
Figura 78: Gráficas de residuos para Degradación de rodamina B - 26 horas.	255
Figura 79: Gráfica de matriz de % de TiO_2 y degradación de rodamina B.	256
Figura 80: Gráfica de valores de resistencia a la compresión vs tratamiento.	258
Figura 81: Gráfica de intervalos de resistencia a la compresión vs tratamiento.	259
Figura 82: ICs simultáneos de 95% de Tukey resistencia a la compresión.	261
Figura 83: Gráficas de residuos para resistencia a la compresión.	262
Figura 84: Gráfica de matriz de % de TiO_2 y resistencia a la compresión.	263
Figura 85: Gráfica de valores de resistencia a la flexión VS tratamiento.	264
Figura 86: Intervalos de confianza y medias para los tratamientos con TiO_2	265
Figura 87: ICs simultaneo de 95% de Tukey Resistencia a la flexión.	267
Figura 88: Gráfico de residuos para resistencia a la flexión.	268
Figura 89: Gráfica de matriz de % de TiO_2 y resistencia a la flexión.	269
Figura 90: Grafica de valores individuales de tasa de absorción.	271
Figura 91: Intervalos de confianza y medias para los tratamientos con TiO_2	272
Figura 92: ICs simultáneos de 95% de Tukey tasa de absorción.	274
Figura 93: Graficas de residuos para tasa de absorción.	275
Figura 94: Gráfica de matriz de % de TiO_2 y tasa de absorción.	276
Figura 95: Gráfica de valores de coeficiente de permeabilidad VS tratamiento.	277
Figura 96: Intervalos de confianza y medias para los tratamientos con TiO_2	278
Figura 97: ICs simultáneos de 95% de Tukey coeficiente de permeabilidad.	280



Figura 98: <i>Gráficas de residuos para Coeficiente de permeabilidad</i>	281
Figura 99: <i>Gráfica de matriz de % de TiO₂ y el coeficiente de permeabilidad</i>	282
Figura 100: <i>Tamizado de material para cuarteo</i>	297
Figura 101: <i>Cuarteo de material</i>	297
Figura 102: <i>Pesado de muestras para % de humedad</i>	297
Figura 103: <i>Secado de muestras para % de humedad</i>	297
Figura 104: <i>Cuarteo de material</i>	298
Figura 105: <i>Secado de muestra para ensayo de granulometría</i>	298
Figura 106: <i>Tamizado de muestra para granulometría</i>	298
Figura 107: <i>Tamizado de muestra</i>	298
Figura 108: <i>Pesado de muestra para material que pasa el tamiz N°200</i>	299
Figura 109: <i>Secado de muestra para material que pasa el tamiz N°200</i>	299
Figura 110: <i>Lavado de muestra que pasa por el tamiz N°200</i>	299
Figura 111: <i>Secado de muestras de lavado por tamiz N° 200</i>	299
Figura 112: <i>Secado de muestras para ensayo de gravedad específica</i>	300
Figura 113: <i>Saturado de muestras para ensayo de gravedad específica</i>	300
Figura 114: <i>Secado superficial para ensayo de gravedad específica</i>	300
Figura 115: <i>Determinación SSS para ensayo de gravedad específica</i>	300
Figura 116: <i>Eliminación de aire para ensayo de gravedad específica</i>	301
Figura 117: <i>Pesado de fiola para ensayo de gravedad específica</i>	301
Figura 118: <i>Calculo del volumen del molde para ensayo de peso unitario</i>	301
Figura 119: <i>Colocado de muestra en el molde para ensayo de PUSS</i>	301
Figura 120: <i>Preparado de muestra para ensayo de PUSC</i>	302
Figura 121: <i>Pesado de muestra para ensayo de PUSS</i>	302
Figura 122: <i>Preparado de soda caustica para ensayo de impurezas organicas</i>	302
Figura 123: <i>Preparado de insumos y materiales para impurezas organicas</i>	302
Figura 124: <i>Mezcla de agua y la soda caustica para impurezas organicas</i>	303
Figura 125: <i>Contraste del color del liquido para impurezas organicas</i>	303
Figura 126: <i>Preparado de insumos y materiales para elaboración de morteros</i>	303
Figura 127: <i>Adicción de agua para elaboración de morteros</i>	303
Figura 128: <i>Adicción de dióxido de titanio para elaboración de morteros</i>	304
Figura 129: <i>Adicción de cemento blanco para elaboración de morteros</i>	304
Figura 130: <i>Adicción de agregado fino para elaboración de morteros</i>	304
Figura 131: <i>Reposo de mezcla para elaboración de morteros</i>	304
Figura 132: <i>Preparación mortero para ensayo de fluidez</i>	305
Figura 133: <i>Llenado de molde para ensayo de fluidez</i>	305
Figura 134: <i>Retiro de molde para ensayo de fluidez</i>	305
Figura 135: <i>Medida de diámetros para ensayo de fluidez</i>	305
Figura 136: <i>Preparación de insumos y materiales para contenido de aire</i>	306
Figura 137: <i>Determinación de consistencia para ensayo de contenido de aire</i>	306
Figura 138: <i>Llenado de medidor para ensayo de contenido de aire</i>	306
Figura 139: <i>Peso de medidor para ensayo de contenido de aire</i>	306
Figura 140: <i>Elaboración de mortero para ensayo de peso unitario</i>	307
Figura 141: <i>Llenado de medidor para ensayo de peso unitario</i>	307
Figura 142: <i>Peso de medidor para ensayo de peso unitario</i>	307
Figura 143: <i>Elaboración de mortero para ensayo de descontaminación</i>	308
Figura 144: <i>Llenado de moldes para ensayo de descontaminación</i>	308
Figura 145: <i>Enrasado de probetas para ensayo de descontaminación</i>	308
Figura 146: <i>Elaboración de probetas para ensayo de descontaminación</i>	308
Figura 147: <i>Desmoldado de probetas para ensayo de descontaminación</i>	309



Figura 148: <i>Curado de probetas para ensayo de descontaminación</i>	309
Figura 149: <i>Secado de probetas para ensayo de descontaminación</i>	309
Figura 150: <i>Preparación de fogones de quemado para descontaminación</i>	309
Figura 151: <i>Colocación de probetas en fogones para descontaminación</i>	310
Figura 152: <i>Quema de neumáticos en fogones para descontaminación</i>	310
Figura 153: <i>Exposición de probetas a los rayos UV para descontaminación</i>	310
Figura 154: <i>Lavado de probetas para ensayo de descontaminación</i>	310
Figura 155: <i>Elaboración de morteros para ensayo de autolimpieza</i>	311
Figura 156: <i>Llenado de probetas para ensayo de autolimpieza</i>	311
Figura 157: <i>Enrasado de probetas para ensayo de autolimpieza</i>	311
Figura 158: <i>Curado en cámara húmeda para ensayo de autolimpieza</i>	311
Figura 159: <i>Curado en poza de curado para ensayo de autolimpieza</i>	312
Figura 160: <i>Preparación de la solución de Rodamina B</i>	312
Figura 161: <i>Preparado de muestras para ensayo de autolimpieza</i>	312
Figura 162: <i>Aplicación de rodamina B para ensayo de autolimpieza</i>	312
Figura 163: <i>Registro fotográfico para medición de color</i>	313
Figura 164: <i>Exposición de probetas a rayos UV</i>	313
Figura 165: <i>Registro fotográfico para la medición de color</i>	313
Figura 166: <i>Elaboración de mortero para ensayo de compresión</i>	314
Figura 167: <i>Preparado de insumos y materiales para ensayo de compresión</i>	314
Figura 168: <i>Aplicación de aceite mineral en moldes para ensayo de compresión</i>	314
Figura 169: <i>Llenado de moldes para ensayo de compresión</i>	314
Figura 170: <i>Enrasado de probetas de mortero para ensayo de compresión</i>	315
Figura 171: <i>Curado de probetas en cámara húmeda para ensayo de compresión</i>	315
Figura 172: <i>Desmoldado de probetas para ensayo de compresión</i>	315
Figura 173: <i>Curado de probetas en poza de curado para ensayo de compresión</i>	315
Figura 174: <i>Curado de probetas de mortero para ensayo de compresión</i>	316
Figura 175: <i>Secado de probetas para ensayo de compresión</i>	316
Figura 176: <i>Medida de probetas para ensayo de compresión</i>	316
Figura 177: <i>Ensayo de compresión de morteros</i>	316
Figura 178: <i>Ensayo de compresión de morteros</i>	317
Figura 179: <i>Falla de probetas de mortero a ensayo de compresión</i>	317
Figura 180: <i>Elaboración de mortero para ensayo de resistencia a la flexión</i>	317
Figura 181: <i>Llenado de moldes para ensayo de resistencia a la flexión</i>	317
Figura 182: <i>Enrasado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión</i>	318
Figura 183: <i>Curado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión</i>	318
Figura 184: <i>Desmoldado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión</i>	318
Figura 185: <i>Curado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión</i>	318
Figura 186: <i>Curado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión</i>	319
Figura 187: <i>Desmoldado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión</i>	319
Figura 188: <i>Secado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión</i>	319
Figura 189: <i>Medida de probetas de mortero para ensayo de flexión</i>	319
Figura 190: <i>Puntos de contacto para ensayo de resistencia a la flexión</i>	320
Figura 191: <i>Falla de probetas de mortero a ensayo de flexión</i>	320
Figura 192: <i>Ensayo de resistencia a la flexión de morteros</i>	320
Figura 193: <i>Ensayo de resistencia a la flexión de morteros</i>	320
Figura 194: <i>Llenado de probetas para ensayo de absorción</i>	321
Figura 195: <i>Elaboración de mortero para ensayo de absorción</i>	321
Figura 196: <i>Enrasado de Probetas para ensayo de absorción</i>	321
Figura 197: <i>Curado de Probetas en cámara húmeda de ensayo de absorción</i>	321



Figura 198: <i>Curado de probetas en poza de curado para ensayo de absorción.</i>	322
Figura 199: <i>Secado de probetas para ensayo de absorción.</i>	322
Figura 200: <i>Medida de probetas para ensayo de absorción.</i>	322
Figura 201: <i>Medida de probetas para ensayo de absorción.</i>	322
Figura 202: <i>Colocado de muestras en el recipiente para ensayo de absorción.</i>	323
Figura 203: <i>Llenado de recipiente con agua para ensayo de absorción.</i>	323
Figura 204: <i>Preparación de insumos y materiales para ensayo de permeabilidad.</i>	323
Figura 205: <i>Llenado de probetas para ensayo de permeabilidad.</i>	323
Figura 206: <i>Enrasado de probetas para ensayo de permeabilidad.</i>	324
Figura 207: <i>Desmoldado de muestras para ensayo de permeabilidad.</i>	324
Figura 208: <i>Curado de probetas para ensayo de permeabilidad.</i>	324
Figura 209: <i>Medida de probetas para ensayo de permeabilidad.</i>	324
Figura 210: <i>Saturado de probetas para ensayo de permeabilidad.</i>	325
Figura 211: <i>Montaje para ensayo de permeabilidad.</i>	325
Figura 212: <i>Ensayo de permeabilidad.</i>	325
Figura 213: <i>Medida de la cantidad de agua para ensayo de permeabilidad.</i>	325



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	<i>Operacionalización de variables.</i>	30
Tabla 2:	<i>Matriz de consistencia.</i>	31
Tabla 3:	<i>Partículas contaminantes presentes en el aire.</i>	38
Tabla 4:	<i>Propiedades de las fases cristalinas del dióxido de titanio.</i>	39
Tabla 5:	<i>Fluidez del mortero</i>	55
Tabla 6:	<i>Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria.</i>	56
Tabla 7:	<i>Granulometría del agregado fino.</i>	64
Tabla 8:	<i>Clasificación del agregado según el valor del módulo de finura</i>	64
Tabla 9:	<i>Escala de color GARDNER.</i>	71
Tabla 10:	<i>Determinación de las propiedades según el color del líquido.</i>	71
Tabla 11:	<i>Coeficiente de permeabilidad según A. Casagrande y R. E. Fadum.</i>	79
Tabla 12:	<i>Coeficiente de permeabilidad según Terzaghi y Peck.</i>	79
Tabla 13:	<i>Ubicación de Laboratorio LAIA CONSUL</i>	84
Tabla 14:	<i>Cantidad de muestras de para ensayo de degradación de CO.</i>	87
Tabla 15:	<i>Cantidad de muestras de para ensayo de degradación de rodamina B.</i>	87
Tabla 16:	<i>Cantidad de muestras de para ensayo de compresión.</i>	87
Tabla 17:	<i>Cantidad de muestras de para ensayo de flexión.</i>	88
Tabla 18:	<i>Cantidad de muestras de para ensayo de permeabilidad.</i>	88
Tabla 19:	<i>Cantidad de muestras de para ensayo de tasa de absorción.</i>	89
Tabla 20:	<i>Ubicación de cantera.</i>	96
Tabla 21:	<i>Peso mínimo de muestra</i>	97
Tabla 22:	<i>Recolección de datos del contenido de humedad</i>	101
Tabla 23:	<i>Recolección de datos de análisis granulométrico.</i>	103
Tabla 24:	<i>Recolección de datos de cantidad de material que pasa el tamiz N° 200.</i>	107
Tabla 25:	<i>Recolección de datos para gravedad específica y absorción</i>	111
Tabla 26:	<i>Recolección de datos de peso unitario suelto</i>	114
Tabla 27:	<i>Recolección de datos de peso unitario compactado</i>	114
Tabla 28:	<i>Recolección de datos de contenido de impurezas orgánicas.</i>	117
Tabla 29:	<i>Resistencia característica de acuerdo al tipo de mortero</i>	118
Tabla 30:	<i>Dosificación de mortero patrón sin corrección por fluidez.</i>	123
Tabla 31:	<i>Cantidad de material para ensayo de fluidez</i>	124
Tabla 32:	<i>Ajuste del contenido de agua de mortero patrón.</i>	124
Tabla 33:	<i>Dosificación de mortero patrón adicionando dióxido de titanio.</i>	126
Tabla 34:	<i>Recolección de datos de ajuste de fluidez del mortero patrón</i>	130
Tabla 35:	<i>Recolección de datos de fluidez de morteros.</i>	131
Tabla 36:	<i>Recolección de datos contenido de aire de mortero patrón</i>	134
Tabla 37:	<i>Recolección de datos de peso unitario de mortero patrón.</i>	137
Tabla 38:	<i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP 0 horas.</i>	147
Tabla 39:	<i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP 4 horas.</i>	147
Tabla 40:	<i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP 26 horas.</i>	148
Tabla 41:	<i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 3% de TiO₂ 0 horas.</i>	148
Tabla 42:	<i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 3% de TiO₂ 4 horas</i>	148



Tabla 43: <i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 3% de TiO₂ 26 horas.</i>	149
Tabla 44: <i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 5% de TiO₂ 0 horas.</i>	149
Tabla 45: <i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 5% de TiO₂ 4 horas.</i>	150
Tabla 46: <i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 5% de TiO₂ 26 horas.</i>	150
Tabla 47: <i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 7% de TiO₂ 0 horas.</i>	151
Tabla 48: <i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 7% de TiO₂ 4 horas.</i>	151
Tabla 49: <i>Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 7% de TiO₂ 26 horas.</i>	152
Tabla 50: <i>Recolección de datos de compresión – mortero patrón 28 días.</i>	156
Tabla 51: <i>Recolección de datos de compresión – mortero patrón 7 días.</i>	157
Tabla 52: <i>Recolección de datos de compresión – mortero patrón 3 días.</i>	157
Tabla 53: <i>Recolección de datos de compresión – mortero patrón 24 horas.</i>	158
Tabla 54: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 28 días.</i>	158
Tabla 55: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 7 días.</i>	159
Tabla 56: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 3 días.</i>	159
Tabla 57: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 24 horas.</i>	160
Tabla 58: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 28 días.</i>	160
Tabla 59: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 7 días.</i>	161
Tabla 60: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 3 días.</i>	161
Tabla 61: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 24 horas.</i>	162
Tabla 62: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 7% de TiO₂ 28 días.</i>	162
Tabla 63: <i>Recolección de datos de compresión –MP 7% de TiO₂ 7 días.</i>	163
Tabla 64: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 7% de TiO₂ 3 días.</i>	163
Tabla 65: <i>Recolección de datos de compresión – MP + 7% de TiO₂ 24 horas.</i>	164
Tabla 66: <i>Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 28 días.</i>	168
Tabla 67: <i>Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 7 días.</i>	168
Tabla 68: <i>Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 3 días.</i>	169
Tabla 69: <i>Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 24 horas.</i>	169
Tabla 70: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 28 días.</i>	170
Tabla 71: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 7 días.</i>	170
Tabla 72: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 3 días.</i>	171
Tabla 73: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 24 horas.</i>	171
Tabla 74: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 28 días.</i>	172
Tabla 75: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 7 días.</i>	172
Tabla 76: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 3 días.</i>	173
Tabla 77: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 24 horas.</i>	173
Tabla 78: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 28 días.</i>	174
Tabla 79: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 7 días.</i>	174
Tabla 80: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 3 días.</i>	175
Tabla 81: <i>Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 24 horas.</i>	175
Tabla 82: <i>Recolección de datos tasa de absorción - mortero patrón.</i>	180
Tabla 83: <i>Recolección de datos tasa de absorción - MP + 3% de TiO₂.</i>	180
Tabla 84: <i>Recolección de datos tasa de absorción - MP + 5% de TiO₂.</i>	181
Tabla 85: <i>Recolección de datos tasa de absorción - MP + 7% de TiO₂.</i>	181



Tabla 86: <i>Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón.</i>	185
Tabla 87: <i>Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón + 3% de TiO₂.</i> ...	185
Tabla 88: <i>Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón + 5% de TiO₂.</i> ...	185
Tabla 89: <i>Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón + 7% de TiO₂.</i> ...	186
Tabla 90: <i>Resultados de contenido de humedad.</i>	187
Tabla 91: <i>Resultados de análisis granulométrico ensayo 1.</i>	188
Tabla 92: <i>Resultados de análisis granulométrico ensayo 2.</i>	189
Tabla 93: <i>Resultados de análisis granulométrico ensayo 3.</i>	190
Tabla 94: <i>Resultado de módulo de fineza.</i>	191
Tabla 95: <i>Resultado de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200.</i>	191
Tabla 96: <i>Resultados de gravedad específica y absorción.</i>	192
Tabla 97: <i>Resultado de peso unitario suelto.</i>	192
Tabla 98: <i>Resultado de peso unitario compactado.</i>	192
Tabla 99: <i>Resultado de contenido de impurezas orgánicas.</i>	193
Tabla 100: <i>Resultado de contenido de aire de morteros.</i>	193
Tabla 101: <i>Resultado de peso unitario de mortero patrón.</i>	194
Tabla 102: <i>Resultado de peso unitario de mortero patrón + 3% de TiO₂.</i>	194
Tabla 103: <i>Resultado de peso unitario de mortero patrón + 5% de TiO₂.</i>	194
Tabla 104: <i>Resultado de peso unitario de mortero patrón + 7% de TiO₂.</i>	194
Tabla 105: <i>Resultado de Fluidéz de mortero patrón.</i>	195
Tabla 106: <i>Resultado de Fluidéz de mortero patrón + 3% de TiO₂.</i>	195
Tabla 107: <i>Resultado de Fluidéz de mortero patrón + 5% de TiO₂.</i>	195
Tabla 108: <i>Resultado de Fluidéz de mortero patrón + 7% de TiO₂.</i>	196
Tabla 109: <i>Registro fotográfico de ensayo de degradación de partículas volátiles contaminantes –antes de la exposición.</i>	198
Tabla 110: <i>Regis. fotográfico de ensayo de degradación de partículas volátiles contaminantes –después de la exposición.</i>	199
Tabla 111: <i>Registro fotográfico de ensayo de degradación de partículas volátiles contaminantes – después del lavado de losetas.</i>	200
Tabla 112: <i>Degradación de rodamina B 0 horas.</i>	202
Tabla 113: <i>Degradación de rodamina B 4 horas.</i>	203
Tabla 114: <i>Degradación de rodamina B 26 horas.</i>	204
Tabla 115: <i>Resultado de degradación de rodamina B - 4 horas.</i>	205
Tabla 116: <i>Resultado de degradación de rodamina B - 26 horas.</i>	208
Tabla 117: <i>Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 24 horas.</i>	213
Tabla 118: <i>Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 3 días.</i>	215
Tabla 119: <i>Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 7 días.</i>	217
Tabla 120: <i>Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 28 días.</i>	219
Tabla 121: <i>Resistencia a la flexión de morteros a las 24 horas.</i>	223
Tabla 122: <i>Resistencia a la flexión de morteros a los 3 días.</i>	225
Tabla 123: <i>Resistencia a la flexión de morteros a los 7 días.</i>	227
Tabla 124: <i>Resistencia a la flexión de morteros a los 28 días.</i>	229
Tabla 125: <i>Resultados de tasa de absorción – 0.25 horas.</i>	233
Tabla 126: <i>Resultados de tasa de absorción – 1 horas.</i>	235
Tabla 127: <i>Resultados de tasa de absorción – 4 horas.</i>	237
Tabla 128: <i>Resultados de tasa de absorción – 24 horas.</i>	239
Tabla 129: <i>Resultados de coeficiente de permeabilidad.</i>	242
Tabla 130: <i>Información del factor.</i>	250
Tabla 131: <i>Análisis de Varianza.</i>	250



Tabla 132: <i>Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.</i>	251
Tabla 133: <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.</i>	253
Tabla 134: <i>Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.</i>	253
Tabla 135: <i>Correlación r de Pearson de % de TiO₂ y la degradación de rodamina B.</i>	255
Tabla 136: <i>Información del factor.</i>	257
Tabla 137: <i>Análisis de Varianza.</i>	257
Tabla 138: <i>Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.</i>	258
Tabla 139: <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.</i>	260
Tabla 140: <i>Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.</i>	260
Tabla 141: <i>Correlación r de Pearson de % de TiO₂ y la resistencia a la compresión.</i>	262
Tabla 142: <i>Información del factor.</i>	263
Tabla 143: <i>Análisis de Varianza.</i>	264
Tabla 144: <i>Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.</i>	265
Tabla 145: <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.</i>	266
Tabla 146: <i>Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.</i>	266
Tabla 147: <i>Correlación r de Pearson de % de TiO₂ y la resistencia a la flexión.</i>	268
Tabla 148: <i>Información del factor.</i>	270
Tabla 149: <i>Análisis de Varianza.</i>	270
Tabla 150: <i>Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.</i>	271
Tabla 151: <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.</i>	273
Tabla 152: <i>Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.</i>	273
Tabla 153: <i>Correlación r de Pearson de % de TiO₂ y la tasa de absorción.</i>	275
Tabla 154: <i>Información del factor.</i>	276
Tabla 155: <i>Análisis de Varianza.</i>	277
Tabla 156: <i>Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.</i>	278
Tabla 157: <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.</i>	279
Tabla 158: <i>Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias</i>	280
Tabla 159: <i>Correlación r de Pearson de % de TiO₂ y el coeficiente de permeabilidad.</i>	282



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ASTM	: American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
TiO ₂	: Dióxido de titanio
MP	: Mortero patrón
F'c	: Resistencia a la compresión, kg/cm ² .
Fr	: Resistencia a la flexión, kg/cm ² .
W%	: Contenido de humedad.
°C	: Grados centígrados.
u	: Media aritmética.
n	: Número de pruebas realizadas.
σ	: Desviación estándar.
σ ²	: Varianza.
Ho	: Hipótesis nula.
Ha	: Hipótesis alternativa.
α	: Nivel de significancia.
MF	: Módulo de fineza del agregado fino.
a/c	: Relación agua/cemento.
g	: Gramos.
Kg	: Kilogramos.
PUCS	: Peso unitario compactado seco.
PUSS	: Peso unitario suelto seco.



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire, en morteros de cemento, Puno – 2020, Este proyecto se enfoca en la contaminación del aire y el uso de las nuevas tecnologías en la construcción para combatir el problema de contaminación ambiental en la ciudad de Puno. Para abordar este problema se realizó un estudio experimental del efecto de la adicción de nanopartículas de Dióxido de titanio (TiO_2) en la elaboración de morteros de revestimiento. La metodología empleada en la presente investigación es de tipo analítico con un enfoque cuantitativo y un alcance correlacional con un tiempo de estudio transversal y diseño experimental. Las variables dependientes estudiadas fueron las propiedades fotocatalíticas, mecánicas y físicas de morteros. Y la variable independiente es la adicción de nanopartículas de TiO_2 en diferentes porcentajes, Se evaluó 4 tratamientos con TiO_2 ; 0%, 3%,5% y 7% respecto al peso del cemento, para lo cual se desarrolló un diseño de mezclas de morteros idóneo para la adicción del TiO_2 , considerando las propiedades físicas de los materiales. Se procedió a analizar las variables dependientes realizando ensayos comparativos entre un mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 , evaluando su efecto en las propiedades fotocatalíticas, mecánicas y físicas, y así establecer el porcentaje óptimo. Obteniéndose como resultados que las muestras adicionadas con TiO_2 mejoran sus propiedades fotocatalíticas de degradación de partículas contaminantes y degradación de rodamina B, incrementándose mientras mayor sea el porcentaje añadido de TiO_2 , en cuanto a las propiedades mecánicas; resistencia a la compresión y flexión y las propiedades físicas; tasa de absorción y permeabilidad, se evidencia una disminución mientras mayor sea el porcentaje añadido de TiO_2 , así también las muestras presentan menor plasticidad a partir de mezclas adicionadas con 7% de TiO_2 . En conclusión, las muestras que presentaron mejores resultados fueron las adicionada con 5% de TiO_2 , ya no disminuye significativamente las propiedades mecánicas y físicas, en cuanto a las propiedades fotocatalíticas se observa un comportamiento eficiente sin afectar significativamente las propiedades mecánicas mejorando las propiedades físicas de los morteros de revestimiento.

Palabras claves: Fotocatálisis, Dióxido de titanio, Mortero, Partículas contaminantes.



ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the photocatalytic properties by adding titanium dioxide nanoparticles in the reduction of volatile pollutant particles present in the air, in cement mortars, Puno - 2020, This project focuses on air pollution and the use of new technologies in construction to combat the problem of environmental pollution in the city of Puno. To address this problem, an experimental study of the effect of the addition of titanium dioxide nanoparticles (TiO_2) in the preparation of coating mortars was carried out. The methodology used in the present research is of analytical type with a quantitative approach and a correlational scope with a cross-sectional study time and experimental design. The dependent variables studied were the photocatalytic, mechanical and physical properties of mortars. And the independent variable is the addition of TiO_2 nanoparticles in different percentages, 4 treatments with TiO_2 were evaluated; 0%, 3%, 5% and 7% with respect to the weight of cement, for which a design of mortar mixtures suitable for the addition of TiO_2 was developed, considering the physical properties of the materials. The dependent variables were analyzed by performing comparative tests between a standard mortar and mortars added with TiO_2 , evaluating its effect on the photocatalytic, mechanical and physical properties, in order to establish the optimum percentage. Obtaining as results that the samples added with TiO_2 improve their photocatalytic properties of degradation of contaminant particles and degradation of rhodamine B, increasing the higher the percentage of TiO_2 added, in terms of mechanical properties; compressive and flexural strength and physical properties; absorption rate and permeability, a decrease is evidenced the higher the percentage added of TiO_2 , likewise the samples present lower plasticity from mixtures added with 7% TiO_2 . In conclusion, the samples that presented better results were those added with 5% TiO_2 , since it does not significantly decrease the mechanical and physical properties, as for the photocatalytic properties, an efficient behavior is observed without significantly affecting the mechanical properties, improving the physical properties of the coating mortars.

Keywords: Photocatalysis, Titanium dioxide, Mortar, Contaminant particles.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La fotocatalisis es un proceso de oxidación de partículas contaminantes volátiles presentes en el medio ambiente capturándolas en su superficie y reduciéndolas a sustancias inofensivas.

El dióxido de titanio se caracteriza por ser un material fotocatalítico el cual al adicionarse a la elaboración de morteros genera un mortero fotocatalítico, con propiedades autolimpiante y descontaminantes que reducen los contaminantes presentes en el aire, garantizando que sea un material amigable con el medio ambiente.

En la presente investigación se analizó las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza y las propiedades mecánicas de compresión y flexión y propiedades físicas de tasa de absorción y permeabilidad morteros de revestimientos, así también se determinó el porcentaje óptimo de dióxido de titanio que no afecte significativamente las propiedades antes mencionadas.

Razón por la cual, se realizó la investigación titulada “evaluación de las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire, en morteros de cemento, puno – 2020”. A través de esta investigación, se logró determinar las propiedades fotocatalíticas, mecánicas y físicas de los morteros adicionados con nanopartículas de dióxido de titanio.

La presente investigación contiene IV capítulos y las conclusiones, recomendaciones y anexos, en donde se describe el fundamento teórico y los ensayos realizados que sirven para el análisis de resultados y datos finales, dentro de los cuales se desarrollan los siguientes aspectos:



El Capítulo I: Introducción, en el cual se aborda los aspectos básicos de la investigación como el planteamiento del problema, justificación, objetivos, hipótesis, operacionalización de variables y la matriz de consistencia de la investigación.

El Capítulo II: Revisión de la literatura, donde se describe conceptos generales de la fotocatalisis y la tecnología del mortero y sus variantes en relación al tema de investigación.

El Capítulo III: Materiales y Métodos, se presenta la metodología de la investigación, el ámbito de estudio, población y muestra, análisis estadístico utilizado para obtener los resultados de la investigación, las características de los materiales empleados en la elaboración de morteros y el procedimiento experimental empleado en la realización de ensayos para determinar las propiedades fotocatalíticas, físicas y mecánicas del mortero.

El Capítulo IV: Resultados y discusión, se presenta los resultados obtenidos de cada uno de los ensayos realizados en laboratorio, tabulando los datos para la elaboración de las tablas y gráficas, que permiten interpretar el comportamiento de los diseños propuestos y su interpretación; Análisis y prueba de hipótesis, donde se someten los resultados obtenidos a la prueba de hipótesis a través de fórmulas estadísticas elegidas.

Conclusiones: Se presenta las conclusiones obtenidas en la investigación en base a este informe de investigación y de acuerdo a las experiencias adquiridas durante el desarrollo del proyecto de investigación.

Recomendaciones: Se presenta las recomendaciones para ampliar en un futuro proyecto de investigación.

Referencias: Se presenta la bibliografía la cual consiste básicamente en una relación de los libros, tesis y normas, que sirvieron como guía durante el desarrollo de la investigación y también para realizar este informe de investigación.



Anexos: Todos estos capítulos son complementados con información incluida en la parte final.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Contextualización

En el transcurso de los años, los avances tecnológicos que se han desarrollado en el mundo ha influido en nuestro país, así mismo ha influido en la construcción de nuevas edificaciones que contemplan en uso de dichas tecnologías, generando nuevas propiedades en los materiales empleados, por lo cual se puesto mayor énfasis al uso de aditivos, los cuales modifican y mejoran ciertas propiedades de los morteros, en este caso se analizó las propiedades fotocatalíticas de morteros de cemento adicionando dióxido de titanio, por su capacidad de ayudar con el medioambiente debido a su capacidad descontaminante y autolimpiable además de ser materiales económicos a largo plazo y durables.

Por tal motivo se estudió el efecto del fotocatalizador dióxido de titanio sobre las propiedades fotocatalíticas, mecánicas y físicas de los morteros de cemento, con el fin de encontrar un material que ayuden a conservar el medio ambiente y no afecte significativamente las propiedades físico mecánicas y disminuir los costos de mantenimiento de las mismas.

1.1.2. Descripción del problema

Debido a los sistemas de transporte, las ciudades producen una alta cantidad de contaminación del aire debido a las emisiones de los vehículos. Estos problemas no son naturales, y mientras más grande sea la expansión de las ciudades, más se va a disminuir la calidad de vida en la Tierra, contribuyendo más a estos problemas. Es importante mantener el aire limpio y el agua cargada con los niveles naturales aceptables para que la



Tierra pueda permanecer sostenida para futuras generaciones sin empobrecerse. **(Vázquez, 2016)**

En la ciudad de Puno existe demasiada contaminación del aire siendo el 54.55% generado por los vehículos, seguido del 23.32% producto de la quema de basura y el 22.13% producto de otras actividades humanas.

Para aminorar el impacto ambiental y que den una cierta garantía de sustentabilidad, se está trabajando en diversas soluciones a nivel de micro partículas (Nanotecnología), las que permiten mejorar sus propiedades y aportar al medio ambiente. Con esto la introducción del Dióxido de Titanio (TiO_2) convierte al mortero u concreto en un material fotocatalítico, con propiedades autolimpiables, que reducen los contaminantes de aire y bacterias que han penetrado en sus poros. **(Morbi, Cangiano & Borgarello, 2010).**

Estos contaminantes atmosféricos no sólo provocan daños a la salud o al medio ambiente, sino que también contribuyen al deterioro de las edificaciones, aumentando los costos de mantenimiento y rehabilitación de las mismas.

El uso de morteros de cemento con adición de dióxido de titanio puede ser una alternativa para contribuir con la reducción de la contaminación ambiental y la conservación de las edificaciones en la ciudad de Puno, elaborando un mortero fotocatalítico de revestimiento cuya función principal es oxidar las partículas contaminantes suspendidas en el aire capturándolas y reduciéndolas a sustancias inofensivas, por lo cual se categoriza como un descontaminante. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos en cuanto a los materiales fotocatalíticos, al ser una tecnología nueva existe cierto desconocimiento en el efecto de la adición de TiO_2 que produce en las propiedades físico mecánicas del mortero de revestimiento como es la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, tasa de absorción y permeabilidad, así como también



el porcentaje óptimo de dióxido de titanio que no afecte significativamente las propiedades antes mencionadas.

1.1.3. Formulación del problema

¿Como actúa de las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire en morteros de cemento, Puno – 2020?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

Las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio disminuye las partículas volátiles contaminantes presentes en el aire, en morteros de cemento, Puno – 2020

1.2.2. Hipótesis específica

- La adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones mejora las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros de cemento.
- La adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones mejora las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros de cemento.
- La adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones mejora las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros de cemento.



1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Con la finalidad de mitigar la contaminación producto de las partículas volátiles contaminantes que afectan la calidad del aire de la ciudad de Puno, es necesario el estudio de materiales que ayuden a mitigar dichos efectos nocivos, para lo cual la elaboración de materiales fotocatalíticos ayuden a mitigar dichos efectos mediante la actividad fotocatalítica producida por la adicción de nanopartículas de dióxido de titanio en la elaboración de morteros, generan un mortero que al entrar en contacto con los rayos UV activan las propiedades fotocatalíticas las cuales son: descontaminantes y de autolimpieza, la cual consigue degradar compuestos contaminantes capturándolas y reduciéndolas a sustancia inofensivas . Por este motivo, la adicción de nanopartículas de dióxido de titanio en la elaboración de morteros podría ser la alternativa más viable para la disminución de partículas volátiles contaminantes que afectan la calidad del aire. Al mismo tiempo se obtendrá un material que presente en mejor comportamiento ante agentes externos que afecten su vida útil y reduciendo así los costos de mantenimiento, proporcionando seguridad y confort para las personas y así mejorando su calidad de vida.

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento de elaboración de materiales fotocatalíticas y su aplicación en las construcción y sus efectos en la disminución de partículas volátiles contaminantes del aire, la capacidad de autolimpieza bajo los parámetros de calidad para el diseño de morteros, cuyos resultados podrían incorporarse como conocimientos sobre la fotocatalisis, una vez sean demostradas la validez confiabilidad podrán ser utilizadas como pauta para las futuras investigaciones proporcionando una fuente de información y consulta en otros trabajos de investigación.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire, en morteros de cemento, Puno – 2020.

1.4.2. Objetivo específico

- Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones en las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros de cemento.
- Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros de cemento.
- Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros de cemento.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Definición conceptual de variables

Variable independiente : Porcentaje de dióxido de titanio (TiO_2)

Variable dependiente : Propiedades fotocatalíticas y propiedades físico mecánicas.

- **Propiedades fotocatalíticas:** Son aquellas propiedades de descontaminación y autolimpieza.

- **Propiedades Mecánicas:** Son aquellas propiedades que están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre un mortero; la resistencia a la compresión y flexión.
- **Propiedades Físicas:** Son aquellas propiedades que logran cambiar al mortero sin alterar su composición; tasa de absorción y coeficiente de permeabilidad.

1.5.2. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables describe la variable dependiente e independiente, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 :

Operacionalización de variables.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE O UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
ADICIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO	Dióxido de titanio	% de dióxido de titanio	%	Fichas de observación experimental.
VARIABLE DEPENDIENTE				
PROPIEDADES FOTOCATALITICAS	Propiedades descontaminantes	Activación fotocatalítica por degradación de partículas volátiles contaminantes	Porcentaje (%)	Fichas de observación experimental.
	Propiedades Autolimpiante	Activación fotocatalítica por degradación de rodamina B	Porcentaje (%)	Fichas de observación experimental.
PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a Compresión (Fuerza/Área)	Ensayo de Compresión de morteros	(kg/cm ²)	Fichas de observación experimental.
	Resistencia a Flexión (Fuerza/Área)	Ensayo de Flexión de morteros	(kg/cm ²)	Fichas de observación experimental.
PROPIEDADES FÍSICAS	Grado de Absorción de agua del mortero	Ensayo de absorción de mortero.	gr/100cm ²	Fichas de observación experimental.
	Coeficiente de permeabilidad de mortero	Ensayo de permeabilidad de mortero.	Centímetros/segundos (cm/s)	Fichas de observación experimental.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

1.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Tabla 2 :

Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
<u>Problema General:</u> ¿Como actúa de las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire en morteros de cemento, Puno – 2020?	<u>Objetivo General:</u> Evaluar las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire, en morteros de cemento, Puno – 2020	<u>Hipótesis General:</u> Las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio disminuye las partículas volátiles contaminantes presentes en el aire en morteros de cemento, Puno – 2020	<u>Variable Independiente (VD):</u> Nanopartículas de Dióxido de Titanio (TiO ₂)	Porcentaje (%)	Cantidad de Dióxido de Titanio (TiO ₂) respecto al peso del cemento.	Fichas de Observación y/o ensayos de Laboratorio.	Tipo de Investigación: Analítico Enfoque de Investigación: Cuantitativa Alcance o Niveles de La Investigación: Correlacional Tiempo de Estudio: Transeccionales o Transversales Diseño Metodológico de la Investigación: Experimental
<u>Problemas Específicos:</u> ¿de qué manera incide la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO ₂) en diferentes proporciones en las propiedades	<u>Objetivos Específicos:</u> Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO ₂) en diferentes proporciones en las propiedades	<u>HIPÓTESIS Específicas:</u> La adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO ₂) en diferentes proporciones mejora las propiedades fotocatalíticas de	<u>Variable Dependiente (VD):</u> Propiedades fotocatalíticas	Propiedades descontaminantes	Activación fotocatalítica por degradación de partículas volátiles contaminantes	Fichas de Observación y/o ensayos de Laboratorio	

<p>fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros de cemento.?</p> <p>¿de qué manera incide la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros de cemento.?</p>	<p>propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros de cemento.</p> <p>Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros de cemento.</p>	<p>descontaminación y autolimpieza de morteros de cemento.</p> <p>La adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones mejora las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros de cemento.</p>	<p>Propiedades Autolimpiante</p> <p>Resistencia a Compresión (Fuerza/Área)</p> <p>Resistencia a Flexión (Fuerza/Área)</p> <p>Propiedades mecánicas</p>	<p>Activación fotocatalítica por degradación de rodamina B</p> <p>Ensayo de Compresión de morteros</p> <p>Ensayo de Flexión de morteros</p>	<p>Fichas de Observación y/o ensayos de Laboratorio</p> <p>Fichas de Observación y/o ensayos de Laboratorio</p> <p>Fichas de Observación y/o ensayos de Laboratorio</p>
<p>¿de qué manera incide la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros de cemento.?</p>	<p>Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros de cemento.</p>	<p>La adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones mejora las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros de cemento.</p>	<p>Grado de Absorción de agua del mortero</p> <p>Coefficiente de permeabilidad de mortero</p> <p>Propiedades físicas</p>	<p>Ensayo de absorción de mortero.</p> <p>Ensayo de permeabilidad de mortero.</p>	<p>Fichas de Observación y/o ensayos de Laboratorio</p> <p>Fichas de Observación y/o ensayos de Laboratorio</p>



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN O MARCO REFERENCIAL

2.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional:

Folli (2010), estudio la “Fotocatálisis TiO_2 en sistemas de cemento Portland: Fundamentos de los efectos autolimpiable y mitigación de la contaminación del aire” concluye: “El concreto autolimpiable proporciona una estrategia eficiente para obtener de manera simultánea: la autolimpieza de las fachadas de los edificios, el retraso de la superficie natural de envejecimiento, así como la mitigación de la contaminación del aire. Las mediciones en el laboratorio dieron buenos resultados para la purificación del aire, como la reducción de NO_x ”.

Cárdenas (2012), estudio la “Evaluación de las propiedades físicas y fotocatalíticas de cemento adicionado con nanopartículas de dióxido de titanio”. concluyó “que mediante la degradación del colorante orgánico Rodamina B y la degradación de los óxidos de nitrógeno (NO_x) se demostró que todas las pastas de cemento que contenían nanopartículas de dióxido de titanio exhibían propiedades fotocatalíticas, sin importar el tipo de fase cristalina presente o el porcentaje total adicionado”.

Abella (2015), estudio la “Mejora de las propiedades de materiales a base de cemento que contienen TiO_2 : propiedades autolimpiantes”. Concluye: “La adición de TiO_2 no disminuye su resistencia y proporciona al mortero propiedades autolimpiantes por degradación de partículas orgánicas mediante la exposición a la radiación UV por el efecto fotocatalítico del TiO_2 ; asimismo, le confiere propiedades humectantes que favorecen la limpieza de partículas sueltas con el agua de lluvia.



Peñañiel & Navarrete (2019), “Estudio de las características del fotocatalizador dióxido de titanio en hormigones, según la norma UNI 11259”, Concluye: “que el hormigón base y los distintos tratamientos con TiO_2 , obtuvieron un desarrollo de su resistencia similar a excepción del tratamiento que contiene 10% de TiO_2 , ya que su resistencia inicial tuvo un crecimiento acelerado, la cual fue estabilizándose hasta a los 28 días con respecto a los demás tratamientos. El hormigón base tuvo una disminución del 11.24% en su decoloración, comparando este valor con los demás tratamientos fue poco significativo, ya que a medida que se incrementa el TiO_2 en el hormigón esta decoloración aumenta su efectividad, ya que en el tratamiento con 10% su decoloración fue de 65.40%”.

Segura & Camelo (2019), “Evaluación de las propiedades fotocatalíticas de prefabricados para obras de infraestructura vial en concreto adicionado con dióxido de titanio (TiO_2)”, Concluye: “La adición del dióxido de titanio al concreto afecta la resistencia en medida que aumenta su proporción. A medida que aumenta el porcentaje de dióxido de titanio al concreto, aumenta sus propiedades fotocatalíticas, siendo las muestras con 7.5% de adición las que mayor degradación de color y contaminación”.

2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional:

Vázquez (2016) estudio la “Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en la propiedad autolimpiable del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ concluye: “La incorporación de dióxido de titanio sobre los tratamientos de concreto en estudio disminuyó su resistencia a la compresión conforme se aumentó los porcentajes de TiO_2 , pero no hubo descensos de resistencia considerables; asimismo, aumentó la decoloración en la prueba de Rodamina conforme se aumentó los porcentajes de TiO_2 .”

Medina (2017) estudio la “Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en las propiedades autolimpiables y mecánicas del mortero de cemento - arena 1:4 -



Cajamarca”. Concluye: “el uso del dióxido de titanio disminuye el porcentaje de absorción del mortero, su resistencia a la compresión y el porcentaje de fluidez. El porcentaje óptimo elegido fue el tratamiento con 5% de TiO₂. Además, recomendó el uso de un aditivo plastificante para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.”

Medina (2019) estudio la “Optimización de las propiedades físico – mecánicas del mortero autolimpiable c: a: a con dióxido de titanio. concluye: “la resistencia a la compresión no son los más altos, pero no existe mucha diferencia con respecto al tratamiento patrón, además cumple con tener una resistencia mayor a los 100kg/cm². Con respecto a la absorción cumple con ser un valor óptimo para que la propiedad autolimpiable tenga un buen funcionamiento. Y con respecto a la permeabilidad, que es la propiedad fundamental para un mortero de revestimiento”.

Martínez (2019) estudio el “Efecto del dióxido de titanio (TiO₂) en el comportamiento del mortero de cemento Pórtland tipo I para fachadas - Lima metropolitana (2018)”. Concluye: “La resistencia a la compresión disminuyó respecto al mortero patrón esto se debe a que el porcentaje de incorporación del fotocatalizador fue en reemplazo del volumen absoluto del cemento. La tasa de absorción de agua a las 24 horas de exposición del mortero con 5%, 7.5% y 10% de TiO₂ disminuyó en relación al mortero sin TiO₂. El ensayo de rodamina dio como resultado que el único mortero sin actividad fotocatalítica fue la que no contiene TiO₂ debido a que no cumplió con lo estipulado en la norma UNI 11259”.

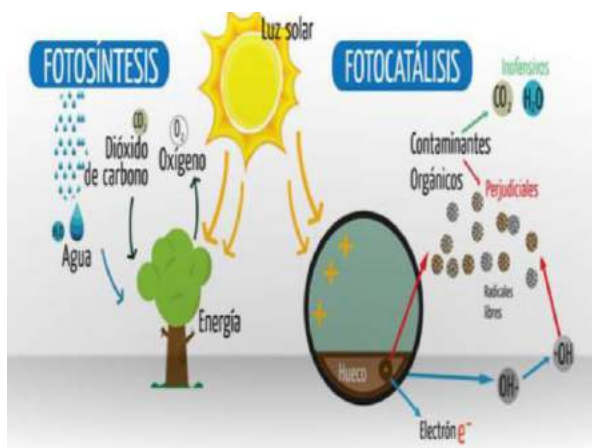
2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Fotocatálisis

La fotocatálisis es la reacción que activa una sustancia fotocatalítica, por estar expuesto a la radiación solar y en presencia de oxígeno, esto se llama reacción de oxidación, cuya función principal es oxidar las partículas contaminantes suspendidas en el aire capturándolas y reduciéndolas a sustancias inofensivas, por lo cual se categoriza como un descontaminante. Esta reacción fotoquímica transforma la energía solar en energía química sobre la superficie de un catalizador, que consiste en un material semiconductor que acelera la velocidad de reacción de oxidación y reducción. (Maury & Belie, 2010, p. 35)

En la naturaleza, el ejemplo más conocido de fotocatálisis es la fotosíntesis llevada a cabo por las plantas, donde la clorofila actúa como catalizador, inducida por la luz natural a convertir el agua y el dióxido de carbono en oxígeno (Paiz, 2018, p. 22)

Figura 1:
Fotocatálisis



Fuente: UNOI, 2017.

2.2.1.1. Fotocatálisis heterogénea

Las reacciones heterogéneas es un sistema de dos fases donde los reactivos están en una fase gaseosa o líquida y el catalizador en una fase sólida. La aparición de la



reacción fotocatalítica equivale, además de la activación por fotones, a la absorción del reactivo sobre la superficie del catalizador. El proceso de reacción fotocatalítica se puede dividir en cinco (5) etapas principales.

- Transferencia de los reactivos en fase gaseosa o líquida a la superficie del fotocatalizador
- Absorción de los reactivos
- Reacción de la fase absorbida
- Desorción de los productos absorbidos
- Eliminación de los productos de la interfaz

La fotocatalisis heterogénea implica la aceleración de la fotorreacción en presencia de un fotocatalizador semiconductor. Una de las principales aplicaciones es la oxidación fotocatalítica, que produce la mineralización total o parcial de los contaminantes transformándolos en sustancias inocuas. Demostrándose la degradación de una amplia gama de compuestos orgánicos en compuestos fácilmente biodegradables o mineralizándolos en dióxido de carbono y agua. **(La Plaza, 2017, p. 46 - 47).**

2.2.2. Contaminación del aire

Los contaminantes del aire principalmente incluyen óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y partículas. La mejora de la calidad del aire se logra mediante la reducción de los productos químicos orgánicos (en su mayoría altamente volátiles) presente en la atmósfera en espacios cerrados debido a las actividades humanas ordinarias. **(Vásquez, 2016, p. 14).**

Estos productos químicos (alcoholes, aldehídos, solventes de hidrocarburos, compuestos aromáticos, etc.) son ingredientes comunes en una amplia serie de productos para el hogar tales como: detergentes, desinfectantes, pinturas, perfumes, desodorantes y cosméticos, y liberados a la atmósfera interior durante uso normal y almacenamiento.

Las superficies fotocatalíticas activas pueden ayudar en la reducción de la proliferación de colonias de moho inducido por la humedad, bacterias y hongos debido a la potencia oxidativa del fotocatalizador una vez que se irradia la luz de energía suficiente.

(Vásquez, 2016, p. 14)

Tabla 3:

Partículas contaminantes presentes en el aire.

Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión menores de 10 micras (PM10) y menores de 2,5 micras (PM205) y Humos negros	Primaria y secundaria	Sólido/líquido	Vehículos (sobre todo diésel), tanto de motor como de abrasión, demolición y construcción. Centrales térmicas y hogares de combustión. Procesos industriales. Humo del tabaco.
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Centrales térmicas y hogares. Humo del tabaco. Vehículos de combustión. Procesos industriales.
Dióxido de Nitrógeno (NO _x)	Primaria	Gas	Centrales térmicas y hogares. Humo del tabaco. Vehículos de combustión. Procesos industriales. Estufas y cocina de gas.
Monóxido de Carbono (CO)	Primaria	Gas	Centrales térmicas y hogares. Humo del tabaco. Vehículos de combustión incompleta. Procesos industriales.
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	Primaria y secundaria	Gas	Centrales térmicas y hogares. Vehículos de combustión (secundario por fotooxidación de NO _x y COV).
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Centrales térmicas y hogares. Vehículos de combustión (secundario por fotooxidación de NO _x y COV).

Fuente: La Plaza, 2017, P-144

2.2.2.1. Calidad del aire en la ciudad de Puno

En la ciudad de Puno el SENAMHI es un organismo meteorológico que realiza distintos estudios dentro de los cuales se encuentra el análisis anual de la calidad del aire sin embargo no cuenta con estaciones de monitoreo en la ciudad de Puno. Sin embargo, en el censo nacional del año 2016 el 90% de la población considero que el aire en la

ciudad de Puno se encuentra contaminado. Esto podría deber a fuentes contaminantes como son las actividades humanas y transporte vehicular.

2.2.3. Dióxido de titanio

El dióxido de titanio es un óxido metálico el cual se encuentra en abundantes cantidades en la corteza terrestre. En la actualidad el TiO_2 está siendo empleado para fabricar diversos productos, que van desde protectores solares hasta dispositivos electrónicos como son las celdas fotovoltaicas, así como también sus diversas aplicaciones incluyen la degradación fotocatalítica de contaminantes, purificación de agua, biosensores, distribución controlada de fármacos entre otros, esto debido a que es un material que presenta una gran estabilidad química, alta foto estabilidad, actividad fotocatalítica y no es toxica además es de bajo costo. (Peñañiel & Navarrete, 2019, p.12)

El dióxido de titanio TiO_2 está en la naturaleza en varias formas, presenta tres formas polimórficas a presión atmosférica: rutilo (tetragonal), brookita (ortorrómbico), anatasa (tetragonal). Rutilo es la única fase estable, mientras que anatasa y brookita son metaestables y se transforman a rutilo irreversiblemente por calentamiento. (Paiz, 2018, p. 29).

Tabla 4:

Propiedades de las fases cristalinas del dióxido de titanio.

	Anatasa	Rutilo	Brookita
Peso molecular (g/mol)	78.89	78.89	78.89
Sistema Cristalino	Tetragonal	Tetragonal	Ortorrómbico
Celda unitaria			
a (Å)	4.5845	3.7842	9.184
b (Å)			5.447
c (Å)	2.9533	9.5146	5.145
Volumen			
Volumen Molar(m ³ /mol)	18.693	20.156	19.377
Densidad(kg/m ³)	4.2743	3.895	4.123

Fuente: Cohen, 2015, P-15



El dióxido de titanio es capaz de producir pares electrón-hueco por absorción de luz en el ultravioleta cercano (UVA), con longitudes de onda menores de 387 nm. Se favorecen así las reacciones de óxido-reducción de compuestos orgánicos adsorbidos en la superficie del óxido. **(Paiz, 2018, p. 31)**

2.2.4. Efectos fotocatalíticos del TiO₂

2.2.4.1. Efecto autolimpiante

Las superficies expuestas a la intemperie experimentan el depósito de compuestos orgánicos pigmentados como son los gases producidos por el parque automotor, moho, agentes contaminantes orgánicos procedentes de actividades domésticas e industriales, etc. La acción fotocatalítica del TiO₂ elimina las moléculas orgánicas colorantes e indirectamente permite reducir la suciedad que es producido por las partículas sólidas inorgánicas. La limpieza de estas partículas se basa en la degradación de la capa orgánica adherida a las superficies y posteriormente, en la eliminación total de las partículas restantes con agua proveniente de precipitaciones.

Dicho de otra manera, los componentes que ensucian una fachada son orgánicos e inorgánicos, actuando los primeros como el “pegamento” que hace que se fijen los segundos. La fotocatalisis se eliminan los componentes orgánicos descomponiéndolos en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), los inorgánicos se disuelven, son destruidos parcialmente y removidos por el agua de riego o de lluvia. **(Abella, 2015, p. 23).**

2.2.4.2. Efecto descontaminante.

La manera de actuar de los contaminantes gaseosos queda atrapada en las superficies de los morteros y concretos fabricados con TiO₂. Las reacciones de oxidación y reducción realizados por la fotocatalisis transforman los óxidos de nitrógeno en sales solubles de nitrato de calcio que son removidos y eliminados por las precipitaciones o por



agua de riego y los compuestos orgánicos volátiles (COV) se transforma en agua y dióxido de carbono. (Abella, 2015, p. 23).

2.2.4.3.Efecto antibacteriano.

En relación al crecimiento microbiano sobre los materiales a base de cemento, además las condiciones ambientales (alta humedad y poca disponibilidad de luz solar), permiten el establecimiento y crecimiento de diferentes microorganismos tales como las algas, hongos y cianobacterias sobre los materiales a base de cemento siendo un fenómeno común en dichos materiales debido a su alta porosidad, rugosidad y rica composición mineral.

El dióxido de titanio tiene la capacidad para descomponer los compuestos orgánicos de la parte exterior de la membrana celular de algunos microorganismos causando la muerte de la célula. (Abella, 2015, p. 24).

2.2.5. Fotocatálisis y su aplicación en el concreto

La aplicación de la fotocatalisis a materiales de construcción comenzó hacia el final de los años 1990. Dos efectos importantes relacionados con la naturaleza de capas TiO_2 fotoactivas se habían descubierto para estas fechas:

- a) El efecto autolimpiable debido a reacciones redox (molécula reducida y la otra oxidada) promovidas por la luz del sol (o en general, luz U.V. débil) en el fotocatalizador.
- b) Hidrofilicidad (afinidad por el agua) de la superficie de catalizador, que realza el efecto autolimpiable (inorgánicos causantes de suciedad y manchas presentes en superficies se puede quitar fácilmente debido al remojo de agua de lluvia entre la sustancia absorbida y la superficie de TiO_2). Las gafas fotocatalíticas proporcionan un ejemplo de capacidad autolimpiable y anti nieblas (propiedades humectantes). (Puzenat, 2009, p. 15-16)



Las causas principales porque el TiO_2 es el fotocatalizador más usado es:

- c) Su color blanco brillante, de allí es muy conveniente para concreto de cemento blanco.
- d) TiO_2 es muy barato comparado con otros fotocatalizadores de semiconductor.
- e) TiO_2 es muy estable; no se somete a la corrosión (como otros semiconductores usados en la fotocatalisis) y no reacciona con las fases cementantes.

Aunque el uso de cemento fotocatalítico (designación común para el cemento de mezcla sólido – fotocatalizador) todavía se restringe y se limite comparado con el cemento ordinario, muchos edificios y caminos de las grandes urbes se han diseñado y se han construido usando el concreto autolimpiable y pavimentando bloques que contienen TiO_2 . La aplicación de la fotocatalisis con TiO_2 busca conseguir dos objetivos principales, el efecto autolimpiable (en particular para la estructura basada en el concreto de cemento blanco) y el efecto descontaminador debido a la oxidación de óxidos de nitrógeno (NO_x) en la atmósfera. (CONAMA, 2012)

2.2.6. El sistema cemento – dióxido de titanio TiO_2

El dióxido de titanio es por lo general mezclado con el polvo de cemento antes de añadir el agua para la hidratación. Cuando el cemento se endurece, TiO_2 está presente en todas partes de la estructura de cemento formada. TiO_2 es un óxido muy estable, muy inerte. No reacciona con ninguna fase del cemento y no se implica en ninguna reacción de la hidratación.

Desde un punto de vista estructural, sirve del relleno del poro que reduce el nivel de porosidad con algunas ventajas para la fuerza de la etapa temprana. Aunque las reacciones químicas que implican TiO_2 no ocurran, una vez que el agua se añade para hidratar el polvo de cemento, se espera que el ambiente químico recién formado



modifique dramáticamente la química superficial y las propiedades de las partículas de titanio. **(Vasquez, 2016, p. 11)**

Otras aplicaciones se pueden encontrar en el mortero arquitectónico. El uso de cemento blanco con TiO_2 en la superficie de edificios y construcciones se atribuye a la durabilidad del aspecto visual del edificio. Debido a la acción fotocatalítica, la blancura del edificio permanecerá y la suciedad se quita lavando más fácilmente debido a las propiedades propias del fotocatalizador o se descompondrá. **(Medina, 2019, p. 9)**

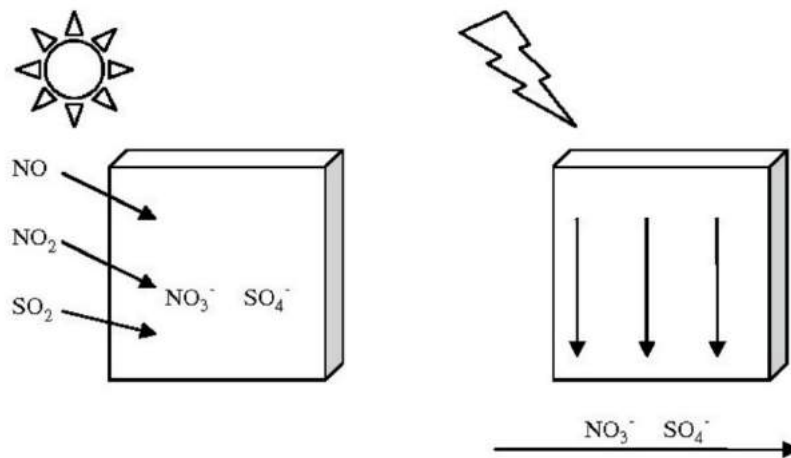
La contaminación orgánica fijada en las superficies puede ser mineralizadas, convirtiéndose en agua y CO_2 , mientras que otro tipo de residuos como el material particulado, hollín y polvo puede ser retirados por la acción del agua de lluvia. Esta solución se puede ahorrar dinero y tiempo gastado en el mantenimiento y limpieza.

Con la luz solar, los contaminantes gaseosos pueden ser degradados en la superficie de los materiales fotocatalíticos utilizados en la construcción que pueden ser lavados finalmente por la lluvia o el aire. Este proceso es originado por la luz solar. **(La plaza, 2017, p-64)**

Como se puede observar en la figura 2, las partículas contaminantes como son: el óxido nítrico (NO), nitritos (NO_2) y el dióxido de azufre (SO_2) son absorbidas por las superficies fotocatalíticas empleadas en la construcción, los cuales mediante un proceso de oxidación son mineralizadas convirtiéndose en sustancias inofensivas como son los nitritos (NO_3) y los sulfatos (SO_4).

Figura 2:

Eliminación de partículas contaminantes.



Fuente: La plaza, 2017, p-64

2.2.7. Nanotecnología

La ASTM define a la Nanotecnología como un campo que incluye tecnologías que miden, manipulan o incorporan materiales con una o varias de sus dimensiones comprendidas entre 1 y 100 nm. (Paiz, 2018, p. 7)

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala a partir del reordenamiento de átomos y moléculas, y la explotación de fenómenos y propiedades. Cuando se manipula la materia a la escala tan reducida de átomos y moléculas, se demuestran fenómenos y propiedades totalmente nuevas. La nanotecnología permite soluciones vanguardistas, poco costosas y más eficientes para los problemas ambientales y sociales. (Paiz, 2018, p. 7)

2.2.7.1. Nanotecnología en materiales de construcción

La nanotecnología se ha convertido en un importante tema de investigación en los últimos años por el alcance y la variedad de aplicaciones que esta presenta en casi todos los campos de la ciencia. (Cohen, 2015, p. 24)



La implementación de nanotecnología en los materiales de construcción se hace con el fin de crear materiales que sean más resistentes, ligeros, durables, ecológicos y eficientes ante cualquier necesidad, la inclinación de aplicar nanotecnología en materiales de construcción es innovar en construcciones resilientes con la capacidad de adaptarse al medio ambiente y persistan a los cambios. **(Segura & Camelo, 2019, p. 26)**

El dióxido de titanio (TiO_2) es un ejemplo de nanotecnología, ya que este compuesto químico en unidades nanométricas presenta propiedades fotocatalíticas que le dan la capacidad de eliminar elementos contaminantes existentes en la atmosfera por medio de un proceso de oxidación, esto lo hace ideal para aplicaciones de purificación ambiental y la descontaminación en aguas y atmosfera. “En comparación con otros materiales fotocatalíticos, su uso en materiales para la construcción se debe a que es relativamente económico, seguro y químicamente estable, presenta una alta actividad fotocatalítica en comparación con otros fotocatalizadores de óxidos metálicos, es compatible con los materiales tradicionales para la construcción como el cemento (sin cambiar el desempeño original de los mismos) y es efectivo bajo la radiación solar” **(Chen, 2009)**

2.2.7.2.Nanomateriales

Los nanomateriales presentan propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro. La Comisión Europea definió el término nanomaterial como un material formado por partículas presentes de forma individual o formando agregados o aglomerados, donde el 50% o más de las partículas poseen una distribución de tamaños en una o en varias dimensiones, en el rango de 1 nm a 100 nm. Este porcentaje puede disminuir hasta en un 1% en algunos casos. Un nanomaterial puede tener múltiples orígenes, generarse de forma natural, accidental o intencionadamente. **(Paiz, 2018, p. 8)**



2.2.8. Rodamina B

La Rodamina B es un amino-derivado del xanteno, es utilizado como colorante en industrias textiles y de papel, preparación de pigmentos fluorescentes, y trazador de corrientes en estudios de contaminación de aguas, pero su mayor aplicación está en el campo de la química analítica como reactivo colorimétrico y fluorescimétrico. **(Peñañiel & Navarrete, 2019, p.20)**

La rodamina B consta de las siguientes características por la cual es elegida para realizar diferentes tipos de ensayos colorimétricos debido a que:

- Posee baja foto sensibilidad a la luz UV
- Alta estabilidad en un entorno básico
- Alta sensibilidad colorimétrica
- Amplio uso en fotocatalisis

Es colorante rojo orgánico se emplea, principalmente por ser soluble en el agua y presentar baja sensibilidad a la alcalinidad del cemento. La rodamina B presenta un antraceno e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en su estructura química. Por ello, se parece a diversos contaminantes altamente nocivos encontrados en las grandes ciudades. **(Paiz, 2018, p. 36)**

2.2.9. Medición de la degradación de rodamina B

La degradación de la Rodamina B es un indicador utilizado para evaluar la actividad fotocatalítica en materiales cementicios cuando estos son irradiados con luz UV o visible, según lo establecido por la norma **(UNI 11259, 2016)**

La degradación de la rodamina B indica la actividad fotocatalítica de los materiales y puede ser seguida por medio de espectrofotometría o espectroscopia ya que es relativamente estable bajo iluminación de rayos UV, con mayor resistencia a los rayos



UV, entre los otros colorantes utilizados en los análisis experimentales de fotocatalisis.

(Paiz, 2018, p. 36)

2.2.10. Norma UNI 11259

El Organismo de Unificación Nacional de Italia con sus siglas en italiano UNI, es responsable del desarrollo y publicación de estándares técnicos voluntarios (estándares UNI) en casi todos los sectores industriales, comerciales y terciarios. Es miembro italiano de la Organización Internacional de Estandarización (ISO) y del Comité Europeo de Normalización (CEN).

La norma UNI 11259 tiene el propósito de monitorizar la foto degradación de la Rodamina B sobre probetas de morteros fabricados con TiO_2 , las cuales están sometidas a una exposición continua de radiación UV-A. Este proceso permite controlar la evolución colorimétrica en el tiempo (26 horas), mediante el uso de equipos que utilizan el sistema CIE $L^*a^*b^*$ (UNI, 2016).

El procedimiento descrito en la Norma UNI 11259, especifica que la muestra de mortero debe ser prismática, y que antes de exponerla a la radiación UV-A de la lámpara se debe medir el parámetro a^* en el instante t_0 (0h), luego de lo cual se enciende la lámpara UV-A para dar inicio a la radiación, transcurridas 4 horas se toma una siguiente medida de $a^*(4h)$ y finalmente una tercera medición a las 26 horas $a^*(26h)$. Con los datos obtenidos se calcula las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1:

Degradación de rodamina B a las 4 horas.

$$R_4 = \frac{a^*(0h) - a^*(4h)}{a^*(0h)} * 100 > 20\%$$

Fuente: Norma UNI 11259, 2016

Ecuación 2:

Degradación de Rodamina B a las 26 horas.

$$R24 = \frac{a * (0h) - a * (26h)}{a * (0h)} * 100 > 50\%$$

Fuente: Norma UNI 11259, 2016

Los resultados obtenidos del cálculo de las ecuaciones 1 y 2 concluirán si el mortero es fotocatalítico o no, si cumplen las siguientes condiciones:

$$R4 > 20\%$$

$$R24 > 50\%$$

Dónde:

- $a*(0h)$: Valor de la coordenada de color en el tiempo cero.
- $a*(4h)$: Valor de la coordenada de color después de 4 horas de radiación ultravioleta.
- $a*(24h)$: Valor de la coordenada de color después de 24 horas de radiación ultravioleta.

2.2.10.1.Lámparas de luz ultravioleta (UV)

Las lámparas más empleadas son de mercurio, xenón y los denominados simuladores solares. Estas lámparas proporcionan luz en un rango de longitudes de onda por debajo de los 400 nm, esencial para la excitación del catalizador. Algunas lámparas proporcionan luz monocromática y otras un intervalo de longitudes de onda; en ocasiones se usan filtros a fin de obtener luz monocromática. (Ramirez, 2013, p. 44)

2.2.10.2.Sistema de color CIE L*a*b*

El sistema de color CIE L*a*b* fue desarrollado para lograr una mejor representación del color, el cual utiliza un modelo cromático, desarrollado con este propósito por la Commission Internationale d'Éclairage (CIE). El espacio de color CIELAB es un sistema coordinado cartesiano definido por 3 coordenadas colorimétricas

adimensionales L^* , a^* , b^* . Las coordenadas colorimétricas expresan: (La Plaza, 2017, p. 164).

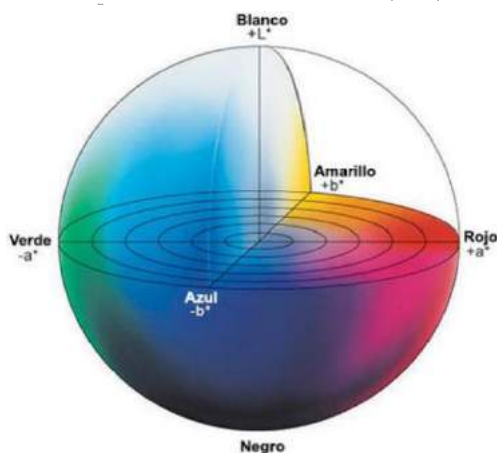
Dónde las componentes $L^*a^*b^*$ corresponden a:

- L^* : Es la luminosidad o claridad del color ($L=0$ significa negro y $L=100$ significa blanco)
- a^* : Es la desviación de color donde los valores positivos corresponden al rojo ($a^* > 0$) y los negativos al verde ($a^* < 0$).
- b^* : Es la desviación de color donde los valores positivos corresponden al amarillo ($b^* > 0$) y los negativos al azul ($b^* < 0$).

Los valores a^* y b^* solo dos componentes cromáticos cuyos valores van desde -120 a 120 (La Plaza, 2017, p. 164).

Figura 3:

*Sistema de color CIE $L^*a^*b^*$ (3D)*



Fuente: La Plaza, 2017, p -164.

2.2.10.3. Método de medición del sistema de color CIE $L^*a^*b^*$

2.2.10.3.1. Imágenes digitales

El análisis de imágenes involucra la investigación de los datos que ésta puede proporcionar de acuerdo a la aplicación específica, además se debe determinar el método para extraer dicha información. Este proceso requiere el uso de herramientas para lograr



la segmentación de la imagen, además de la transformación y extracción de la información. Éste último paso, es el proceso que permite la adquisición de la mayor información de la imagen, como la forma o el color de la misma (**Umbaugh, 2010, p. 977**).

Para lograr un resultado mejorado en las características obtenidas de una imagen se deben realizar una serie de pasos que al realizarlos con cuidado pueden dar información óptima: adquisición de imágenes, preprocesamiento, segmentación, medición y la interpretación (**Gunasekaran, 1996, p. 245**).

2.2.11. Mortero

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerante y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería. (**Norma E.070, 2017, p. 15**)

El mortero puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/u otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como pañete, repello o revoque. (**Sánchez, 2001, p. 303**).

2.2.11.1. Mortero de cemento

Cuando se requieren altas resistencias iniciales o resistencias elevadas del mortero, se pueden utilizar como aglomerantes los cementos naturales o los cementos portland. La confección de este mortero, ha de efectuarse de un modo continuo, de manera tal que entre el mezclado y la colocación en obra haya el menor tiempo posible debido a



lo rápido del fraguado del cemento. Por ello se acostumbra a mezclar en obra, primero el cemento y la arena y luego se añade el agua. **(Sánchez, 2001, p. 306).**

El mortero de cemento está constituido por un esqueleto de granos de arena, tangentes entre sí. Con el cemento se pretende darle una soldadura perfecta de manera tal, que cada grano quede cubierto por una fina película de cemento. Como además el mortero deberá formar una masa homogénea y compacta las características físicas y mecánicas deben ser las adecuadas para lograr un acomodamiento de partículas que permitan la mayor compacidad y menor consumo de cemento. **(Sánchez, 2001, p. 306).**

Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento y arena usados. Es hidráulico y debe prepararse teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación; se acostumbra mezclarlo en obra, revolviendo primero el cemento y la arena y después adicionando el agua.

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. Por otro lado, si el mortero es muy rico, es decir, con alto contenido de cemento, es muy resistente, pero con alta retracción en el secado, o sea muy susceptible de agrietarse; estos morteros muy ricos sólo se usan en obras de ingeniería que exijan altas resistencias, tales como muros de contención o cimientos. **(Gutiérrez, 2003, p. 117 - 118)**

Los usos de los morteros de cemento se pueden reunir en cuatro grandes categorías:

- Morteros que tienen suficiente resistencia y por lo tanto pueden soportar cargas a compresión, como sucede en la mampostería estructural.



- Morteros que mantienen unidos los elementos en la posición deseada, tal es el caso del mortero de pega.
- Morteros que proveen una superficie lisa y uniforme, estos son los morteros de revestimiento y revoque.
- Morteros que sirven para rellenar, juntas entre diferentes elementos constructivos.

2.2.11.2. Usos de mortero

Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

a) Mortero de Pega:

Debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

b) Mortero de Recubrimiento:

Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

c) Mortero de Relleno:

Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia. (**Gutiérrez, 2003, p. 119**)

2.2.11.3. Clasificación de los morteros

La norma ASTM C-270 (Standard Specification for Masonry Mortar), clasifica a los morteros de acuerdo a cuatro tipos, cuyo nombre se deriva de las palabras inglesas



"Mason Work", designándolos como M, S, N, O y K. El tipo K se eliminó, dejando los tipos M, S, N y O solamente. Estos pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambos. **(Salamanca, 2001, p. 43)**

La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico. La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades, depende de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire. Estos requisitos son para especímenes de laboratorio solamente y no para morteros mezclados en obra. Las proporciones de cemento, cal y arena establecidas en el laboratorio para cumplir la norma ASTM C-270 deben ser empleadas al mezclar el mortero en obra. Se asume que las proporciones establecidas en el laboratorio darán un comportamiento satisfactorio en obra.

No existe un solo tipo de mortero que sea aplicable con éxito a todo trabajo. El variar las proporciones mejora algunas propiedades a expensas de otras. Se deberá especificar el mortero que mejor se ajuste a los requisitos de la obra, una regla práctica es usar el mortero con la resistencia más baja que se ajuste a los requisitos del trabajo, hay un tipo óptimo para cada aplicación o uso.

- El tipo **M**, es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, se utiliza en mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelación, altas cargas laterales de adobe, vientos fuertes o temblores. Debido a su durabilidad superior, el tipo M debe usarse en estructuras en contacto con el suelo tales como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de agua servidas y pozos. **(Salamanca, 2001, p. 43-44)**
- El tipo **S**, alcanza alta resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar; se utiliza para estructuras sujetas a cargas compresivas



normales, que a la vez requieren alta resistencia de adherencia, también se utiliza donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos o para pegar baldosas de barro cocido.

- El tipo **N**, es un mortero de propósito general, utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para paredes internas y divisiones. Este mortero de mediana resistencia representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.
- El tipo **O**, es un mortero de baja resistencia y mucha cal, se debe utilizar en paredes, divisiones sin carga, y para el revestimiento exterior que no se congela cuando está húmedo. El mortero tipo O se usa a menudo en residencias de uno y dos pisos. Es el favorito de los albañiles porque tiene excelente trabajabilidad y bajo costo. (Salamanca, 2001, p. 44-45)

2.2.11.4. Propiedades del mortero.

2.2.11.4.1. Propiedades en estado fresco.

2.2.11.4.1.1. Manejabilidad

Al igual que en el concreto, es una medida de la facilidad de colocación de la mezcla, en este caso en las unidades de mampostería o en revestimientos. La manejabilidad está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero, es decir, que tan dura(seca) o blanda (fluida) es la mezcla cuando se encuentra en estado plástico. En general, se acepta como medida de la trabajabilidad, la característica de fluidez de la mezcla medida en la prueba de laboratorio ASTM C 230-03 Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement” (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico). (Sánchez, 2001, p. 308)

Sin embargo, en la tabla 5, se presenta una guía de la manejabilidad requerida para diferentes tipos de construcciones, en el cual se define tres tipos de consistencia y fluidez del mortero.

Tabla 5:
Fluidez del mortero

% Fluidez (Mesa de Flujo)	Consistencia	Tipo de Estructura	Condiciones de Colocación	Sistema de Colocación
80-100	Dura (seca)	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Secciones sujetas a vibración.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
100-120	Media (plástica)	Pega de mampostería (baldosines, pañetes y revestimientos.	Sin vibración.	Manual con palas y palustres.
120-150	Fluida (húmeda)	Rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Sin vibración.	Manual, bombeo, inyección.

Fuente: Sánchez, 2001, P-308

2.2.11.4.1.2.Retención de Agua

Esta propiedad es una medida de la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente. Como una pieza de mampostería. Como ya se vio. La retención de agua puede ser mejorada mediante la adición de cal, dada su capacidad plastificante, aunque no necesariamente, ya que hoy en día se tienen otras alternativas igualmente satisfactorias como son: mayormente contenidos de finos. (Sánchez, 2001, p-309)

2.2.11.4.1.3.Velocidad de Endurecimiento

Los límites de fraguado inicial y final de las mezclas deben estar entre límites adecuados. Por lo general, se aceptan valores entre 2 a 24 horas respectivamente. Sin embargo, estos dependen de diversos factores como las condiciones del clima o la

composición de mezclas y hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos.

(Sánchez, 2001, p-309)

2.2.11.4.1.4. Contenido de Aire

El aire incluido en un mortero, puede producirse por efectos mecánicos o por medio de la aplicación de aditivos incorporadores de aire. A medida que aumenta el contenido en aire (12-18%, según ASTM C-270), mejora la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos hielo-deshielo, de forma contraria, disminuye la resistencia mecánica, la adherencia y la impermeabilidad. Existen varios antecedentes para probar que la adherencia disminuye cuando aumenta el contenido de aire. (Arriola, 2009, p-13)

2.2.11.4.1.5. Masa Unitaria

Por lo general la densidad o masa unitaria de un material es un indicador de la resistencia del mismo, si se tiene un mortero muy denso es probable que su resistencia sea alta; siendo lo contrario para morteros menos densos. El término densidad significa la relación existente entre la masa de una cantidad dada de mortero y el volumen absoluto que ocupa dicha masa, este es un parámetro fundamental para obtener el contenido de aire atrapado en el mortero. (Arriola, 2009, p-14)

En la tabla 6, se muestra la clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria.

Tabla 6:

Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria.

Tipo de Mortero	Masa Unitaria (kg/m ³)
Liviano	1400 – 1600
Mediano	1600 – 1850
Pesado	1850 – 2200

Fuente: Saba, 2006, p-32



2.2.11.4.2. Propiedades en estado endurecido:

2.2.11.4.2.1. Retracción

Se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en pastas con una alta relación agua-cemento. El agregado soluciona el problema en parte, especialmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita los cambios de volumen y el peligro de agrietamiento. En zonas calurosas y de muchos vientos, el agua de mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, que se expresan en la formación de visibles grietas. Lo mismo ocurre si la base es muy absorbente. Aparentemente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero y a la composición química del cemento. Para evitar la retracción es conveniente usar cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y agregados de buena granulometría con pocos finos. **(Sánchez, 2001, p-309)**

2.2.11.4.2.2. Adherencia

La adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une con la estructura. Es de gran importancia, ya que a ella se debe el hecho de que un mortero pueda resistir pandeo, cargas transversales y excéntricas, dándole resistencia a la estructura.

La adherencia afecta en gran forma la permeabilidad y la resistencia a la flexión. Morteros de baja capacidad de retención de agua y morteros de alta resistencia se adhieren solo en algunas partes por lo que su adherencia es pobre. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible, para permitir la unión mecánica del mortero, así como un porcentaje de absorción proporcional a la retención de agua del mortero. **(Sánchez, 2001, p. 309)**

Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para su colocación, son los más



adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una íntima unión entre las piezas. (Sánchez, 2001, p. 309)

2.2.11.4.2.3. Resistencia a la compresión

Una vez aplicado en obra, el mortero debe actuar como unión resistente. Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba soportar cargas altas y sucesivas. Siendo éstas un indicio de las resistencias a tensiones de corte y a tensiones de tracción.

Hay dos leyes fundamentales que se aplican a la resistencia de un mortero compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de agregado, la primera dice: “con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero”; y la segunda: “con el mismo porcentaje de cemento en volumen de mortero, el más resistente y generalmente más impermeable es aquel que tenga la mayor densidad, o sea aquel que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos”.

El volumen total de mortero de consistencia plástica será afectado por la cantidad de agua usada y por volúmenes de materiales secos. Por ello un mortero hecho de arena fina y cemento será menos denso de uno hecho con arena gruesa y el mismo cemento, aunque ambas arenas al ser pesadas secas tengan las mismas proporciones de sólidos y poros. La arena fina tiene más granos en su unidad de volumen, por consiguiente, un mayor número de puntos de contacto entre granos. Al agregar agua, esta produce una película y separa los granos por tensión superficial. (Sánchez, 2001, p. 310)

Resistencias mecánicas: especialmente a la compresión. Depende de la relación A/C y de la adición usada, y muy especialmente de la granulometría de la arena, la cual se establece mediante el módulo de finura. La arcilla disminuye esas resistencias, por lo



cual es indispensable controlar su inclusión a través de las arenas sucias. **(Salamanca, 2001, p. 45)**

2.2.11.4.2.4.Durabilidad

La durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos tales como: las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo.

En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad; sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo. **(Sánchez, 2001, p. 310)**

2.2.11.4.2.5.Apariencia

Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de bloques a la vista. En este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y dosificación adecuada de sus componentes, son de vital importancia en la colocación y el acabado de superficies. El color y la textura pueden mejorarse con colorantes inorgánicos o con aditivos especiales. **(Sánchez, 2001, p. 310)**

2.2.11.4.2.6.Permeabilidad

La permeabilidad es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes, pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad de agua. Cuando un mortero no es trabajable, el albañil debe golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto, es que la junta de mortero no es tan buena, y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración. **(Arriola, 2009, p. 17)**



2.2.11.4.2.7.Eflorescencia

La eflorescencia es causada por el movimiento de agua de adentro hacia fuera de la pared y la cristalización de las sales solubles. Ya que todos los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua, que al contacto de con ella, se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia. (Arriola, 2009, p. 18)

2.2.11.5.Componentes del mortero

La gran parte de las características de las mezclas de mortero o de concreto, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener morteros o concretos de buena calidad y económicos.

2.2.11.5.1.Cemento portland blanco

El cemento blanco es un cemento portland que difiere del cemento gris exclusivamente en cuanto a su color, se fabrica conforme a las especificaciones de la norma ASTM C-150, sin embargo, el proceso de manufactura es controlado de manera tal que el producto terminado sea blanco. (Sabá, 2006, p. 3).

Es producido a partir de materias primas para fabricar el cemento blanco debe ser de naturaleza muy pura y con cantidades mínimas de óxido de hierro, por lo que es mucho más crítica que en la fabricación del cemento gris. (Chiguay, 2007, p. 8).

Los ingredientes primordiales son la piedra caliza, base de todos los cementos, el caolín (una arcilla blanca que no tiene ningún óxido de hierro, pero si mucha alúmina) y yeso. Sin embargo, su diversa composición no trajo ningún cambio en las características intrínsecas de este cemento, que continuó proporcionando la misma resistencia que un cemento gris. Su color “blanco” se consigue por medio de un proceso de elaboración química. En dicho proceso, una selección severa de las materias primas y un método de



producción tecnológicamente avanzado salvaguardan la blancura inicial de la caliza en el producto final: el cemento blanco.

Sus partículas de menor tamaño que las de cemento gris, le otorgan una mejor capacidad de hidratación y propiedades específicas como menor tiempo de fraguado y una elevada resistencia a la compresión. El bajo contenido de álcalis en su composición química, le permite la utilización de agregados tales como el vidrio volcánico, y algunas rocas que normalmente reaccionan con los álcalis del cemento, y que traen consigo agrietamientos que desmerecen la apariencia y durabilidad del mortero.

Los cementos portland blancos pueden tener la misma o mayor resistencia que los cementos grises. Esto se debe destacar porque todavía se cree que los cementos blancos no pueden tener alta resistencia, o que no son aptos para estructuras. La resistencia no es una característica que dependa del color del cemento portland sino de su composición. **(Chiguay, 2007, p. 7).**

2.2.11.5.2. Agregado fino

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, la forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal. Esta distribución del tamaño de las partículas en lo que se conoce con el nombre de granulometría. La fracción fina de este material, cuyas partículas tienen un diámetro inferior a 4.76 mm y no menor de 0.075 mm, es lo que comúnmente se llama arena. **(Sánchez, 2001, p. 311)**

En morteros plásticos los agregados bien gradados reducen la segregación, la exudación y mejoran la trabajabilidad: arenas con deficiencias de finos producen morteros resistentes, mientras que las que tienen excesos de finos producen morteros de bajas resistencia e incrementan la retracción. Contenidos altos de cal o aire en el mortero



pueden requerir mayores cantidades de arena aun en agregados con una gradación pobres.
(Sánchez, 2001, p. 311)

El agregado para uso en mortero de albañilería consistirá en arena natural o arena manufacturada. **(ASTM C 144-03, 2003)**

Según El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes que proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

- a) No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- b) El módulo de fineza estará comprendido entre 1.6 y 2.5.
- c) El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- d) No deberá emplearse arena de mar.
- e) El agua debe ser potable libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica. **(RNE E.070, 2017, p. 546)**

Requisitos.

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto. **(Rivva, 2007, p. 24)**

2.2.11.5.2.1. Clasificación (según el tamaño del grano)

- **Arena fina:** Es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son detenidos por otro de 0.25mm.
- **Arena media:** Es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.



- **Arena gruesa:** Es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

2.2.11.5.3. Propiedades físicas de los agregados para morteros.

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas. **(Pasquel, 1998, p. 72)**

2.2.11.5.3.1. Ensayo de análisis granulométrico

Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas.

Este ensayo pretende determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura. **(Rivva, 2000, p. 162)**

En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

Tabla 7:*Granulometría del agregado fino.*

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.015 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: Norma E.070 – Albañilería

2.2.11.5.3.2. Módulo de fineza

El módulo de fineza es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. (Rivera, 2015, p. 60)

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 ½"; 3/4"; 3/8"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; N° 100, dividida entre 100. (Rivva, 2000, p. 166)

Se determina con la siguiente expresión.

Ecuación 3:*Módulo de fineza*

$$MF = \frac{(\sum \% \text{Acomulados Retenidos}(3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100))}{100}$$

Tabla 8:*Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura*

Módulo de Fineza	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 extra grueso

Fuente: Rivera, 2015, p. 60



2.2.11.5.3.3. Gravedad específica y absorción del agregado fino

La gravedad específica de los agregados se expresa también como densidad, es la relación entre el peso y el volumen del material sólido. Para determinar la gravedad específica o densidad se debe tomar el agregado en estado saturado y superficie seca. El peso específico de los agregados es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles. **(Rivva, 2000, p. 166)**

Gravedad específica de masa secada al horno: Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, excluyendo sus poros permeables o saturables y los no saturables o impermeables.

Gravedad específica de masa saturado con superficie seca : Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, excluyendo únicamente los poros permeables o saturables.

Gravedad específica aparente: Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, incluyendo tanto poros permeables o saturables como poros impermeables o no saturables (volumen aparente o absoluto). La gravedad específica aparente es el que se emplea en el cálculo de mezclas, porque se parte que el material primero se satura, es decir, todos los poros permeables de cada partícula quedan llenos de agua y el agua adicional a éste 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 masas 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. **(Rivera, 2015, p. 64)**



La **absorción** se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. En esta condición se hacen los cálculos de dosificación para elaborar el mortero. **(Pasquel, 1998, p. 76)**

Si la humedad del agregado es mayor que la absorción, el material tiene agua libre y está aportando agua a la mezcla; pero si por el contrario la humedad del agregado es menor que la absorción, el agregado le va a quitar agua a la mezcla para saturarse. Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento. **(Rivera, 2015, p. 64)**

Para el cálculo de Gravedad específica y absorción del agregado fino se utiliza la siguiente ecuación según el **(MTC E 206, 2016, p. 314)**

Gravedad específica de masa secada al horno (Geh):

Ecuación 4:

Gravedad específica de masa secada al horno.

$$Ge_h = \frac{A}{B + A - C}$$

Gravedad específica de masa saturado con superficie seca (Gsss)

Ecuación 5:

Gravedad específica de masa saturado con superficie seca.

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

Gravedad específica aparente (Gea)

Ecuación 6:

Gravedad específica aparente.

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



Absorción (A_b)

Ecuación 7:

Absorción.

$$A_b = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Donde:

A = Peso seco de la muestra

B = Peso del frasco + agua

C = Peso del frasco + agua + muestra

S = Peso de la muestra saturada con superficie seca

2.2.11.5.3.4. Ensayo de contenido de humedad

MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. (Pasquel, 1998, p. 77)

Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar al mortero teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el mortero, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua/cemento y disminuirá la resistencia, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada. Ambas observaciones influyen mucho en la resistencia y propiedades del mortero, por lo que es importante saber controlar este concepto para tener resultados óptimos. (Rivera, 2015, p. 64).

Para el cálculo del contenido de humedad se utiliza la siguiente ecuación según el (MTC E 108, 2016, p. 49)

Ecuación 8:

Porcentaje de contenido de humedad.

$$(w\%) = \frac{W_{H_2O}}{W_s} * 100$$

Donde:



- $W\%$: Porcentaje de humedad.
- WH_2O : Peso del agua en la muestra.
- Ws : Peso suelo seco.

2.2.11.5.3.5. Cantidad de material fino que pasa el tamiz (N° 200) por Lavado

Las sustancias perjudiciales que pueden estar presentes en los agregados son: suelo fino (limos o arcillas), carbón de piedra, lignito y partículas livianas o blandas. La mayor parte de las especificaciones limitan las cantidades permisibles de estas sustancias.

El suelo fino (material que pasa el tamiz No. 200- $74\mu\text{m}$) puede estar presente como polvo o puede estar recubriendo las partículas del agregado, aun cuando delgadas capas de limo o arcilla cubran las partículas, puede haber peligro porque debilitan la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas del agregado, perjudicando la resistencia y la durabilidad de las mezclas. Si están presentes algunos tipos de limos y arcillas en cantidades excesivas, el agua necesaria en la mezcla puede aumentar considerablemente. La cantidad de suelo fino presente en el agregado se puede determinar por el método de lavado. (Rivera, 2015, p. 68)

Para el cálculo de material que pasa el tamiz No. 200 se utiliza la siguiente ecuación según el (MTC E 202, 2016, p. 296)

Ecuación 9:

Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200.

$$\% \text{ que pasa el tamiz N}^\circ 200 = \left(\frac{Pm - Pm \text{ lavada y secada}}{Pm} \right) * 100$$

Pm = Peso de la muestra.

Se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación a/c y/u optimizando granulometría. (Pasquel, 1998, p. 105)



2.2.11.5.3.6. Peso unitario volumétrico

La masa unitaria de un material es la masa del material necesaria para llenar un recipiente de volumen unitario. En la masa unitaria además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas.

El peso unitario varía según las condiciones intrínsecas del agregado como: su forma, su granulometría y tamaño máximo con el volumen del recipiente, la forma de colocación; por lo que su determinación en el laboratorio no siempre corresponde al que se obtiene en condiciones de obra. (Rivera, 2015, p. 66)

a) Determinación del peso unitario volumétrico compactado

Consiste en llenar el cilindro (recipiente) en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y se remueve lo que sobresalga. (Pasquel, 1998, p. 74)

La importancia de este factor radica en que con él se determinan los volúmenes absolutos de agregados en el diseño de mezclas por cuanto las partículas del agregado van a quedar confinadas dentro de la masa de concreto. (Sánchez, 2001, p. 311)

Para el cálculo de Peso unitario suelto y compactado se utiliza la siguiente ecuación según el (MTC E 203, 2016, p. 299)

Ecuación 10:

Peso Unitario Compactado Seco (PUCS).

$$PUSS = \left(\frac{\text{Peso del Agregado Fino Compactado}}{\text{Volumen del molde}} \right)$$

b) Determinación del peso unitario volumétrico suelto

Se denomina masa unitaria suelta la del material que se encuentra en estado normal de reposo porque el volumen que ocupa es mayor y por tanto su masa unitaria es menor. (Sánchez, 2001, p. 311)



En este caso, el valor de la masa unitaria suelta es de vital importancia cuando se van a manejar los agregados, ya que por ejemplo el transporte se hace por volumen y en estado suelto, de tal manera que el volumen de agregado a transportar y consumir será mayor que el volumen de agregados dentro del concreto a producir, colocar y compactar. **(Sánchez, 2001, p. 311)**

Para el cálculo de Peso unitario suelto y compactado se utiliza la siguiente ecuación según el **(MTC E 203, 2016, p. 300)**

Ecuación 11:

Peso Unitario Suelto Seco (PUSS).

$$PUSS = \left(\frac{\text{Peso del Agregado Fino Suelto}}{\text{Volumen del molde}} \right)$$

2.2.11.5.3.7. Impurezas orgánicas

Las sustancias perjudiciales que pueden estar presentes en los agregados son: impurezas orgánicas (materia vegetal en descomposición). La mayor parte de las especificaciones limitan las cantidades permisibles de estas sustancias.

La materia orgánica suele consistir por lo general en productos de la descomposición de materia vegetal (sobre todo ácido tónico y sus derivados) y se manifiesta en forma de humus o margas orgánicas. La materia orgánica puede interferir las reacciones químicas de hidratación, retrasar el fraguado y el endurecimiento del concreto, en algunos casos descomponerse produciendo deterioro afectando la durabilidad del hormigón. El azúcar puede impedir el fraguado del cemento durante algunos días. Las impurezas orgánicas pueden afectar la adherencia pasta agregado disminuyendo la resistencia. **(Rivera, 2015, p. 68,70)**

Para definir más precisamente el color del líquido de la muestra de ensayo, pueden ser utilizados los 5 vidrios de color estándar utilizando los siguientes colores según el **(MTC E 213, 2016, p. 350)**

Tabla 9:

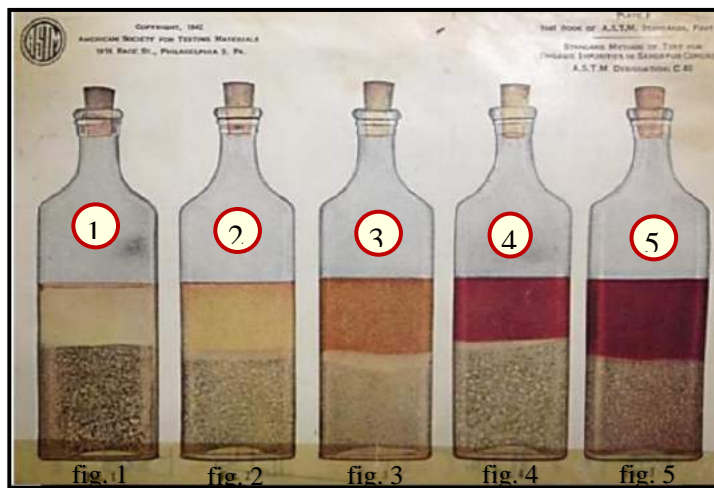
Escala de color GARDNER.

COLOR GARDNER STANDARD N°	PLACA ORGÁNICA N°
5	1
8	2
11	3
13	4
16	5

Fuente: MTC E 213, 2016, p-350

Figura 4:

Escala para contraste de colores de ensayo de impurezas orgánicas.



Fuente: Adaptado de ASTM C-40

Tabla 10:

Determinación de las propiedades según el color del líquido.

Figura	Color	Propiedades
fig. 1	Blanco claro a transparente	Arena de muy buena calidad por no contener impurezas orgánicas, limos y arcillas.
fig. 2	Amarillo pálido	Arena de poca presencia de impurezas orgánicas, limos y arcillas. Se consideran de buena calidad.
fig. 3	Amarillo encendido	Contiene impurezas orgánicas en altas cantidades. Puede usarse en concretos de baja resistencia.
fig. 4	Café	Contiene impurezas orgánicas en concentraciones muy elevadas. Se consideran de mala calidad.
fig. 5	Café Chocolate	Arenas de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se usa

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, 2020.



2.2.11.5.4. Agua.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del mortero, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del mortero endurecido.

(Abanto, 2009, p. 21)

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable. **(Rivva, 2000, p. 254).**

Considerando aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidas dentro de los siguientes límites:

- a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3ppm).
- b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 g/l (5000 ppm).
- c) El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d) El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor de 0.6 g/l (600 ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion Cl, será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de hierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm. **(Rivva, 2000, p. 255)**



2.2.11.5.4.1. Agua de mezcla.

Participa en las raciones de hidratación del cemento, confiere al mortero la trabajabilidad necesaria, la cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario.

Pues si existe un exceso de agua esta se evapora y crea una serie de huecos en el mortero, disminuyendo la resistencia, y si existe un déficit de agua en el amasado origina masas poco trabajables. **(NTP 339.088)**

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- a) reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- b) actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- c) procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. **(Pasquel, 1998, p. 59).**

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, contribución a la corrosión del acero, etc. **(Pasquel, 1998, p. 60).**

2.2.11.5.4.2. Agua para curado.

El curado se define como el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el hormigón las propiedades deseadas. **(Rivera, 2015, p. 149)**



Tipo de curado

a) Curado por inmersión

Es el método más completo de curado. Se usa cuando se trata de losas para pisos, puentes o pavimentos, techos planos (azoteas), es decir, en cualquier lugar donde sea posible almacenar agua con una altura pequeña. (Pasquel, 1998, p. 65)

2.2.12. Fluidéz de morteros

Consistencia es el grado de fluidez del mortero fresco que depende fundamentalmente de la fase líquida y del contenido y características de los componentes sólidos y que se mide como extendido en la mesa de sacudidas.

La mesa de flujo es un dispositivo que permite someter el mortero a impactos; el mortero se coloca en forma normalizada sobre el plato de la mesa de flujo y se mide el aumento del diámetro de la base después de dar 25 golpes en 15 s. (Rivera, 2015, p. 37)

Para el cálculo de la fluidez de morteros se utiliza la siguiente ecuación según el (MTC E 616, 2016, p. 756)

Ecuación 12:

Porcentaje de Fluidéz del mortero.

$$\%Fluidéz = \frac{Diametro Promedio final - Diametro Inicial}{Diametro Inicial} * 100$$

2.2.13. Resistencia a la compresión

La compresión de morteros consiste en la compresión de probetas prismáticas de 5 cm x 5 cm x 5cm de tamaño. (MTC E 609, 2016, p. 723)

La resistencia de un mortero depende de la cohesión de la pasta de cemento, de su adhesión a las partículas de los agregados, de la resistencia del agregado, de la relación agua/cemento usado en la mezcla (Guerrero, 1998, p-30).

Para determinar la resistencia a la compresión se utiliza el método expuesto en la norma **NTP 334.051**.

La resistencia a la compresión del mortero depende en gran parte del tipo y cantidad del material cementante y de la relación agua/cemento utilizado al prepararlo: aumentará con un incremento del contenido de cemento y disminuirá con un aumento de la inclusión de aire, del contenido de cal, o del contenido de agua. (**De La Sotta, 2010, p. 9**).

Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), Megapascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi) a una edad de 28 días. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. (**De La Sotta, 2010, p. 10**).

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se utiliza la siguiente ecuación según el (**MTC E 609, 2016, p. 727**)

Ecuación 13:

Resistencia a la compresión del mortero.

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- f_m = Es la resistencia a la compresión en MPa
- P = Es la carga máxima total en N;
- A = Área de la superficie de carga en mm^2

2.2.14. Resistencia a la flexión

El método de carga en tres puntos consiste en la rotura de probetas prismáticas de 4 cm x 4 cm x 16 cm de tamaño

Para el cálculo de la resistencia a la flexión se utiliza la siguiente ecuación según el (MTC E 617, 2016, p. 764)

Ecuación 14:

Resistencia a la flexión del mortero.

$$S = 0.28 * P$$

Donde:

S = Resistencia a la flexibilidad, KPa

P = Carga máxima total, N

2.2.15. Tasa de absorción de morteros

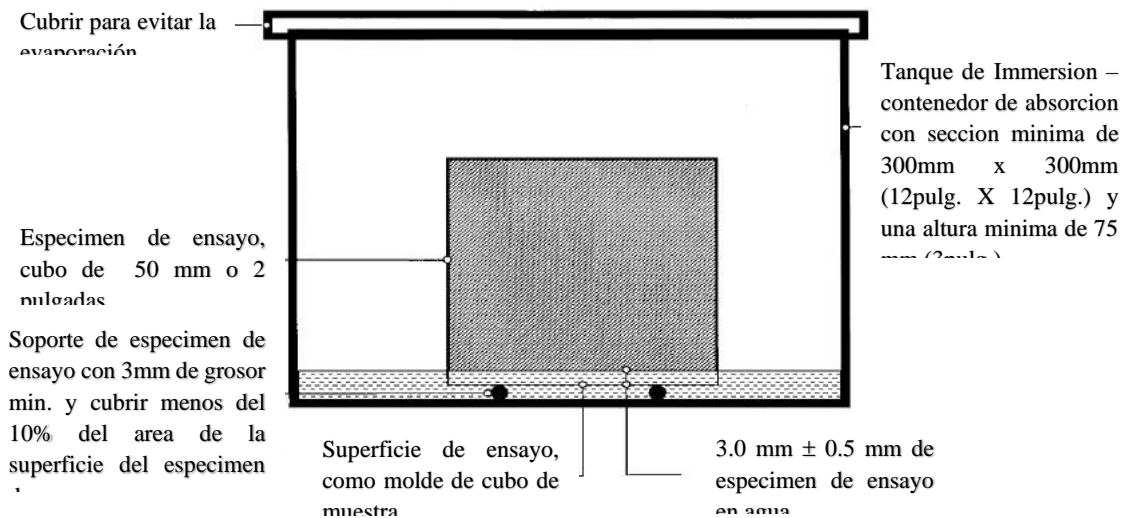
Según la normativa peruana, es el proceso mediante el cual el agua penetra en un material poroso, como resultado de la diferencia de presión, temperatura o concentración de agua entre la superficie expuesta y su interior. Para ello se ocupan probetas normalizadas para ensayo, es decir, probetas prismáticas cuadradas de 5 cm x 5 cm x 5 cm; estas se secaron en el horno hasta que su peso fue constante. De ahí se pesan las probetas y se sumergen por un periodo de 24 horas, de allí se vuelven a pesar y se aplica la fórmula para obtener el porcentaje de absorción (ASTM C1403).

También denominada índice de absorción, es la medida que, expresada en forma de porcentaje, de la cantidad de agua absorbida por un material en un determinado tiempo, sumergido parcialmente en agua. El agua que el material absorbe se denomina agua de absorción.

La absorción de agua es la cantidad de agua que un material puede absorber. Por lo tanto, podemos definir como concepto general, a mayor porosidad, mayor absorción de agua. La penetración del agua al interior de un material poroso como el concreto, solo puede darse para medios secos o parcialmente saturados. (Hermida, 2013, p. 2)

Figura 5:

Montaje de equipos para ensayo de Absorción.



Fuente: Norma ASTM C-1403.

Para el cálculo de la tasa de absorción se utiliza la siguiente ecuación según el ASTM C 1403 Método de prueba estándar para Tasa de absorción.

Ecuación 15:

Tasa de Absorción del mortero.

$$A_T = (W_T - W_0) * 10000 / (L_1 * L_2)$$

Donde:

- W_T : Peso del espécimen en el tiempo T en gramos.
- W_0 : Peso inicial del espécimen en gramos.
- L_1 : La longitud promedio de la superficie del cubo del espécimen en mm.
- L_2 : El ancho promedio de la superficie del cubo del espécimen en mm.

2.2.16. Permeabilidad de mortero

Es la cantidad de migración de agua a través del mortero, cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del mortero de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etc.). (Lopez, 2004, p. 3)



Se dice que un material es permeable si deja pasar a través de él una capacidad apreciable de fluido en un tiempo dado. **(Simba, 2007, p. 39).**

La permeabilidad total del mortero al agua es una función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado, y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del mortero a la compresión, al ataque de sulfatos y otros productos químicos y a la penetración del ión cloruro.

La permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del mortero. La permeabilidad de la pasta depende de la relación Agua – Cemento, de la hidratación del cemento o duración del curado húmedo. Un mortero de baja permeabilidad requiere de una relación Agua – Cemento baja y un periodo de curado húmedo adecuado. La inclusión de aire ayuda a la hermeticidad, aunque tiene un efecto mínimo sobre la permeabilidad aumenta con el secado. **(Lopez, 2004, p. 3)**

La velocidad con el que un fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos: la porosidad del material, la densidad del fluido considerado, afectada por su temperatura y la presión a que está sometido el fluido. Para que un material sea permeable debe ser poroso, es decir, debe contener espacios vacíos o poros, que le permitan absorber fluido. A su vez tales deben estar interconectados para que el fluido disponga de caminos a través del material **(Simba, 2007, p. 39).**

Aunque no hay pruebas prescritas por ASTM y NTP, la permeabilidad del mortero puede determinar por medio de una simple prueba de laboratorio, pero los resultados son meramente comparativos. La obtención del coeficiente de permeabilidad es mediante la ley de Darcy **(Meza,2004, p. 107):**

Ecuación 16:

Coefficiente de Permeabilidad del mortero.

$$K = \frac{Q * E}{A * H * T}$$

Donde:

- Q: Volumen de agua permeada en cm³.
- T: Tiempo en que sucede Q en segundos (s).
- A: Área de la sección transversal del espécimen en cm².
- E: Espesor de la muestra, longitud que recorre el flujo en cm.
- H: Energía hidráulica en columnas de agua, manómetro en cm.
- K: Coeficiente de permeabilidad en cm/s.

A continuación, se presentan clasificaciones utilizadas en la mecánica de suelos, para suelos según su coeficiente de permeabilidad. A fin de tener conceptos al momento de clasificar al mortero en función de su coeficiente de permeabilidad. (Meza,2004, p. 108):

Tabla 11:

Coefficiente de permeabilidad según A. Casagrande y R. E. Fadum.

Clasificación	Coefficiente de permeabilidad (m/s)
Muy permeable	Mayor de 1
Permeable	1 a 10 ⁻⁵
Poco Permeable	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁸
Prácticamente Impermeable	10 ⁻⁸ a 10 ⁻¹¹
Impermeable	10 ⁻¹¹ a 10 ⁻¹⁴

Fuente: Meza, 2004, p-1018

Tabla 12:

Coefficiente de permeabilidad según Terzaghi y Peck.

Clasificación	Coefficiente de permeabilidad (m/s)
Elevada	Mayor de 10 ⁻³
Media	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Muy baja	10 ⁻⁷ a 10 ⁻⁹
Prácticamente Impermeable	Menor de 10 ⁻¹⁴

Fuente: Meza, 2004, p-1018

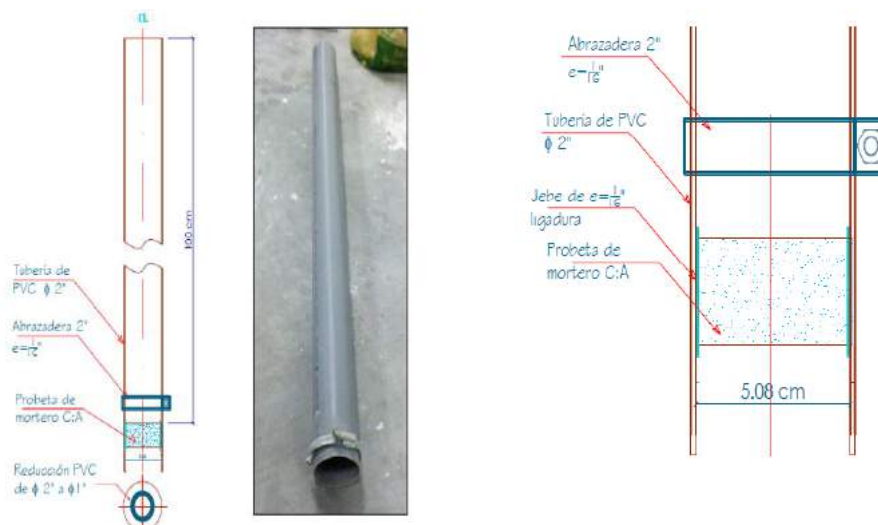
Existen métodos experimentales para su medición, de los cuales los principales son.

- Método Simple del ACI Materials Journals.
- Método Normas DIN 1048.
- Método Cuantitativo del Bureau of Reclamation.
- Método Cualitativo de Swedish Estándar Specification.
- Método Japonés. (Meza,2004, p. 109)

Los ensayos de permeabilidad del presente estudio se realizaron con un equipo artesanal distinto a los nombrados anteriormente, debido a que no se encontró un equipo para hallar la permeabilidad del mortero.

Figura 6:

Propuesta de permeámetro.



Fuente: Azadeño, 2019, p-105.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación: Analítico

Según **(Ruiz, 2006)** la presente investigación reúne las condiciones para ser de tipo, **analítica**, ya que su principal objetivo es contrastar, entre grupos de estudio y de control, las distintas variables, observando las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y evaluación de un hecho en particular. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

3.1.2. Enfoque de investigación: Cuantitativa

Según **(Hernández, 2010)** la presente investigación reúne las condiciones metodológicas para un tipo, según su enfoque, de investigación **cuantitativa**, ya que en base a cantidades y estadísticas probaremos las diferentes hipótesis propuestas para la investigación, así como también deduciremos los posibles resultados de nuestra investigación.

La investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados.

3.1.3. Alcance o niveles de la investigación: Correlacional

Según **(Hernández, 2010)** la presente investigación reúne las condiciones para ser una investigación de nivel **correlacional**, ya que mide el grado de relación de (causa



–efecto) que existe entre las variables que se pretenden investigar, para determinar si están o no relacionadas y después analizar la relación.

3.1.4. Tiempo de estudio: Transeccionales o transversales

Según (**Hernández, 2010**) se considera según el tiempo de estudio **transversal**, porque se recolectan los datos en un solo momento. Su intención es describir o caracterizar el fenómeno, a través de las variables, en un momento dado.

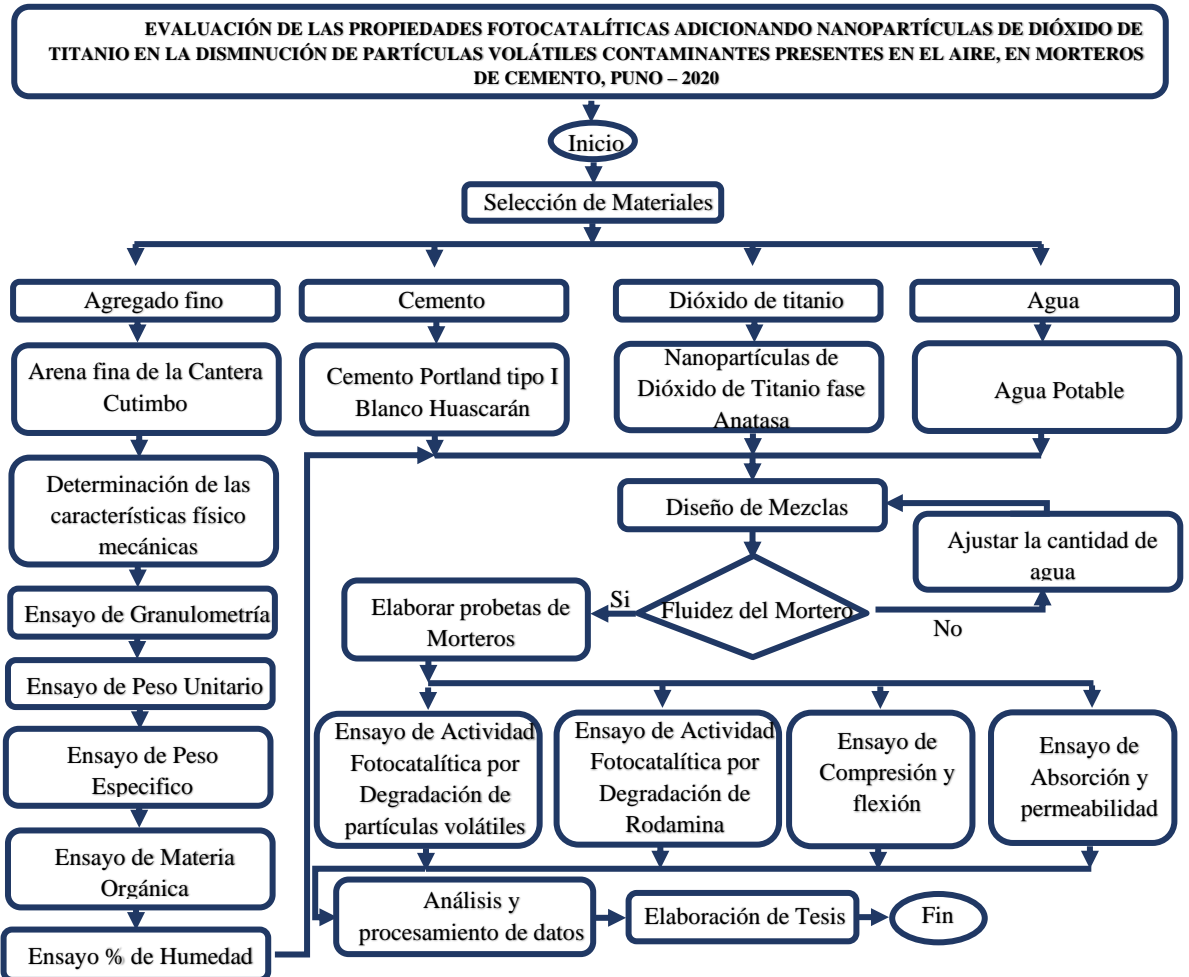
3.1.5. Diseño metodológico de la investigación: Experimental

Según (**Hernández, 2010**) se considera el diseño **cuasi experimental**, porque al momento de realizar ensayos a los materiales y unidades de mortero, se presentan agentes externos no cuantificables, tales como la temperatura del ambiente, humedad, presión atmosférica, calibración de equipos utilizados para los ensayos, entre otros.

3.1.6. Diseño experimental

Figura 7:

Diseño Experimental



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO

3.2.1. Geográficas

Para la presente investigación se realizaron los ensayos en el laboratorio LAIA

CONSUL EIRL, ubicado en:

Tabla 13:

Ubicación de Laboratorio LAIA CONSUL

UBICACIÓN DE LABORATORIO LAIA CONSUL					
Ubicación		Coordenadas geográficas:		Coordenadas UTM:	
Dirección	: Urbanización manto 2000	Latitud	: 15° 51' 57.23" S	Norte	: 8245634.42
Distrito	: Puno			Este	: 391464.21
Provincia	: Puno	Longitud	: 70° 00' 49.42" O	Altitud	: 3882 m.s.n.m.
Región	: Puno				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 8:

Ubicación de Laboratorio LAIA CONSUL



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.2.2. Periodo de duración del proyecto de investigación

El estudio se ha realizado en los meses de septiembre al mes de diciembre del año 2020, que comprende una duración de 4 meses.



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.

3.3.1. Población:

3.3.1.1. Descripción de la población

La población es el conjunto de observación donde se desarrolló la investigación, se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan.

La población para la presente investigación está conformada por los morteros elaborados en la ciudad de Puno, adicionando distintos porcentajes de dióxido de titanio con tales características:

- a) **Población 1:** Conformado por muestras prismáticas de (25cm x 30cm x 2 cm), elaborado con cemento Portland tipo IP, agregado fino de las canteras de Cutimbo y Dióxido de Titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% en relación al peso del cemento, para la realización del ensayo de Activación Fotocatalítica por Degradación de partículas volátiles contaminantes.
- d) **Población 2:** Conformado por muestras prismáticas de (10cm x 10cm x 2cm), elaborado con cemento Portland tipo IP, agregado fino de las canteras de Cutimbo y Dióxido de Titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% en relación al peso del cemento, para la realización del ensayo de Activación fotocatalítica por degradación de Rodamina B.
- e) **Población 3:** Conformado por cubos de mortero de (5cm x 5cm x 5cm), elaborado con cemento Portland tipo IP, agregado fino de las canteras de Cutimbo y Dióxido de Titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% en relación al peso del cemento, para la realización del ensayo de resistencia a la compresión.
- f) **Población 4:** Conformado por cubos prismáticos de (4cm x 4cm x 16cm), elaborado con cemento Portland tipo IP, agregado fino de las canteras de



Cutimbo y Dióxido de Titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% en relación al peso del cemento, para la realización del ensayo de resistencia a la flexión.

g) Población 5: Conformado por muestras prismáticas de (5cm x 5cm x 5cm), elaborado con cemento Portland tipo IP, agregado fino de las canteras de Cutimbo y Dióxido de Titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% en relación al peso del cemento, para la realización del ensayo de permeabilidad.

h) Población 6: Conformado por muestras prismáticas de (5cm x 5cm x 5cm), elaborado con cemento Portland tipo IP, agregado fino de las canteras de Cutimbo y Dióxido de Titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% en relación al peso del cemento, para la realización del ensayo de absorción.

3.3.2. Muestra:

3.3.2.1. Método de muestreo no – probabilístico

El método de muestreo que se empleó en la presente investigación es no probabilístico, porque se utiliza en forma empírica, es decir, no se efectúa bajo normas probabilísticas de selección, por lo que sus procesos intervienen opiniones y criterios personales del investigador e investigaciones anteriores.

3.3.2.2. Descripción de la muestra

a) Activación fotocatalítica por degradación de partículas volátiles contaminantes.

Se elaborarán probetas prismáticas de (25cm X 30cm X 4cm), la cantidad de muestras será de cuatro (4) por porcentaje de adicción de TiO. Resultando un total de 16 muestras.

Tabla 14:

Cantidad de muestras de para ensayo de degradación de CO.

% de Dióxido de Titanio	N° de Especímenes
0%	4
3%	4
5%	4
7%	4

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

b) Activación fotocatalítica por degradación de rodamina.

Se elaborarán probetas prismáticas de (10cm X 10cm X 2cm), la cantidad de muestras será de seis (6) por porcentaje de adicción de TiO₂. Resultando un total 24 de muestras.

Tabla 15:

Cantidad de muestras de para ensayo de degradación de rodamina B.

% de Dióxido de Titanio	N° de Especímenes
0%	6
3%	6
5%	6
7%	6

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

c) Ensayo de compresión de morteros de cemento.

Se elaborarán Probetas Cúbicas de (5cm X 5cm X 5cm), la cantidad de muestras será de seis (6) por porcentaje de adicción de TiO₂, los cuales se ensayarán a distintas edades las cuales serán: 24 horas, 3, 7 y 28 días. Resultando un total 96 de muestras.

Tabla 16:

Cantidad de muestras de para ensayo de compresión.

% de Dióxido de Titanio	N° de especímenes / Tiempo de Rotura			
	24 horas	3 días	7 días	28 días
0%	6	6	6	6
3%	6	6	6	6
5%	6	6	6	6
7%	6	6	6	6

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



d) Ensayo a la resistencia a la flexión de morteros de cemento.

Se elaborarán probetas prismáticas de (4cm X 4cm X 16cm), la cantidad de muestras será de seis (6) por porcentaje de adicción de TiO_2 , los cuales se ensayarán a distintas edades las cuales serán: 24 horas, 3, 7 y 28 días. Resultando un total 96 de muestras.

Tabla 17:

Cantidad de muestras de para ensayo de flexión.

% de Dióxido de Titanio	N° de especímenes / Tiempo de Ensayo			
	24 horas	3 días	7 días	28 días
0%	6	6	6	6
3%	6	6	6	6
5%	6	6	6	6
7%	6	6	6	6

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

e) Ensayo de permeabilidad de morteros de cemento.

Se elaborarán Probetas Cilíndricas de (2 pulg. de diámetro y 1 pulg. de altura), la cantidad de muestras será de cuatro (4) por porcentaje de adicción de TiO . Resultando un total 16 de muestras.

Tabla 18:

Cantidad de muestras de para ensayo de permeabilidad.

% de Dióxido de Titanio	N° de Especímenes
0%	4
3%	4
5%	4
7%	4

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

f) Ensayo de tasa de absorción de morteros de cemento.

Se elaborarán Probetas Cúbicas de (5cm X 5cm X 5cm), la cantidad de muestras será de seis (6) por porcentaje de adicción de TiO_2 . Resultando un total 24 de muestras.

Tabla 19:

Cantidad de muestras de para ensayo de tasa de absorción.

% de Dióxido de Titanio	N° de Especímenes
0%	6
3%	6
5%	6
7%	6

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Dichos ensayos se realizarán para determinar sus propiedades fotocatalíticas.

3.4. MATERIALES

3.4.1. Cemento portland blanco

El Cemento empleado en la elaboración de morteros para la presente investigación es cemento Portland tipo I blanco, marca Huascarán con peso específico 3.12 g/cm^3 . Este cemento cumple con la NTP 334.009 y con la norma ASTM C-150

3.4.2. Agregados finos

El agregado fino empleado para la elaboración de morteros para la presente investigación fue obtenido de la cantera Cutimbo.

3.4.3. Dióxido de titanio

Se ha empleado nanopartículas de dióxido de titanio, en forma Anatasa distribuido por “Jiangsu XFNANO Materials Tech Co.Ltd.”, en proporciones de 3%, 5% y 7% del peso del cemento, con la cual se elaboró los morteros para los ensayos descontaminación y autolimpieza.

3.4.4. Tela de velcro

Se ha empleado tela de velcro que permite visualizar las cantidades de partículas volátiles que expulsa el caucho y la llanta, para el ensayo descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.



3.4.5. Rodamina B

Para la realización de ensayo de autolimpieza por degradación de rodamina B, se ha utilizado el colorante orgánico rodamina B con una concentración de 0.005 gr y 0.0025 gr de rodamina por cada 100 ml de agua.

3.4.6. Agua

Según la norma NTP 339.088, el agua debe ser de preferencia potable y bebible.

En la presente investigación se ha empleado el agua potable de la Ciudad de Puno para la elaboración de morteros y para curar los especímenes.

3.5. EQUIPOS

Para la elaboración del mortero y evaluar las características físicas y mecánicas se contó con los equipos e instrumentos del laboratorio, que se muestran a continuación:

- Herramientas manuales (Badilejo, balde, cucharón, flexómetro, pala)
- Juego de tamices Standard (ASTM E-11)
- Probeta graduada de 1000 cm³
- Fiola de 500 cm³
- Cono metálico y pisón para agregado fino.
- Termómetro de 0°C a 100°C, con aproximación de 0.5°C.
- Balanzas electrónicas (6000 y 30000 gr de aproximación 0.1 y 0.01gr respectivamente.)
- Horno Eléctrico 110° C.
- Mesa de Flujo
- Moldes Cúbicos de 5cm x 5cm x 5cm para Morteros
- Moldes Prismáticos de 4cm x 4cm x 16cm para Mortero
- Moldes Prismáticos de 10cm x 10cm x 2cm para Mortero



- Moldes Prismáticos de 30cm x 25cm x 3cm para Mortero
- Prensa Hidráulica
- Prensa de CBR
- Bandejas metálicas para la mezcla de 50 x 50 cm
- Vernier o pie de rey
- Compactador
- Mezcladora eléctrica
- Cámara fotográfica
- Equipo de procesamiento de datos (computadores). Software: Microsoft Office Excel, Microsoft Office Word 2019, Minitab 2019.

3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la recolección de datos se ha realizado estudios en forma gradual y sistemática, utilizando normas específicas, instrumentación, grado de precisión utilizados para los trabajos en laboratorio y procesamiento de los datos para cada caso de estudio, como calidad de los agregados, dosificación de materiales de mortero y sus propiedades en estado fresco y endurecido.

La recolección de datos se realizó mediante los cuadros de doble entrada, gráficos formatos de ensayos de laboratorio. La información cuantitativa fue procesada mediante métodos estadísticos apropiados para cada caso, como la determinación de promedios, desviación estándar, coeficientes de varianza, varianza y agrupación de los tratamientos usando la prueba de rango múltiple de Tukey y mediante el uso de programas como el Microsoft Excel 2019 y el Minitab 19.

Para el estudio de las características físico mecánicas de los materiales empleados en la elaboración de morteros: agregados, cemento, agua, dióxido de titanio, se han



realizado los ensayos de acuerdo con normatividad de las Normas Técnicas Peruanas (NTP), Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). Los equipos utilizados presentan certificados de calibración.

3.7. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.7.1. Análisis estadístico de los resultados.

Los datos obtenidos en los ensayos están sujetos a variaciones, que nos dan una idea del cuidado que se ha tenido en la elaboración de los especímenes y la realización de los ensayos.

Analizando y midiendo las variaciones podemos diferenciar el comportamiento de los objetivos estudiados, correspondientes a cada una de las proporciones con las que se elaboraron los especímenes. Así como, las resistencias óptimas para su diseño respecto a las canteras en estudio.

3.7.2. Análisis estadístico de la varianza ANOVA y prueba de rango múltiple de TUKEY y correlación lineal de PEARSON.

3.7.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor

Se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que es uno de los métodos estadísticos más utilizados y más elaborados en investigación.

Esta prueba se usa para la prueba de hipótesis para dos o más medias poblacionales, ayuda a probar si las medias de dos o más poblaciones son iguales, permitiendo probar si dos o más medias muestrales pertenecen o no a la misma población, si las medias muestrales tienen diferencia estadística entonces significa que pertenecen a diferentes poblaciones, evaluando la importancia de uno o más factores, que en este caso



el factor vendría a ser el tipo de tratamiento y la variable la resistencia a la compresión del mortero, para ello se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Esta prueba establece una hipótesis nula (H_0) en la cual todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa (H_1) indicaría lo contrario, es decir que al menos una es diferente.
- Se debe adoptar un nivel de confianza para los intervalos de confianza de los coeficientes y los valores ajustados, que por lo general el 95% funciona adecuadamente.
- Se debe adoptar un nivel de significancia (α) para comparaciones, tal valor se encuentra entre 0.001 y 0.05.
- El programa arrojará un valor (p) como resultado para analizar la varianza.

Este valor se lo interpreta de la siguiente manera:

- $p > \alpha \rightarrow$ Se acepta la hipótesis nula (H_0), es decir todas las medias son iguales.
- $p < \alpha \rightarrow$ Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa es decir hubo variación en las medias.

Además del valor p el Minitab 19 ofrece como resultados para su análisis los siguientes gráficos:

- Gráfica de valores individuales, para evaluar y comparar las distribuciones de datos de la muestra.
- Gráfica de caja de datos, para evaluar y comparar la forma, la tendencia central y la variabilidad de las distribuciones de la muestra y para buscar valores atípicos.



- Gráficas de residuos, para determinar si el modelo cumple con los supuestos del análisis, la cual incluye:
 - Histograma de residuos, determina si los datos son asimétricos o si incluyen valores atípicos.
 - Gráfica de probabilidad normal de residuos, comprueba el supuesto de que los residuos están distribuidos normalmente.
 - Residuos vs. ajustes, comprueba el supuesto de que los residuos tienen una varianza constante.
 - Residuos vs. orden, comprueba el supuesto de que los residuos no están correlacionados entre sí.

3.7.2.2. Prueba de rango múltiple de TUKEY.

Respecto a las Pruebas de Rango Múltiple TUKEY son pruebas estadísticas que permiten conocer la diferencia estadística entre las medias muestrales de los tratamientos que se estudian; por lo tanto, se usan cuando en la tabla de análisis de varianza se encuentra significación estadística en la fuente de variación respectiva.

Si se rechaza la hipótesis nula (H_0), es decir existe variación entre las medias de la población, esta prueba ayuda a identificar en que grupo se dio la diferencia mediante la gráfica de intervalos de confianza de 95%, la cual ayuda a evaluar y comparar los intervalos de confianza de las medias de los grupos. Los intervalos de confianza que cruzan la línea de referencia en 0 indican que no tienen diferencia y pertenecen a un mismo grupo estadístico.

Los cálculos del ANOVA y de las pruebas de rango múltiple de Tukey se realizaron utilizando el programa estadístico Minitab 19 (Software de Análisis Estadístico), que sirve para realizar análisis estadísticos y gráficas de estos de datos.



3.7.2.3. Análisis de la correlación lineal R de Pearson

Respecto a las Pruebas de correlación R de Pearson son pruebas estadísticas que permiten conocer el coeficiente de correlación como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas y continuas.

Para interpretar el coeficiente de correlación (r) que se obtiene, se toma como criterio de decisión, la siguiente calificación:

(+) (-) Correlación inexistente	$0.00 = r < 0.00$
(+) (-) Correlación muy baja	$0.01 = r < 0.20$
(+) (-) Correlación baja	$0.21 = r < 0.40$
(+) (-) Correlación moderada	$0.41 = r < 0.60$
(+) (-) Correlación alta	$0.61 = r < 0.80$
(+) (-) Correlación muy alta	$0.81 = r = 0.99$
(+) (-) Correlación perfecta	$1.00 = r = 1.00$

3.8. METODOLOGÍA MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación se desarrolló el siguiente procedimiento:

3.8.1. Obtención del agregado fino

Para el desarrollo de la investigación los agregados se obtuvieron de la cantera de “Cutimbo”, ubicado en el km 23 de la carretera Puno – Moquegua. Cantera que abastece de agregados a la ciudad de Puno y zonas aledañas, para la producción del concreto y morteros para la construcción de viviendas.

Tabla 20:

Ubicación de cantera

UBICACIÓN DE CANTERA		
Ubicación	Coordenadas geográficas:	Coordenadas UTM:
Dirección : Cutimbo	Latitud : 16° 02' 13.88" S	Norte : 9226679
Distrito : Pichacani		Este : 361780
Provincia : Puno	Longitud : 70° 00' 41.85" O	Altitud : 3919 m.s.n.m.
Región : Puno		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 9:

Ubicación de cantera



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.8.2. Muestreo para materiales de construcción (MTC E 201 / NTP 400.010 / ASTM D75)

Establece los procedimientos del muestreo del agregado fino. Siendo lo más importante al tomar una muestra de un tamaño apropiado y representativo de todo el material acopiado. La muestra que se tome para realizar los ensayos debe ser lo más representativa que se pueda del material de que procede. Para esto se debe tener una serie

de precauciones, las que a continuación relacionamos para el caso en que los áridos (arena y grava) que se encuentran almacenados en Stock (forma de pila).

1. Evitar tomar material de las partes que se encuentren igualmente segregados (en algunos casos, la base de la pila).
2. Tomar la muestra de al menos tres partes diferentes de la pila:
 - a) Cerca de la base de la pila.
 - b) Aproximadamente en la mitad de la pila.
 - c) De la parte superior de la pila.

Tabla 21:

Peso mínimo de muestra

Tamaño máximo nominal del agregado	Peso mínimo aproximado para la muestra de campo Kg
Agregado fino	
N° 8	10
N° 4	10
Agregado Grueso	
3/8"	10
1/2"	15
3/4"	25
1"	50
1 1/2"	75
2"	100
2 1/2"	125
3"	150
3 1/2"	175

Fuente: Norma ASTM

Al tomar muestras de agregado, las capas externas del material se deben mezclarse, con el resto, hasta lograr una muestra homogénea.

El número de muestras individuales depende del tamaño, uniformidad de la fuente de suministro y el objeto de la toma de muestras.

Los tamaños de la muestra requerida para los ensayos dependen del tipo de material, tamaño máximo nominal y de los ensayos a los cuales será sometido. De manera tentativa la norma nos proporciona la tabla.



Reducción de las muestras de agregado a tamaño de ensayo

Este método de prueba se refiere a reducir el volumen de las muestras de agregados a otro menor que sea representativo, a fin de obtener un tamaño adecuado para el empleo en técnicas de ensayos.

Método de cuarteo

En la preparación de las muestras de agregados para concreto, antes de realizar cualquier prueba o ensayo, es necesario para reducir el volumen de las muestras de agregados a otro menor que sea representativo.

El objetivo del cuarteo de la muestra es homogenizarla, para que la muestra sea representativa, de tal manera que los resultados obtenidos para cada ensayo sean representativos.

El método utilizado para reducir las muestras en esta investigación, fue el del cuarteo; el procedimiento es simple y se detalla a continuación:

- Se lleva a cabo la toma de muestras de diferentes puntos de donde está depositado el material a utilizar, y se procede a apilar la muestra con ayuda de una pala o una lona.
- En el laboratorio elija una superficie plana y limpia en donde se pueda depositar la muestra compuesta.
- Mezclar bien las muestras combinadas, haciendo una pila cónica, echando repetidas veces el material de los bordes hacia el centro.
- Aplanar del centro del montículo hacia la periferia, dándole forma circular, con espesor uniforme.
- Divida el material en cuatro partes iguales, seleccione dos muestras diametralmente opuestas y sepárelas del resto del material.

Figura 10:

Cuarteo de material.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Se puede repetir este procedimiento hasta tener la cantidad de muestra apropiada para cada una de las muestras.

3.8.3. Estudio para la determinación de las propiedades físicas del agregado fino.

Se realizar los ensayos necesarios para la determinación de las propiedades física – mecánicas del agregado fino empleado en la elaboración de morteros los cuales son: Contenido de humedad, análisis granulométrico, cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200, peso específico y absorción, contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino peso unitario volumétrico suelto (PUSS) y compactado (PUCS), dichos ensayos se basaron en el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2016 del MTC).

3.8.3.1. Contenido de humedad (MTC E 108 / NTP 339.127 / ASTM D2216)

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, en relación al peso de la muestra seca expresado en porcentaje. Es una característica importante porque hace variar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del mortero.

a) Equipos e instrumentos

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.

- Taras
- Horno con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$

b) Procedimiento

- Seleccione una muestra representativa por cuarteo.
- Identificación del recipiente.
- Pesar el recipiente o tara.
- Colocar la muestra en los envases previamente tarados.

Figura 11:

Pesado de muestras para contenido de humedad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Registrar el peso de la muestra húmeda en el recipiente o tara.
- Secar la muestra en el horno durante 24 temperatura constante de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$
- Pesar la muestra seca en el recipiente o tara.
- Determinar el peso del agua.
- Determinar el peso del suelo seco.
- Finalmente se determina el resultado con respecto al promedio del contenido de humedad de las muestras tomadas.

c) Recolección de datos

Para el cálculo del contenido de humedad se procedió a desarrollar tres (3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos.

Tabla 22:

Recolección de datos del contenido de humedad

contenido de humedad			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de Tara (gr.)	29.2	27.2	28.7
Peso de Tara + M. Húmeda (gr.)	242.8	236.7	264.9
Peso de Tara + M. Seca (gr.)	239.5	233.5	261.4

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

d) Cálculos

Con los datos recolectados se procede a desarrollar el análisis del contenido de humedad del agregado fino de la cantera Cutimbo.

Determinar el contenido de humedad, con la siguiente fórmula:

Ecuación 8:

Porcentaje de contenido de humedad

$$(w\%) = \frac{W_{H2O}}{W_S} * 100$$

3.8.3.2. Análisis granulométrico (MTC E 204 / NTP 400.012 / ASTM C136)

a) Equipos e instrumentos

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Serie de Tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo.
- Recipientes Metálicos
- Horno con temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- Brocha
- Espátula

b) Procedimiento

- Se toma una muestra representativa.
- Se cuarte la muestra, para poder elegir dos partes opuestas con características similares.



- Se mezcla las dos partes elegidas y se realiza el procedimiento anterior hasta obtener el peso requerido del agregado fino. (Según NTP 400.012 la cantidad de muestra para realizar el ensayo de granulometría en agregado fino, luego del secado, será 300 g como mínimo.)
- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 24 horas.
- De la muestra secada se toma 1500 gramos, deposítelo en una tara, cúbralo de agua y déjelo reposar por 24 horas.
- Lave la muestra saturada, por el tamiz No. 200, hasta que el agua pase limpia o trasparente a través del tamiz.
- El material retenido en el tamiz No. 200, regréselo a la tara y deposítelo en el horno a la temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 24 horas.
- Se toma el peso inicial del agregado fino para contrastarlo al final del ensayo.
- El tamizado se hace usando los tamices, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200; colocados en orden decreciente según tamaño de abertura.
- Agregar en la malla superior, y se agita los tamices con movimientos constantes (adelante, atrás, izquierda, derecha, y circular) por un tiempo no mayor de 3 minutos, en caso de exceder ese tiempo las partículas se empiezan a deshacer, no se debe forzar con la mano el paso de una partícula con la mano.
- Una vez finalizado el tamizado se procede a pesar los pesos retenidos en cada tamiz con ayuda de una balanza de precisión y recipientes metálicos.

Figura 12:

Tamizado de muestra.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- agregar la masa de material pasante del tamiz N° 200 lavado a la masa de material pasante por cribado seco.

- Realizar cálculos.

c) Recolección de datos

Para el análisis de granulométrico se procedió a desarrollar tres (3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos.

Tabla 23:

Recolección de datos de análisis granulométrico.

		análisis granulométrico.		
N° de Prueba		Prueba N° 1	Prueba N° 2	Prueba N° 3
Peso de La Muestra Representativa (gr)		1448	1304	1299
TAMICES	ABERTURA	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO (gr)
ASTM	(mm)			
No8	2.380			
No10	2.000			
No16	1.190	292.730	264.360	248.770
No30	0.590	387.370	350.710	362.530
No50	0.300	467.670	415.410	396.370
No100	0.149	217.530	200.990	207.910
No200	0.074	78.700	70.030	80.360
Peso Retenido en la Base		1.54	0.86	1.09

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar el análisis granulométrico para lo cual se utilizó las siguientes formulas.

Peso Corregido

Ecuación 17:

Peso corregido.

$$\text{Peso Coregido} = \text{Peso Retenido} + \frac{\text{Desperdicio}}{\text{N}^\circ \text{ de Mallas}}$$

Porcentaje Peso Retenido

Ecuación 18:

Porcentaje retenido.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Porcentaje Corregido} * 100}{\text{Peso Inicial}}$$

Porcentaje Retenido Acumulado

Ecuación 19:

Porcentaje retenido acumulado.

$$\% \text{ Retenido Acomulado} = \%R(i) + \%R(i + 1)$$

Porcentaje que pasa

Ecuación 20:

Porcentaje que pasa.

$$\% \text{ Pasa} = \%RA - 100$$

3.8.3.3. Módulo de fineza (NTP 400.011)

Con los datos obtenidos de la granulometría de los agregados procedemos a obtener los módulos de fineza. Para lo cual Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100.



a) Cálculos

Con los datos recolectados se procede a desarrollar el cálculo del módulo de fineza del agregado fino, para lo cual se utilizó la siguiente formula.

$$MF = \frac{(\sum \% \text{Acomulados Retenidos}(3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100))}{100}$$

Módulo de fineza del Agregado Fino – Cantera Cutimbo

$$MF = \frac{(20.25 + 47.04 + 79.37 + 94.42)}{100} = \frac{241.08}{100}$$

$$MF = 2.41$$

$$MF = \frac{(20.30 + 47.22 + 79.10 + 94.54)}{100} = \frac{241.15}{100}$$

$$MF = 2.41$$

$$MF = \frac{(19.18 + 47.12 + 77.66 + 93.70)}{100} = \frac{237.66}{100}$$

$$MF = 2.38$$

Módulo de fineza promedio

$$MF_{prom} = \frac{(2.41 + 2.41 + 2.38)}{3} = \frac{7.20}{100}$$

$$MF_{prom} = 2.40$$

3.8.3.4. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (MTC E 202 / NTP

400.018 / ASTM C117)

a) Equipos e Instrumentos

- Tamiz N° 200
- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Horno con temperatura constante de 110°C±5°C
- Recipientes.
- Brocha.

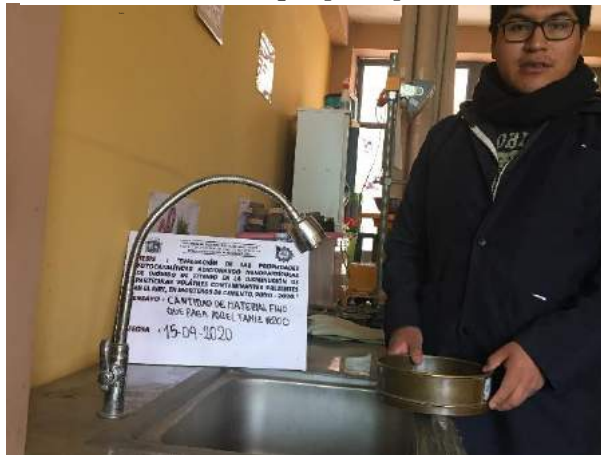


b) Procedimiento

- Se toma una muestra representativa.
- Se cuarte la muestra, para poder elegir dos partes opuestas con características similares.
- Se mezcla las dos partes elegidas y se realiza el procedimiento anterior hasta obtener el peso requerido del agregado fino. (Según NTP 400.018 la cantidad de muestra para realizar el ensayo, luego del secado, será 300 g como mínimo.)
- Secar muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 24 horas.
- La muestra secada se deposita en una tara, cúbralo de agua y déjelo reposar por 24 horas.
- Agitar la muestra para lograr la separación completa de las partículas más finas que el tamiz N° 200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión.
- Sobre el tamiz N° 200 verter el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices; tener cuidado para evitar la decantación de las partículas más gruesas de la muestra.

Figura 13:

Lavado de muestra que pasa por el tamiz N°200.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara.
- Retornar todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Secar el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y determinar la masa con aproximación al 0.1% de la masa original de la muestra.

c) Toma de datos

Para el cálculo de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 se procedió a desarrollar tres (3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos.

Tabla 24 :

Recolección de datos de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200.

Recolección de datos de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200				
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III	
Peso seco de la muestra (gr.)	1809.00	1638.00	1637.00	
Peso seco de la muestra lavada (gr.)	1717.00	1552.00	1526.00	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar el cálculo de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200, se utilizó la siguiente formula. **Ecuación 9:**

Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200.

$$\% \text{ que pasa el tamiz N}^\circ 200 = \left(\frac{Pm - Pm \text{ lavada y secada}}{Pm} \right) * 100$$

% que pasa el tamiz N° 200 = Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200.

Pm = Peso de la muestra.

3.8.3.5.Gravedad específica y absorción (MTC E 205 / NTP 400.022 / ASTM C128)

a) Equipos e Instrumentos

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Frasco Volumétrico (Picnómetro, también llamado fiola con capacidad de 500 ml.)
- Molde Cónico Metálico
- Apisonador Metálico
- Estufa
- Bomba de vacíos
- Recipientes Metálicos
- Cucharones
- Pipeta
- Horno con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

b) Procedimiento

- Se anota el peso de la fiola con agua hasta el nivel de 500 ml.



- Se cuartea el material hasta conseguir una muestra de 1 kg. El material que pasa por la malla N° 4 se pone a secar a $110^{\circ} C \pm 5^{\circ} C$ hasta obtener un peso constante.
- Se sumerge en un balde con agua por 24 horas para lograr su saturación.
- Decantar la muestra saturada, evitando la pérdida de material fino.
- Poner la muestra en estado saturado y superficialmente seco (SSS), secando la muestra con ayuda de una estufa, hasta que las partículas del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí.
- se coloca el agregado en el cono cónico metálico y se le da 25 golpes con el apisonador, hasta completar la altura del cono
- Se enrasa y se retira el cono:

Si se queda con forma tronco-cónica tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.

Si se queda de forma cónica terminada en punta sin desmoronarse tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco.

Si se demora, tiene menos humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.

Figura 14:

Determinación SSS para ensayo de gravedad específica.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Cuando el agregado se encuentra en estado saturado superficialmente seco, se pesa 500 g, se introduce dentro de la fiola.
- Se llena la fiola con agua a una temperatura de 20°C a 25°C hasta un nivel aproximado a los 500 ml dejándolo reposar por cinco minutos.
- Se comienza a agitar para eliminar los vacíos (aire), sacarlo luego de verificar de que no exista aire dentro de la muestra cuando lo agitamos, y luego proceder a pesar.

Figura 15:

Eliminación de aire para ensayo de gravedad específica.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Se añade agua hasta el nivel de 500 ml.

- Determine el peso de frasco más peso de arena y el agua añadida para completar la capacidad del frasco.
- Retire el agua y la arena contenida en el frasco, depositándolo en una tara, colocándola en el horno a temperatura de 110 ± 5 °C por un periodo de 24 horas.
- Transcurrido este tiempo, retire la tara del horno, refresque la muestra a temperatura ambiente y determine su peso seco

c) Toma de datos

Para el cálculo de la gravedad específica y el porcentaje de absorción se procedió a desarrollar 3 pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos.

Tabla 25 :

Recolección de datos para gravedad específica y absorción

Recolección de datos para gravedad específica y absorción			
N° de Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (gr.)	500.00	500.46	500.86
Peso del picnómetro + peso del agua (gr.)	661.23	660.83	660.83
Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua (gr.)	964.89	963.10	964.11
Peso del recipiente (gr.)	73.14	69.69	70.40
Peso del recipiente + muestra secada al horno (gr.)	552.80	548.96	549.76
Peso de la muestra secada al horno (gr.)	479.66	479.27	479.36

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar cálculo de la gravedad específica y el porcentaje de absorción, para lo cual se utilizó las siguientes formulas.

Ecuación 6: Gravedad específica aparente.

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

Ecuación 7: Absorción.

$$A_b = \frac{S - A}{A} \times 100$$

3.8.3.6. Peso unitario suelto seco (PUSS) y compactado (PUCS) (MTC E 203 / NTP 400.017 / ASTM C29)

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg/m^3 .

a) Equipos e Instrumentos

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Molde Cilíndrico
- Varilla compactadora de acero de 5/8" de diámetro.
- Cucharones Metálicos

b) Procedimiento

Peso Unitario Suelto Seco (PUSS)

- Primero se determina los datos del molde cilíndrico.
- Seleccione una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar.
- La muestra debe estar previamente seca a la luz natural.
- Se coloca la arena en el molde, de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm, por encima del borde hasta colmarlo sin compactar.

Figura 16:

Colocado de muestra en el molde para ensayo de PUSS.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Una vez que se llene el molde, se enrasa el molde con la varilla.

- Pesar el molde contenido con arena y se registran los pesos con una aproximación de 0.05 kg.
- Repita este procedimiento tres veces como mínimo.

Peso Unitario Compactado Seco (PUCS)

- Primero se determina los datos del molde cilíndrico.
- Seleccione una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar.
- La muestra debe estar previamente seca a la luz natural.
- El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo; cada una de las capas se nivela con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla de $\varnothing 5/8''$, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Al apisonar la primera, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente, al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.

Figura 17:

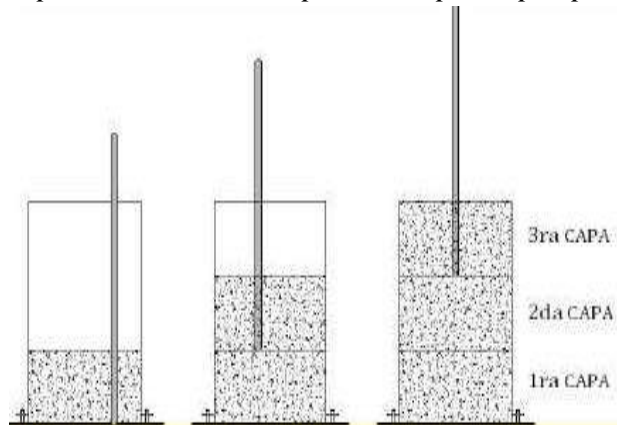
Preparación de muestra para ensayo de PUCS.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 18:

Representación de compactación por capas para ensayo de PUSC.



Fuente: UPAO, 2015

- Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, y se determina el peso del molde contenido con la arena compactada.
- Repita este procedimiento tres veces como mínimo.

c) Recolección de datos

Para el cálculo del peso unitario suelto y compactado se procedió a desarrollar tres

(3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos.

Tabla 26 :

Recolección de datos de peso unitario suelto

Recolección de datos de peso unitario suelto			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso del molde (gr.)	8391.00	8391.00	8391.00
Peso del molde + muestra (gr.)	13089.00	13102.00	13087.00
Volumen del molde (cm ³)	3220.89	3220.89	3220.89

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 27 :

Recolección de datos de peso unitario compactado

Recolección de datos de peso unitario compactado			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso del molde (gr.)	8391.00	8391.00	8391.00
Peso del molde + muestra (gr.)	13368.00	13365.00	13359.00
Volumen del molde (cm ³)	3220.89	3220.89	3220.89

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar cálculo peso unitario suelto y compactado para lo cual se utilizó las siguientes formulas.

Ecuación 10: Peso Unitario Compactado Seco (PUCS).

$$PUCS = \left(\frac{\text{Peso del Agregado Fino Compactado}}{\text{Volumen del molde}} \right)$$

Ecuación 11: Peso Unitario Suelto Seco (PUSS).

$$PUSS = \left(\frac{\text{Peso del Agregado Fino Suelto}}{\text{Volumen del molde}} \right)$$

3.8.3.7. Contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino (MTC E 213 / NTP

400.024 / ASTM C 40)

a) Equipos e Instrumentos

- Frascos de vidrio con tapa hermético
- Solución de Hidróxido de Sodio al 3%
- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Placa orgánica de Colores

b) Procedimiento

- Seleccione una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar.
- Secar el material a temperatura ambiente para evitar que la materia orgánica se desgaste.
- Pesar 450 gr de Agregado Fino y llenar en el recipiente hermético hasta una altura de 130ml.
- Se disuelve la solución de Hidróxido de sodio al 3% en agua destilada.
- Añadir al interior del recipiente hermético la solución de hidróxido de sodio hasta que alcance un volumen de 200 ml y luego se procede a agitar

vigorosamente hasta que el agregado fino y el hidróxido de sodio al 3% se haya mezclado completamente y dejar reposar por 24 horas.

Figura 19:

Mezcla de agua y la soda caustica para ensayo de impurezas organicas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Al finalizar el periodo de reposo por 24 horas, se procede a contrastar el color del líquido por encima de la muestra.

Figura 20:

Contraste del color del liquido para ensayo de impurezas organicas.






Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

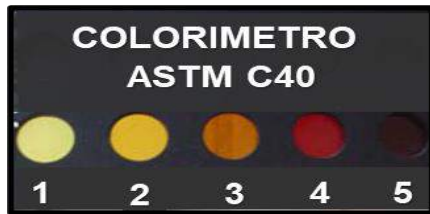
c) Recolección de datos

Para la determinación de contenido de impurezas orgánicas se procedió a desarrollar tres (3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos.

Tabla 28 :

Recolección de datos de contenido de impurezas orgánicas.

Contenido de impurezas orgánicas			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso seco de la muestra secada al aire (gr.)	130.00	130.00	130.00
Contraste de colores			



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar la determinación de contenido de impurezas orgánicas para lo cual se utilizó el colorímetro ASTM C40.

3.8.4. Diseño de mezclas de morteros

Para diseño de morteros o a la selección de las proporciones del mortero, en la presente investigación se utilizó las pautas dadas por Gerardo Rivera en su libro “Concreto simple”. Para lo cual se desarrolló el siguiente procedimiento:

3.8.4.1. Diseño de mezclas de mortero patrón

a) Selección de la fluidez

La fluidez del mortero se determinará de acuerdo a la siguiente figura:

Figura 21:

Fluidez recomendada para morteros para diseño de mezclas.

% FLUIDEZ (MESA DE FLUJO)	CONSISTENCIA	TIPO DE ESTRUCTURA	CONDICIONES DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COLOCACIÓN
80-100	Dura (seca)	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Secciones sujetas a vibración.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
100-120	Media (plástica)	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Sin vibración.	Manual con palas y palustres.
120-150	Fluida (húmeda)	Rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Sin vibración.	Manual, bombeo, inyección.

Fuente: Rivera, 2015, p-201

En la cual se toma como % de fluidez de mortero de 100 – 120% ya que el mortero se empleará en la elaboración de revestimientos.

b) Determinación de la resistencia del mortero

Según la norma ASTM C-270, clasifica a los morteros de acuerdo a cuatro tipos, tipos M, S, N y O, de los cuales el más idóneo en la elaboración de morteros para revestimiento es el de tipo “S”.

Tabla 29:

Resistencia característica de acuerdo al tipo de mortero.

Tipo de Mortero	R´m(kg/cm ²)
M	175
S	125
N	75

Fuente: Rivera, 2015, p-201

Según las tablas mostradas la resistencia de mortero $f'c = 125 \text{ kg/cm}^2$.

c) Cálculo de la relación agua / cemento

- Límite superior (Arenas Gruesas)

Ecuación 21:

Límite superior (Arenas Gruesas).

$$f'c_{\text{mortero 28 dias}} = \frac{666.57}{6.59\bar{c}^A}$$

Reemplazando el valor de $f'c = 125 \text{ kg/cm}^2$ y despejando obtenemos A/C para arena gruesa es de 0.89.

- Límite inferior (Arenas Finas)

Ecuación 22:

Límite inferior (Arenas Finas).

$$f'c_{\text{mortero 28 dias}} = \frac{851.12}{19.86\bar{c}^A}$$

Reemplazando el valor de $f'c = 125 \text{ kg/cm}^2$ y despejando obtenemos A/C para arena fina es de 0.64.

Realizando la interpolación con los parámetros de la norma para un MF máx = 2.5, sería A/C de arena gruesa = 0.89 para $f'c = 125 \text{ Kg/cm}^2$, según norma MF mín = 1.6, sería A/C de arena fina = 0.65 para $f'c = 125 \text{ Kg/cm}^2$

$$\begin{array}{r} 2.5 \text{ --- } 0.89 \\ 2.4 \text{ --- } x \\ 1.6 \text{ --- } 0.64 \end{array}$$

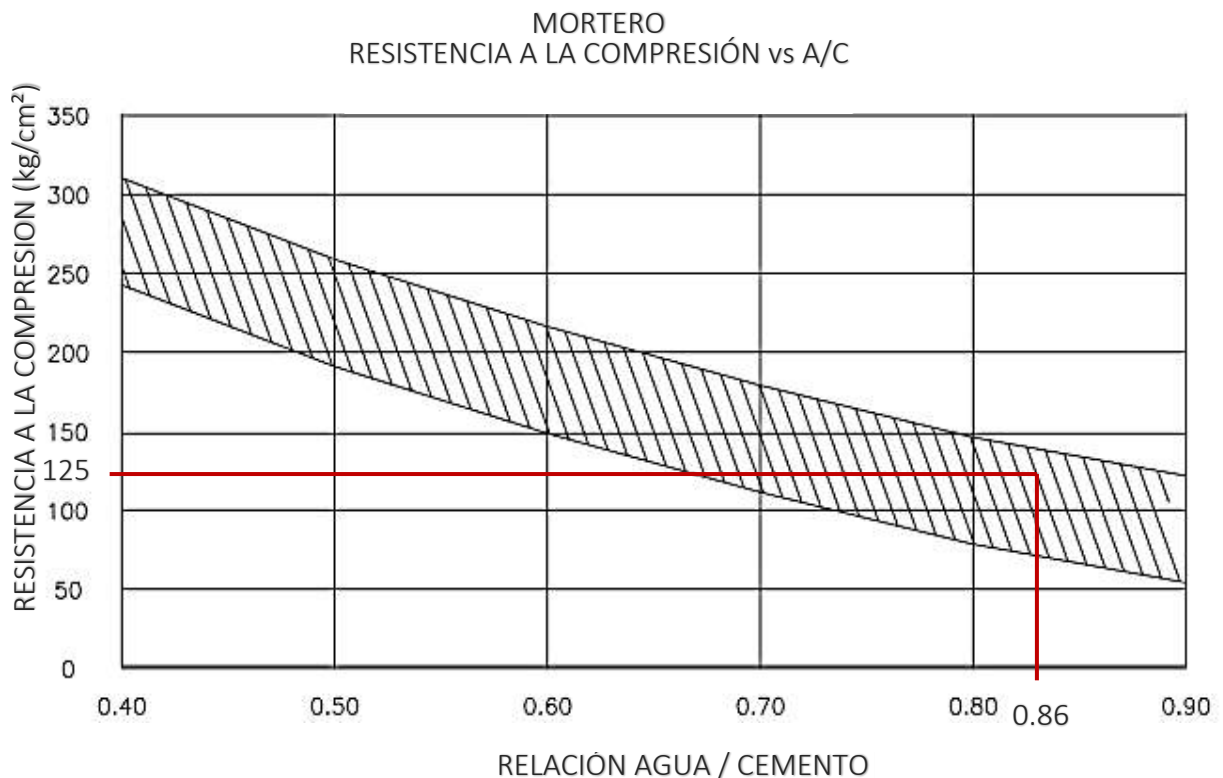
Interpolación de resultados de relación agua cemento y Módulo de fineza de las arenas

$$\frac{A}{C} \text{ muestra de arena} = 0.89 - \frac{(0.89 - 0.64) * (2.50 - 2.40)}{(2.5 - 1.6)}$$

$$\frac{A}{C} \text{ muestra de arena} = 0.86$$

Figura 22:

Resistencia a la compresión vs relación A/C para diseño de mezclas.

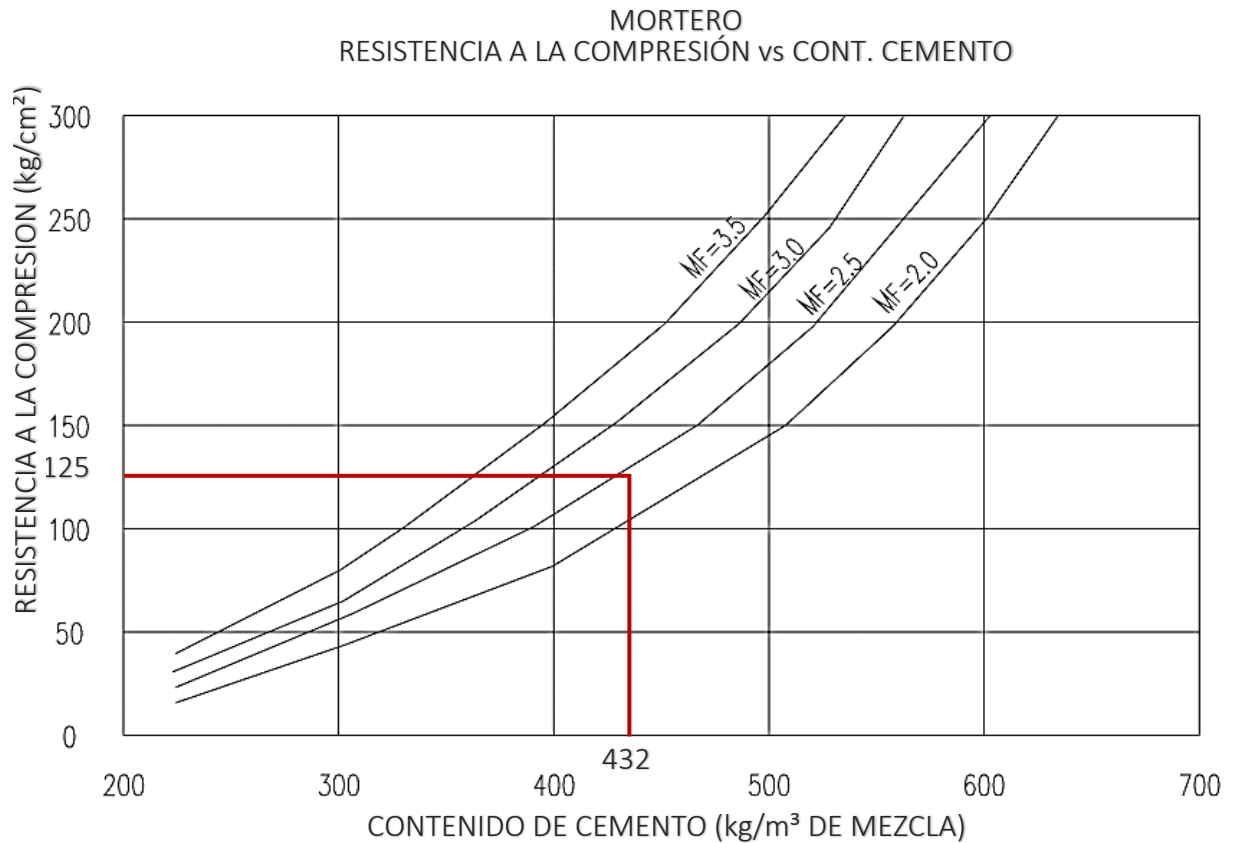


Fuente: Rivera, 2015, p-203

d) Cálculo de contenido de cemento:

Figura 23:

Resistencia a la compresión vs contenido de cemento para diseño de mezclas.



Fuente: Rivera, 2015, p-204

Usando lo valores de $f'c = 125 \text{ kg/cm}^2$ y el $MF=2.40$ se tiene el valor de 432 kg/m^3 .

e) Cálculo de la cantidad de agua:

$$\frac{A}{C} = 0.86$$

$$A = 0.86 * 432 \text{ kg/cm}^3$$

se tiene el valor de 371.52 kg/m^3

f) Cálculo de volumen de arena:

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, se procede a calcular

la suma de los volúmenes absolutos de estos componentes:



Volumen absoluto de:

- Cemento : $432/3.12 \times 1000 = 0.1385 \text{ m}^3$

- Agua : $371.52/1000 = 0.3715 \text{ m}^3$

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto, multiplicado por su peso sólido.

- Volumen absoluto de agregado fino

$$1 - 0.51 = 0.49 \text{ m}^3$$

- Peso del agregado fino seco

$$0.49 \times 2.429 \times 1000 = 1190.21 \text{ kg/m}^3$$

Proporciones de diseño de mezcla en kg/m^3 en condiciones seca

- Cemento : 432 kg/m^3

- Agua : 371.52 kg/m^3

- Agregado fino seco : 1190.21 kg/m^3

g) Proporción en peso seco

La proporción en peso de los materiales corregidos por humedad del agregado en proporciones unitarias de cemento, será:

$$\frac{432}{432} : \frac{1190.21}{432} : \frac{371.52}{432}$$

$$1 : 2.76 : 0.86$$

Asumimos una relación:

$$\mathbf{1 : 2.76 : 0.86}$$

h) Diseño de mortero patrón:

Características del mortero

Dosificación : $1 : 2.76$

Relación Agua / Cemento : 0.86



Dosificación del mortero

Peso seco de los materiales:

- Cemento : 1 pies³ = 42.50 kg
- Agregado Fino : 2.76 pies³
Agregado Fino : 2.76 pies³ x (1 m³/35.315 pies³) x peso unitario suelto
Agregado Fino : 2.76 pies³ x (1 m³/35.315 pies³) x 1460 kg/m³
Agregado Fino : 114.08 kg
- Agua : 42.50 x 0.86 = 36.55 lt

Volumen absoluto de los materiales

- Cemento : $\frac{\text{Peso de la bolsa de cemento}}{\text{Peso específico del cemento}}$
Cemento : $\frac{42.5 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3} = 0.01362$
- Agregado fino : $\frac{\text{Peso de la arena fina}}{\text{Peso específico de la arena fina}}$
Agregado fino : $\frac{114.08 \text{ kg}}{2430 \text{ kg/m}^3} = 0.04697$
- Agua : $\frac{\text{Peso bolsa de cemento x relación A/C}}{\text{Peso específico del agua}}$
Agua : $\frac{42.5 \text{ kg} \times 0.85}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.03655$

Sub total : 0.09714

- Aire Atrapado (2.83%) : 0.00275 (contenido de aire variable)

Total : 0.099889 (Rendimiento)

Factor Cemento

- F.C. : $\frac{1}{\text{Rendimiento}} = \frac{1}{0.099889} = 10.01 \text{ bls}$

Cantidad de material por m³ de mortero

- Cemento : Cemento (bls) x peso de cemento kg
Cemento : 10.09 x 42.5 kg = 425.43 kg



- Agregado Fino : Cemento (bls) x peso de arena fina kg
Agregado fino : 10.09 x 114.08 kg = 1141.94 kg
- Agua : Cemento (kg) x relación A/C
Agua : 428.83 x 0.86 kg = 365.87 kg

Pesos corregidos por humedad y absorción

- Cemento : 425.43 kg
- Agregado Fino Húmedo : Arena seca $x \left(1 + \frac{w\%}{100}\right)$
Agregado Fino Húmedo : 1151.07 $x \left(1 + \frac{1.54}{100}\right)$
Agregado Fino Húmedo : 1159.53 kg
- Agua Efectiva : Agua - $\left(\frac{w\% - abs\%}{100}\right) x$ Arena seca
Agua Efectiva : 365.87 - $\left(\frac{1.54\% - 4.38\%}{100}\right) x$ 1141.94
Agua Efectiva : 398.30 lt

Cantidad de material:

En la Tabla 30, se presenta la dosificación en volumen y peso de los materiales de la mezcla de mortero patrón.

Tabla 30:

Dosificación de mortero patrón sin corrección por fluidez.

MATERIAL	DOSIFICACIÓN	
	VOLUMEN	PESO
Cemento	1 m ³	1 kg
Agregado Fino	2.76 m ³	2.73 kg
Agua	39.79 lt/bolsa	39.79 lt/bolsa

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Cantidad de material para un volumen de 0.0055 m³ (Volumen de mortero

empleado para el ensayo de fluidez)

Tabla 31:

Cantidad de material para ensayo de fluidez

MATERIAL	PESO
Cemento	0.234 kg
Agregado Fino	0.6380 kg
Agua	0.2190 lt

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Según el ensayo de fluidez que se realizó a la mezcla de mortero patrón dio como resultado porcentaje de fluidez de 129 %, resultado que según la tabla de fluidez N°28, la consistencia de la mezcla es fluida (húmeda), motivo por el cual se ha reducido la cantidad de agua en 29 ml, con lo cual el porcentaje de fluidez es de 112 %, resultado que según la figura 18, la consistencia de la mezcla es Media (Plástica) para lo cual se realiza un ajuste en la dosificación del mortero. En la tabla 32, se muestra el ajuste al diseño de mezclas.

Tabla 32 :

Ajuste del contenido de agua de mortero patrón.

AJUSTES DE MEZCLA		
Agua adicional	- 0.0290 lt	Fracción de tanda
Peso unitario del mortero fresco	2110.96 kg/m ³	0.8685
Peso de la Muestra	1.0998 kg	

VOLUMEN DE LA NUEVA MEZCLA		AGUA DE MEZCLADO	
DESCRIPCIÓN	PESO	DESCRIPCIÓN	PESO
Cemento	0.20324	Humedad superficial de la arena	-2.840%
Agregado fino	0.55413	Aporte de humedad de la arena	-0.0169 lt
Agua	0.16502	Agua añadida	0.1650 lt
Aire 2.83%	0.02610	Agua de mezcla por tanda	0.14813 lt
Rendimiento (m ³)	0.000521	Rel A/C Efectiva	0.73

DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES		DETERMINACIÓN DE PESO	
DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN EN P ³	DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN EN kg
Cemento	1.0 pie ³	Cemento	42.50 kg
Agregado fino	2.76 pie ³	Agregado fino	114.08 kg
A/C	0.730	A/C	31.025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



3.8.4.2. Diseño de mezclas de mortero adicionando 5% de dióxido de titanio:

Porcentaje : 5%

Peso específico : 4.0 gr/cc

Características del mortero

Proporción : 1 : 2.76

Relación Agua / Cemento : 0.73

Dosificación del mortero

Peso seco de los materiales:

- Cemento : 42.50 kg
- Agregado Fino : 114.08 kg
- Dióxido de titanio : 2.13 kg
- Agua : 31.03 lt

Volumen absoluto de los materiales

- Cemento : 0.0136
- Agregado Fino : 0.0470
- Dióxido de titanio : 0.0005
- Agua : 0.0310

Sub total : 0.0921

- Aire Atrapado (2.83%) : 0.0026 (contenido de aire variable)

Total : 0.0947

Factor Cemento

- F.C. : 10.56 bls

Cantidad de material por m³ de mortero

- Cemento : 448.83 kg
- Agregado Fino : 1204.73 kg



- Dióxido de titanio : 22.44 kg
- Agua : 327.65 lt

Pesos corregidos por humedad

- Cemento : 448.83 kg
- Agregado Fino : 1223.28 kg
- Dióxido de titanio : 22.44 kg
- Agua : 361.86 lt

Cantidad de material:

En la Tabla 33, se presenta la dosificación en volumen y peso de los materiales de la mezcla de mortero patrón.

Tabla 33 :

Dosificación de mortero patrón adicionando dióxido de titanio.

MATERIAL	DOSIFICACIÓN	
	VOLUMEN	PESO
Cemento	1 m ³	1 kg
Agregado Fino	2.76 m ³	2.73 kg
Dióxido de Titanio	0.05 m ³	0.05 kg
Agua	34.27 lt/bolsa	34.27 lt/bolsa

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.8.5. Mezcla mecánica de morteros de consistencia plástica (MTC E 611 / NTP 334.003 / ASTM C 305)

a) Equipos e Instrumentos

- Mezcladora mecánica
- Probeta graduada
- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Recipiente Metálico
- Guantes
- Espátula



- Cronometro

b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla del mortero patrón y la mezcla de mortero con los porcentajes de 3%, 5% y 7% de dióxido de titanio con respecto al peso del cemento según el diseño de mezcla calculado anteriormente.
- Colocar la mezcladora y el recipiente metálico secos, en posición de trabajo y proceder del modo siguientes:
- Verter la totalidad del agua de mezcla en el recipiente.
- Adicionar el dióxido de titanio y dejar en reposo 15 segundos, para que absorba el agua. (en caso que la mezcla de mortero se le adicione el dióxido de titanio, caso contrario se sigue con el procedimiento siguiente.
- Adicionar el cemento y dejar en reposo 30 segundos, para que absorba el agua
- Mezclar a la velocidad lenta (140 ± 5 rpm) durante 30 segundos.
- Detener la mezcladora por 15 segundos, durante los cuales, con la espátula, se retira la pasta que queda adherida a las paredes, al fondo del recipiente.
- Agregar lentamente la totalidad de la arena en un lapso de 30 segundos, mientras la mezcladora funciona a baja velocidad.
- Detener la mezcladora, cambiar a la velocidad rápida (285 ± 10 rpm) y mezclar durante 30 segundos.
- Detener la mezcladora durante 90 segundos. En los primeros 15 segundos de este intervalo, se arrastra rápidamente hacia el fondo el mortero que se ha adherido a las paredes.
- Dejar reposar la mezcla durante 120 segundos para que la arena absorba el agua.
- Finalmente se mezcla a velocidad rápida, (285 ± 10 rpm) durante 60 segundos.



3.8.6. **Fluidez de mortero de cemento (MTC E 616 / NTP 334.057 / ASTM C 230)**

a) Equipos e Instrumentos

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Recipiente Metálico
- Mesa de Flujo
- Espátula
- Molde Cónico
- Cronometro
- Vernier

b) Procedimiento

- Se limpió y niveló la plataforma de la mesa de flujo para luego colocar el molde cónico de fluidez al centro de la mesa de flujo.
- Se realizó la mezcla del mortero patrón y la mezcla de mortero con los porcentajes de 3%, 5% y 7% de dióxido de titanio con respecto al peso del cemento. Según la sección mezcla mecánica del mortero.
- Se colocó una capa de mortero y se compactó 20 veces, luego se completó la segunda capa de mortero para compactar otras 20 veces.
- Se procedió a limpiar y retirar el exceso de mortero con una espátula para luego enrasar a nivel superior del molde, y se retira el molde.

Figura 24:

Retiro de molde para ensayo de fluidez.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Se dejó caer la mesa desde una altura aproximada de $12.7\text{mm} \pm 13\text{ mm}$, 25 veces en 15 segundos.

Figura 25:

Caída de mesa de flujo para ensayo de fluidez.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Una vez terminado el proceso, con un vernier o regla metálica se realiza las 4 medidas del diámetro proporcionales en la mesa de flujo.

c) Recolección de datos

Para el cálculo de fluidez del mortero se procedió a desarrollar 6 pruebas, hasta encontrar el porcentaje de fluidez adecuada.

Según la tabla 34, con la relación agua – cemento del diseño de mezcla del mortero patrón de 0.86, se observó que presenta una consistencia plástica húmeda, por lo que se procedió a disminuir la relación agua – cemento.

Tabla 34:

Recolección de datos de ajuste de fluidez del mortero patrón

recolección de datos de fluidez del mortero												
N° De Prueba	Prueba IV					Prueba V				Prueba VI		
Relación agua-cemento (A/C)	0.86					0.83				0.73		
Diámetro inicial (cm.)	9.84					9.84				9.84		
Medida de Diámetros (cm.)	22.4	22.5	22.7	22.6	22.2	22.10	22.0	22.3	21.8	21.6	21.8	21.7
Promedio de Diámetros (cm.)	22.55					22.15				21.73		
N° De Prueba	Prueba IV					Prueba V				Prueba VI		
Relación agua-cemento (A/C)	0.77					0.73				0.73		
Diámetro inicial (cm.)	9.84					9.84				9.84		
Medida de Diámetros (cm.)	21.3	21.4	21.3	21.4	20.7	20.6	20.8	20.7	20.6	20.8	20.5	20.7
Promedio de Diámetros (cm.)	21.35					20.70				20.65		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Para el cálculo de fluidez del mortero patrón y los morteros adicionando dióxido de titanio se procedió a desarrollar tres (3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos, en la tabla 35, se presenta los datos recolectados del ensayo de fluidez.

Tabla 35 :

Recolección de datos de fluidez de morteros

Recolección de datos de fluidez del mortero – mortero patrón												
N° De Prueba	Prueba I				Prueba II				Prueba III			
Relación agua-cemento (A/C)	0.73				0.73				0.73			
Diámetro inicial (cm.)	9.84				9.84				9.84			
Medida de Diámetros (cm.)	20.6	20.8	20.7	20.8	20.7	20.8	20.8	20.7	20.7	20.8	20.6	20.7
Promedio de Diámetros (cm.)	20.73				20.75				20.70			
Recolección de datos de fluidez del mortero – mortero patrón + 3% de TiO₂												
N° De Prueba	Prueba I				Prueba II				Prueba III			
Relación agua-cemento (A/C)	0.73				0.73				0.73			
Diámetro inicial (cm.)	9.84				9.84				9.84			
Medida de Diámetros (cm.)	20.5	20.3	20.4	20.6	20.4	20.5	20.5	20.6	20.3	20.4	20.3	20.2
Promedio de Diámetros (cm.)	20.45				20.50				20.55			
Recolección de datos de fluidez del mortero – mortero patrón + 5% de TiO₂												
N° De Prueba	Prueba I				Prueba II				Prueba III			
Relación agua-cemento (A/C)	0.73				0.73				0.73			
Diámetro inicial (cm.)	9.84				9.84				9.84			
Medida de Diámetros (cm.)	20.1	20.3	20.2	20.1	20.2	20.1	20.0	20.1	20.3	20.2	20.4	20.3
Promedio de Diámetros (cm.)	20.18				20.10				20.30			
Recolección de datos de fluidez del mortero – mortero patrón + 7% de TiO₂												
N° De Prueba	Prueba I				Prueba II				Prueba III			
Relación agua-cemento (A/C)	0.73				0.73				0.73			
Diámetro inicial (cm.)	9.84				9.84				9.84			
Medida de Diámetros (cm.)	19.9	20.1	20.0	19.9	20.0	19.9	19.8	19.9	20.1	20.0	20.2	20.1
Promedio de Diámetros (cm.)	19.98				19.90				20.10			

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculos

Para obtener el valor de la relación agua – cemento, primero se verifico el diseño de mezcla del mortero patrón el cual es Cemento = 1: Arena = 2.73: Agua = 0.86.

Por lo que se comenzó a realizar el ensayo con dicho valor Agua = 0.86



Con los datos recolectados se procedió a desarrollar cálculo de fluidez del mortero para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 12: Porcentaje de Fluidez del mortero.

$$\%F = \frac{\text{Diametro Promedio final} - \text{Diametro Inicial}}{\text{Diametro Inicial}} * 100$$

3.8.7. Contenido de aire en morteros de cemento (MTC E 612 / NTP 334.048 / ASTM C 185)

a) Equipos e Instrumentos

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Recipiente Metálico de 400ml
- Mesa de Flujo
- Espátula
- Pisón
- Molde Cónico
- Cronometro
- Vernier

b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla del mortero patrón para un contenido de aire del 0%.

Figura 26:

Preparación de insumos y materiales para ensayo de contenido de aire.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Determinar el porcentaje de fluidez, colocar en el molde una capa de mortero de 20 mm de espesor aproximadamente, y compactar cada capa 20 veces con el pistón asegurando un llenado uniforme del molde.
- Nivelar la parte superior y limpiar y secar, después de un minuto se retira el molde.
- Golpear la mesa de flujo, dejándola caer 10 veces en 6 segundos, Una vez terminado el proceso, con un vernier o regla metálica se realiza las cuatro (4) medidas del diámetro proporcionales en la mesa de flujo.
- Se le agrega la cantidad de agua necesaria hasta obtener un porcentaje de fluidez del 85%.
- Una vez encontrada la cantidad de agua para un flujo del 85%, inmediatamente determinar la masa para 400 ml de mortero. Usando el mortero remanente que queda en la mezcladora después de que se haya determinado el flujo.
- Depositar el mortero dentro del medidor de 400 ml, en tres capas iguales, compactar cada capa con el pistón 20 veces alrededor de la superficie en el interior del medidor en una revolución completa, con una presión suficiente para llenar adecuadamente el medidor y eliminar los vacíos dentro del mortero.

- Después de haber llenado el medidor y apisonado la última capa, golpear suavemente los lados externos del medidor con el extremo de la barra de madera en cinco (5) puntos diferentes ubicados a distancias aproximadamente iguales, para liberar aire posiblemente atrapado en el mortero.
- Luego con la espátula, enrasar el mortero en la parte superior del medidor. La operación completa de llenado y enrasado del medidor debe hacerse en un tiempo de 1,5 minutos.
- Limpiar el mortero y el agua adherida a las paredes del medidor. Determinar la masa del medidor y su contenido, restar la masa del medidor y registrar la masa del mortero en gramos.

a) Recolección de datos

Para el cálculo del contenido de aire en mortero se procedió a desarrollar tres (3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos. En la tabla 36, se presentan los datos recolectados del ensayo de contenido de humedad.

Tabla 36 :

Recolección de datos contenido de aire de mortero patrón

Recolección de datos contenido de aire de mortero												
N° De Prueba	Prueba I			Prueba II			Prueba III					
Vol. del molde (ml.)	452.51			452.51			452.51					
Peso del cemento (gr)	198.00			198.00			198.00					
Peso de la Arena (gr)	539.60			539.60			539.60					
Cantidad de agua (ml.)	99.7			99.7			99.7					
Cálculo de Fluidéz												
Relación agua-cemento(A/C)	0.50			0.50			0.50					
Diámetro inicial (cm.)	9.84			9.84			9.84					
Medida de Diámetros (cm.)	18.3	18.2	18.4	18.3	18.2	18.4	18.2	18.3	18.2	18.3	18.4	
Promedio de Diámetros(cm.)	18.30			18.28			18.33					
Peso del mortero (gr)	955.47			956.33			954.75					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

b) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar cálculo del contenido de aire en morteros, para lo cual se utilizó las siguientes fórmulas:

- Para los cálculos de contenido de aire se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 23:

Porcentaje de contenido de aire.

$$\text{Contenido de Aire, en volumen (\%)} = 100 \left[1 - \frac{W_a}{W_e} \right]$$

- Masa teórica del mortero sin contenido de aire.

Ecuación 24:

Masa teórica del mortero sin contenido de aire.

$$W_e = \frac{P_c + P_a + (P_c \times P \times 0.01)}{\frac{P_c}{P_{ec}} + \frac{P_a}{P_{ea}} + \frac{P_c \times P \times 0.01}{1}}$$

Donde:

- W_a : Masa del mortero por unidad de volumen, W/400g/ml, donde W es la masa en gramos de los 400 ml,
- W_e : Masa teórica del mortero, por unidad de volumen, suponiendo al mortero libre de aire.
- P_c : Peso del cemento para 400ml de mortero
- P_a : Peso de la arena para 400ml de mortero
- P_{ec} : Peso específico del cemento.
- P_{ea} : Peso específico de la arena.

3.8.8. Peso unitario de morteros de cemento (MTC E714 / NTP 339.046 / ASTM C 138)

a) Equipos e Instrumentos

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.

- Recipiente Metálico de 400ml
- Espátula
- Pisón
- Cronometro
- Vernier

b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla del mortero patrón y la mezcla de mortero con los porcentajes de 3%, 5% y 7% de dióxido de titanio con respecto al peso del cemento.

Figura 27:

Elaboración de mortero para ensayo de peso unitario.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Se calcula el volumen del recipiente y el peso del recipiente
- Utilizando la cuchara, depositar suavemente el mortero dentro del medidor de 400 ml, en tres capas iguales, compactar cada capa con el pistón 20 veces alrededor de la superficie en el interior del medidor en una revolución completa, con una presión suficiente para llenar adecuadamente el medidor y eliminar los vacíos dentro del mortero.
- Después de haber llenado el medidor y apisonado la última capa, golpear suavemente los lados externos del medidor con el extremo de la barra de

madera en cinco (5) puntos diferentes ubicados a distancias aproximadamente iguales, para liberar aire posiblemente atrapado en el mortero.

- Luego con la espátula, enrasar el mortero en la parte superior del medidor. La operación completa de llenado y enrasado del medidor debe hacerse en un tiempo de 1,5 minutos.
- Limpiar el mortero y el agua adherida a las paredes del medidor. Determinar la masa del medidor y su contenido, restar la masa del medidor y registrar la masa del mortero en gramos.

c) Recolección de datos

Para el cálculo del peso unitario del mortero se procedió a desarrollar tres (3) pruebas, para una mayor certeza de los resultados obtenidos. En la tabla 37, se presenta los datos recolectados en el ensayo de peso unitario.

Tabla 37 :

Recolección de datos de peso unitario de mortero patrón.

Recolección de datos de peso unitario de mortero patrón			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1003.00	1002.90	1003.20
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13
Recolección de datos de peso unitario de mortero patrón + 3% de TiO₂			
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1008.50	1007.60	1009.80
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13
Recolección de datos de peso unitario de mortero patrón + 5% de TiO₂			
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1012.00	1011.30	1012.50
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13
Recolección de datos de peso unitario de mortero patrón + 7% de TiO₂			
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1014.40	1014.70	1013.90
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar cálculo de peso unitario de morteros, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

- Para los cálculos de contenido de aire se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 1.

Peso Unitario del Mortero.

$$\text{Peso Unitario del Mortero} = \frac{\text{Peso del mortero}}{\text{volumen del molde}}$$

3.8.9. Medición de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes

a) Equipos e Instrumentos

- Moldes prismáticos de mortero de 30cm x 25cm x 3cm
- Badilejos
- Recipientes metálicos
- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Compactador

b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla de mortero patrón y las mezclas de los morteros adicionados con dióxido de titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% con respecto al peso del cemento.
- Con la ayuda de una franela se aplicó una ligera capa de aceite mineral a los moldes, para que los especímenes al momento de desmoldar salgan de manera rápida y sin ningún agrietamiento.



- Se realizó el llenado del molde, en cada compartimiento se colocó una capa de 15 mm de espesor de mortero aproximadamente, se apisono con 64 golpes aplicadas en dos (2) etapas de 32 golpes cada una.
- Se repitió el procedimiento hasta llenar en su totalidad los moldes de 40mm.
- La superficie de los prismas fue alisada con la ayuda del badilejo en ambos sentidos, la mezcla de mortero que sobresalió de la cara superior del molde se quitó con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde.
- Los especímenes se dejaron 24 horas en los moldes, y se procedió a desmontarlos con cuidado para no dañarlos y estén lo más uniforme posible.
- Luego se sumergieron en agua saturada en contenedores de material no corrosivos, manteniendo el agua de almacenamiento limpia.
- Pasado los 28 días de edad del mortero, se retiraron del contenedor con agua y se procedió a secar superficialmente exponiéndolas a la luz solar, retirando los granos de arena desprendidos.
- Una vez alcanzada la edad de 28 días se retira las muestras de la poza de curado y se procede a secarlas.
- Se prepara los fogones para la quema de neumáticos para la generación de partículas volátiles contaminantes, en la parte superior se forma una caja dejando una abertura en la parte superior en la que se coloca la tela de velcro.

Figura 28:

Colocación de probetas en fogones para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Se inicia la quema de neumáticos adicionando 80 gramos de virutas de neumático, para la exposición de las losetas a las partículas volátiles contaminantes durante 15 minutos con 45 segundos o hasta que el neumático se queme en su totalidad.
- Se verifica el estado la tela de velcro.
- Se exponen las losetas a la exposición a los rayos UV, para poder activar el proceso de eliminación de contaminantes.

Figura 29:

Exposición de probetas a los rayos UV para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Posteriormente, se rocía agua sobre las losetas para simular el efecto final del proceso fotocatalítica que es la evacuación de los contaminantes por medio de

la lluvia y así poder verificar el estado final de las losetas y como actúa el efecto de limpieza

Figura 30:

Lavado de probetas para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Finalmente, se deja secar las muestras y se toma un registro fotográfico de cada una las losetas para así poder verificar el estado final de las losetas y como actúa el efecto fotocatalítico en la eliminación de CO.

c) Cálculos

Para determinar la existencia de actividad fotocatalítica de descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes, no se realizaron cálculos, solo una observación visual y registro fotográfico de las losetas de mortero para ver el comportamiento de las losetas adicionadas con dióxido de titanio ante la presencia de partículas volátiles contaminantes producto de la quema de neumáticos.

3.8.10. Medición de la autolimpieza por degradación de rodamina B (UNI 11259)

a) Equipos e Instrumentos

- Moldes prismáticos de mortero de 10cm x 10cm x 2cm
- Rodamina B
- Badilejos
- Recipientes metálicos



- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Compactador
- Caja con lámparas de luz blanca
- Caja con lámparas de luz UV

b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla de mortero patrón y las mezclas de los morteros adicionados con dióxido de titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% con respecto al peso del cemento.
- Con la ayuda de una franela se aplicó una ligera capa de aceite mineral a los moldes, para que los especímenes al momento de desmoldar salgan de manera rápida y sin ningún agrietamiento.
- Se realizó el llenado del molde, en cada compartimiento se colocó una capa de 10 mm de espesor de mortero aproximadamente, se apisono con 12 golpes aplicadas en tres (2) etapas de 6 golpes cada una.
- Se repitió el procedimiento hasta llenar en su totalidad los moldes de 20mm.
- La superficie de los prismas fue alisada con la ayuda del badilejo en ambos sentidos, la mezcla de mortero que sobresalió de la cara superior del molde se quitó con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde.

Figura 31:

Enrasado de probetas para ensayo de autolimpieza.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Los especímenes se dejaron 24 horas en los moldes en una cámara húmeda, y se procedió a desmontarlos con cuidado para no dañarlos y estén lo más uniforme posible.
- Luego se sumergieron en agua saturada en contenedores de material no corrosivos, manteniendo el agua de almacenamiento limpia.
- Pasado los 28 días de edad del mortero, se retiraron del contenedor con agua y se procedió a secar las muestras a luz solar.
- Se prepara la solución de Rodamina B, disuelto en agua con una concentración de 0.02g/100ml aplicado sobre la superficie de las muestras cúbicas de mortero.

Figura 32:

Preparación de la solución de Rodamina B.

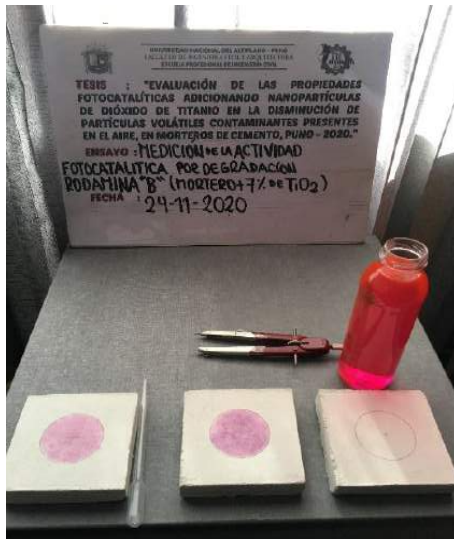


Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Preparar la superficie de la muestra donde se va aplicar la solución de Rodamina B, delimitando un área circular de aproximadamente $22 \pm 2 \text{ cm}^2$.
- Colocar 0.5 ml de Rodamina B con la ayuda de una pipeta.

Figura 33:

Aplicación de rodamina B para ensayo de autolimpieza.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Dejar secar e inmediatamente realizar la primera medición del color con ayuda de una caja de luz blanca se realiza el registro fotográfico para la posterior medición de color con ayuda del programa ImageJ

Figura 34:

Registro fotográfico para medición de color.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- En una caja se colocó tres (3) tubos fluorescentes de luz UV-A, cada una con una potencia de 8 watts, a una altura de las muestras de 20 cm aproximadamente acondicionando un ventilador para controlar la temperatura en su interior, de tal manera que esta sea de (20 ± 2) °C como específica la norma.

Figura 35:

Exposición de probetas a rayos UV.



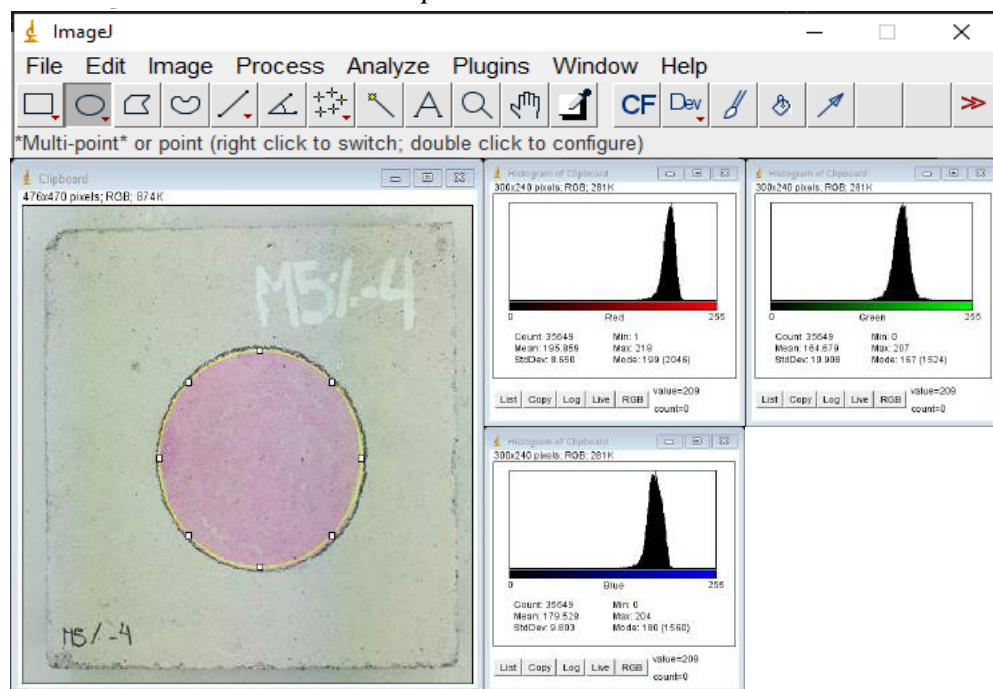
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- La medición del color se ha empleado la metodología del análisis de imágenes digitales mediante programa ImageJ.

- En una caja implementar un sistema de iluminación compuesto de tubos fluorescentes ubicadas en la parte superior interna de la caja.
- Colocar una cámara digital a color con tiempo de exposición +1/3, ajuste de blanco automático (AWB), ISO 200, y Flash desactivado a una altura de la muestra al foco de 20 cm.
- La toma de fotografías se las realiza a las 0, 4 y 24 horas de exposición a la luz UV-A.
- Las imágenes digitales obtenidas en el sistema de visión computarizada se almacenan en formato JPEG.
- Se carga la imagen al software y se delimita el área a procesar.
- Se obtienen los valores en el espacio RGB (Red, Green, Blue).

Figura 36:

Obtención de los valores en el espacio RGB.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Finalmente se transforman las coordenadas RGB a $L^*a^*b^*$, se hace la conversión de colores a escala CIElab, contemplando una iluminación D65 / 10° como se especifica en la norma.

c) Recolección de datos

Para el cálculo de la autolimpieza por degradación de rodamina B de morteros se procedió a desarrollar seis (6) pruebas por cada dosificación de mortero, para una mayor certeza de los resultados obtenidos. Los cuales se tomaron registros a las 0 horas, 4 horas y 26 horas. En las tablas N° 38-49, se presenta los datos recolectados en el ensayo de autolimpieza por degradación de rodamina B.

Tabla 38 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP 0 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón							
Hora de inicio		: 22/11/2020 - 10:10 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 22/11/2020 - 10:10 AM			: 0.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	MP - 01	164.48	129.74	144.89	57.92	16.14	-3.67
2	MP - 02	175.46	135.45	147.34	60.55	17.45	-1.10
3	MP - 03	202.31	168.98	179.62	72.39	14.21	-1.66
4	MP - 04	199.53	167.38	181.80	71.80	14.46	-3.77
5	MP - 05	183.13	151.52	165.27	65.83	14.37	-3.47
6	MP - 06	185.11	144.91	159.24	64.21	17.74	-2.42

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 39 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP 4 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón							
Hora de inicio		: 22/11/2020 - 10:10 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 22/11/2020 - 02:10 PM			: 4.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	MP - 01	194.80	165.69	179.21	70.87	13.23	-3.75
2	MP - 02	196.86	165.66	177.88	71.02	13.76	-2.78
3	MP - 03	150.77	123.01	126.16	54.28	11.52	1.75
4	MP - 04	180.57	151.80	160.81	65.54	12.50	-1.42
5	MP - 05	184.64	154.84	160.21	66.68	12.22	0.62
6	MP - 06	204.38	163.70	160.42	70.79	14.78	6.69

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 40 :*Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP 26 horas*

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón							
Hora de inicio		: 22/11/2020 - 10:10 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 23/11/2020 - 12:10 PM			: 26.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	MP - 01	190.20	160.98	168.61	68.97	12.31	-0.68
2	MP - 02	192.90	160.70	166.67	69.10	13.13	0.63
3	MP - 03	193.18	163.87	165.41	69.89	11.29	2.48
4	MP - 04	198.11	172.67	184.68	73.07	11.57	-3.51
5	MP - 05	154.45	133.40	152.99	58.13	11.86	-8.16
6	MP - 06	199.13	165.81	169.15	71.03	13.04	2.12

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 41 :*Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab – MP + 3% de TiO₂ 0 horas.*

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 3% de TiO₂							
Hora de inicio		: 22/11/2020 - 10:10 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 22/11/2020 - 10:10 AM			: 0.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M3% - 01	151.18	120.24	140.40	54.02	15.82	-6.97
2	M3% - 02	162.20	129.45	151.93	57.83	16.74	-7.90
3	M3% - 03	169.91	133.05	149.76	59.45	17.14	-4.17
4	M3% - 04	173.21	134.78	153.32	60.32	18.01	-4.89
5	M3% - 05	179.88	159.37	170.30	67.67	9.74	-3.64
6	M3% - 06	181.51	155.31	166.48	66.67	11.89	-2.94

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 42 :*Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 3% de TiO₂ 4 horas*

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 3% de TiO₂							
Hora de inicio		: 22/11/2020 - 10:10 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 22/11/2020 - 02:10 PM			: 4.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M3% - 01	181.91	163.56	166.45	68.82	7.48	0.22
2	M3% - 02	190.18	170.99	179.03	71.79	8.65	-2.35
3	M3% - 03	182.01	173.21	177.53	71.63	4.25	-1.84
4	M3% - 04	179.03	160.74	166.21	67.83	7.94	-1.12
5	M3% - 05	181.81	170.54	173.68	70.81	4.92	-0.90
6	M3% - 06	185.67	173.04	176.12	71.85	5.39	-0.69

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 43 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 3% de TiO₂ 26 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 3% de TiO₂							
Hora de inicio		: 22/11/2020 - 10:10 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 23/11/2020 - 12:10 PM			: 26.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M3% - 01	181.04	163.45	165.41	68.69	7.04	0.60
2	M3% - 02	192.78	175.56	178.91	73.18	7.08	-0.23
3	M3% - 03	188.06	179.19	178.93	73.72	3.42	0.50
4	M3% - 04	181.16	169.95	176.29	70.68	5.49	-2.55
5	M3% - 05	186.58	176.89	176.95	72.95	3.78	0.45
6	M3% - 06	182.81	178.16	176.51	72.96	1.67	0.67

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 44 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 5% de TiO₂ 0 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 5% de TiO₂							
Hora de inicio		: 24/11/2020 - 08:30 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 24/11/2020 - 08:30 AM			: 0.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M5% - 01	181.09	144.96	165.87	64.02	17.39	-6.52
2	M5% - 02	185.65	147.13	166.37	65.02	17.92	-5.27
3	M5% - 03	185.51	149.19	167.29	65.54	16.89	-5.02
4	M5% - 04	192.48	164.10	181.65	70.33	13.71	-5.93
5	M5% - 05	193.79	162.44	175.02	69.85	13.92	-2.93
6	M5% - 06	162.40	135.56	151.49	59.40	13.25	-5.33

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 45 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 5% de TiO₂ 4 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 5% de TiO₂							
Hora de inicio		: 24/11/2020 - 08:30 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 24/11/2020 - 12:30 PM			: 4.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M5% - 01	197.73	174.38	172.66	73.15	8.45	3.23
2	M5% - 02	195.39	176.77	183.26	73.83	8.12	-1.65
3	M5% - 03	198.01	179.74	184.99	74.85	7.76	-1.07
4	M5% - 04	191.13	184.40	181.75	75.39	2.22	1.42
5	M5% - 05	196.52	188.55	188.72	77.08	3.16	0.12
6	M5% - 06	177.04	157.80	155.51	66.61	6.95	3.09

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 46 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 5% de TiO₂ 26 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 5% de TiO₂							
Hora de inicio		: 24/11/2020 - 08:30 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 25/11/2020 - 10:30 AM			: 26.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M5% - 01	198.52	182.23	177.91	75.35	5.38	3.53
2	M5% - 02	199.48	181.47	175.84	75.19	5.79	4.44
3	M5% - 03	195.95	181.06	181.03	74.91	5.62	1.16
4	M5% - 04	197.82	193.67	190.40	78.55	1.20	1.36
5	M5% - 05	197.73	190.51	186.30	77.62	2.12	2.24
6	M5% - 06	172.63	156.34	150.21	65.70	5.20	4.70

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla 47 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 7% de TiO₂ 0 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 7% de TiO₂							
Hora de inicio		: 24/11/2020 - 08:30 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 24/11/2020 - 08:30 AM			: 0.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M7% - 01	195.50	156.42	179.67	68.66	18.66	-7.26
2	M7% - 02	197.56	156.87	178.88	68.94	19.01	-6.38
3	M7% - 03	162.89	142.30	148.19	61.09	9.02	-0.94
4	M7% - 04	195.86	164.68	179.53	70.72	14.22	-4.13
5	M7% - 05	200.02	160.41	181.72	70.13	18.44	-6.18
6	M7% - 06	184.98	153.87	171.29	66.77	14.81	-5.46

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 48 :

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 7% de TiO₂ 4 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 7% de TiO₂							
Hora de inicio		: 24/11/2020 - 08:30 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 24/11/2020 - 12:30 PM			: 4.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M7% - 01	195.68	185.16	182.60	75.98	3.59	1.86
2	M7% - 02	198.42	184.68	182.67	76.09	4.85	2.00
3	M7% - 03	173.55	165.68	163.92	68.59	2.82	1.21
4	M7% - 04	195.32	188.01	184.79	76.75	2.33	1.76
5	M7% - 05	197.22	189.10	185.78	77.21	2.60	1.91
6	M7% - 06	201.01	183.07	190.46	76.10	8.00	-2.21

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 49:

Recolección de datos conversión de colores de escala RGB a Cielab - MP + 7% de TiO₂ 26 horas.

Conversión de colores de escala RGB - Cielab - mortero patrón + 7% de TiO₂							
Hora de inicio		: 24/11/2020 - 08:30 AM			Tiempo de Registro		
Hora de registro		: 25/11/2020 - 10:30 AM			: 26.00 horas		
N°	Código muestra	RGB			CIE		
		R	G	B	L	a	b
1	M7% - 01	182.91	178.03	170.89	72.79	0.77	3.52
2	M7% - 02	191.61	185.11	181.93	75.62	2.05	1.66
3	M7% - 03	171.23	165.20	160.54	68.18	1.62	2.48
4	M7% - 04	195.09	191.29	185.38	77.59	0.60	2.67
5	M7% - 05	197.13	190.28	184.57	77.47	1.72	2.95
6	M7% - 06	198.58	186.46	189.33	76.73	5.12	-0.70

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculos

Para determinar la existencia de actividad fotocatalítica de autolimpieza se calcularon los factores R4 y R26 que son la variación del factor a* a las 4 horas y 26 horas de exposición a rayos UV con respecto al de 0 horas. Para que el mortero sea considerado como material fotocatalítico el factor R4 debe ser mayor al 20% y el factor R26 al 50%.

Ecuación 1: Degradación de rodamina B a las 4 horas.

$$R4 = \frac{a * (0h) - a * (4h)}{a * (0h)} * 100 > 20\%$$

Ecuación 2: Degradación de Rodamina B a las 26 horas.

$$R26 = \frac{a * (0h) - a * (26h)}{a * (0h)} * 100 > 50\%$$

3.8.11. Resistencia a la compresión de morteros de cemento (cubos de 50 mm) (MTC**E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109)****a) Equipos e Instrumentos**

- Moldes cúbicos de mortero de 5cm x 5cm x 5cm
- Prensa hidráulica
- Recipientes metálicos



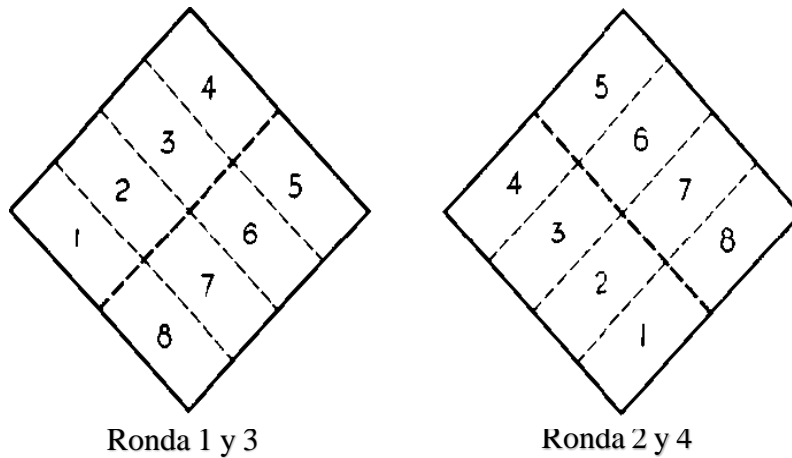
- Badilejo
- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Compactador

b) Procedimiento

- El ensayo se realizó de acuerdo con lo indicado en la NTP 334.051 cementos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland usando especímenes cubicados de 50 mm de lado.
- Se realizó la mezcla del mortero patrón y las mezclas de los morteros adicionados Dióxido de Titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% con respecto al peso del cemento según el diseño de mezclas.
- Con una franela y un rociador se aplicó una ligera capa de aceite mineral a los moldes para ayudar a los especímenes a desmoldarse fácilmente y sin ningún daño.
- Se realizó el llenado del molde, en cada compartimiento se colocó una capa de mortero de más o menos 25mm (1”) de espesor (aproximadamente la mitad del molde) en cada uno de los compartimientos, y se apisonan con 32 golpes que se aplican sobre la superficie, en 4 etapas de 8 golpes adyacente. El apisonador utilizado fue de goma color negro con dimensiones de ½ x 0.6 x 6 pulgadas. (13mm * 16 mm * 150 mm)

Figura 37:

Procedimiento de apisonado para ensayo de compresión.



Fuente: Norma ASTM C-109.

- Se completó las cuatro etapas de compactación en cada compartimiento, la superficie de los cubos fue alisada con la ayuda del badilejo en ambos sentidos, la mezcla de mortero que sobresalió de la cara superior del molde se quitó con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde.
- Los especímenes se dejaron 24 horas en los moldes en una cámara húmeda, y se procedió a desmontarlos con cuidado para no dañarlos y estén lo más uniforme posible.

Figura 38:

Curado de probetas en cámara húmeda para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Luego se sumergieron en agua saturada en contenedores de material no corrosivos, manteniendo el agua de almacenamiento limpia.

Figura 39:

Curado de probetas de mortero en poza de curado para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Pasado los 7,14 y 28 días de edad del mortero, se retiraron del contenedor con agua y se procedió a secar superficialmente, retirando los granos de arena desprendidos.
- Estos especímenes fueron medidos en ancho y largo de la cara de contacto.
- Para realizar el ensayo de resistencia de los dados de mortero, se colocó cuidadosamente el espécimen, centrándolo debajo del bloque superior de la máquina de ensayo, se comenzó con el ensayo hasta el momento de falla del espécimen en el cual la máquina de compresión dio el resultado mayor que llegó a soportar.

Figura 40:

Ensayo de compresión de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

c) Recolección de datos

Para el cálculo de la resistencia a la compresión de morteros se procedió a desarrollar 6 pruebas por fecha de rotura de cada una de las dosificaciones de mortero, para una mayor certeza de los resultados obtenidos. En las tablas N° 50-65, se presenta los datos recolectados en el ensayo de compresión de morteros.

Tabla 50 :

Recolección de datos de compresión – mortero patrón 28 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón 28 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 0 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 28 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	MP - 01	5.09	5.00	5.07	5.01	4.99	5.08	5.15	4.89	35.73	Valor apto
2	MP - 02	4.99	5.11	4.96	5.09	5.00	4.97	5.15	5.06	35.58	Valor apto
3	MP - 03	5.12	5.24	5.04	5.10	5.01	5.12	5.21	5.11	40.75	Valor apto
4	MP - 04	4.98	5.15	5.03	5.07	5.12	5.10	5.06	5.09	39.95	Valor apto
5	MP - 05	5.05	5.04	5.13	5.09	4.99	5.18	5.02	5.08	35.79	Valor apto
6	MP - 06	5.13	5.09	5.03	5.09	5.14	5.05	5.07	4.95	36.31	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 51 :*Recolección de datos de compresión – mortero patrón 7 días.*

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón 7 días											
Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración	: 15/10/2019					
% de TiO ₂	: 0 %				Fecha de Rotura	: 12/11/2019					
					Edad	: 7 días					
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	MP - 01	5.06	5.17	5.15	5.11	5.13	5.02	5.29	5.00	19.02	Valor apto
2	MP - 02	5.15	4.99	5.13	5.12	5.00	5.28	5.13	5.19	20.57	Valor apto
3	MP - 03	5.25	5.06	5.12	5.13	5.14	5.03	5.05	5.04	17.81	Valor apto
4	MP - 04	5.05	5.03	5.08	5.03	5.06	5.03	5.15	5.05	18.87	Valor apto
5	MP - 05	5.20	5.08	5.19	5.09	4.93	5.34	4.93	5.21	19.43	Valor apto
6	MP - 06	5.01	5.03	5.13	5.04	5.06	5.02	5.00	5.08	19.41	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 52 :*Recolección de datos de compresión – mortero patrón 3 días.*

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón 3 días											
Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración	: 15/10/2019					
% de TiO ₂	: 0 %				Fecha de Rotura	: 12/11/2019					
					Edad	: 3 días					
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	MP - 01	4.99	5.16	4.92	5.22	5.16	4.97	5.19	4.99	11.06	Valor apto
2	MP - 02	5.34	5.04	5.25	5.01	5.13	5.28	5.21	5.16	12.76	Valor apto
3	MP - 03	5.06	5.00	4.99	5.12	5.07	5.17	4.99	5.14	11.89	Valor apto
4	MP - 04	5.16	5.01	5.19	5.10	5.12	5.09	5.11	5.13	13.01	Valor apto
5	MP - 05	5.05	5.15	5.09	5.01	5.08	5.02	5.06	5.21	12.44	Valor apto
6	MP - 06	5.02	5.19	4.85	5.22	5.00	5.23	4.89	5.29	12.80	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 53 :

Recolección de datos de compresión – mortero patrón 24 horas.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón 24 horas											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 0 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 24 horas							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	MP - 01	5.00	5.16	5.11	5.17	4.97	5.19	5.12	5.11	8.11	Valor apto
2	MP - 02	5.09	5.03	5.01	5.13	5.21	5.08	5.12	5.06	8.41	Valor apto
3	MP - 03	5.04	4.96	5.17	5.00	5.23	4.90	5.11	4.90	8.77	Valor apto
4	MP - 04	5.29	5.09	5.20	5.01	5.18	5.15	5.09	5.28	7.63	Valor apto
5	MP - 05	5.17	4.99	5.06	4.95	5.09	5.01	5.13	5.00	8.04	Valor apto
6	MP - 06	4.92	5.17	5.00	5.04	5.05	5.19	4.92	5.12	7.64	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 54 :

Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 28 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 3% de TiO₂ 28 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 3 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 28 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M3%-01	4.96	5.22	4.97	5.04	5.10	5.00	5.15	5.01	38.28	Valor apto
2	M3%-02	4.88	5.19	5.03	5.17	5.00	5.24	4.90	5.26	43.30	Valor apto
3	M3%-03	5.11	5.08	5.16	5.14	5.13	5.11	5.14	5.06	42.25	Valor apto
4	M3%-04	5.14	5.06	5.04	5.05	5.00	4.99	5.20	5.17	39.29	Valor apto
5	M3%-05	5.31	5.07	5.27	5.06	5.21	5.14	5.27	5.22	38.85	Valor apto
6	M3%-06	5.04	5.01	5.09	4.97	4.95	5.04	4.88	5.21	39.49	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 55 :

Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 7 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 3% de TiO₂ 7 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 3 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 7 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M3%-01	5.13	5.05	5.24	5.04	5.14	5.05	5.16	5.00	18.21	Valor apto
2	M3%-02	5.08	5.16	5.03	5.24	5.18	4.92	5.27	5.09	18.67	Valor apto
3	M3%-03	5.18	5.01	5.09	5.00	5.02	5.10	5.08	5.09	18.87	Valor apto
4	M3%-04	5.08	4.87	5.08	5.06	5.20	4.89	5.04	5.06	18.50	Valor apto
5	M3%-05	5.12	5.11	5.09	5.14	5.20	5.04	5.15	4.87	20.73	Valor apto
6	M3%-06	5.04	5.07	5.00	5.13	5.11	5.05	5.16	5.03	18.67	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 56 :

Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 3 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 3% de TiO₂ 3 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 3 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 3 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M3%-01	5.02	5.04	5.00	5.20	5.10	4.94	5.24	4.98	14.51	Valor apto
2	M3%-02	5.05	5.10	5.14	5.10	4.94	5.10	5.00	5.21	12.66	Valor apto
3	M3%-03	5.10	5.03	5.13	5.00	5.17	5.08	5.06	4.97	12.93	Valor apto
4	M3%-04	4.90	5.25	5.01	5.24	5.18	4.94	5.18	4.91	13.12	Valor apto
5	M3%-05	5.15	5.00	5.02	5.03	5.00	5.06	5.01	5.17	11.63	Valor apto
6	M3%-06	5.04	5.08	5.17	5.11	5.17	5.08	5.13	4.95	13.07	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 57 :

Recolección de datos de compresión – MP + 3% de TiO₂ 24 horas.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 3% de TiO₂ 24 horas											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 3 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 24 horas							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M3%-01	5.03	5.08	5.00	5.23	5.12	4.97	5.15	4.92	8.89	Valor apto
2	M3%-02	5.07	4.96	5.03	5.00	4.93	5.06	4.92	5.18	8.55	Valor apto
3	M3%-03	5.06	5.16	5.05	5.01	5.19	4.94	5.12	4.97	9.24	Valor apto
4	M3%-04	5.10	5.00	5.04	5.07	5.20	5.01	5.14	4.92	8.86	Valor apto
5	M3%-05	5.13	5.11	5.08	5.10	5.01	5.06	4.97	5.19	8.73	Valor apto
6	M3%-06	5.22	5.01	5.26	5.02	5.11	5.19	5.14	5.04	8.95	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 58 :

Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 28 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 5% de TiO₂ 28 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 5 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 28 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M5%-01	5.06	5.14	5.13	5.03	5.19	5.12	5.05	5.07	32.57	Valor apto
2	M5%-02	5.09	5.01	5.14	5.20	5.07	5.13	5.09	5.16	36.81	Valor apto
3	M5%-03	5.20	5.04	5.12	4.94	4.96	5.21	5.00	5.14	32.48	Valor apto
4	M5%-04	5.10	5.00	4.99	4.98	5.10	5.17	5.02	5.01	31.05	Valor apto
5	M5%-05	5.14	5.12	5.07	5.08	5.09	5.01	5.20	5.02	33.37	Valor apto
6	M5%-06	5.01	5.08	5.00	5.19	5.12	5.10	5.08	5.09	32.35	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 59 :

Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 7 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 5% de TiO₂ 7 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 5 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 28 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M5%-01	5.11	5.10	5.00	5.13	5.01	5.04	5.19	5.12	18.99	Valor apto
2	M5%-02	5.06	5.22	5.09	5.06	5.12	5.08	5.10	5.13	18.10	Valor apto
3	M5%-03	5.04	5.18	4.93	5.16	5.19	4.92	5.25	5.00	18.79	Valor apto
4	M5%-04	5.05	5.02	5.03	5.12	5.10	5.16	5.07	5.18	17.93	Valor apto
5	M5%-05	5.11	5.13	5.07	5.20	5.04	5.14	5.15	5.17	20.68	Valor apto
6	M5%-06	5.16	4.91	5.21	4.99	5.19	4.97	5.18	5.00	17.71	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 60 :

Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 3 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 5% de TiO₂ 3 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 5 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 28 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M5%-01	5.06	5.00	5.16	5.04	5.02	5.22	5.08	5.01	14.07	Valor apto
2	M5%-02	5.20	5.09	5.00	4.95	5.13	4.98	5.19	5.00	14.18	Valor apto
3	M5%-03	5.14	5.17	5.12	5.06	5.10	5.08	5.10	5.04	15.33	Valor apto
4	M5%-04	4.90	5.21	5.02	5.20	5.31	4.97	5.25	4.89	14.81	Valor apto
5	M5%-05	5.12	5.06	4.95	5.18	5.13	5.06	5.20	4.95	13.59	Valor apto
6	M5%-06	5.11	5.30	5.07	5.16	5.18	5.14	5.30	5.25	13.06	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 61 :

Recolección de datos de compresión – MP + 5% de TiO₂ 24 horas.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 5% de TiO₂ 24 horas											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 5 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 28 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M5%-01	5.20	5.00	5.16	5.09	5.04	4.92	5.10	5.03	9.51	Valor apto
2	M5%-02	5.20	5.01	5.16	5.04	4.97	5.17	4.85	4.21	8.89	Valor apto
3	M5%-03	5.11	4.93	5.15	4.97	5.20	4.97	5.02	5.13	9.71	Valor apto
4	M5%-04	5.07	5.05	5.16	5.19	5.00	5.20	4.95	5.16	9.89	Valor apto
5	M5%-05	5.06	5.18	5.10	5.03	5.09	5.03	5.11	5.13	8.80	Valor apto
6	M5%-06	5.13	5.09	5.04	5.18	5.21	4.93	5.21	5.03	9.38	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 62 :

Recolección de datos de compresión – MP + 7% de TiO₂ 28 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 7% de TiO₂ 28 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 7 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 28 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M7%-01	5.07	5.23	5.07	5.24	5.20	5.22	5.19	5.14	30.08	Valor apto
2	M7%-02	5.24	5.04	5.18	4.90	5.00	5.21	4.92	5.21	33.98	Valor apto
3	M7%-03	4.95	5.21	5.01	5.12	5.19	5.00	5.12	4.97	29.30	Valor apto
4	M7%-04	5.17	5.06	5.08	5.00	5.21	5.04	5.01	5.00	31.63	Valor apto
5	M7%-05	5.02	5.05	5.06	5.12	5.13	5.07	5.15	4.99	28.06	Valor apto
6	M7%-06	5.00	5.04	5.04	5.14	5.14	5.05	5.07	5.00	32.51	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 63 :

Recolección de datos de compresión –MP 7% de TiO₂ 7 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 7% de TiO₂ 7 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 7 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 7 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M7%-01	5.05	5.06	5.14	5.11	5.02	5.10	5.01	5.22	19.13	Valor apto
2	M7%-02	5.04	5.02	5.04	5.05	5.15	5.00	5.02	5.01	19.00	Valor apto
3	M7%-03	5.19	5.07	5.25	5.01	4.96	5.20	4.97	5.19	19.96	Valor apto
4	M7%-04	5.09	5.09	5.18	5.08	5.11	5.12	4.99	5.14	18.73	Valor apto
5	M7%-05	5.01	5.12	5.02	5.11	5.10	5.08	5.05	5.16	19.87	Valor apto
6	M7%-06	5.24	5.09	5.26	5.08	5.19	5.15	5.08	5.14	19.78	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 64 :

Recolección de datos de compresión – MP + 7% de TiO₂ 3 días.

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 7% de TiO₂ 3 días											
Dosificación : 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración : 15/10/2019							
% de TiO ₂ : 7 %				Fecha de Rotura : 12/11/2019							
				Edad : 3 días							
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M7%-01	5.18	5.11	5.19	5.02	5.13	5.18	5.04	5.02	13.94	Valor apto
2	M7%-02	5.14	5.12	5.15	5.19	5.23	5.17	5.10	4.96	14.68	Valor apto
3	M7%-03	5.26	5.06	5.08	5.01	4.93	5.21	5.04	5.18	14.34	Valor apto
4	M7%-04	5.21	5.02	5.06	4.93	4.80	5.11	4.96	5.31	13.99	Valor apto
5	M7%-05	5.17	5.12	5.10	4.85	4.99	5.23	5.09	5.18	13.65	Valor apto
6	M7%-06	5.15	5.00	5.13	5.01	5.11	4.96	5.17	5.04	13.18	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 65 :*Recolección de datos de compresión – MP + 7% de TiO₂ 24 horas.*

Recolección de datos de compresión de morteros – mortero patrón + 7% de TiO₂ 24 horas											
Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73				Fecha de Elaboración	: 15/10/2019					
% de TiO ₂	: 7 %				Fecha de Rotura	: 12/11/2019					
					Edad	: 24 horas					
N°	Código muestra	Cara Superior (cm)				Cara Base (cm)				Carga Puntual (KN)	Observaciones
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8		
1	M7%-01	5.08	5.20	5.05	5.15	5.25	4.95	5.16	4.94	8.85	Valor apto
2	M7%-02	5.09	5.10	5.03	5.11	5.24	5.10	5.16	5.01	9.08	Valor apto
3	M7%-03	5.07	5.05	5.08	5.10	4.92	5.14	4.99	5.12	8.72	Valor apto
4	M7%-04	5.10	5.12	5.05	5.18	4.98	5.12	5.05	5.24	8.90	Valor apto
5	M7%-05	5.22	5.00	5.24	5.02	5.08	5.11	5.09	5.12	8.73	Valor apto
6	M7%-06	5.13	5.09	5.04	5.18	5.21	4.93	5.21	5.03	8.65	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculo

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar un análisis para hallar la resistencia con los diferentes porcentajes de Dióxido de Titanio, para lo cual se utilizó las siguientes fórmulas:

Área de contacto:

$$Area = Long. Pomedio * Ancho Pomedio$$

Resistencia a compresión:

$$f^c = \frac{P}{A}$$



3.8.12. Resistencia a la flexión de morteros de cemento (MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348)

a) Equipos e Instrumentos

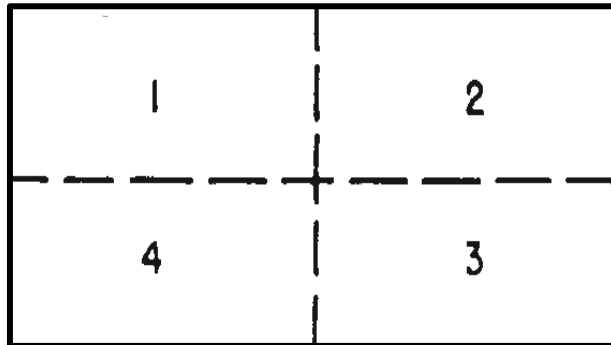
- Moldes prismáticos de mortero de 4cm x 4cm x 16 cm
- Prensa hidráulica
- Prensa de CBR
- Badilejos
- Recipientes metálicos
- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Compactador

b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla de mortero patrón y las mezclas de los morteros adicionados con dióxido de titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% con respecto al peso del cemento.
- Con la ayuda de una franela se aplicó una ligera capa de aceite mineral a los moldes, para que los especímenes al momento de desmoldar salgan de manera rápida y sin ningún agrietamiento.
- Se realizó el llenado del molde, en cada compartimiento se colocó una capa de 20 mm de espesor de mortero aproximadamente, se apisono con 12 golpes aplicadas en tres (3) etapas de 4 golpes cada una, como se muestra en el esquema.
- Se realiza el llenado del molde, en cada compartimiento se coloca una capa de 20 mm de espesor de mortero aproximadamente, se apisona con 12 golpes aplicadas en tres (3) etapas de cuatro (4) golpes cada una, como se muestra en el esquema.

Figura 41:

Orden de apisonado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Norma ASTM C-348

- Se repitió el procedimiento hasta llenar en su totalidad los moldes de 40mm.
- La superficie de los prismas fue alisada con la ayuda del badilejo en ambos sentidos, la mezcla de mortero que sobresalió de la cara superior del molde se quitó con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde.
- Los especímenes se dejaron 24 horas en los moldes en una cámara húmeda, y se procedió a desmontarlos con cuidado para no dañarlos y estén lo más uniforme posible.
- Luego se sumergieron en agua saturada en contenedores de material no corrosivos, manteniendo el agua de almacenamiento limpia.
- Pasado los 7,14, y 28 días de edad del mortero, se retiraron del contenedor con agua y se procedió a secar superficialmente, retirando los granos de arena desprendidos.
- Estos especímenes fueron medidos en ancho, largo y altura de la cara de contacto.
- Para realizar el ensayo de resistencia de los prismas de mortero, se procedió a marcar con lápiz de color donde se colocaron los apoyos.

Figura 42:

Marcado de puntos de contacto para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Se colocó cuidadosamente el espécimen y se comenzó con el ensayo hasta el momento de falla del espécimen.

Figura 43:

Ensayo de resistencia a la flexión de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

c) Recolección de datos

Para el cálculo de la resistencia a la flexión de morteros se procedió a desarrollar seis (6) pruebas por fecha de rotura para cada dosificación de mortero, para una mayor certeza de los resultados obtenidos. En las tablas N° 66-81, se presenta los datos recolectados en el ensayo de resistencia a la flexión de morteros.

Tabla 66 :*Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 28 días.*

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón 28 días									
Dosificación	: 1:2.76:0.73			Fecha de Elaboración	: 20/05/2019				
% de TiO ₂	: 0 %			Fecha de Rotura	: 27/05/2019				
				Edad	: 28 días				
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	MP - 01	15.95	16.05	4.05	4.02	4.33	4.28	1.94	Valor apto
2	MP - 02	15.85	15.95	4.04	4.09	4.24	4.24	1.42	Valor apto
3	MP - 03	16.00	15.85	4.08	4.05	4.21	4.15	1.49	Valor apto
4	MP - 04	15.85	16.00	4.04	4.06	4.14	4.15	1.63	Valor apto
5	MP - 05	16.05	16.00	4.04	4.07	4.12	4.10	1.04	Valor apto
6	MP - 06	16.05	16.00	4.09	4.15	4.26	4.10	2.02	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 67 :*Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 7 días.*

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón 7 días									
Dosificación	: 1:2.76:0.73			Fecha de Elaboración	: 20/05/2019				
% de TiO ₂	: 0 %			Fecha de Rotura	: 27/05/2019				
				Edad	: 7 días				
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	MP - 01	15.90	15.95	4.11	4.04	4.11	4.18	0.96	Valor apto
2	MP - 02	16.05	15.95	4.00	3.99	4.10	4.00	0.92	Valor apto
3	MP - 03	16.00	16.05	4.07	4.02	4.14	4.15	0.96	Valor apto
4	MP - 04	16.05	16.00	4.15	4.08	4.09	4.10	0.93	Valor apto
5	MP - 05	15.95	16.00	4.06	4.03	4.15	4.17	0.98	Valor apto
6	MP - 06	16.10	15.95	4.09	4.01	4.18	4.19	1.02	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 68 :

Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 3 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón 3 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 0 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 3 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	MP - 01	16.00	15.95	4.15	4.14	4.21	4.16	0.72	Valor apto
2	MP - 02	16.00	16.00	4.01	4.00	4.17	4.20	0.71	Valor apto
3	MP - 03	15.90	15.95	3.98	4.00	4.09	4.05	0.74	Valor apto
4	MP - 04	16.05	16.00	4.04	4.06	4.21	4.17	0.71	Valor apto
5	MP - 05	15.95	15.95	4.03	4.06	4.15	4.22	0.75	Valor apto
6	MP - 06	16.00	16.05	4.09	4.07	4.11	4.18	0.73	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 69 :

Recolección de resistencia a la flexión - mortero patrón 24 horas.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón 24 horas									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 0 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 24 horas			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	MP - 01	15.85	15.90	4.01	4.02	4.14	4.20	0.46	Valor apto
2	MP - 02	16.08	16.11	4.02	4.06	4.20	4.18	0.47	Valor apto
3	MP - 03	16.00	16.05	4.14	4.12	4.23	4.20	0.45	Valor apto
4	MP - 04	15.90	15.95	4.04	4.06	4.14	4.15	0.44	Valor apto
5	MP - 05	15.90	16.10	4.04	4.07	4.12	4.10	0.42	Valor apto
6	MP - 06	16.05	16.00	4.09	4.15	4.26	4.10	0.43	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 70 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 28 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 3% de TiO₂ 28 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 3 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 28 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M3%-01	15.95	16.00	4.01	3.97	4.11	4.05	2.00	Valor apto
2	M3%-02	16.05	16.02	4.04	4.06	4.08	4.11	1.29	Valor apto
3	M3%-03	15.85	16.00	4.00	4.01	4.24	4.16	1.21	Valor apto
4	M3%-04	16.00	15.95	4.07	4.03	4.17	4.18	1.38	Valor apto
5	M3%-05	15.90	16.05	4.10	4.05	4.14	4.19	1.49	Valor apto
6	M3%-06	16.05	16.15	4.00	4.06	4.10	4.15	1.57	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 71 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 7 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 3% de TiO₂ 7 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 3 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 7 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M3%-01	15.95	16.00	4.09	4.04	4.11	4.18	1.00	Valor apto
2	M3%-02	16.05	16.00	4.15	4.13	4.17	4.12	0.94	Valor apto
3	M3%-03	15.90	15.95	4.10	4.09	4.11	4.15	0.97	Valor apto
4	M3%-04	16.00	16.05	4.11	4.17	4.18	4.13	1.06	Valor apto
5	M3%-05	16.00	15.95	4.16	4.12	4.09	4.10	0.88	Valor apto
6	M3%-06	15.95	16.00	4.08	4.01	4.14	4.16	0.93	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 72 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 3 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 3% de TiO₂ 3 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 3 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 3 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M3%-01	15.90	15.95	4.06	4.10	4.21	4.14	0.71	Valor apto
2	M3%-02	16.05	15.95	4.12	4.04	4.19	4.17	0.71	Valor apto
3	M3%-03	16.00	16.05	4.04	4.07	4.20	4.23	0.72	Valor apto
4	M3%-04	16.05	16.00	4.08	4.05	4.00	4.12	0.70	Valor apto
5	M3%-05	15.95	16.00	4.13	4.17	4.14	4.18	0.73	Valor apto
6	M3%-06	16.10	15.95	4.12	4.08	4.15	4.20	0.68	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 73 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 3% de TiO₂ 24 horas.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 3% de TiO₂ 24 horas									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 3%		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 24 horas			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M3%-01	16.00	15.95	4.08	4.00	4.24	4.26	0.46	Valor apto
2	M3%-02	16.00	16.00	4.09	3.97	4.20	4.22	0.45	Valor apto
3	M3%-03	15.90	15.95	4.07	4.11	4.21	4.20	0.44	Valor apto
4	M3%-04	16.05	16.00	4.04	4.06	4.21	4.17	0.43	Valor apto
5	M3%-05	15.95	15.95	4.03	4.06	4.15	4.22	0.44	Valor apto
6	M3%-06	16.00	16.05	4.09	4.07	4.11	4.18	0.43	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 74 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 28 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 5% de TiO₂ 28 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 5%		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 28 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M5%-01	15.85	15.90	4.06	4.11	4.26	4.14	1.18	Valor apto
2	M5%-02	16.08	16.11	4.02	4.08	4.21	4.19	1.28	Valor apto
3	M5%-03	16.00	16.05	4.07	4.05	4.17	4.20	1.53	Valor apto
4	M5%-04	15.90	15.95	3.99	4.02	4.09	4.10	1.48	Valor apto
5	M5%-05	15.90	16.10	4.01	4.03	4.23	4.22	1.69	Valor apto
6	M5%-06	16.05	16.00	4.10	4.03	4.07	4.14	1.67	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 75 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 7 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 5% de TiO₂ 7 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 5 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 7 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M5%-01	15.85	15.90	4.05	4.09	4.07	4.13	0.97	Valor apto
2	M5%-02	16.08	16.11	4.01	4.00	4.24	4.21	0.96	Valor apto
3	M5%-03	16.00	16.05	4.08	4.07	4.19	4.15	0.96	Valor apto
4	M5%-04	15.90	15.95	3.96	4.00	4.11	4.04	0.93	Valor apto
5	M5%-05	15.90	16.10	4.02	4.09	4.13	4.15	0.87	Valor apto
6	M5%-06	16.05	16.00	4.07	4.03	4.28	4.14	0.94	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 76 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 3 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 5% de TiO₂ 3 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 5 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 3 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M5%-01	15.85	15.90	4.09	4.06	4.11	4.15	0.63	Valor apto
2	M5%-02	16.08	16.11	4.04	4.07	4.23	4.21	0.74	Valor apto
3	M5%-03	16.00	16.05	4.12	4.17	4.20	4.22	0.87	Valor apto
4	M5%-04	15.90	15.95	4.05	4.06	4.21	4.22	0.75	Valor apto
5	M5%-05	15.90	16.10	4.12	4.15	4.12	4.12	0.78	Valor apto
6	M5%-06	16.05	16.00	4.09	4.14	4.13	4.06	0.81	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 77 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 5% de TiO₂ 24 horas.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 5% de TiO₂ 24 horas									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 5 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 24 horas			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M5%-01	15.95	16.00	4.14	4.09	4.19	4.26	0.45	Valor apto
2	M5%-02	16.05	16.00	4.05	4.08	4.27	4.25	0.43	Valor apto
3	M5%-03	15.90	15.95	4.15	4.08	4.25	4.09	0.42	Valor apto
4	M5%-04	16.00	16.05	4.11	4.17	4.18	4.13	0.41	Valor apto
5	M5%-05	16.00	15.95	4.16	4.12	4.09	4.10	0.44	Valor apto
6	M5%-06	15.95	16.00	4.08	4.01	4.14	4.16	0.42	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 78 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 28 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 7% de TiO₂ 28 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 7 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 28 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M7%-01	16.00	16.10	4.04	4.06	4.25	4.14	1.42	Valor apto
2	M7%-02	15.95	15.95	3.99	4.04	4.06	4.16	1.47	Valor apto
3	M7%-03	15.80	15.95	4.10	4.05	4.16	4.24	1.46	Valor apto
4	M7%-04	16.05	16.00	4.06	4.10	4.08	4.12	1.45	Valor apto
5	M7%-05	16.10	15.95	4.07	4.05	4.17	4.11	1.37	Valor apto
6	M7%-06	15.85	16.00	4.03	4.01	4.19	4.26	1.51	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 79 :

Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 7 días.

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 7% de TiO₂ 7 días									
Dosificación		: 1:2.76:0.73		Fecha de Elaboración		: 20/05/2019			
% de TiO ₂		: 7 %		Fecha de Rotura		: 27/05/2019			
				Edad		: 7 días			
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M7%-01	15.85	15.90	4.16	4.11	4.20	4.19	1.06	Valor apto
2	M7%-02	16.08	16.11	4.19	4.12	4.26	4.23	1.04	Valor apto
3	M7%-03	16.00	16.05	4.02	4.07	4.17	4.24	1.01	Valor apto
4	M7%-04	15.90	15.95	4.05	4.06	4.19	4.13	1.04	Valor apto
5	M7%-05	15.90	16.10	4.09	4.07	4.21	4.12	1.00	Valor apto
6	M7%-06	16.05	16.00	4.14	4.12	4.16	4.14	1.04	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 80 :*Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 3 días.*

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 7% de TiO₂ 3 días									
Dosificación	: 1:2.76:0.73	Fecha de Elaboración	: 20/05/2019						
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 27/05/2019						
		Edad	: 3 días						
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M7%-01	16.00	15.95	4.15	4.14	4.16	4.18	0.76	Valor apto
2	M7%-02	16.00	16.00	4.09	4.08	4.18	4.21	0.84	Valor apto
3	M7%-03	15.90	15.95	4.10	4.04	4.24	4.23	0.83	Valor apto
4	M7%-04	16.05	16.00	4.04	4.05	4.16	4.19	0.77	Valor apto
5	M7%-05	15.95	15.95	4.03	4.07	4.20	4.20	0.83	Valor apto
6	M7%-06	16.00	16.05	4.00	3.98	4.18	4.03	0.77	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 81 :*Recolección de resistencia a la flexión - MP + 7% de TiO₂ 24 horas.*

Recolección de datos ensayo de resistencia a la flexión de morteros - mortero patrón + 7% de TiO₂ 24 horas									
Dosificación	: 1:2.76:0.73	Fecha de Elaboración	: 20/05/2019						
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 27/05/2019						
		Edad	: 24 horas						
N°	Código muestra	Longitud (cm)		Base (cm)		Altura (cm)		Carga Puntual (KN)	Observaciones
		L1	L2	B1	B2	H1	H2		
1	M7%-01	15.85	15.90	4.16	4.14	4.33	4.26	0.46	Valor apto
2	M7%-02	16.08	16.11	4.02	4.06	4.18	4.32	0.47	Valor apto
3	M7%-03	16.00	16.05	4.04	4.05	4.21	4.33	0.43	Valor apto
4	M7%-04	15.90	15.95	4.05	4.06	4.21	4.22	0.44	Valor apto
5	M7%-05	15.90	16.10	4.12	4.15	4.12	4.12	0.41	Valor apto
6	M7%-06	16.05	16.00	4.09	4.14	4.13	4.06	0.40	Valor apto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió a desarrollar un análisis para hallar la resistencia a la flexión con los diferentes porcentajes de Dióxido de Titanio, para lo cual se utilizó las siguientes fórmulas:



Se anota la carga máxima de rotura y se calcula la resistencia en KPa como sigue:

$$S = 0.28 * P$$

Debido a que las probetas de mortero para el ensayo de flexión no tienen una sección uniforme se procedió a realizar el cálculo de resistencia a la flexión por las siguientes fórmulas.

Esfuerzo de Flexión de una viga

Ecuación 25:

Esfuerzo de Flexión de una viga.

$$Fr = \frac{M * c}{I}$$

Momento máximo de una viga cargada en la parte central con dos apoyos

Ecuación 26:

Momento máximo de una viga cargada.

$$M = \frac{P * L}{4}$$

Inercia en una sección rectangular

Ecuación 27:

Inercia en una sección rectangular.

$$I = \frac{B * H^3}{12}$$

Donde

- Fr: Resistencia a la flexión en kg/cm²
- M: Momento en la parte central (kg.cm)
- C: Distancia desde un extremo al eje neutro, al ser regular la figura c= h/2 (cm)
- P: Carga en la parte central (kg)
- L: Longitud del espécimen (cm)
- I: Inercia de una sección rectangular (cm⁴)
- B: Medida de la base de la sección transversal del espécimen entre apoyos(cm)



- H: Medida de la altura de la sección transversal del espécimen (cm)

Reemplazando las variables en la Ecuación Tenemos:

Ecuación 28:

Resistencia a la flexión de mortero.

$$Fr = \frac{3 * P * L}{2 * B * H^2}$$

Donde

- Fr: Resistencia a la flexión en kg/cm²
- P: Carga en la parte central (kg)
- L: Longitud del espécimen (cm)
- B: Medida de la base de la sección transversal del espécimen entre apoyos(cm)
- H: Medida de la altura de la sección transversal del espécimen (cm)

3.8.13. Tasa de absorción de agua de morteros (NTP 399.631 / ASTM C1403 – 13)

a) Equipos e Instrumentos

- Moldes cúbicos de mortero de 5cm x 5cm x 5cm
- Badilejos
- Recipientes metálicos
- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Compactador
- Contenedor de vidrio
- Vernier
- Cronometro

b) Procedimiento

- Realizar la elaboración de probetas de la misma manera que el ensayo de compresión de mortero

- Las muestras cúbicas son curadas durante 28 días desde el momento que fueron vaciadas para luego ser retiradas y secadas 24 horas en el horno y posteriormente enfriadas durante 2 horas como mínimo.
- Calcule el área de la superficie de prueba para cada muestra desde la longitud y el ancho de la superficie de prueba.
- Registrar el peso inicial en gramos al más cercano 0,1 g de cada muestra individual antes de la prueba.

Figura 44:

Medida de probetas para ensayo de absorción.

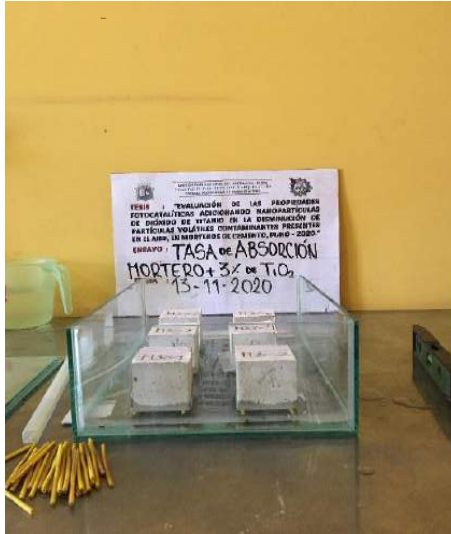


Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Coloque las muestras de mortero en el recipiente de absorción, deje un espacio mínimo de 12 mm entre las muestras y 25 mm entre las muestras y la pared del recipiente de captación.
- Agregue agua a temperatura ambiente 24°C en el recipiente de absorción de modo que las muestras estén parcialmente sumergidas en 3.00 +/- 0.5 mm de agua. Al agregar agua, haga asegúrese de no salpicar agua sobre las muestras. Cubre la captación recipiente (s) para minimizar la evaporación.

Figura 45:

Llenado de recipiente con agua para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Monitoree las muestras durante el primer minuto y después de 5 ± 1 min para asegurarse de que el nivel del agua sea adecuado durante fase de absorción inicial. Agregue agua según sea necesario para mantener la profundidad de inmersión.
- A las $0,25 \text{ h} \pm 0,5 \text{ min}$, $1 \text{ h} \pm 2 \text{ min}$, $4 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$, y $24 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$, se registra el peso y el tiempo de ensayo. Limpie el agua superficial de cada espécimen con un paño húmedo antes de cada pesaje. Complete la limpieza dentro de los 10 s posteriores a la eliminación del contacto
- Después de cada pesaje, vuelva a colocar las muestras en el recipiente de captación y agregue agua según sea necesario para mantener la profundidad de inmersión especificada.

c) Recolección de datos

Para el cálculo de la tasa de absorción de morteros se procedió a desarrollar seis (6) pruebas por cada una de las dosificaciones de mortero, para una mayor certeza de los resultados obtenidos. En las tablas N° 82-85, se presenta los datos recolectados en el ensayo de tasa de absorción de morteros.

Tabla 82 :

Recolección de datos tasa de absorción - mortero patrón.

Ensayo de tasa de absorción - mortero patrón										
N°	Código muestra	Superficie de Prueba (cm)				Registro de Peso (gr)				
		B1	B2	B3	B4	Inicial	15min	1Hora	4Horas	24Horas
						Wo (gr)	W15 (gr)	W1 (gr)	W4 (gr)	W24 (gr)
1	MP - 01	5.05	5.19	5.02	4.90	234.52	242.34	248.13	258.37	271.67
2	MP - 02	5.14	5.11	5.24	5.06	240.43	250.01	255.87	266.97	279.58
3	MP - 03	5.00	5.10	5.03	5.14	233.90	242.89	248.59	258.89	271.67
4	MP - 04	5.13	5.02	5.11	4.99	238.76	247.49	254.14	264.61	277.09
5	MP - 05	5.03	5.06	5.15	5.12	239.36	247.70	253.49	262.92	278.19
6	MP - 06	5.05	5.08	5.13	5.10	236.47	246.04	252.26	262.51	274.94

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 83 :

Recolección de datos tasa de absorción - MP + 3% de TiO₂.

Ensayo de tasa de absorción - mortero patrón + 3% de TiO₂										
N°	Código muestra	Superficie de Prueba (cm)				Registro de Peso (gr)				
		B1	B2	B3	B4	Inicial	15min	1Hora	4Horas	24Horas
						Wo (gr)	W15 (gr)	W1 (gr)	W4 (gr)	W24 (gr)
1	M3% - 01	4.88	5.20	5.04	5.16	239.06	245.87	252.40	262.32	272.50
2	M3% - 02	5.08	5.16	5.15	5.11	242.45	250.21	256.18	265.89	276.71
3	M3% - 03	5.22	4.96	5.09	4.98	240.90	248.44	254.48	264.30	275.26
4	M3% - 04	5.06	5.04	5.03	5.13	237.37	244.48	251.10	260.58	271.63
5	M3% - 05	5.00	5.09	4.96	5.03	234.36	241.20	247.53	256.28	267.28
6	M3% - 06	5.08	5.29	5.09	5.24	255.42	263.53	270.39	280.34	291.71

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 84 :

Recolección de datos tasa de absorción - MP + 5% de TiO₂.

Ensayo de tasa de absorción (mortero patrón + 5% de TiO₂)										
N°	Código muestra	Superficie de Prueba (cm)				Registro de Peso (gr)				
		B1	B2	B3	B4	Inicial	15min	1Hora	4Horas	24Horas
						W ₀ (gr)	W ₁₅ (gr)	W ₁ (gr)	W ₄ (gr)	W ₂₄ (gr)
1	M5% - 01	5.13	4.90	5.15	5.05	238.60	244.26	249.68	259.36	270.34
2	M5% - 02	5.09	5.07	5.04	4.88	235.47	241.82	246.85	255.27	266.59
3	M5% - 03	4.91	5.13	4.94	5.15	243.12	249.29	254.55	263.28	275.01
4	M5% - 04	5.26	5.00	5.24	4.87	237.79	244.51	249.82	258.91	269.54
5	M5% - 05	5.02	5.17	4.94	5.11	240.70	247.35	252.62	261.76	273.23
6	M5% - 06	5.28	5.18	5.10	5.26	253.82	262.26	267.55	277.26	287.82

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 85 :

Recolección de datos tasa de absorción - MP + 7% de TiO₂.

Ensayo de tasa de absorción (mortero patrón + 7% de TiO₂)										
N°	Código muestra	Superficie de Prueba (cm)				Registro de Peso (gr)				
		B1	B2	B3	B4	Inicial	15min	1Hora	4Horas	24Horas
						W ₀ (gr)	W ₁₅ (gr)	W ₁ (gr)	W ₄ (gr)	W ₂₄ (gr)
1	M7% - 01	4.98	5.15	5.06	5.08	236.90	242.28	247.16	255.12	265.40
2	M7% - 02	5.03	5.00	5.17	5.01	238.75	244.08	249.68	258.26	268.43
3	M7% - 03	4.87	5.09	5.06	5.03	235.08	241.90	246.99	255.05	263.43
4	M7% - 04	4.95	5.14	5.00	5.01	236.12	241.88	247.29	255.96	265.26
5	M7% - 05	5.09	5.12	5.15	5.11	241.39	247.35	252.13	260.29	271.33
6	M7% - 06	5.10	5.15	5.08	5.07	242.29	248.38	253.50	262.19	272.06

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculos

Con los datos recolectados se procedió realizar el cálculo de la tasa de absorción de agua (AT) en gramos/100 cm² para cada periodo de tiempo (T) para cada espécimen se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 15: Tasa de Absorción del mortero.

$$A_T = (W_T - W_0) * 10000 / (L_1 * L_2)$$



3.8.14. Determinación de la permeabilidad de morteros (ASTM D 5084-90)

La permeabilidad del mortero, se determinó siguiendo como referencia lo especificado en la norma ASTM D 5084 y se usó como referencia la tesis de maestría “efecto de un aditivo hidrófugo en la permeabilidad de un mortero de cemento/arena” (Azañedo, 2019, p.105).

a) Equipos e instrumentos

- Molde de 2” de diámetro y 1” de altura
- Tubos de 2”
- Vernier.
- Flexómetro.
- 02 abrazaderas metálicas de 2” de diámetro.
- 01 ligadura de jebe 1mm de espesor.
- Probeta graduada.
- Destornillador

b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla de mortero patrón y las mezclas de los morteros adicionados con dióxido de titanio en porcentajes de 3%, 5% y 7% con respecto al peso del cemento.
- Con la ayuda de una franela se aplicó una ligera capa de aceite mineral a los moldes, para que los especímenes al momento de desmoldar salgan de manera rápida y sin ningún agrietamiento
- Se realiza el llenado del molde, en cada compartimiento se coloca una capa de 12 mm de espesor de mortero aproximadamente, se apisona con 12 golpes aplicadas en dos (2) etapas de 6 golpes cada una.
- Se repitió el procedimiento hasta llenar en su totalidad los moldes de 25.4mm

- La superficie de los prismas fue alisada con la ayuda del badilejo en ambos sentidos, la mezcla de mortero que sobresalió de la cara superior del molde se quitó con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde.
- Los especímenes se dejaron 24 horas en los moldes, y se procedió a desmontarlos con cuidado para no dañarlos y estén lo más uniforme posible.
- Luego se sumergieron en agua saturada en contenedores de material no corrosivos, manteniendo el agua de almacenamiento limpia.
- Las muestras son curadas durante 28 días desde el momento que fueron vaciadas para luego ser retiradas y secadas 24 horas en el horno y posteriormente enfriadas durante 2 horas como mínimo.
- Medir las muestras con el vernier y determinar el promedio de su diámetro y altura.

Figura 46:

Medida de probetas para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Saturar la muestra hasta peso constante.
- El permeámetro consiste en un cilindro de PVC(SAL), de 1.10m de longitud y 2 pulgadas de diámetro. Con una presión interna de 1 m.c.a.

- Se recubre las paredes laterales de la muestra con una lámina de látex, para ayudar a su hermeticidad.
- Colocar en el permeámetro la muestra, con la ligadura en su alrededor de teflón para evitar la fuga de agua por las paredes laterales. Ajustar con la abrazadera, apretando su respectivo tornillo.
- Colocar en posición vertical y echar agua, dejando un margen libre de agua de 2 cm del borde superior.

Figura 47:

Ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Dejar pasar el agua por un lapso de 5 días.
- Pasado los 5 días, verter el agua en una probeta graduada.
- Medir la cantidad de agua en la probeta, que ha percolado por la muestra de mortero.

c) Recolección de datos

Para el cálculo de la permeabilidad de morteros se procedió a desarrollar 4 pruebas por cada una de las dosificaciones de mortero, para una mayor certeza de los resultados obtenidos. En las tablas N° 86-89, se presenta los datos recolectados en el ensayo de resistencia a permeabilidad de morteros.

Tabla 86 :*Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón.*

Ensayo de permeabilidad - mortero patrón							
N°	Código muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Presión Hidráulica (m.c.a.)	Tiempo (seg)	Volumen de agua inicial (cm ³)	Volumen de agua final (cm ³)
1	MP - 01	5.08	2.47	1.00	432000	2000.00	1979.50
2	MP - 02	5.08	2.52	1.00	432000	2000.00	1981.20
3	MP - 03	5.08	2.61	1.00	432000	2000.00	1975.30
4	MP - 04	5.08	2.58	1.00	432000	2000.00	1982.50

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 87 :*Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón + 3% de TiO₂.*

Ensayo de permeabilidad - mortero patrón + 3% de TiO₂							
N°	Código muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Presión Hidráulica (m.c.a.)	Tiempo (seg)	Volumen de agua inicial (cm ³)	Volumen de agua final (cm ³)
1	M3% - 01	5.08	2.64	1.00	432000	2000.00	1983.20
2	M3% - 02	5.08	2.65	1.00	432000	2000.00	1984.45
3	M3% - 03	5.08	2.53	1.00	432000	2000.00	1985.30
4	M3% - 04	5.08	2.59	1.00	432000	2000.00	1987.60

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 88 :*Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón + 5% de TiO₂.*

Ensayo de permeabilidad - mortero patrón + 5% de TiO₂							
N°	Código muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Presión Hidráulica (m.c.a.)	Tiempo (seg)	Volumen de agua inicial (cm ³)	Volumen de agua final (cm ³)
1	M5% - 01	5.08	2.46	1.00	432000	2000.00	1982.30
2	M5% - 02	5.08	2.65	1.00	432000	2000.00	1989.20
3	M5% - 03	5.08	2.59	1.00	432000	2000.00	1988.75
4	M5% - 04	5.08	2.62	1.00	432000	2000.00	1989.10

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 89 :

Recolección de datos de permeabilidad - mortero patrón + 7% de TiO₂.

Ensayo de permeabilidad - mortero patrón + 7% de TiO₂							
N°	Código muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Presión Hidráulica (m.c.a.)	Tiempo (seg)	Volumen de agua inicial (cm ³)	Volumen de agua final (cm ³)
1	M7% - 01	5.08	2.67	1.00	432000	2000.00	1996.55
2	M7% - 02	5.08	2.57	1.00	432000	2000.00	1991.20
3	M7% - 03	5.08	2.55	1.00	432000	2000.00	1994.35
4	M7% - 04	5.08	2.62	1.00	432000	2000.00	1989.50

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

d) Cálculos

La determinación de la permeabilidad, se utilizó la siguiente fórmula:

Siendo:

Ecuación 16: Coeficiente de Permeabilidad del mortero.

$$K = \frac{Q * E}{A * H * T}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en los ensayos desarrollados para la elaboración de morteros y los ensayos requeridos para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación.

4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS.

4.1.1. Resultados de análisis de materiales para diseño de mezclas.

4.1.1.1. Resultados de contenido de humedad.

Tabla 90 :

Resultados de contenido de humedad.

RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Contenido de humedad (W%)	1.57	1.55	1.50
Contenido de Humedad Promedio (W%)	1.54		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según la tabla 90 indica el porcentaje de contenido de humedad promedio que contiene la muestra de agregado fino obtenido de la cantera Cutimbo es de 1.54% de contenido de humedad. La norma no indica la cantidad máxima ni mínima de contenido de humedad, pero se toma en consideración para la corrección por humedad para el diseño de mezclas de mortero.

4.1.1.2. Resultados de análisis granulométrico

Tabla 91 :

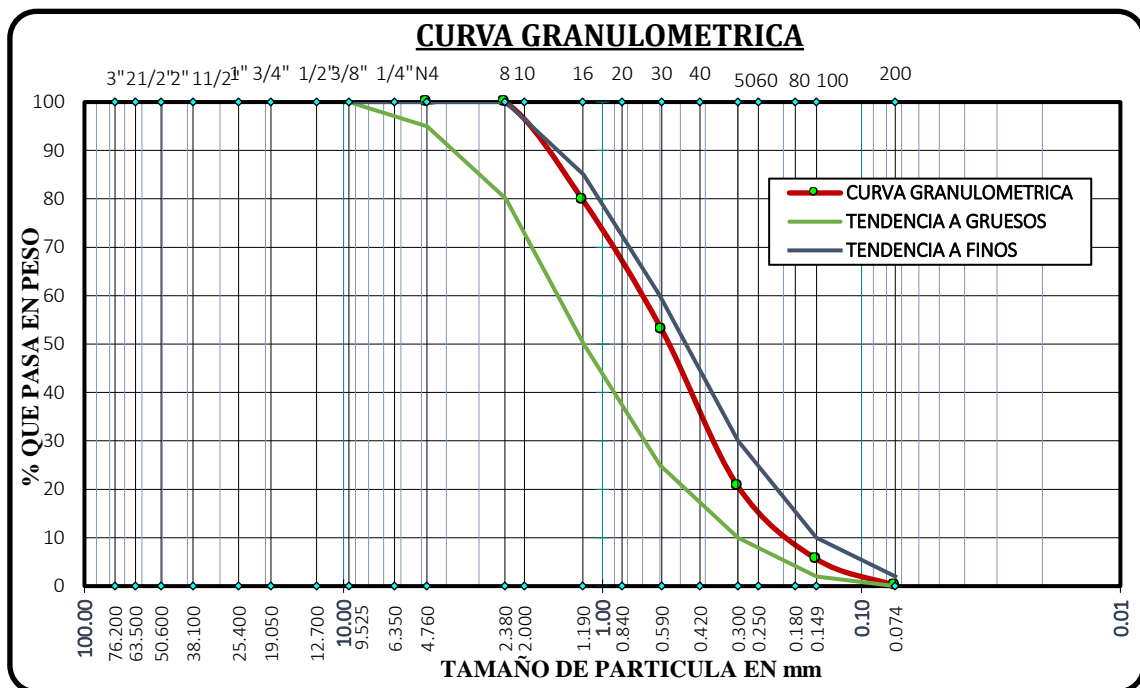
Resultados de análisis granulométrico ensayo 1.

Resultados de análisis granulométrico		
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	% QUE PASA
No4	4.760	100.00
No8	2.380	100.00
No16	1.190	79.75
No30	0.590	52.96
No50	0.300	20.63
No100	0.149	5.58
No200	0.074	0.11

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Figura 48:

Resultado de Curva granulométrica ensayo 1.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 92 :

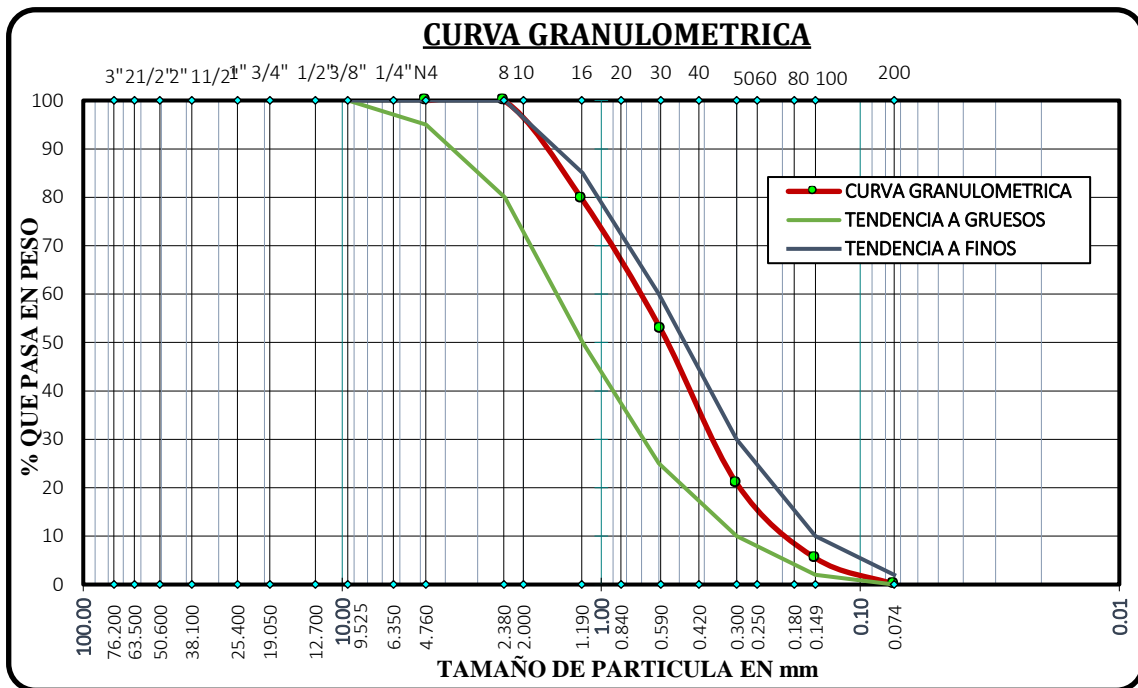
Resultados de análisis granulométrico ensayo 2.

Resultados de análisis granulométrico		
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	% QUE PASA
No4	4.760	100.00
No8	2.380	100.00
No16	1.190	79.70
No30	0.590	52.78
No50	0.300	20.90
No100	0.149	5.46
No200	0.074	0.07

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 49:

Resultado de curva granulométrica ensayo 2.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 93 :

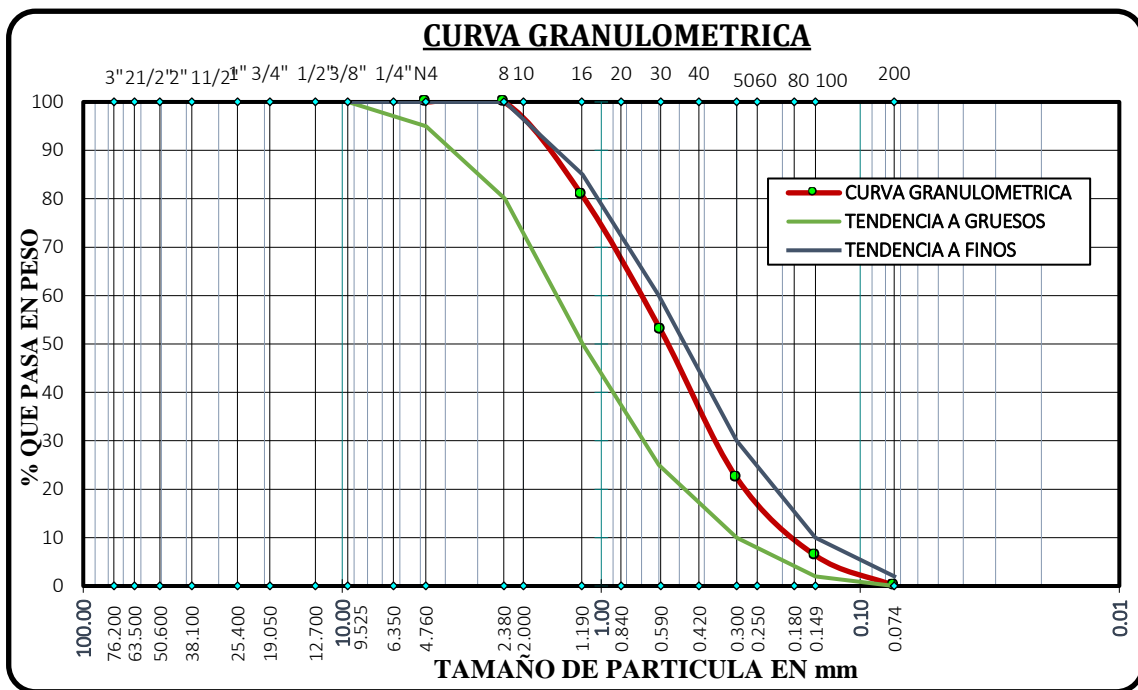
Resultados de análisis granulométrico ensayo 3.

Resultados de análisis granulométrico		
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	% QUE PASA
No4	4.760	100.00
No8	2.380	100.00
No16	1.190	80.82
No30	0.590	52.88
No50	0.300	22.34
No100	0.149	6.30
No200	0.074	0.08

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 50:

Resultado de curva granulométrica ensayo 3.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según las tablas N°91, N°92 y N°93, de análisis de datos granulométrico de la arena de la cantera Cutimbo cumple con lo establecido según la Norma Técnica E 0.70 ya que al observar la curva granulométrica el porcentaje que pasa está dentro de los límites máximos y mínimos.

4.1.1.3.Resultados de módulo de fineza.

Tabla 94 :

Resultado de módulo de fineza.

Resultados de módulo de fineza			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Módulo de fineza	2.41	2.41	2.38
Módulo de fineza Promedio	2.40		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

El módulo de finura promedio de la arena de la cantera Cutimbo es 2.40,el cual está dentro de los parámetros de 1.6 y 2.5, según la Norma E 0.70.

4.1.1.4.Resultados de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200.

Tabla 95 :

Resultado de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200.

Cantidad de material fino que pasa por el tamiz n° 200			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
% de material que pasa la malla N° 200 (%)	5.09	5.25	6.78
Porcentaje de material que pasa la malla N° 200 promedio (%)	5.71		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según la tabla 95, el porcentaje de material que pasa por el tamiz 0,074mm (No.200) del agregado fino de la cantera Cutimbo de 5.71 % es un resultado válido para la elaboración de mezclas de morteros ya que la norma considera aceptable hasta un 10 % de material más fino que el tamiz 200 con respecto a su peso seco.

4.1.1.5. Resultados de gravedad específica y absorción.

Tabla 96 :

Resultados de gravedad específica y absorción.

Gravedad específica y absorción	
Gravedad específica nominal (gr/cm ³)	2.72
Gravedad específica aparente (gr/cm ³)	2.43
Gravedad específica SSS (gr/cm ³)	2.54
Absorción (%)	4.38

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según la tabla 96, la gravedad específica nominal, gravedad específica aparente, gravedad específica aparente de masa saturada con superficie seca y el porcentaje de absorción del agregado fino de la cantera Cutimbo, es $G_{en} = 2.72 \text{ g/cm}^3$, $G_{ea} = 2.43 \text{ g/cm}^3$, $G_{eSSS} = 2.54 \text{ g/cm}^3$ y $A = 4.38\%$

4.1.1.6. Resultados de peso unitario suelto seco (PUSS) y compactado (PUCS).

Tabla 97 :

Resultado de peso unitario suelto.

Peso unitario suelto			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso unitario (gr/cm ³)	1.459	1.463	1.458
Peso unitario seco (kg/m ³)		1459.74	
Peso unitario seco (gr/cm ³)		1.459	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 98 :

Resultado de peso unitario compactado.

Peso unitario compactado			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso unitario (gr/cm ³)	1.545	1.544	1.542
Peso unitario seco (kg/m ³)		1543.98	
Peso unitario seco (gr/cm ³)		1.544	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

- La norma no indica el peso unitario mínimo que debe tener el material para la elaboración de morteros.

- Según la tabla 97 y N° 98, el promedio de peso unitario suelto y peso unitario compactado de la arena de la cantera Cutimbo es 1.459 gr/cm³ y 1.544 gr/cm³ respectivamente.

4.1.1.7. Resultados de contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino

Tabla 99 :

Resultado de contenido de impurezas orgánicas.

Contenido de impurezas orgánicas			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Contraste de Color (N°.)	2	2	2
Color que presenta el ensayo	Amarillo pálido		
Presencia de material orgánico en la muestra	Arena de poca presencia de impurezas orgánicas, limos y arcillas. Se consideran de buena calidad.		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según la tabla 99, al realizar la comparación visual del agregado fino de la cantera Cutimbo, se observa que el color del líquido por encima de la muestra se asemeja más al color N° 02 de la placa orgánica de colores. Lo cual indica que el material tiene poca presencia de impurezas orgánicas, limos y arcillas. Se consideran de buena calidad, es apta para la elaboración de mortero.

4.1.2. Resultados de ensayos previos a la elaboración de morteros

4.1.2.1. Resultados de contenido de aire en morteros de cemento

Tabla 100 :

Resultado de contenido de aire de morteros.

Contenido de aire en mortero			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Contenido de Aire, volumen (%)	2.83	2.75	2.91
Contenido de aire Promedio	2.83		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según la tabla 100, se observa que el contenido de aire de la mezcla de mortero es de 2.83% para el mortero patrón, no norma no indica el contenido de aire mínimo, pero se determinó para el diseño de mezcla de morteros

4.1.2.2. Resultados de peso unitario de morteros de cemento.

Tabla 101 :

Resultado de peso unitario de mortero patrón.

Peso unitario de mortero patrón			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2111.03	2110.81	2111.47
Promedio de peso unitario (kg/m ³)		2111.11	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 102 :

Resultado de peso unitario de mortero patrón + 3% de TiO₂.

Peso unitario de mortero patrón + 3% de TiO ₂			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2123.19	2121.20	2126.06
Promedio de peso unitario (kg/m ³)		2123.48	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 103 :

Resultado de peso unitario de mortero patrón + 5% de TiO₂.

Peso unitario de mortero patrón + 5% de TiO ₂			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2130.92	2129.37	2132.03
Promedio de peso unitario (kg/m ³)		2130.77	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 104 :

Resultado de peso unitario de mortero patrón + 7% de TiO₂.

Peso unitario de mortero patrón + 7% de TiO ₂			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2136.23	2136.89	2135.12
Promedio de peso unitario (kg/m ³)		2136.08	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según la tabla 101, N°102, N°103 y N°104 se observa que tanto el mortero Patrón, mortero adicionado con 3%, 5% y 7% de TiO_2 , se presenta un peso unitario de 2111.11, 2123.48, 2130.77 y 2136.08 kg/m^3 respectivamente.

4.1.2.3. Resultados de fluidez de mortero de cemento.

Tabla 105 :

Resultado de Fluidez de mortero patrón.

Fluidez del mortero – mortero patrón			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Porcentaje de fluidez (%)	110.62 %	110.87 %	110.37 %
Promedio de porcentaje de fluidez (%)		110.62%	
Porcentaje de fluidez según norma (%)		110± 5%	
Consistencia		Media (Plástica)	
Aceptación del porcentaje de fluidez		Aceptable	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 106 :

Resultado de Fluidez de mortero patrón + 3% de TiO_2 .

Fluidez del mortero – mortero patrón + 3% de TiO_2			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Porcentaje de fluidez (%)	107.83 %	108.33 %	108.84 %
Promedio de porcentaje de fluidez (%)		108.33%	
Porcentaje de fluidez según norma (%)		110± 5%	
Consistencia		Media (Plástica)	
Aceptación del porcentaje de fluidez		Aceptable	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 107 :

Resultado de Fluidez de mortero patrón + 5% de TiO_2 .

Fluidez del mortero – mortero patrón + 5% de TiO_2			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Porcentaje de fluidez (%)	105.03 %	104.27 %	106.30 %
Promedio de porcentaje de fluidez (%)		105.20%	
Porcentaje de fluidez según norma (%)		110± 5%	
Consistencia		Media (Plástica)	
Aceptación del porcentaje de fluidez		Aceptable	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 108 :

Resultado de Fluidéz de mortero patrón + 7% de TiO₂.

Fluidéz del mortero – mortero patrón + 7% de TiO₂			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Porcentaje de fluidez (%)	103.00 %	102.24 %	104.27 %
Promedio de porcentaje de fluidez (%)		103.17%	
Porcentaje de fluidez según norma (%)		110± 5%	
Consistencia		Dura (Seca)	
Aceptación del porcentaje de fluidez		No Aceptable	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación de Resultados

Según la tabla 105, N°106, y N°107, se observa que tanto el mortero Patrón, mortero adicionado con 3% y 5% de TiO₂ en los cuales se utilizó la relación agua – cemento de 0.73, se presenta un porcentaje de fluidez de 110.62%,108.33% y 105.20% respectivamente, los cuales se encuentra dentro del rango del 110 ± 5% según refiere la NTP 334.057.

Según la tabla 108, se observa que el mortero adicionado con 7% de TiO₂ con una relación agua – cemento de 0.73, se presenta un porcentaje de fluidez de 103.17% el cual no se encuentra dentro del rango del 110 ± 5% según refiere la NTP 334.057.



4.2. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

4.2.1. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros

Con la finalidad de cumplir con el objetivo N°01, Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones en las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros de cemento.

4.2.1.1. Resultados de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.

Para análisis del comportamiento respecto a la degradación de partículas volátiles contaminantes, de las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 en distintos porcentajes, para lo cual se elaboraron 16 probetas, cuatro (4) por cada tratamiento, se toma registro fotográfico de las muestras al inicio del ensayo, después de la exposición a las partículas volátiles, y finalmente luego del lavado se toma registro fotográfico en cada una de las etapas y a continuación se presentan los resultados obtenidos.

En la tabla 109, se puede apreciar las probetas antes de la exposición a las partículas volátiles, como se observa mientras mayor sea la adicción de dióxido de titanio las probetas presentan una mayor tonalidad de color blanco.

En la tabla 110, se puede apreciar las probetas después de la exposición a las partículas volátiles, como se observa mientras mayor sea la adicción de dióxido de titanio las probetas absorben una mayor cantidad de partículas volátiles.

En la tabla 111, se puede apreciar las probetas después del lavado con agua, como se observa mientras mayor sea la adicción de dióxido de titanio las probetas mantienen su estética ya que no se mantiene el color que tenía antes de la exposición a las partículas volátiles.

4.2.1.1.1. Antes de la exposición a partículas volátiles Contaminantes.

Tabla 109 :

Registro fotográfico de ensayo de degradación de partículas volátiles contaminantes – antes de la exposición.

Muestra N° 4				
Muestra N° 3				
Muestra N° 2				
Muestra N° 1				
Tipo de Tratamiento	Mortero Patrón	Mortero patrón +3% de TiO ₂	Mortero patrón +5% de TiO ₂	Mortero patrón +7% de TiO ₂

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.1.1.2. Después de la exposición a partículas volátiles Contaminantes.

Tabla 110 :

Regis. fotográfico de ensayo de degradación de partículas volátiles contaminantes – después de la exposición.

















Muestra N° 4				
Muestra N° 3				
Muestra N° 2				
Muestra N° 1				
Tipo de Tratamiento	Mortero Patrón	Mortero patrón +3% de TiO ₂	Mortero patrón +5% de TiO ₂	Mortero patrón +7% de TiO ₂

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.1.1.3.Después del lavado con agua

Tabla 111 :

Registro fotográfico de ensayo de degradación de partículas volátiles contaminantes – después del lavado de losetas.

Muestra N° 4				
Muestra N° 3				
Muestra N° 2				
Muestra N° 1				
Tipo de Tratamiento	Mortero Patrón	Mortero patrón +3% de TiO ₂	Mortero patrón +5% de TiO ₂	Mortero patrón +7% de TiO ₂

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



4.2.1.2. Resultados de la autolimpieza por degradación de rodamina b

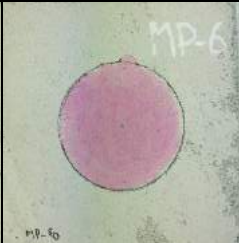
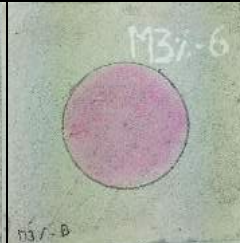


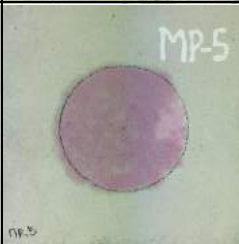


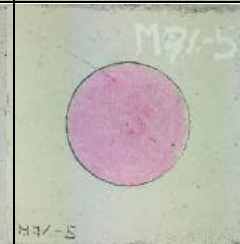


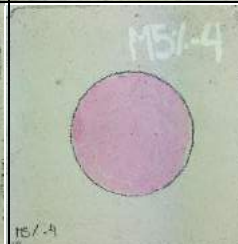
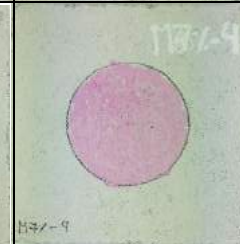


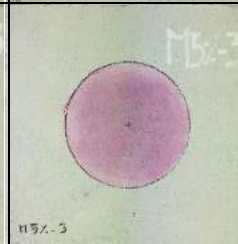
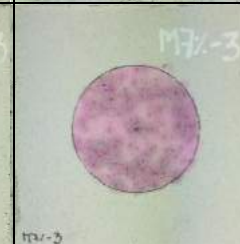

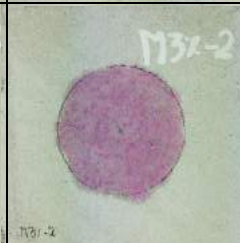
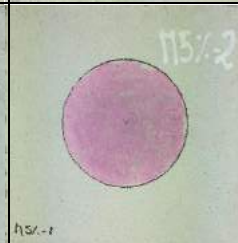
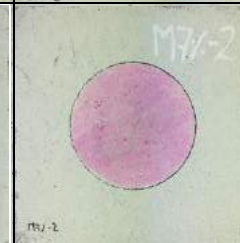
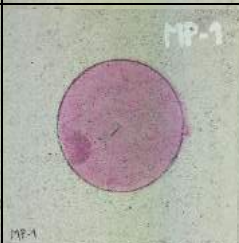
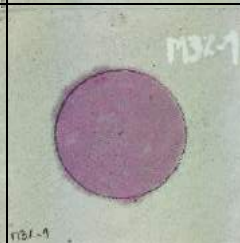
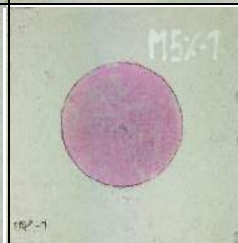
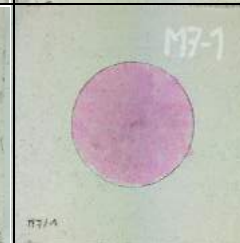
Los resultados obtenidos de los ensayos de medición de la actividad fotocatalítica por degradación de rodamina B de las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 en distintos porcentajes respecto al peso del cemento, mantienen una variación entre sí, esto debido a diversos factores como son los componentes heterogéneos de los materiales empleados, la forma de ejecución del ensayo y la adición del TiO_2 y otras características que pueden influir en la degradación de rodamina B.

Para análisis del comportamiento respecto a la degradación de rodamina B de las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 , se elaboraron 24 probetas, seis (6) por cada tratamiento, se toma registro fotográfico de las muestras a las 0 horas, 4 horas y 26 horas para realizar las mediciones colorimétricas, dichos datos son necesarios para poder realizar la medición de la degradación de rodamina B y conocer el comportamiento de la degradación de rodamina B en función del tiempo.

En las tablas N° 112, 113 y 114 se presenta el registro fotográfico de la realización del ensayo en el cual se puede apreciar el comportamiento de las probetas de mortero a rodamina B en función al tiempo de exposición a la luz U.V.

Tabla 112 :

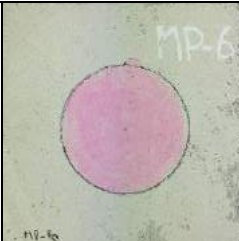
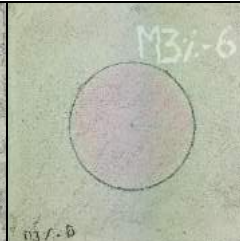
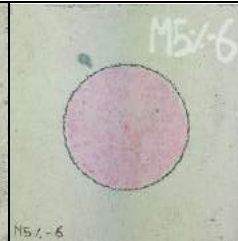
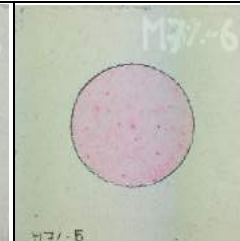
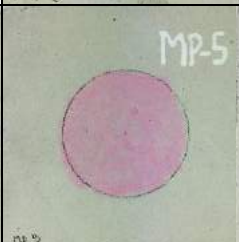
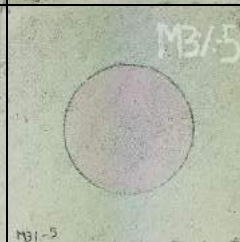
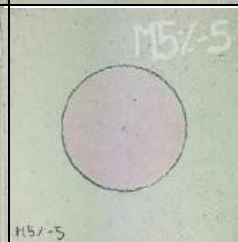
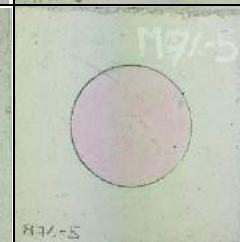

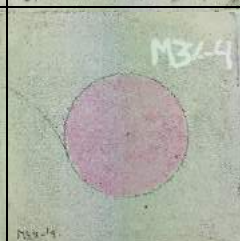
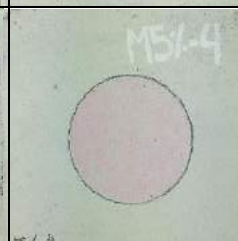
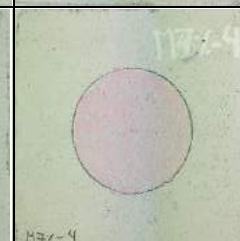
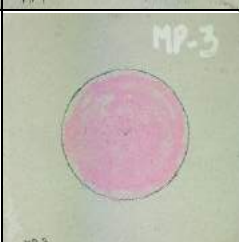
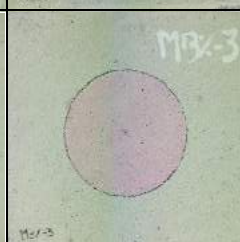
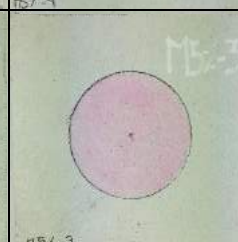
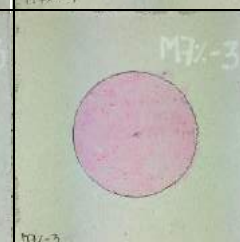

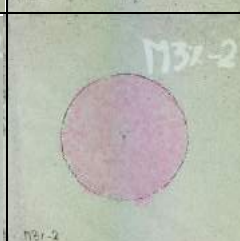
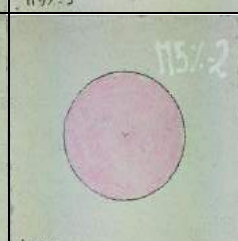
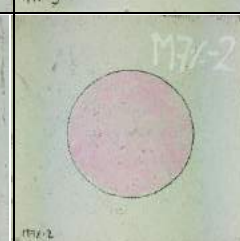
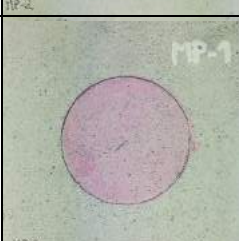
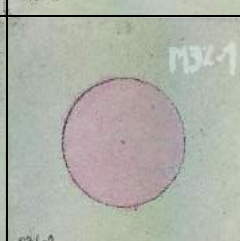
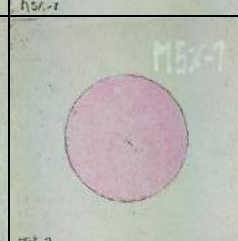
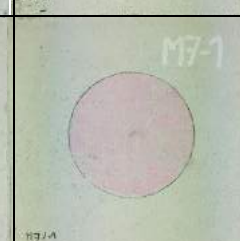
Degradación de rodamina B 0 horas.

RECOLECCIÓN DE DATOS A LAS 0 HORAS	MUESTRA 6				
	MUESTRA 5				
	MUESTRA 4				
	MUESTRA 3				
	MUESTRA 2				
	MUESTRA 1				
		MORTERO PATRÓN	MORTERO PATRÓN + 3% DE TiO ₂	MORTERO PATRÓN + 5% DE TiO ₂	MORTERO PATRÓN + 7% DE TiO ₂

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 113 :

Degradación de rodamina B 4 horas.

RECOLECCIÓN DE DATOS A LAS 4 HORAS		MUESTRA 6				
		MUESTRA 5				
		MUESTRA 4				
		MUESTRA 3				
		MUESTRA 2				
		MUESTRA 1				
			MORTERO PATRÓN	MORTERO PATRÓN + 3% DE TiO₂	MORTERO PATRÓN + 5% DE TiO₂	MORTERO PATRÓN + 7% DE TiO₂

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 114:

Degradación de rodamina B 26 horas.

RECOLECCIÓN DE DATOS A LAS 26 HORAS		MUESTRA 6				
		MUESTRA 5				
		MUESTRA 4				
		MUESTRA 3				
		MUESTRA 2				
		MUESTRA 1				
			MORTERO PATRÓN	MORTERO PATRÓN + 3% DE TiO₂	MORTERO PATRÓN + 5% DE TiO₂	MORTERO PATRÓN + 7% DE TiO₂

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



4.2.1.2.1. Resultado de la degradación de rodamina B a las 4 horas

En la tabla 115, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de degradación de rodamina B de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO₂ con un tiempo de exposición a rayos UV de 4 horas, los valores obtenidos se calcularon con las fórmulas establecidas por la norma UNI 11259 el cual determina si un mortero presenta o no actividad fotocatalítica, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos.

Tabla 115 :

Resultado de degradación de rodamina B - 4 horas.

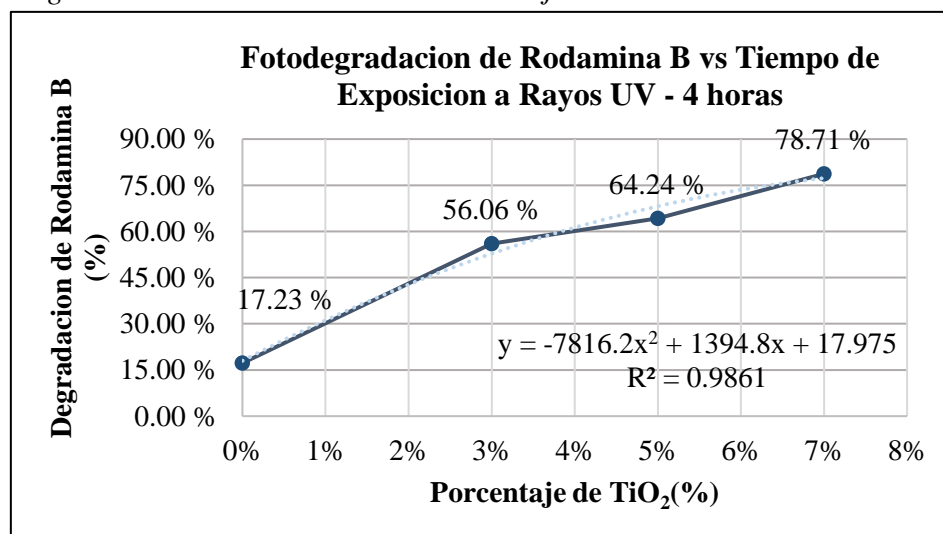
MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B – 4 horas		
MORTERO PATRÓN	R4 %	R4 Promedio (%)
MP - 01	18.03%	17.23%
MP - 02	21.15%	
MP - 03	18.96%	
MP - 04	13.56%	
MP - 05	14.99%	
MP - 06	16.68%	
MORTERO +3% TiO₂	R4 %	R4 Promedio (%)
M3% - 01	52.70%	56.06%
M3% - 02	48.35%	
M3% - 03	75.23%	
M3% - 04	55.92%	
M3% - 05	49.47%	
M3% - 06	54.68%	
MORTERO +5% TiO₂	R4 %	R4 Promedio (%)
M5% - 01	51.44%	64.24%
M5% - 02	54.67%	
M5% - 03	54.05%	
M5% - 04	83.77%	
M5% - 05	77.27%	
M5% - 06	47.52%	
MORTERO +7% TiO₂	R4 %	R4 Promedio (%)
M7% - 01	80.74%	78.71%
M7% - 02	74.51%	
M7% - 03	68.77%	
M7% - 04	83.64%	
M7% - 05	85.91%	
M7% - 06	45.97%	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 51, se observa que el mortero patrón, presenta la menor actividad fotocatalítica respecto a la degradación de rodamina B a las 4 horas, vemos que el valor R4 es menor al 20%, el cual alcanzo el 17.23 %, es decir que no existe actividad fotocatalítica adecuada para la autolimpieza, comparando dicho valor de degradación de rodamina B con los resultados obtenidos de los demás morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la actividad fotocatalítica por degradación de rodamina B del mortero aumento con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ presento la mayor actividad fotocatalítica que fue de 78.71 % . Cabe indicar que los tratamientos con 3% y 5% también presentan actividad fotocatalítica adecuada para la autolimpieza.

Figura 51 :

Degradación de Rodamina B vs Porcentaje de TiO₂ - 4 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 51, se puede predecir el comportamiento de la degradación de rodamina B de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 29:

Comportamiento de la degradación de rodamina B – 4 horas.

$$y = -7816.2x^2 + 1394.8x + 17.975$$



De acuerdo a la Ecuación 29, se puede obtener que la máxima degradación de rodamina B que es de 78.71% para una adición de 7.0% de dióxido de titanio. Así mismo, se puede predecir el comportamiento de la degradación de rodamina B para morteros adicionados con 2%, 4% y 6% de dióxido de titanio a las 26 horas.

4.2.1.2.2. Resultado de la degradación de rodamina B a las 26 horas

En la tabla 116, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de degradación de rodamina B de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 con un tiempo de exposición a rayos UV de 26 horas, los valores obtenidos se calcularon con las fórmulas establecidas por la norma UNI 11259 el cual determina si un mortero presenta o no actividad fotocatalítica, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos.

Tabla 116 :*Resultado de degradación de rodamina B - 26 horas.*

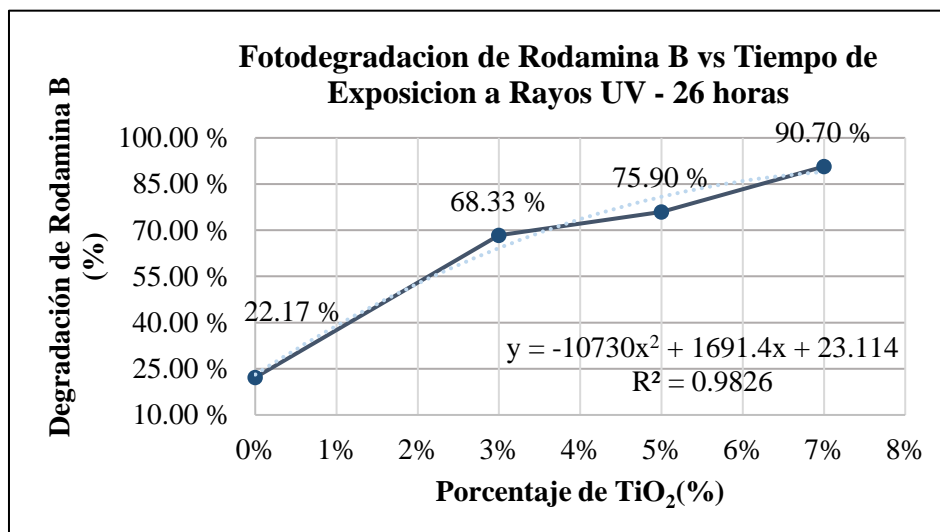
MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B – 26 horas		
MORTERO PATRÓN	R26 %	R26 Promedio (%)
MP - 01	23.74 %	22.17 %
MP - 02	24.76 %	
MP - 03	20.59 %	
MP - 04	19.96 %	
MP - 05	17.47 %	
MP - 06	26.49 %	
MORTERO +3% TiO₂	R26 %	R26 Promedio (%)
M3% - 01	55.49%	68.33%
M3% - 02	57.73%	
M3% - 03	80.03%	
M3% - 04	69.52%	
M3% - 05	61.20%	
M3% - 06	85.99%	
MORTERO +5% TiO₂	R26 %	R26 Promedio (%)
M5% - 01	69.06 %	75.90%
M5% - 02	67.69 %	
M5% - 03	66.74 %	
M5% - 04	91.26 %	
M5% - 05	84.78 %	
M5% - 06	60.73 %	
MORTERO +7% TiO₂	R26 %	R26 Promedio (%)
M7% - 01	95.90%	90.70%
M7% - 02	89.23%	
M7% - 03	82.00%	
M7% - 04	95.75%	
M7% - 05	90.64%	
M7% - 06	65.43%	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 52, se observa que el mortero patrón, presenta la menor actividad fotocatalítica respecto a la degradación de rodamina B a las 26 horas, vemos que el valor R4 es menor al 50%, el cual alcanzo el 22.17 %, es decir que no existe actividad fotocatalítica adecuada para la autolimpieza, comparando dicho valor de degradación de rodamina B con los resultados obtenidos de los demás morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la actividad fotocatalítica por degradación de rodamina B del mortero aumento con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ presento la mayor actividad fotocatalítica que fue de 90.70% . Cabe indicar que los tratamientos con 3% y 5% también presentan actividad fotocatalítica adecuada para la autolimpieza

Figura 52 :

Degradación de Rodamina B vs Porcentaje de TiO₂ - 26 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 52, se puede predecir el comportamiento de la degradación de rodamina B de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 30:

Comportamiento de la degradación de rodamina B – 26 horas.

$$y = -10730x^2 + 1691.4x + 23.114$$

De acuerdo a la Ecuación30, se puede obtener que la máxima degradación de rodamina B que es de 99.00% para una adición de 7.0% de dióxido de titanio. Así mismo,



se puede predecir el comportamiento de la degradación de rodamina B para morteros adicionados con 2%, 4% y 6% de dióxido de titanio a las 26 horas.

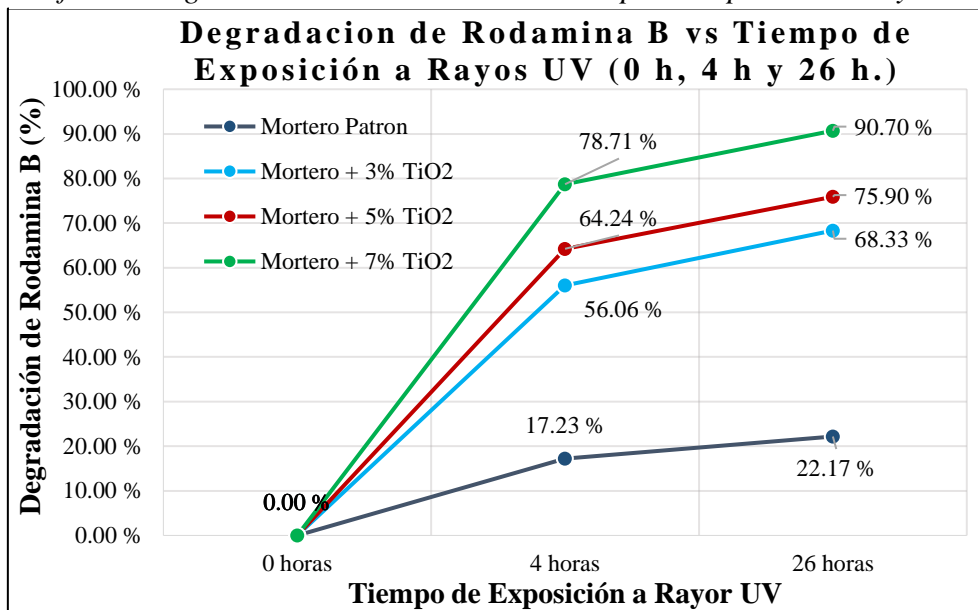
4.2.1.2.3. Análisis de la autolimpieza por degradación de rodamina B

En la figura 53, se observó que la actividad fotocatalítica a un tiempo de exposición de 4 horas a rayos UV, los promedios de degradación de rodamina B de los distintos tratamientos son bastantes dispersos, notándose que el mortero adicionado con 7% de TiO_2 presentó la mayor actividad fotocatalítica alcanzando el 78.71%, los demás tratamientos presentaron actividad fotocatalítica el mortero adicionado con 3% de TiO_2 alcanzó el 56.06% y el mortero adicionado con 5% de TiO_2 alcanzó el 64.24%, sin embargo el mortero patrón no presentó actividad fotocatalítica suficiente para ser considerado mortero fotocatalítico.

La actividad fotocatalítica a un tiempo de exposición de 26 horas a rayos UV presentó la misma tendencia, notándose que el mortero adicionado con 7% de TiO_2 presentó la mayor actividad fotocatalítica alcanzando el 90.70%, los demás tratamientos presentaron actividad fotocatalítica el mortero adicionado con 3% de TiO_2 alcanzó el 68.33% y el mortero adicionado con 5% de TiO_2 alcanzó el 75.90%, sin embargo el mortero patrón no presentó actividad fotocatalítica suficiente para ser considerado mortero fotocatalítico.

Figura 53 :

Gráfico de degradación de rodamina B VS tiempo de exposición a rayos UV.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.2. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros.

Con la finalidad de cumplir con el objetivo N°02, Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros de cemento.

4.2.2.1. Resultados de compresión de morteros de cemento

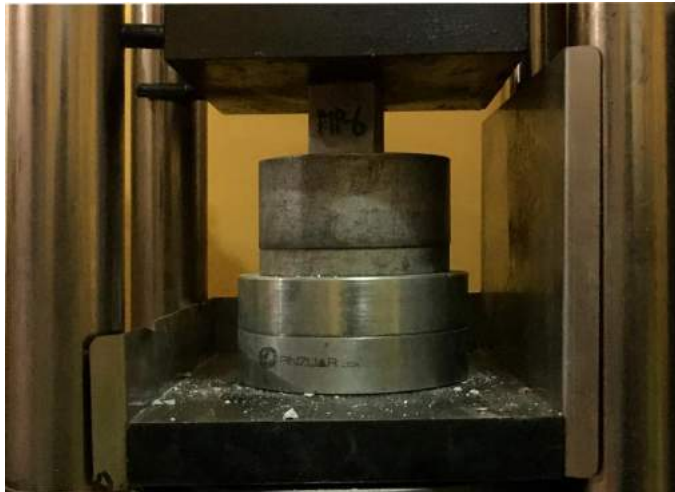
Los resultados obtenidos de los ensayos de compresión a las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO₂ en distintos porcentajes respecto al peso del cemento, mantienen una variación entre sí, esto debido a diversos factores como son los componentes heterogéneos de los materiales empleados, el procedimiento de mezclado y compactado, la forma de ejecución del ensayo y la adición del TiO₂ y otras características que pueden influir en la resistencia de diseño.

Para análisis del comportamiento de la resistencia a la compresión de mortero patrón y morteros adicionados con TiO₂, se elaboraron 96 probetas, de las cuales seis (6)

probetas se ensayan a las 24 horas, 3 días, 7 días y 28 días para cada tipo de tratamiento, esto con el fin de conocer el desarrollo de la resistencia que va adquiriendo el mortero en función del tiempo.

Figura 54 :

Instrumentación de Probetas de mortero.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 55 :

Falla de muestras al ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.2.1.1. Resultado de compresión de mortero a las 24 horas

En la tabla 117, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 a la edad de 24 horas, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 117 :

Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 24 horas.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²) – 24 horas			
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
MP - 01	31.75		
MP - 02	33.08		
MP - 03	35.22		
MP - 04	29.21	31.99	25.59%
MP - 05	32.15		
MP - 06	30.53		
Mortero +3% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M3% - 01	35.37		
M3% - 02	34.61		
M3% - 03	36.76		
M3% - 04	35.29	35.21	28.17%
M3% - 05	34.48		
M3% - 06	34.76		
Mortero +5% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M5% - 01	37.76		
M5% - 02	36.94		
M5% - 03	38.67		
M5% - 04	38.81	37.26	29.81%
M5% - 05	34.62		
M5% - 06	36.74		
Mortero +7% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M7% - 01	34.73		
M7% - 02	35.53		
M7% - 03	34.75		
M7% - 04	34.82	34.63	27.71%
M7% - 05	34.09		
M7% - 06	33.88		

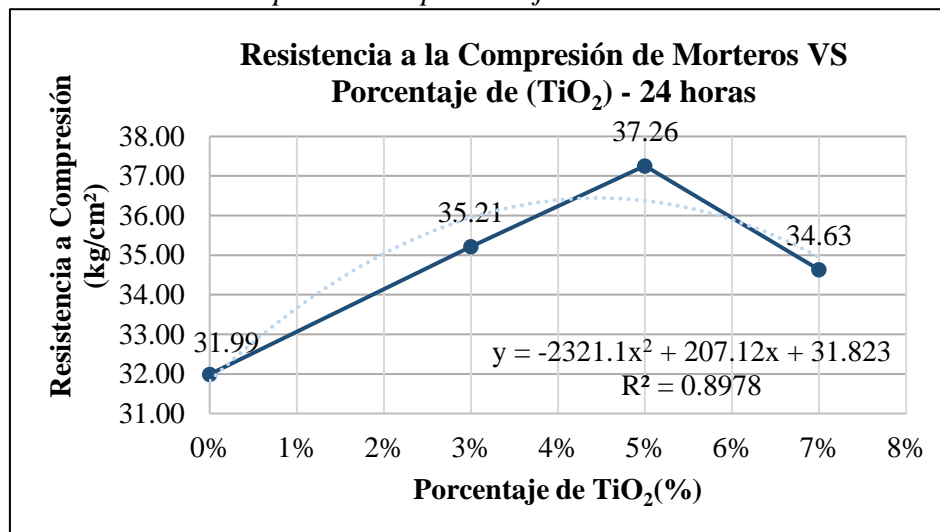
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 56, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la compresión a las 24 horas de 31.99 kg/cm², comparando dicho valor de resistencia con

los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO_2 , este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la compresión del mortero aumentó con la adicción de TiO_2 , en este caso el tratamiento con 5% de TiO_2 obtuvo la mayor resistencia que fue de 37.26 kg/cm². Cabe indicar la que variación de resultados no es significativa.

Figura 56 :

Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO_2 - 24 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De acuerdo a la figura 56, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la compresión de morteros adicionando TiO_2 a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 31:

Comportamiento de la resistencia a la compresión – 24 horas.

$$y = -2321.1x^2 + 207.12x + 31.823$$

De acuerdo a la Ecuación 31, se puede obtener la resistencia a la compresión máxima a las 24 horas es de 37.26 kg/cm² para una adición de 5 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia superior a 34 kg/cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.2.1.2.Resultado de compresión de mortero a los 3 días

En la tabla 118, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros

adicionados con TiO_2 a la edad de 3 días, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 118 :

Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 3 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm^2) – 3 días					
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia		
MP - 01	43.79				
MP - 02	48.54				
MP - 03	47.21	48.30	38.64%		
MP - 04	50.73				
MP - 05	49.08				
MP - 06	43.79				
Mortero +3% TiO_2	Resistencia			Resistencia promedio	
M3% - 01	57.68				
M3% - 02	50.02				
M3% - 03	51.34	51.46	41.17%		
M3% - 04	51.92				
M3% - 05	46.41				
M3% - 06	51.42				
Mortero +5% TiO_2	Resistencia			Resistencia promedio	
M5% - 01	55.73				
M5% - 02	56.31				
M5% - 03	60.07	55.58	44.46%		
M5% - 04	58.20				
M5% - 05	53.67				
M5% - 06	49.46				
Mortero +7% TiO_2	Resistencia			Resistencia promedio	
M7% - 01	54.46				
M7% - 02	56.83				
M7% - 03	56.30	54.91	43.93%		
M7% - 04	55.94				
M7% - 05	53.70				
M7% - 06	52.26				

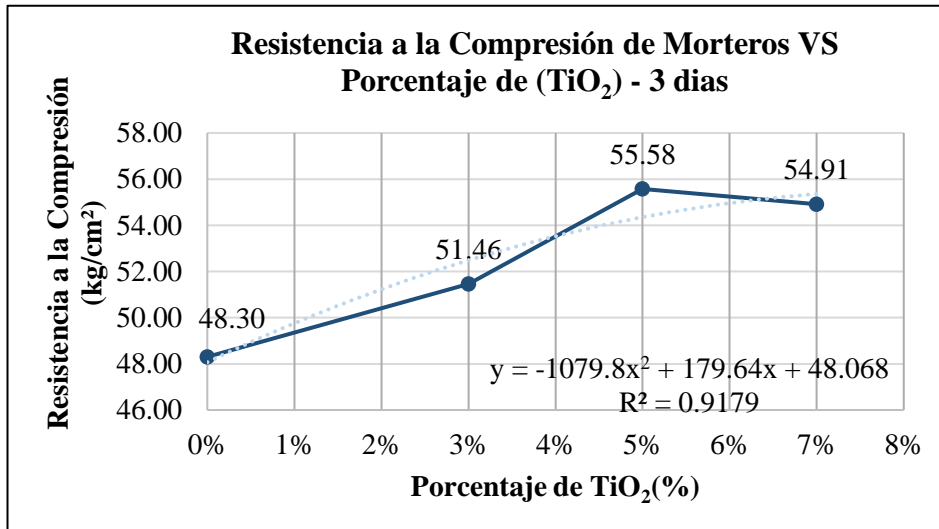
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 57, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la compresión a los 3 días de $48.30 \text{ kg}/\text{cm}^2$, comparando dicho valor de resistencia con los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO_2 , este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la compresión del mortero aumentó con la adicción de TiO_2 , en este caso el tratamiento con 5% de TiO_2 obtuvo la mayor

resistencia que fue de 55.58 kg/cm². Cabe indicar la que variación de resultados no es significativa.

Figura 57 :

Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO₂ - 3 días.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De acuerdo a la figura 57, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la compresión de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 32:

Comportamiento de la resistencia a la compresión – 3 días.

$$y = -1079.8x^2 + 179.64x + 48.068$$

De acuerdo a la Ecuación 32, se puede obtener la resistencia a la compresión máxima a los 3 días es de 55.58 kg/cm² para una adición de 5 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia superior a 50 kg/cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.2.1.3.Resultado de compresión de mortero a los 7 días

En la tabla 119, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO₂ a la edad de 7 días, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 119 :*Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 7 días.*

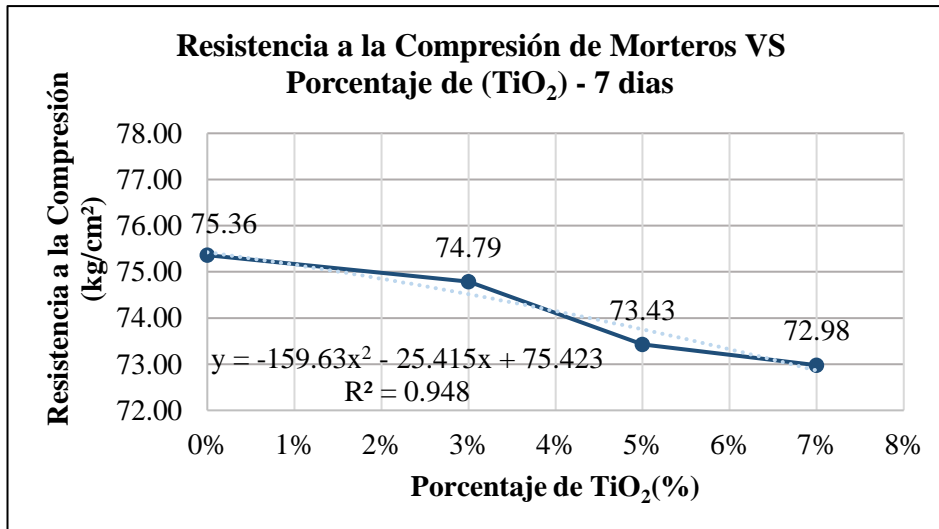
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²) – 7 días			
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
MP - 01	74.09		
MP - 02	79.90		
MP - 03	69.75	75.36	60.29%
MP - 04	75.15		
MP - 05	75.54		
MP - 06	77.73		
Mortero +3% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M3% - 01	71.36		
M3% - 02	72.59		
M3% - 03	74.82	74.79	59.83%
M3% - 04	74.41		
M3% - 05	81.59		
M3% - 06	73.95		
Mortero +5% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M5% - 01	74.82		
M5% - 02	70.75		
M5% - 03	74.14	73.43	58.74%
M5% - 04	70.53		
M5% - 05	80.25		
M5% - 06	70.08		
Mortero +7% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M7% - 01	71.79		
M7% - 02	73.03		
M7% - 03	74.58	72.98	58.38%
M7% - 04	70.29		
M7% - 05	75.32		
M7% - 06	72.87		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 58, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la compresión a los 7 días de 75.36 kg/cm², comparando dicho valor de resistencia con los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por encima de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la compresión del mortero disminuyo con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ obtuvo la menor resistencia que fue de 72.98 kg/cm². Cabe indicar la que variación de resultados no es significativa.

Figura 58 :

Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO_2 - 7 días.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 58, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la compresión de morteros adicionando TiO_2 a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 33:

Comportamiento de la resistencia a la compresión – 7 días.

$$y = -159.63x^2 - 25.415x + 75.423$$

De acuerdo a la Ecuación 33, se puede obtener la resistencia a la compresión máxima a los 7 días es de 75.36 kg/cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia superior a 70 kg/cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.2.1.4.Resultado de compresión de mortero a los 28 días

En la tabla 120, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 a la edad de 28 días, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 120 :*Resultado de Resistencia a la compresión de morteros - 28 días.*

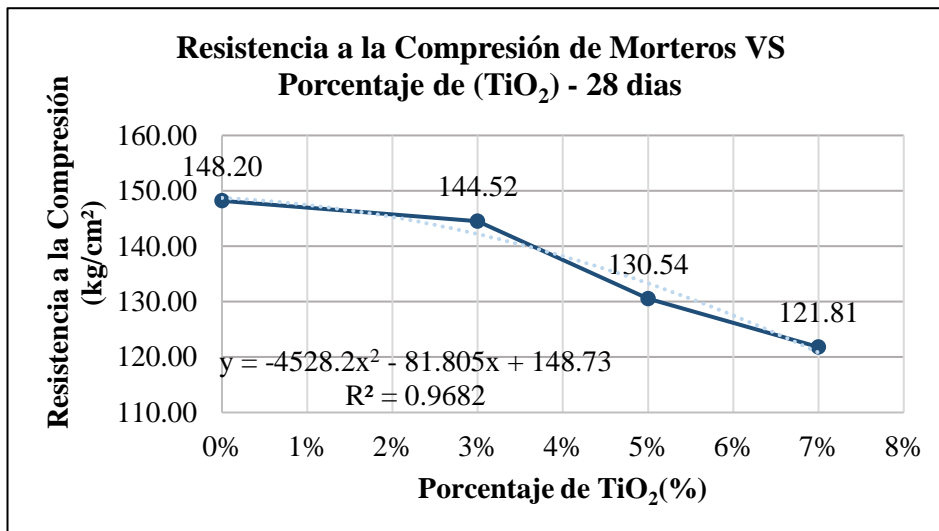
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²) – 28 días			
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
MP - 01	143.72		
MP - 02	142.76		
MP - 03	158.59	148.20	118.56%
MP - 04	158.17		
MP - 05	141.84		
MP - 06	144.11		
Mortero +3% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M3% - 01	138.72		
M3% - 02	157.03		
M3% - 03	150.96	144.52	115.61%
M3% - 04	141.35		
M3% - 05	133.63		
M3% - 06	145.41		
Mortero +5% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M5% - 01	127.75		
M5% - 02	143.68		
M5% - 03	128.53	130.54	104.43%
M5% - 04	124.33		
M5% - 05	131.28		
M5% - 06	127.64		
Mortero +7% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M7% - 01	114.76		
M7% - 02	133.87		
M7% - 03	116.18	121.81	97.45%
M7% - 04	125.41		
M7% - 05	111.15		
M7% - 06	129.48		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 59, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la compresión a los 28 días de 148.20 kg/cm², comparando dicho valor de resistencia con los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por encima de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la compresión del mortero disminuyó con la adición de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ obtuvo la menor resistencia que fue de 121.81 kg/cm². Cabe indicar que la variación de resultados no es significativa.

Figura 59 :

Resistencia a la compresión VS porcentaje de TiO₂ - 28 días.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 59, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la compresión de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 34:

Comportamiento de la resistencia a la compresión – 28 días.

$$y = -4528.2x^2 - 81.805x + 148.73$$

De acuerdo a la Ecuación 34, se puede obtener la resistencia a la compresión máxima a los 28 días es de 148.20 kg/cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia superior a los 125 kg/cm², entonces se puede adicionar es hasta 5 % de dióxido de titanio.

4.2.2.1.5. Análisis de la resistencia a la compresión

En la figura 60, se observó que, a la edad de 24 horas, los promedios de resistencia a la compresión de los distintos tratamientos son bastantes cercanos, notando que el de mayor resistencia fue el mortero que contiene 5% de TiO₂, pero el incremento en la resistencia en esta primera etapa al adicionar dióxido de titanio fue casi imperceptible.

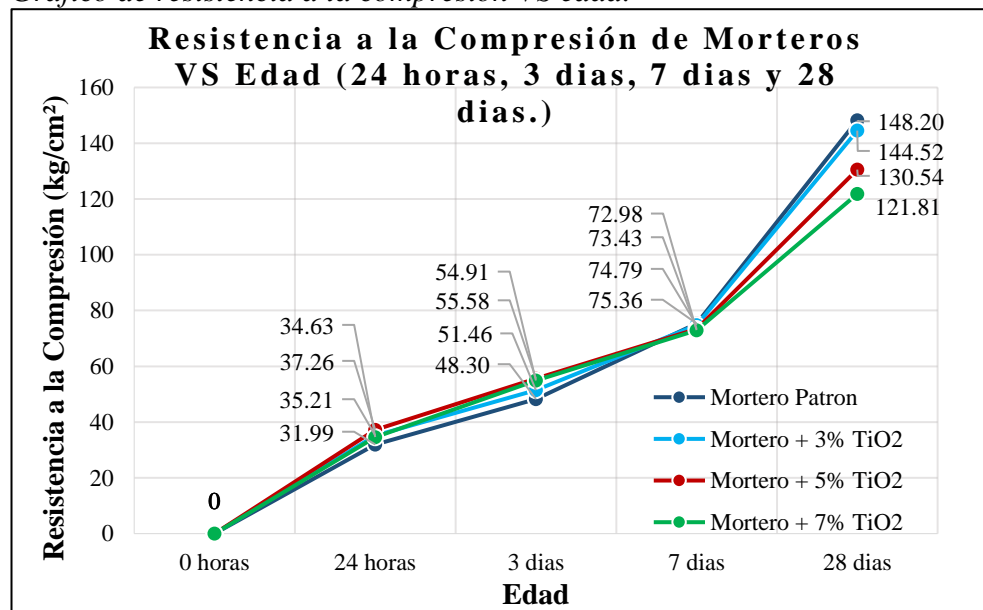
A la edad de 3 días, la tendencia siguió siendo la misma, notando que el de mayor resistencia siguió siendo el tratamiento que contiene 5% de TiO₂.

A la edad de 7 días, la tendencia a cambiado, pero los promedios de la resistencia a la compresión de los distintos tratamientos fueron bastantes cercanos, notando que el de mayor resistencia fue el tratamiento que contiene 0% de TiO_2 .

A la edad de 28 días, la tendencia siguió siendo la misma, notando que el de mayor resistencia siguió siendo el tratamiento que contiene 0% de TiO_2 .

Figura 60 :

Gráfico de resistencia a la compresión VS edad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.2.2. Resultado de resistencia a la flexión de morteros de cemento

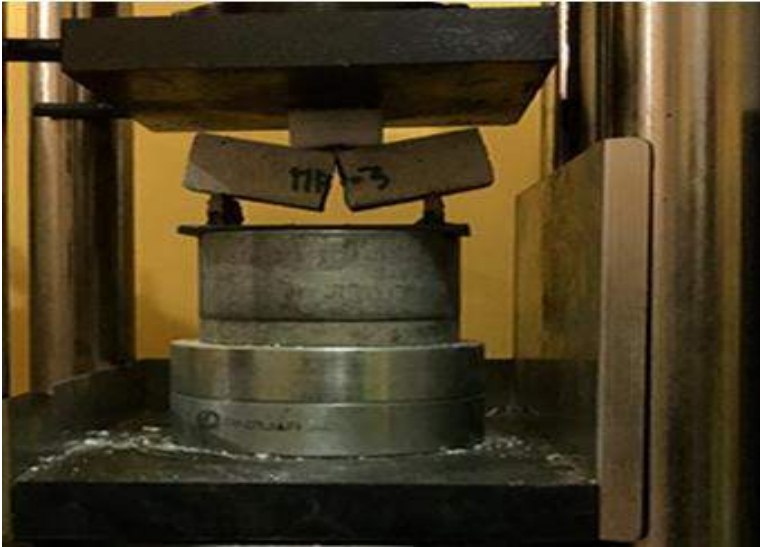
Los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión de las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 en distintos porcentajes respecto al peso del cemento, mantienen una variación entre sí, esto debido a diversos factores como son los componentes heterogéneos de los materiales empleados, el procedimiento de mezclado y compactado, la forma de ejecución del ensayo y la adición del TiO_2 y otras características que pueden influir en la resistencia de diseño.

Para análisis del comportamiento de la resistencia a la flexión de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 , para lo cual se elaboraron 96 probetas, de las cuales 6 probetas se ensayan a las 24 horas, 3 días, 7 días y 28 días para cada tipo de tratamiento,

esto con el fin de conocer el desarrollo de la resistencia a la flexión que va adquiriendo el mortero en función del tiempo.

Figura 61 :

Instrumentación de probetas de mortero.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 62 :

Falla de muestras ensayo de flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.2.2.1. Resultado de flexión de mortero a las 24 horas

En la tabla 121, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 a la edad de 24 horas, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 121 :

Resistencia a la flexión de morteros a las 24 horas.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²) – 24 horas			
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
MP - 01	12.09		
MP - 02	12.16		
MP - 03	11.26		
MP - 04	11.61	11.56	34.49%
MP - 05	11.25		
MP - 06	10.96		
Mortero +3% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M3% - 01	11.57		
M3% - 02	11.56		
M3% - 03	11.17		
M3% - 04	11.10	11.34	33.86%
M3% - 05	11.40		
M3% - 06	11.26		
Mortero +5% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M5% - 01	11.24		
M5% - 02	10.70		
M5% - 03	10.77		
M5% - 04	10.53	10.99	32.81%
M5% - 05	11.63		
M5% - 06	11.07		
Mortero +7% TiO₂	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia
M7% - 01	11.03		
M7% - 02	11.82		
M7% - 03	10.70		
M7% - 04	11.21	11.02	32.90%
M7% - 05	10.72		
M7% - 06	10.64		

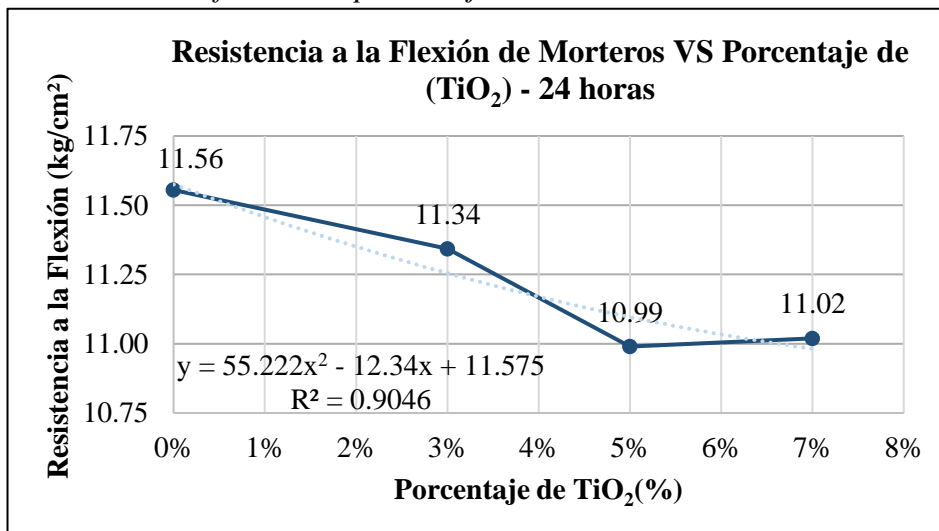
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 63, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la flexión a las 24 horas de 11.56 kg/cm², comparando dicho valor de resistencia con los

resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO_2 , este se encuentra por encima de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la flexión del mortero disminuyo con la adicción de TiO_2 , en este caso el tratamiento con 5% de TiO_2 obtuvo la menor resistencia que fue de 10.99 kg/cm^2 . Cabe indicar la que variación de resultados no es significativa.

Figura 63 :

Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO_2 – 24 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 73, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la flexión de morteros adicionando TiO_2 a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 35:

Comportamiento de la resistencia a la flexión - 24 horas.

$$y = 55.222x^2 - 12.34x + 11.575$$

De acuerdo a la Ecuación 35, se puede obtener la resistencia a la flexión máxima a las 24 horas es de 11.56 kg/cm^2 para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia a la flexión superior a los 10 kg/cm^2 , entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.2.2.2.Resultado de flexión de mortero a los 3 días

En la tabla 122, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros

adicionados con TiO_2 a la edad de 3 días, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 122 :

Resistencia a la flexión de morteros a los 3 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm^2) – 3 días					
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia		
MP - 01	18.20				
MP - 02	18.58				
MP - 03	20.55	19.03	56.82%		
MP - 04	18.33				
MP - 05	19.43				
MP - 06	19.11				
Mortero +3% TiO_2	Resistencia			Resistencia promedio	% de Resistencia
M3% - 01	18.32				
M3% - 02	18.28				
M3% - 03	18.34	18.37	54.85%		
M3% - 04	19.18				
M3% - 05	18.66				
M3% - 06	17.46				
Mortero +5% TiO_2	Resistencia			Resistencia promedio	% de Resistencia
M5% - 01	15.05				
M5% - 02	17.28				
M5% - 03	20.24	19.16	54.19%		
M5% - 04	17.58				
M5% - 05	18.83				
M5% - 06	19.95				
Mortero +7% TiO_2	Resistencia			Resistencia promedio	% de Resistencia
M7% - 01	16.55				
M7% - 02	18.64				
M7% - 03	18.10	17.83	53.23%		
M7% - 04	17.18				
M7% - 05	18.50				
M7% - 06	18.02				

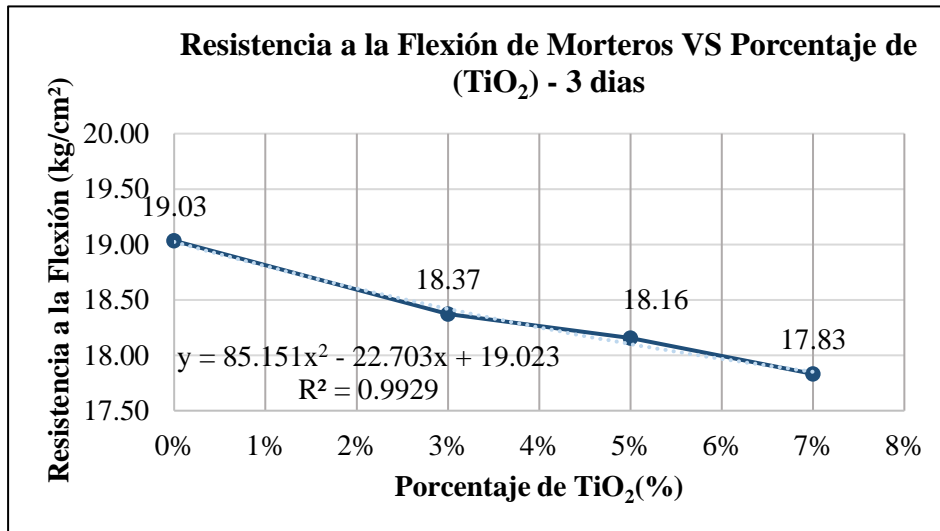
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 64, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la flexión a los 3 días de $19.03 \text{ kg}/\text{cm}^2$, comparando dicho valor de resistencia con los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO_2 , este se encuentra por encima de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la Flexión del mortero disminuyo con la adicción de TiO_2 , en este caso el tratamiento con 7% de TiO_2 obtuvo la menor

resistencia que fue de 17.83 kg/cm². Cabe indicar la que variación de resultados no es significativa.

Figura 64 :

Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO₂ - 3 días.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 64, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la flexión de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 36:

Comportamiento de la resistencia a la flexión - 3 días.

$$y = 85.151x^2 - 22.703x + 19.023$$

De acuerdo a la Ecuación 36, se puede obtener la resistencia a la flexión máxima a los 3 días es de 19.03 kg/cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia a la flexión superior a los 18 kg/cm², entonces se puede adicionar es hasta 5 % de dióxido de titanio.

4.2.2.2.3.Resultado de flexión de mortero a los 7 días

En la tabla 123, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO₂ a la edad de 7 días, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 123 :*Resistencia a la flexión de morteros a los 7 días.*

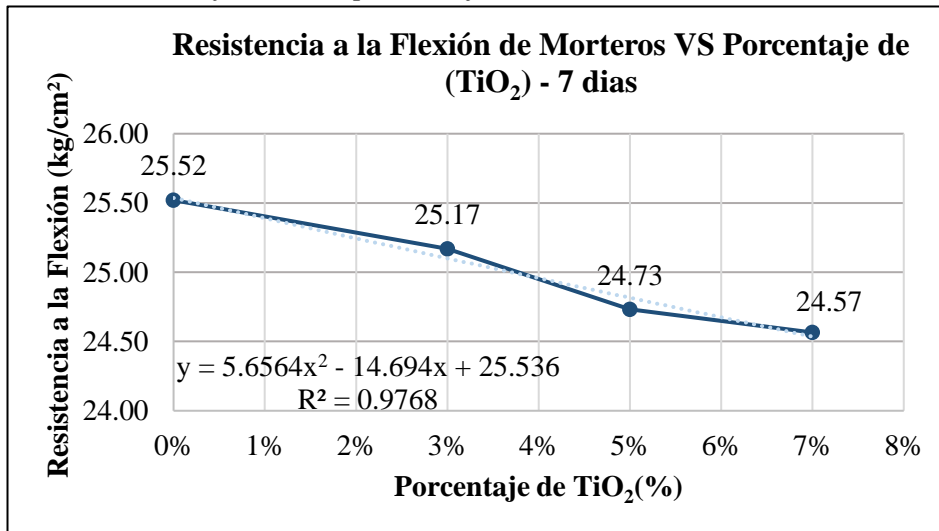
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²) – 7 días					
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia		
MP - 01	25.17				
MP - 02	25.77				
MP - 03	25.35	25.52	76.18%		
MP - 04	24.74				
MP - 05	25.70				
MP - 06	26.39				
Mortero +3% TiO₂	Resistencia			Resistencia promedio	% de Resistencia
M3% - 01	26.28				
M3% - 02	24.26				
M3% - 03	25.49	25.17	75.13%		
M3% - 04	27.22				
M3% - 05	23.27				
M3% - 06	24.50				
Mortero +5% TiO₂	Resistencia			Resistencia promedio	% de Resistencia
M5% - 01	26.02				
M5% - 02	24.65				
M5% - 03	24.87	24.73	73.83%		
M5% - 04	25.83				
M5% - 05	22.98				
M5% - 06	24.04				
Mortero +7% TiO₂	Resistencia			Resistencia promedio	% de Resistencia
M7% - 01	24.97				
M7% - 02	23.78				
M7% - 03	24.12	24.57	73.33%		
M7% - 04	25.37				
M7% - 05	24.12				
M7% - 06	25.03				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 65, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la flexión a los 7 días de 25.52 kg/cm², comparando dicho valor de resistencia con los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por encima de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la Flexión del mortero disminuyo con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ obtuvo la menor resistencia que fue de 24.57 kg/cm². Cabe indicar la que variación de resultados no es significativa.

Figura 65 :

Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO₂ - 7 días.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 65, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la flexión de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 37:

Comportamiento de la resistencia a la flexión - 7 días.

$$y = 5.6564x^2 - 14.694x + 25.536$$

De acuerdo a la Ecuación 37, se puede obtener la resistencia a la flexión máxima a los 7 días es de 25.52 kg/cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia a la flexión superior a los 24 kg/cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.2.2.4.Resultado de flexión de mortero a los 28 días

En la tabla 124, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO₂ a la edad de 28 días, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos y adicionalmente el porcentaje de resistencia adquirido respecto a la resistencia de diseño del mortero patrón.

Tabla 124 :*Resistencia a la flexión de morteros a los 28 días.*

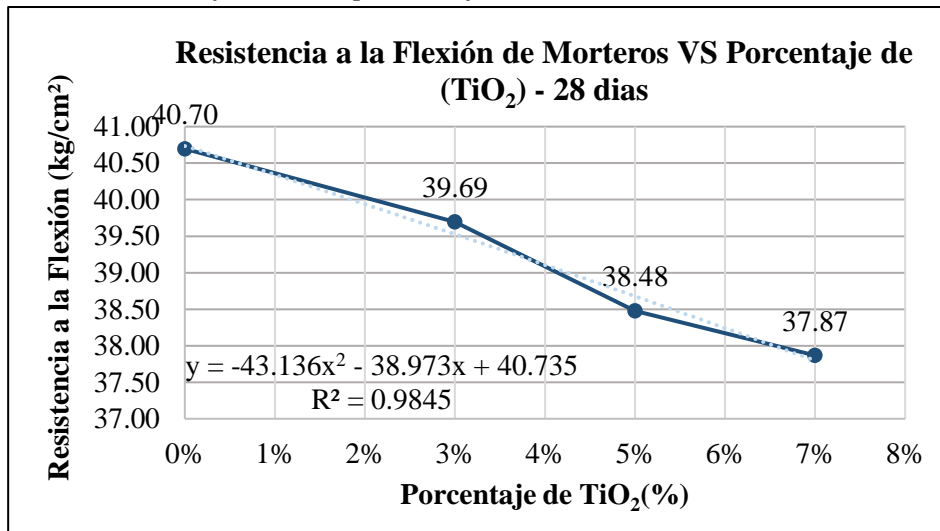
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²) – 28 días					
Mortero patrón	Resistencia	Resistencia promedio	% de Resistencia		
MP - 01	47.62				
MP - 02	35.67				
MP - 03	38.51	40.70	121.48%		
MP - 04	43.00				
MP - 05	27.87				
MP - 06	51.51				
Mortero +3% TiO₂	Resistencia			Resistencia promedio	
M3% - 01	55.27				
M3% - 02	34.86				
M3% - 03	31.44	39.69	118.49%		
M3% - 04	35.88				
M3% - 05	38.69				
M3% - 06	42.02				
Mortero +5% TiO₂	Resistencia			Resistencia promedio	
M5% - 01	30.06				
M5% - 02	32.89				
M5% - 03	39.49	38.48	114.86%		
M5% - 04	40.45				
M5% - 05	43.23				
M5% - 06	44.75				
Mortero +7% TiO₂	Resistencia			Resistencia promedio	
M7% - 01	36.57				
M7% - 02	39.78				
M7% - 03	37.28	37.87	113.03%		
M7% - 04	38.81				
M7% - 05	36.14				
M7% - 06	38.62				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 66, se observa que el mortero patrón, presenta una resistencia a la flexión a los 28 días de 40.70 kg/cm², comparando dicho valor de resistencia con los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por encima de los valores, lo que quiere decir que la resistencia a la Flexión del mortero disminuyo con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ obtuvo la menor resistencia que fue de 37.87 kg/cm². Cabe indicar la que variación de resultados no es significativa.

Figura 66 :

Resistencia a la flexión VS porcentaje de TiO₂ - 28 días.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 66, se puede predecir el comportamiento de la resistencia a la flexión de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 38:

Comportamiento de la resistencia a la flexión - 28 días.

$$y = -43.136x^2 - 38.973x + 40.735$$

De acuerdo a la Ecuación 38, se puede obtener la resistencia a la flexión máxima a los 7 días es de 40.70 kg/cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una resistencia a la flexión superior a los 37 kg/cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

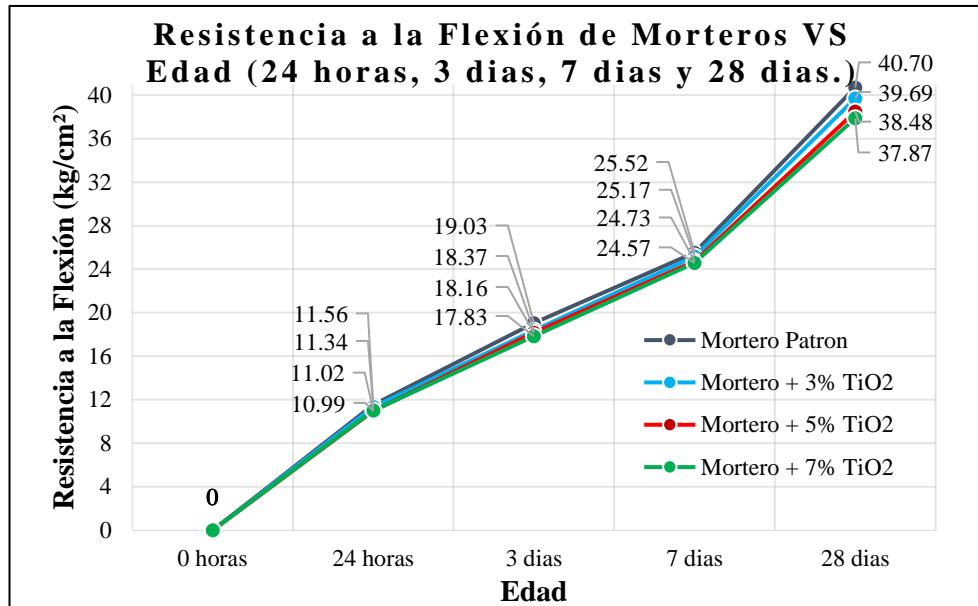
4.2.2.2.5. Análisis de la resistencia a la flexión

En la figura 67, se observó que, a la edad de 24 horas, los promedios de resistencia a la flexión de los distintos tratamientos son bastantes cercanos, notando que el de mayor resistencia a la flexión fue el mortero patrón, pero las disminuciones en la resistencia en esta primera etapa al adicionar dióxido de titanio fueron casi imperceptibles. A la edad de 3 días, la resistencia a la flexión de los distintos tratamientos fueron bastantes cercanos, notando que el de mayor resistencia fue el mortero patrón. A la edad de 7 días la resistencia a la flexión de los distintos tratamientos fueron bastantes cercanos, notando

que el de mayor resistencia fue el mortero patrón. A la edad de 28 días la resistencia a la flexión de los distintos tratamientos fueron bastantes cercanos, notando que el de mayor resistencia fue el mortero patrón.

Figura 67 :

Gráfico de resistencia a la flexión Promedio VS edad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.3. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros.

Con la finalidad de cumplir con el objetivo N°03, Determinar la incidencia de la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) en diferentes proporciones en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros de cemento.

4.2.3.1. Resultados de tasa de absorción de agua de los morteros.

Los resultados obtenidos de los ensayos de tasa de absorción de las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO₂ en distintos porcentajes respecto al peso del cemento, mantienen una variación entre sí, esto debido a diversos factores como son los componentes heterogéneos de los materiales empleados, la forma de ejecución del ensayo y la adición del TiO₂ y otras características que pueden influir en la tasa de absorción del mortero.



Para análisis del comportamiento respecto a la tasa de absorción de las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 , para lo cual se elaboraron 24 probetas, 6 por cada tratamiento, se toma registro de las muestras a las 0.25 horas, 1 horas, 4 horas y 24 horas, dichos datos son necesarios para poder realizar el cálculo de la tasa de absorción y conocer su comportamiento en función del tiempo.

4.2.3.1.1. Resultado de la tasa de absorción de morteros a las 0.25 horas

En la tabla 125, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de tasa de absorción de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 con un tiempo sumergido en al agua de 0.25 horas, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos.

Tabla 125 :*Resultados de tasa de absorción – 0.25 horas.*

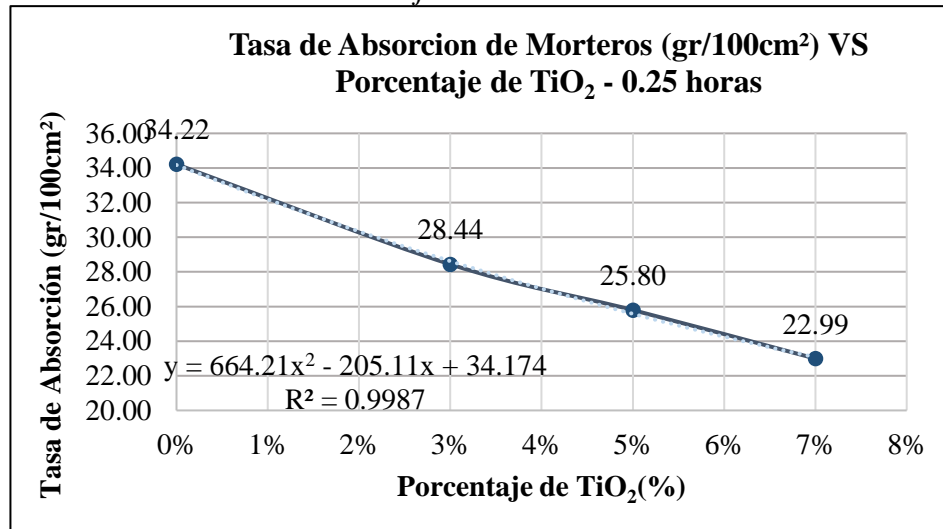
TASA DE ABSORCIÓN DE MORTEROS (gr/100cm²) – 15 min		
MORTERO PATRÓN	Absorción	Absorción Promedio
MP - 01	30.79	
MP - 02	36.30	
MP - 03	35.01	34.22
MP - 04	34.07	
MP - 05	32.19	
MP - 06	36.94	
MORTERO +3% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M3% - 01	26.51	
M3% - 02	29.54	
M3% - 03	29.43	28.44
M3% - 04	27.72	
M3% - 05	27.14	
M3% - 06	30.29	
MORTERO +5% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M5% - 01	22.13	
M5% - 02	25.20	
M5% - 03	24.37	25.80
M5% - 04	25.94	
M5% - 05	25.98	
M5% - 06	31.15	
MORTERO +7% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M7% - 01	20.95	
M7% - 02	20.88	
M7% - 03	27.15	22.99
M7% - 04	22.81	
M7% - 05	22.76	
M7% - 06	23.41	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 68, se observa que el mortero patrón, presenta la mayor tasa de absorción a las 0.25 horas, el cual alcanzo los 34.22 gr/100cm², comparado con los resultados obtenidos de los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la tasa de absorción del mortero ha disminuido con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ presento la menor tasa de absorción que fue de 22.99 gr/100cm².

Figura 68 :

Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO_2 – 0.25 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 68, se puede predecir el comportamiento de la tasa de absorción de morteros adicionando TiO_2 a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 39:

Comportamiento de la tasa de absorción 0.25 horas.

$$y = 664.21x^2 - 205.11x + 34.174$$

De acuerdo a la Ecuación 39, se puede obtener la tasa de absorción máxima a las 0.25 horas es de 34.22 gr/100cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una tasa de absorción superior a los 22 gr/100cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.3.1.2.Resultado de la tasa de absorción de morteros a 1 hora

En la tabla 126, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de tasa de absorción de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 con un tiempo sumergido en al agua de 1 hora, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos.

Tabla 126:*Resultados de tasa de absorción – 1 horas.*

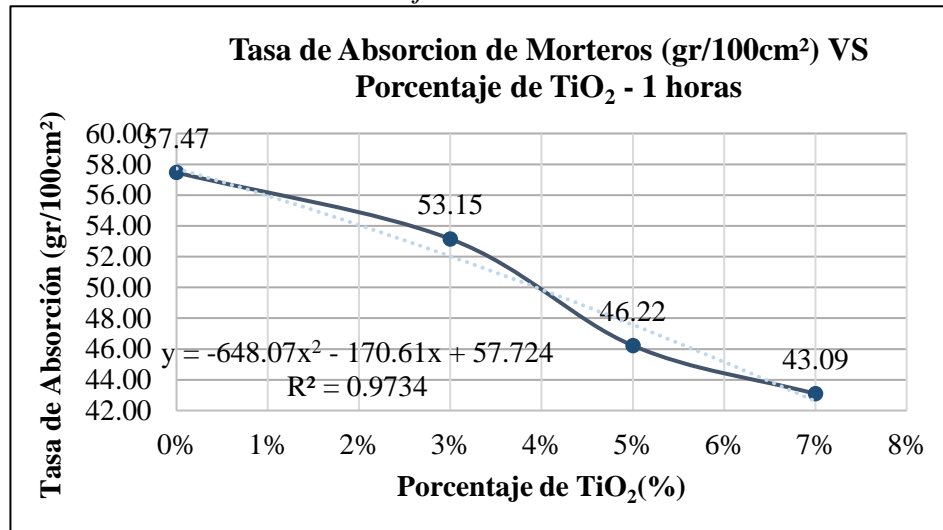
TASA DE ABSORCIÓN DE MORTEROS (gr/100cm²) – 1 hora		
MORTERO PATRÓN	Absorción	Absorción Promedio
MP - 01	53.58	
MP - 02	58.50	
MP - 03	57.21	
MP - 04	60.02	57.47
MP - 05	54.54	
MP - 06	60.95	
MORTERO +3% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M3% - 01	51.92	
M3% - 02	52.27	
M3% - 03	53.00	
M3% - 04	53.52	53.15
M3% - 05	52.26	
M3% - 06	55.92	
MORTERO +5% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M5% - 01	43.33	
M5% - 02	45.16	
M5% - 03	45.15	
M5% - 04	46.43	46.22
M5% - 05	46.57	
M5% - 06	50.68	
MORTERO +7% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M7% - 01	39.96	
M7% - 02	42.82	
M7% - 03	47.41	
M7% - 04	44.24	43.09
M7% - 05	41.01	
M7% - 06	43.10	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 69, se observa que el mortero patrón, presenta la mayor tasa de absorción a 1 hora, el cual alcanzo los 57.47 gr/100cm², comparado con los resultados obtenidos de los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la tasa de absorción del mortero ha disminuido con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ presento la menor tasa de absorción que fue de 43.09 gr/100cm².

Figura 69 :

Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO₂ – 1 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 69, se puede predecir el comportamiento de la tasa de absorción de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 40:

Comportamiento de la tasa de absorción 1 hora.

$$y = -648.07x^2 - 170.61x + 57.724$$

De acuerdo a la Ecuación 40, se puede obtener la tasa de absorción máxima a 1 hora es de 57.47 gr/100cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una tasa de absorción superior a los 43 gr/100cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.3.1.3.Resultado de la tasa de absorción de morteros a las 4 horas

En la tabla 127, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de tasa de absorción de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO₂ con un tiempo sumergido en al agua de 4 horas, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos.

Tabla 127 :*Resultados de tasa de absorción – 4 horas.*

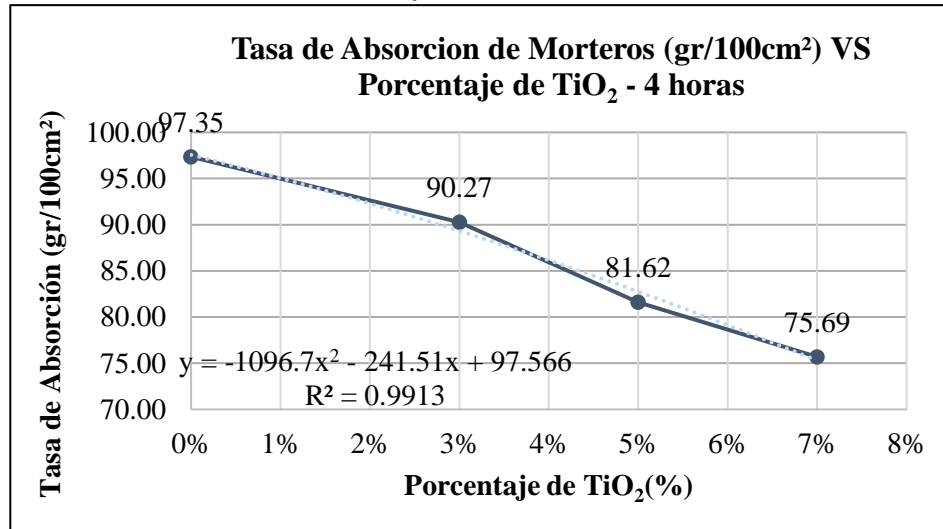
TASA DE ABSORCIÓN DE MORTEROS (gr/100cm²) – 4 horas		
MORTERO PATRÓN	Absorción	Absorción Promedio
MP - 01	93.89	
MP - 02	100.56	
MP - 03	97.33	97.35
MP - 04	100.88	
MP - 05	90.94	
MP - 06	100.51	
MORTERO +3% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M3% - 01	90.53	
M3% - 02	89.24	
M3% - 03	91.33	90.27
M3% - 04	90.47	
M3% - 05	86.99	
M3% - 06	93.08	
MORTERO +5% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M5% - 01	81.18	
M5% - 02	78.58	
M5% - 03	79.64	81.62
M5% - 04	81.52	
M5% - 05	82.27	
M5% - 06	86.52	
MORTERO +7% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M7% - 01	70.96	
M7% - 02	76.43	
M7% - 03	79.49	75.69
M7% - 04	78.58	
M7% - 05	72.17	
M7% - 06	76.51	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 70, se observa que el mortero patrón, presenta la mayor tasa de absorción a las 4 horas, el cual alcanzo los 97.35 gr/100cm², comparado con los resultados obtenidos de los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la tasa de absorción del mortero ha disminuido con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ presento la menor tasa de absorción que fue de 75.69 gr/100cm².

Figura 70 :

Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO_2 – 4 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 70, se puede predecir el comportamiento de la tasa de absorción de morteros adicionando TiO_2 a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 41:

Comportamiento de la tasa de absorción 4 horas.

$$y = -1096.7x^2 - 241.51x + 97.566$$

De acuerdo a la Ecuación 41, se puede obtener la tasa de absorción máxima a las 4 horas es de 97.35 gr/100cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una tasa de absorción superior a los 75 gr/100cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio.

4.2.3.1.4.Resultado de la tasa de absorción de morteros a las 24 horas

En la tabla 128, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de tasa de absorción de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 con un tiempo sumergido en el agua de 24 horas, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos.

Tabla 128 :*Resultados de tasa de absorción – 24 horas.*

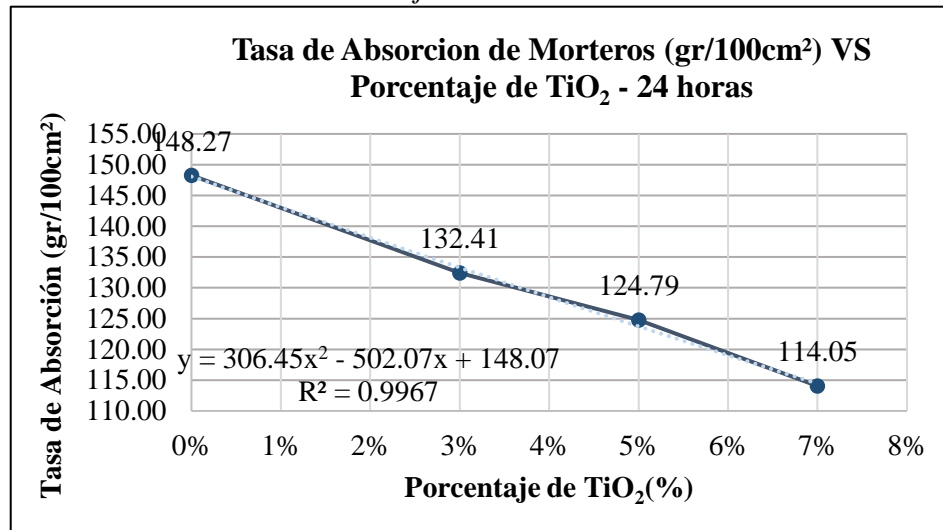
TASA DE ABSORCIÓN DE MORTEROS (gr/100cm²) – 24 hora		
MORTERO PATRÓN	Absorción	Absorción Promedio
MP - 01	146.25	
MP - 02	148.35	
MP - 03	147.10	148.27
MP - 04	149.58	
MP - 05	149.88	
MP - 06	148.49	
MORTERO +3% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M3% - 01	130.15	
M3% - 02	130.44	
M3% - 03	134.11	132.41
M3% - 04	133.55	
M3% - 05	130.64	
M3% - 06	135.55	
MORTERO +5% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M5% - 01	124.12	
M5% - 02	123.50	
M5% - 03	125.98	124.79
M5% - 04	122.55	
M5% - 05	127.08	
M5% - 06	125.50	
MORTERO +7% TiO₂	Absorción	Absorción Promedio
M7% - 01	110.99	
M7% - 02	116.28	
M7% - 03	112.85	114.05
M7% - 04	115.41	
M7% - 05	114.32	
M7% - 06	114.46	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura 71, se observa que el mortero patrón, presenta la mayor tasa de absorción a 1 hora, el cual alcanzo los 148.27 gr/100cm², comparado con los resultados obtenidos de los morteros adicionados con TiO₂, este se encuentra por debajo de los valores, lo que quiere decir que la tasa de absorción del mortero ha disminuido con la adicción de TiO₂, en este caso el tratamiento con 7% de TiO₂ presento la menor tasa de absorción que fue de 114.05 gr/100cm².

Figura 71 :

Tasa de absorción VS Porcentaje de TiO₂ – 24 horas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 71, se puede predecir el comportamiento de la tasa de absorción de morteros adicionando TiO₂ a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 42:

Comportamiento de la tasa de absorción 24 horas.

$$y = 306.45x^2 - 502.07x + 148.07$$

De acuerdo a la Ecuación 42, se puede obtener la tasa de absorción máxima a las 4 horas es de 148.27 gr/100cm² para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener una tasa de absorción superior a los 110 gr/100cm², entonces se puede adicionar es hasta 7 % de dióxido de titanio

4.2.3.1.5. Análisis de la tasa de absorción

En la figura 72, se observó que, con un tiempo sumergido en el agua de 0.25 horas, los promedios de tasa de absorción de los distintos tratamientos son bastantes dispersos, notando que el que presenta la mayor tasa de absorción fue el mortero patrón, disminuyendo la tasa de absorción de morteros a las adicciones TiO₂, siendo el tratamiento con 7% de TiO₂ el que presenta la menor tasa de absorción.

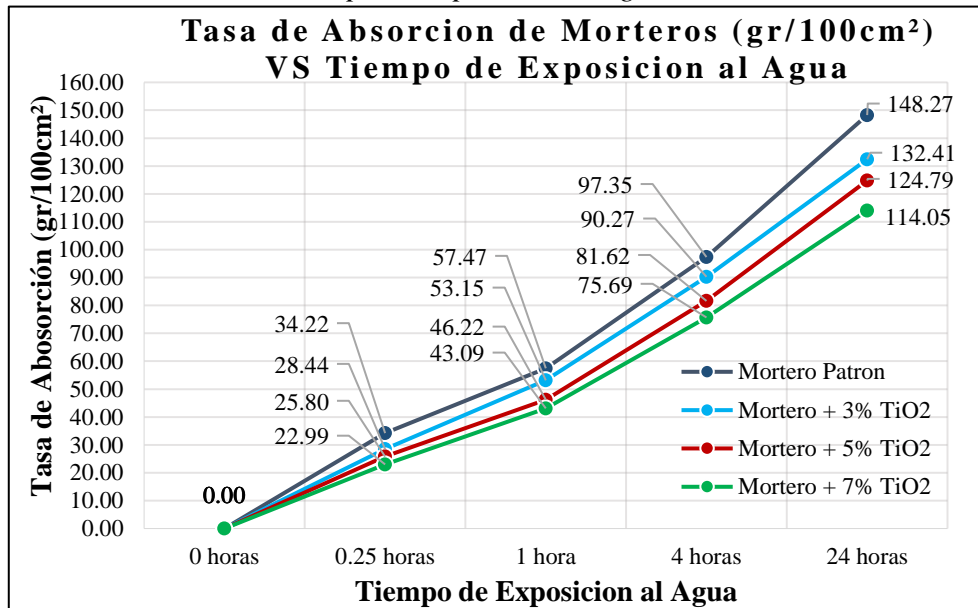
Con un tiempo sumergido en el agua de 1 hora, la tendencia se ha mantenido, notando que el de menor tasa de absorción fue el tratamiento que contiene 7% de TiO₂.

Con un tiempo sumergido en el agua de 7 horas, la tendencia se ha mantenido, notando que el de menor tasa de absorción fue el tratamiento que contiene 7% de TiO_2 .

Con un tiempo sumergido en el agua de 24 horas, la tendencia se ha mantenido, notando que el de menor tasa de absorción fue el tratamiento que contiene 7% de TiO_2 .

Figura 72 :

Tasa de absorción VS tiempo de exposición al agua.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.3.2. Resultados de Coeficiente de permeabilidad de morteros

Los resultados obtenidos de los ensayos de permeabilidad de las probetas de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 en distintos porcentajes respecto al peso del cemento, mantienen una variación entre sí, esto debido a diversos factores como son los componentes heterogéneos de los materiales empleados, el procedimiento de mezclado y compactado, la forma de ejecución del ensayo y la adición del TiO_2 y otras características que pueden influir en la permeabilidad del mortero.

Para análisis del comportamiento del coeficiente de permeabilidad de mortero patrón y morteros adicionados con TiO_2 , para lo cual se elaboró 16 probetas, de las cuales se ensayaron 4 probetas para cada tipo de tratamiento.

4.2.3.2.1. Resultado de coeficiente de permeabilidad de morteros a los 5 días

En la tabla 129, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de permeabilidad de morteros realizados a las probetas de morteros patrón y morteros adicionados con TiO_2 con un tiempo de exposición al agua de 5 días, así también se observa que en la parte lateral de la tabla se presenta el promedio de los resultados obtenidos.

Tabla 129 :

Resultados de coeficiente de permeabilidad.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DE MORTEROS (cm/seg)		
MORTERO PATRÓN	Permeabilidad	Permeabilidad Promedio
MP - 01	5.78E-06	
MP - 02	5.41E-06	
MP - 03	7.36E-06	5.93E-06
MP - 04	5.16E-06	
MORTERO +3% TiO_2	Permeabilidad	Permeabilidad Promedio
M3% - 01	5.07E-06	
M3% - 02	4.71E-06	
M3% - 03	4.25E-06	4.42E-06
M3% - 04	3.67E-06	
MORTERO +5% TiO_2	Permeabilidad	Permeabilidad Promedio
M5% - 01	4.97E-06	
M5% - 02	3.27E-06	
M5% - 03	3.33E-06	3.71E-06
M5% - 04	3.26E-06	
MORTERO +7% TiO_2	Permeabilidad	Permeabilidad Promedio
M7% - 01	1.05E-06	
M7% - 02	2.58E-06	
M7% - 03	1.65E-06	2.11E-06
M7% - 04	3.14E-06	

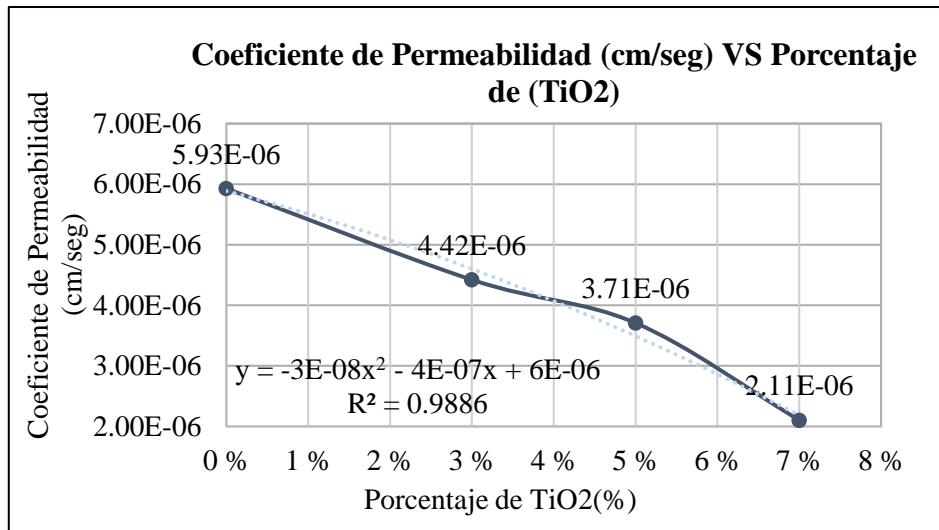
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura 73, se observa que el mortero patrón, presenta un mayor coeficiente de permeabilidad a un tiempo de exposición al agua de 5 días, comparando dicho valor con los resultados obtenidos en los morteros adicionados con TiO_2 , este se encuentra por encima de los valores, lo que quiere decir que el coeficiente de permeabilidad del mortero

aumentó con la adicción de TiO_2 , en este caso el tratamiento con 7% de TiO_2 obtuvo el menor coeficiente de permeabilidad que fue de $2.11\text{E}-06$ cm/seg.

Figura 73 :

Coefficiente de permeabilidad VS porcentaje de TiO_2 .



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la figura 73, se puede predecir el comportamiento de la permeabilidad de morteros adicionando TiO_2 a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 43:

Comportamiento de la permeabilidad.

$$y = -3(E - 08)x^2 - 4(E - 07)x + 6E - 06$$

De acuerdo a la Ecuación 43, se puede obtener el coeficiente de permeabilidad máximo a los 5 días es de 5.93×10^{-6} cm/seg para una adición de 0 % de dióxido de titanio. Por lo tanto, se puede predecir que, cuando se desea obtener un coeficiente de permeabilidad menor que 4.00×10^{-6} cm/seg, entonces se puede adicionar dióxido de titanio

4.2.3.2.2. Análisis del coeficiente de permeabilidad

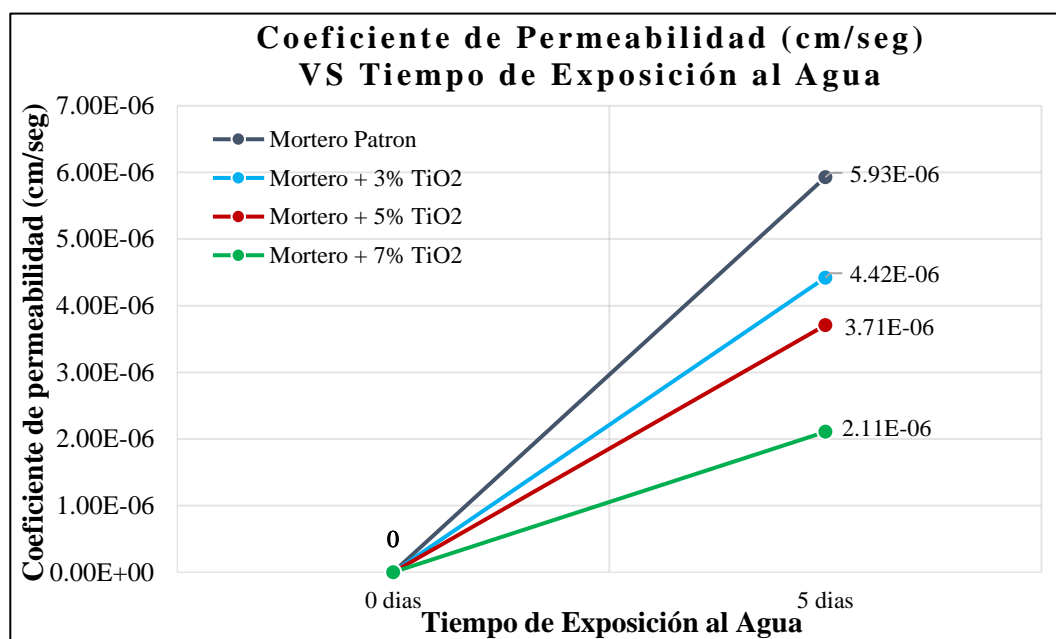
En la figura 74, se observó que, a un tiempo de exposición al agua de 5 días, los promedios de coeficiente de permeabilidad de los distintos tratamientos son bastantes dispersos, notando que el de mayor coeficiente de permeabilidad fue el mortero patrón,

disminuyendo con la adición de TiO_2 , siendo el tratamiento con 7% de TiO_2 el que obtuvo el menor coeficiente de permeabilidad.

Se observa una reducción en un 25.41%, 37.46% y 64.48% del mortero adicionado con 3%, 5% y 7% respectivamente de coeficiente de permeabilidad respecto al mortero patrón lo cual indica que con la adición de TiO_2 se ha reducido la permeabilidad del mortero.

Figura 74 :

Coficiente de Permeabilidad VS tiempo de exposición al agua.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3.1. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros.

4.3.1.1. Medición de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes

Se observa en la tabla 110, que las losetas adicionadas con TiO_2 presenta una mayor absorción de partículas volátiles contaminantes, lo cual demostraría la hipótesis



planteada ya que reduce la emisión de partículas volátiles al medio ambiente reduciendo la contaminación producto de partículas volátiles Contaminantes.

Se observa en la tabla 111, que a un mayor porcentaje de TiO_2 , en este caso el 5% y 7% se observa un mejor resultado ya que al agregar agua a las losetas y retirar los contaminantes producto de partículas volátiles Contaminantes, no se deteriora su color, caso contrario de lo que sucede con las muestras que tiene una menor proporción de TiO_2 , es decir la muestra con 0% y 3% de TiO_2 , presentan un color opaco como reflejo de la afectación de los contaminantes.

4.3.1.2. Medición de la autolimpieza por degradación de rodamina B de morteros.

Según los resultados obtenidos en la figura 53, se observa la presencia de la actividad fotocatalítica de autolimpieza por degradación de rodamina B, se observa que la actividad fotocatalítica a un tiempo de exposición de 4 horas a rayos UV el efecto de adicionar dióxido de titanio en 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento, se observó que la degradación de rodamina B es de 56.06%, 64.24% y 78.21% respectivamente, mientras que el mortero patrón no presentó actividad fotocatalítica suficiente para ser considerado mortero fotocatalítico.

Se observa que la actividad fotocatalítica a un tiempo de exposición de 26 horas a rayos UV el efecto de adicionar dióxido de titanio en 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento, se observó que la degradación de rodamina B es de 68.33%, 75.90% y 90.70% respectivamente, mientras que el mortero patrón no presentó actividad fotocatalítica suficiente para ser considerado mortero fotocatalítico.

Según los resultados obtenidos se observa que al adicionar dióxido de titanio en la elaboración de morteros estos presentan propiedades fotocatalíticas.



4.3.2. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros.

4.3.2.1. Resistencia a la compresión

Según los resultados obtenidos en la figura 60, se observa que a las 24 horas de curado el efecto de adicionar dióxido de titanio en 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión de 10.07%, 16.46% y 8.26% respectivamente respecto al mortero patrón, a los 3 días de curado la tendencia se mantiene, es decir que al adicionar TiO_2 se observa un incremento de la resistencia a la compresión, en un 6.55%, 13.69% y 15.06% respectivamente respecto al mortero patrón, a los 7 días de curado el efecto de adicionar TiO_2 en la elaboración de morteros disminuye la resistencia a la compresión en 0.76%, 2.56% y 3.6% respectivamente, respecto al mortero patrón, finalmente a los 28 días de curado el efecto de adicionar TiO_2 en la elaboración de morteros disminuye la resistencia a la compresión de 2.48%, 11.92% y 17.81% respectivamente, respecto al mortero patrón. Se observa que a resistencias iniciales de 24 horas y 3 días la adicción de dióxido de titanio incrementa la resistencia a la compresión y a los 7 y 28 días la adicción de dióxido de titanio disminuye la resistencia a la compresión. Cabe indicar el mortero patrón presenta una resistencia a la compresión mayor a la del diseño de mezclas.

4.3.2.2. Resistencia a la flexión

Según los resultados obtenidos en la figura 67, se observa que a las 24 horas de curado el efecto del de adicionar dióxido de titanio en 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento se observa una disminución de la resistencia a la flexión de 1.83%, 4.89% y 4.89% respectivamente respecto al mortero patrón, a los 3 días de curado la tendencia se mantiene, es decir que al adicionar TiO_2 se observa una disminución de la resistencia a la flexión, en un 3.47%, 4.61% y 6.37% respectivamente respecto al mortero patrón, a los 7



días de curado el efecto de adicionar TiO_2 en la elaboración de morteros disminuye la resistencia a la flexión de 1.37%, 3.09% y 3.74% respectivamente respecto al mortero patrón, finalmente a los 28 días de curado el efecto de adicionar TiO_2 en la elaboración de morteros disminuye la resistencia a la flexión de 2.47%, 5.45% y 6.95% respectivamente respecto al mortero patrón. Se observa que la adicción de dióxido de titanio disminuye la resistencia a la flexión a las 24 horas, 3 días, 7 días y 28 días. Cabe indicar el mortero patrón presenta una resistencia a la flexión mayor a la del diseño de mezclas.

4.3.3. Incidencia del dióxido de titanio en las propiedades físicas de absorción y permeabilidad de morteros

4.3.3.1. Tasa de absorción

Según los resultados obtenidos en la figura 72, se observa con un tiempo sumergido en el agua de 0.25 horas el efecto del de adicionar dióxido de titanio en 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento se observa una disminución en la tasa de absorción de 16.88%, 24.61% y 32.80 % respectivamente respecto al mortero patrón, con un tiempo sumergido en el agua de 1 hora la tendencia se mantiene, es decir que al adicionar TiO_2 se observa una disminución en la tasa de absorción, en un 7.51%, 19.57% y 25.02% respectivamente respecto al mortero patrón, con un tiempo sumergido en el agua de 4 horas el efecto de adicionar TiO_2 en la elaboración de morteros disminuye la tasa de absorción de 7.27%, 16.16% y 22.25% respectivamente respecto al mortero patrón, finalmente con un tiempo sumergido en el agua de 24 horas el efecto de adicionar TiO_2 en la elaboración de morteros disminuye la tasa de absorción de 10.70%, 15.84% y 23.08% respectivamente respecto al mortero patrón. Se observa que la adicción de dióxido de titanio disminuye la tasa de absorción a las 0.25, 1, 4 y 24 horas.

4.3.3.2. Coeficiente de permeabilidad

Según los resultados obtenidos en la figura 74, se observa a un tiempo de exposición al agua de 5 días el efecto del de adicionar dióxido de titanio en 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento se observa una disminución del coeficiente de permeabilidad de 25.41%, 37.46% y 64.48% respectivamente respecto al mortero patrón, Se observa que la adicción de dióxido de titanio disminuye la permeabilidad de morteros.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.4.1. Análisis estadístico ANOVA, TUKEY y correlación lineal de PEARSON.

Para demostrar la hipótesis planteada en la presente investigación respecto a los resultados del ensayo de la actividad fotocatalítica por degradación de rodamina B, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, tasa de absorción y coeficiente de permeabilidad de morteros, tanto a las probetas de mortero patrón y sus diferentes tratamientos adicionando TiO_2 . Se ha empleado el programa estadístico Minitab19 para el análisis de estadístico ANOVA, TUKEY y correlación lineal de PEARSON.

Para realizar el análisis de varianza ANOVA de un solo factor se requieren los siguientes datos.

- Hipótesis nula (H_0): Todas las medias son iguales ($p > \alpha$) → Se acepta la hipótesis nula.
- Hipótesis alterna (H_1): No todas las medias son iguales ($p < \alpha$) Se rechaza la hipótesis nula.
- Nivel de confianza individual: 95%.
- Nivel de significancia (α): 5% (0.05).

Para el análisis de la diferencia estadística entre las medias muestrales de las probetas de mortero patrón y sus diferentes tratamientos adicionando TiO_2 , se utilizó la prueba de rango múltiple TUKEY.



Para el análisis de la relación de las variables se utilizó la correlación lineal de PEARSON donde se interpreta la correlación según al valor r calculado.

(+)(-) Correlación inexistente	$0.00 = r < 0.00$
(+)(-) Correlación muy baja	$0.01 = r < 0.20$
(+)(-) Correlación baja	$0.21 = r < 0.40$
(+)(-) Correlación moderada	$0.41 = r < 0.60$
(+)(-) Correlación alta	$0.61 = r < 0.80$
(+)(-) Correlación muy alta	$0.81 = r = 0.99$
(+)(-) Correlación perfecta	$1.00 = r = 1.00$

4.4.2. Análisis estadístico de las propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros.

4.4.2.1. Análisis estadístico de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.

Se realizó una observación visual de las características de las probetas analizadas, pero al no obtenerse datos no se pudo realizar el análisis estadístico de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.

4.4.2.2. Análisis estadístico de la autolimpieza por degradación de rodamina B a las 26 horas.

Se realizó el análisis estadístico de la autolimpieza por degradación de rodamina B de mortero patrón y sus distintos tratamientos con un tiempo de exposición a rayos UV de 26 horas. Para el análisis de la varianza ANOVA, la variable a analizar es el porcentaje de degradación de rodamina B. Así también se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos y la correlación lineal de Pearson para determinar el grado de correlación entre las variables.

4.4.2.2.1. Resultados ANOVA

Como indica la tabla 130, en el programa minitab 2019 se toma como factor a los diferentes tratamientos de mortero adicionando TiO_2 y como respuesta a los valores de degradación de rodamina B del mortero.

Tabla 130 :

Información del factor.

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	4	MP; MP+3% TiO_2 ; MP+5% TiO_2 ; MP+7% TiO_2

Fuente: Minitab 2019

Como se muestra en la tabla 131, el valor p fue de 0.000, esto significa que p es menor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), concluyendo que se rechace la hipótesis nula y se acepte la hipótesis alternativa, esto proporciona suficiente evidencia para decir que las medias del porcentaje de degradación de rodamina B a un tiempo de exposición a rayos UV de 26 horas fueron estadísticamente distintas.

Tabla 131 :

Análisis de Varianza.

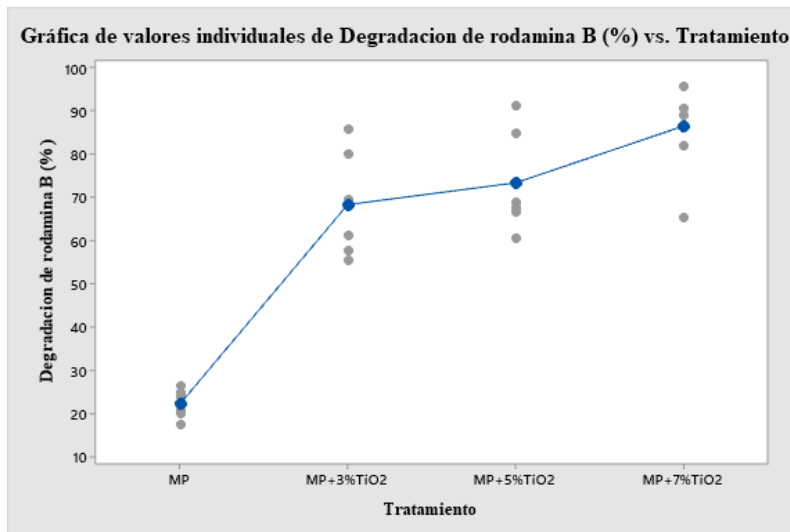
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	14127	4708.9	42.75	0.000
Error	20	2203	110.2		
Total	23	16330			

Fuente: Minitab 2019

La figura 75, de valores individuales muestra que tanto en mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO_2 tienen una actividad fotocatalítica por degradación de rodamina B a un tiempo de exposición a luz UV de 26 horas diferentes. Siendo el tratamiento de mortero adicionado con 7% de TiO_2 el que obtuvo el mayor porcentaje de degradación de rodamina B y el mortero patrón presentó el menor porcentaje de degradación de rodamina B.

Figura 75 :

Gráfica de valores individuales de degradación de rodamina B VS tratamiento.



Fuente: Minitab 2019

En la tabla 132, se puede deducir que los intervalos de confianza nos dan un 95% de probabilidad de que si se vuelve a fabricar cualquier tipo de tratamiento mencionado el porcentaje de degradación de rodamina B estarán dentro de los rangos indicados. Es decir, con el tratamiento del 7% de TiO_2 , el porcentaje de degradación de rodamina B que se obtendrán estarán entre 77.55% y 95.43%

Tabla 132 :

Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO_2 .

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MP	6	22.17	3.39	(13.23; 31.11)
MP+3% TiO_2	6	68.33	12.48	(59.39; 77.26)
MP+5% TiO_2	6	73.38	11.87	(64.44; 82.31)
MP+7% TiO_2	6	86.49	11.51	(77.55; 95.43)

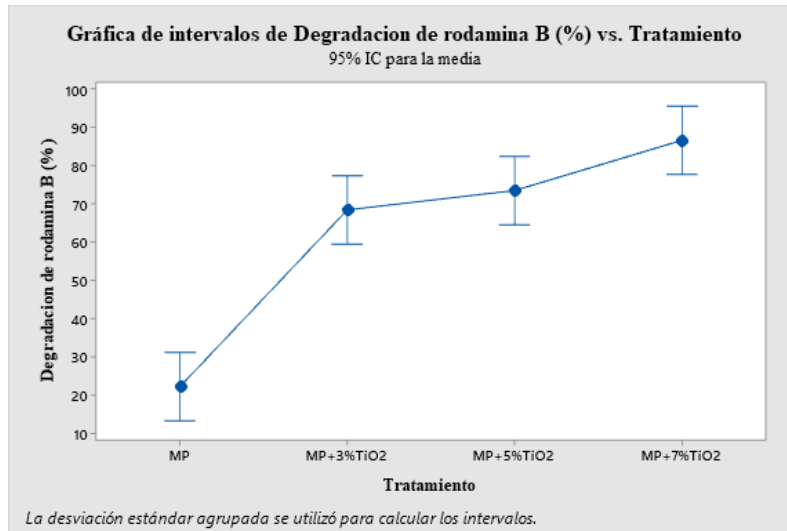
Desv.Est. agrupada = 10.4954

Fuente: Minitab 2019

En la figura 76, se muestra a los intervalos de confianza de cada uno de los tratamientos tanto al mortero patrón y a los morteros adicionados con TiO_2 , al igual que cada una de las medias.

Figura 76 :

Intervalos de confianza y medias para cada uno de los tratamientos con TiO₂.



Fuente: Minitab 2019

La prueba ANOVA nos indica que las medias de los grupos son diferentes, pero no cuáles pares de grupos son iguales entre sí, para ello se debe aplicar la prueba de rango múltiple de Tukey.

4.4.2.2.Resultados TUKEY:

La prueba de Tukey proporcionó tres conjuntos de intervalos de comparación múltiple: Media del mortero patrón restada de las medias de los tratamientos con 3, 5, 7% de TiO₂. Media del mortero adicionada con 3% TiO₂ restada de las medias de los tratamientos con 5 y 7% TiO₂. Media del mortero adicionada con 5% TiO₂ restada de las medias de los tratamientos con 7% TiO₂.

La tabla 133, se muestra que el mortero adicionado con 5% y 7% de TiO₂ pertenecen a un mismo grupo estadístico al grupo A, lo que se concluye que dichas medias no varían significativamente. En cuanto a los demás tratamientos sus medias varían significativamente, de los cuales forman entre ellos otros grupos estadísticos, como por ejemplo el grupo B contiene la media de los morteros adicionado con 5 y 3% de TiO₂.

En cuanto al mortero patrón varía significativamente con respecto a los morteros adicionados con TiO₂ y el Cual forma el grupo estadístico C.

Tabla 133 :

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
MP+7%TiO ₂	6	86.49	A		
MP+5%TiO ₂	6	73.38	A	B	
MP+3%TiO ₂	6	68.33		B	
MP	6	22.17			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 2019

En la tabla 134, los resultados se interpretan a través de los rangos del intervalo de confianza del 95% que nos arroja el programa, el rango de intervalos que incluya el cero no posee una diferencia estadísticamente significativa. Los intervalos que cumple con dicha afirmación son el intervalo (MP+5% TiO₂ - MP+3% TiO₂) y el intervalo (MP+7% TiO₂ - MP+5% TiO₂)

Tabla 134 :

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
MP+3%TiO ₂ - MP	46.16	6.06	(29.19; 63.13)	7.62	0.000
MP+5%TiO ₂ - MP	51.21	6.06	(34.24; 68.18)	8.45	0.000
MP+7%TiO ₂ - MP	64.32	6.06	(47.36; 81.29)	10.62	0.000
MP+5%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	5.05	6.06	(-11.92; 22.02)	0.83	0.838
MP+7%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	18.17	6.06	(1.20; 35.13)	3.00	0.033
MP+7%TiO ₂ - MP+5%TiO ₂	13.12	6.06	(-3.85; 30.08)	2.16	0.168

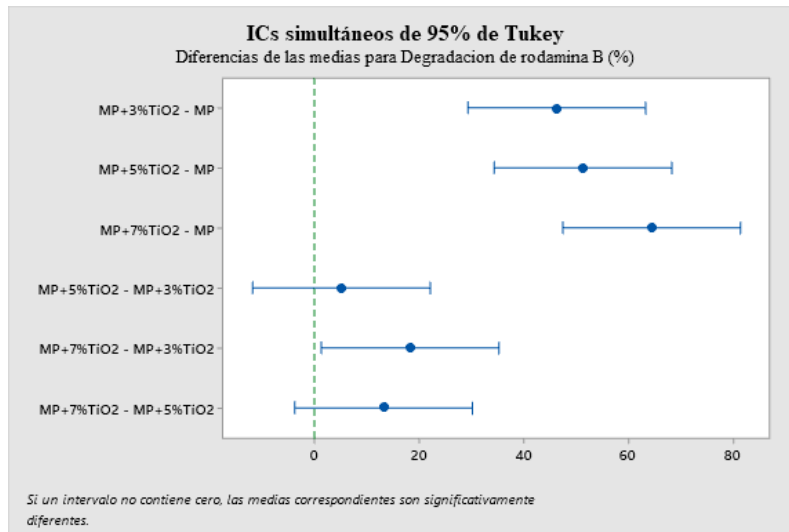
Nivel de confianza individual = 98.89%

Fuente: Minitab 2019

De la misma manera se interpretó los demás resultados de la prueba de Tukey, las medias para los demás tratamientos difirieron significativamente debido a que no todos intervalos de confianza incluyen el cero. Es por eso que algunos tratamientos obtuvieron un porcentaje de degradación promedio significativamente distintas, como se observa en la figura 77 mostrada a continuación.

Figura 77 :

ICs simultáneos de 95% de Tukey degradación de rodamina B - 26 horas.



Fuente: Minitab 2019

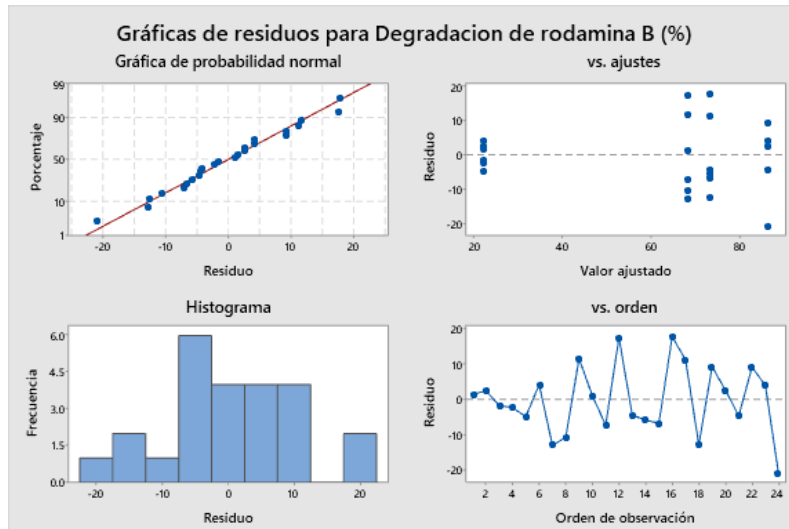
Validación del modelo estadístico.

Se utiliza la figura 78 de residuos como ayuda para determinar si el modelo es adecuado y cumple con los supuestos del análisis para lo cual se verifico ciertas premisas.

- En la gráfica de probabilidad normal (Porcentaje vs residuo) los residuos tienden a seguir una línea recta por lo cual indica que están distribuidos normalmente.
- En la gráfica de (residuos vs ajustes) los puntos están dispersos aleatoriamente en la gráfica, con lo cual ninguno de los grupos no presenta una variabilidad sustancialmente diferente y no hay ningún valor atípico evidente.
- En la gráfica de (residuos vs orden) los residuos que se muestran se ubican aleatoriamente alrededor de la línea central, lo que indica que son independientes entre sí.
- En la gráfica del histograma se puede evidenciar que presenta una simetría en la distribución de los residuos para todas las observaciones. El histograma fue aproximadamente simétrico y con forma de campana. Cabe señalar que este no es un parámetro clave para el análisis de aceptación del modelo.

Figura 78 :

Gráficas de residuos para Degradación de rodamina B - 26 horas.



Fuente: Minitab 2019

4.4.2.2.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:

Para el análisis de la relación de las variables del porcentaje de adicción de TiO_2 y la degradación de rodamina B de las probetas de mortero patrón y sus diferentes tratamientos adicionando TiO_2 .

Como se muestra en la tabla 135, el valor r de PEARSON fue de 0.918, esto significa que $r < 0.99$, concluyendo que existe una correlación directa muy alta entre la adición a diferentes porcentajes de TiO_2 y la degradación de rodamina B.

Tabla 135:

Correlación r de Pearson de % de TiO_2 y la degradación de rodamina B.

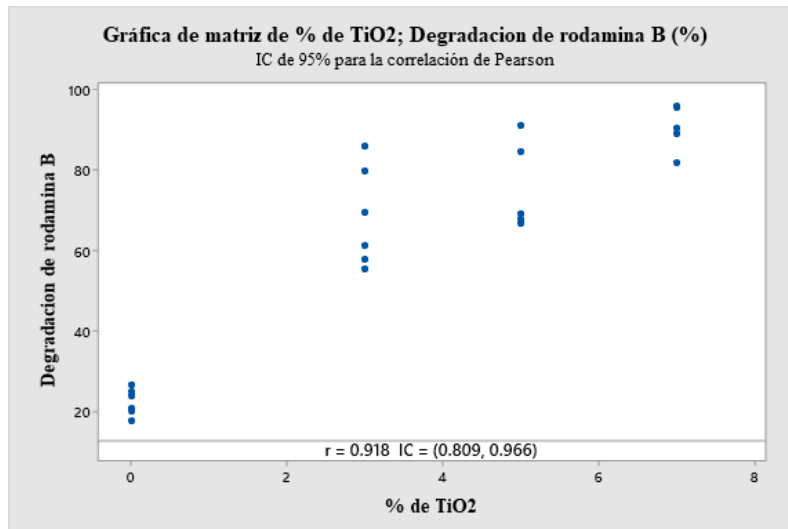
Muestra 1	Muestra 2	Filas utilizadas	Correlación
Degradación de rodamina B	% de TiO_2	24	0.918

Fuente: Minitab 2019

En la figura 79, gráfica de matriz de % de TiO_2 y la degradación de rodamina B de mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO_2 . Se observa que mientras mayor sea la adicción de TiO_2 se incrementa el porcentaje de degradación de rodamina B.

Figura 79 :

Gráfica de matriz de % de TiO₂ y degradación de rodamina B.



Fuente: Minitab 2019

4.4.3. Análisis estadístico de las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros

4.4.3.1. Análisis estadístico de la resistencia a la compresión a la edad de 28 días.

Como la resistencia a compresión de diseño fue para los 28 días, se realiza el análisis estadístico de la resistencia a la compresión de morteros a dicha edad. Para el análisis de la varianza ANOVA, la variable a analizar es la resistencia a la compresión a la edad de 28 días. Así también se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos y la correlación lineal de Pearson para determinar el grado de correlación entre las variables.

4.4.3.1.1. Resultados ANOVA:

Como indica la tabla 136, en el programa minitab 2019 se toma como factor a los diferentes tratamientos de mortero adicionando TiO₂ y como respuesta a los valores de resistencia de compresión del mortero.

Tabla 136 :*Información del factor.*

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	4	MP; MP+3%TiO ₂ ; MP+5%TiO ₂ ; MP+7%TiO ₂

Fuente: Minitab 2019

Como se muestra en la tabla 137, el valor p fue de 0.000, esto significa que p es menor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, esto proporciona suficiente evidencia para decir que las medias de la resistencia a la compresión a la edad de 28 días fueron estadísticamente distintas.

Tabla 137 :*Análisis de Varianza.*

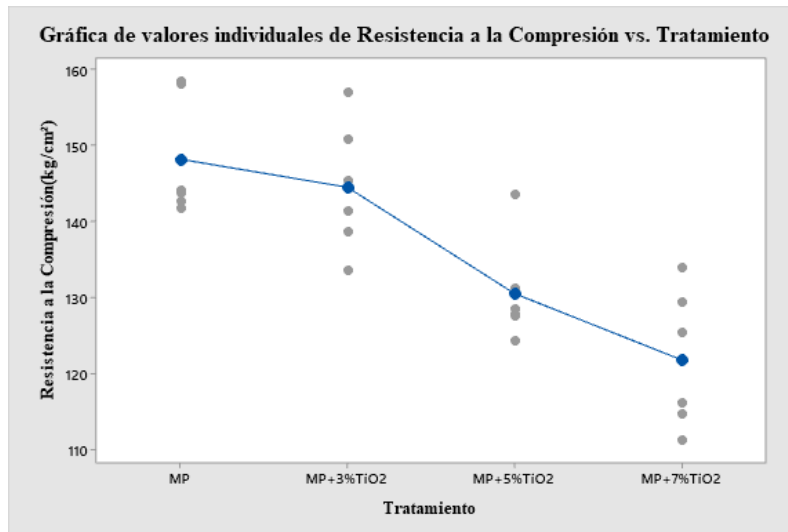
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	2714	904.65	13.71	0.000
Error	20	1320	65.98		
Total	23	4033			

Fuente: Minitab 2019

En la figura 80, de valores individuales muestra que tanto en mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO₂ tienen una resistencia promedio a la compresión a la edad de 28 días diferentes. Siendo el tratamiento de mortero adicionado con 7% de TiO₂ el que obtuvo la menor resistencia a la compresión y el tratamiento con 3% de TiO₂ tuvo la mayor resistencia a la compresión.

Figura 80 :

Gráfica de valores individuales de resistencia a la compresión vs tratamiento.



Fuente: Minitab 2019

En la tabla 138, se puede deducir que los intervalos de confianza nos dan un 95% de probabilidad de que si se vuelve a fabricar cualquier tipo de tratamiento mencionado la resistencia a la compresión estarán dentro de los rangos indicados. Es decir, con el tratamiento del 0% de TiO_2 , las resistencias que se obtendrán estarán entre 141.28 y 155.12 kg/cm^2 .

Tabla 138 :

Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO_2 .

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MP	6	148.20	7.93	(141.28; 155.12)
MP+3% TiO_2	6	144.52	8.50	(137.60; 151.43)
MP+5% TiO_2	6	130.53	6.81	(123.62; 137.45)
MP+7% TiO_2	6	121.81	9.08	(114.89; 128.73)

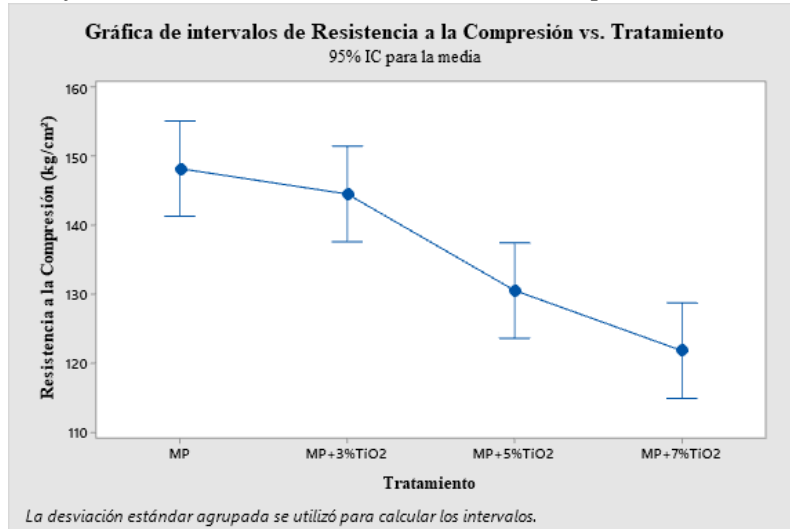
Desv.Est. agrupada = 8.12254

Fuente: Minitab 2019

En la figura 81, se muestra a los intervalos de confianza de cada uno de los tratamientos tanto al mortero patrón y a los morteros adicionados con TiO_2 , al igual que cada una de las medias.

Figura 81 :

Gráfica de intervalos de resistencia a la compresión vs tratamiento.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La prueba ANOVA nos indica que las medias de los grupos son diferentes, pero no cuáles pares de grupos son iguales entre sí, para ello se debe aplicar la prueba de rango múltiple de Tukey.

4.4.3.1.2.Resultados TUKEY:

La prueba de Tukey proporcionó tres conjuntos de intervalos de comparación múltiple: Media del mortero patrón restada de las medias de los tratamientos con 3, 5, 7% de TiO₂. Media del mortero adicionada con 3% TiO₂ restada de las medias de los tratamientos con 5 y 7% TiO₂. Media del mortero adicionada con 5% TiO₂ restada de las medias de los tratamientos con 7% TiO₂.

La tabla 139, se muestra que tanto el mortero patrón y el mortero adicionado con 3% de TiO₂ pertenecen a un mismo grupo estadístico al grupo A, lo que se concluye que la media del único tratamiento que no varía significativamente con respecto al mortero patrón es el tratamiento adicionado con 3% de TiO₂.

En cuanto a los demás tratamientos sus medias varían significativamente con respecto al mortero patrón y de los cuales forman entre ellos otros grupos estadísticos,

como por ejemplo el grupo B contiene la media de los morteros adicionado con 5 y 7% de TiO₂.

Tabla 139 :

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Factor	N	Media	Agrupación
MP	6	148.20	A
MP+3%TiO ₂	6	144.52	A
MP+5%TiO ₂	6	130.53	B
MP+7%TiO ₂	6	121.81	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 2019

En la tabla 140, los resultados se interpretan a través de los rangos del intervalo de confianza del 95% que nos arroja el programa, el rango de intervalos que incluya el cero no posee una diferencia estadísticamente significativa. Los intervalos que cumple con dicha afirmación son el intervalo de (MP+3% TiO₂ – MP) del primer conjunto de salida de Tukey el cual fue de -16.91 a 9.45, y el intervalo (MP+7% TiO₂ - MP+5% TiO₂) del ultimo conjunto de salida de Tukey el cual fue de -21.86 a 4.40.

Tabla 140 :

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
MP+3%TiO ₂ - MP	-3.68	4.69	(-16.81; 9.45)	-0.79	0.860
MP+5%TiO ₂ - MP	-17.66	4.69	(-30.79; -4.53)	-3.77	0.006
MP+7%TiO ₂ - MP	-26.39	4.69	(-39.52; -13.26)	-5.63	0.000
MP+5%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	-13.98	4.69	(-27.11; -0.85)	-2.98	0.034
MP+7%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	-22.71	4.69	(-35.84; -9.58)	-4.84	0.001
MP+7%TiO ₂ - MP+5%TiO ₂	-8.73	4.69	(-21.86; 4.40)	-1.86	0.276

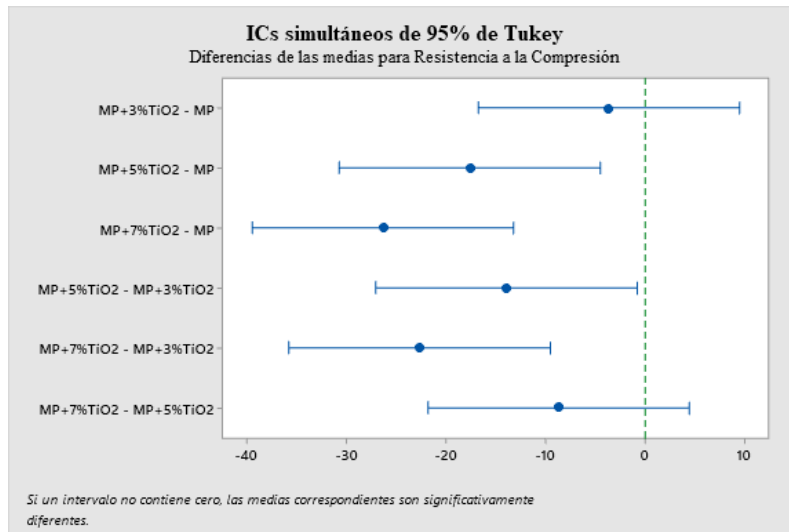
Nivel de confianza individual = 98.89%

Fuente: Minitab 2019

De la misma manera se interpretó los demás resultados de la prueba de Tukey, las medias para los demás tratamientos difirieron significativamente debido a que no todos intervalos de confianza incluyen el cero. Es por eso que algunos tratamientos obtuvieron resistencia a la compresión promedio significativamente distintas, como se observa en la figura 82, mostrada a continuación

Figura 82 :

ICs simultáneos de 95% de Tukey resistencia a la compresión.



Fuente: Minitab 2019

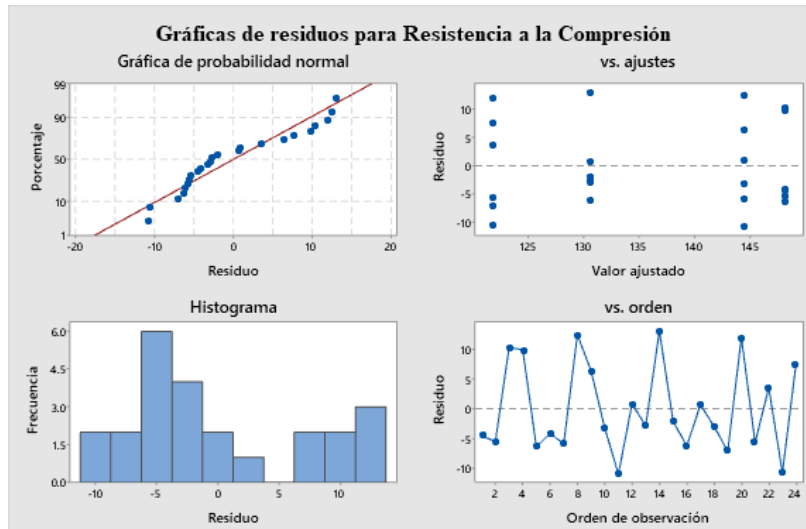
Validación del modelo estadístico.

Se utiliza la figura 83, de residuos como ayuda para determinar si el modelo es adecuado y cumple con los supuestos del análisis para lo cual se verificó ciertas premisas.

- En la gráfica de probabilidad normal (Porcentaje vs residuo) los residuos tienden a seguir una línea recta por lo cual indica que están distribuidos normalmente.
- En la gráfica de (residuos vs ajustes) los puntos están dispersos aleatoriamente en la gráfica, con lo cual ninguno de los grupos no presenta una variabilidad sustancialmente diferente y no hay ningún valor atípico evidente.
- En la gráfica de (residuos vs orden) los residuos que se muestran se ubican aleatoriamente alrededor de la línea central, lo que indica que son independientes entre sí.
- En la gráfica del histograma se puede evidenciar que presenta una simetría en la distribución de los residuos para todas las observaciones. El histograma fue aproximadamente simétrico y con forma de campana. Cabe señalar que este no es un parámetro clave para el análisis de aceptación del modelo.

Figura 83 :

Gráficas de residuos para resistencia a la compresión.



Fuente: Minitab 2019

4.4.3.1.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:

Para el análisis de la relación de las variables del porcentaje de adicción de TiO_2 y la resistencia a la compresión de las probetas de mortero patrón y sus diferentes tratamientos adicionando TiO_2 .

Como se muestra en la tabla 141, el valor r de PEARSON fue de -0.650 , esto significa que $r < 0.8$, concluyendo que existe una correlación inversa alta entre la adicción a diferentes porcentajes de TiO_2 y la resistencia a la compresión de morteros a los 28 días.

Tabla 141 :

Correlación r de Pearson de % de TiO_2 y la resistencia a la compresión.

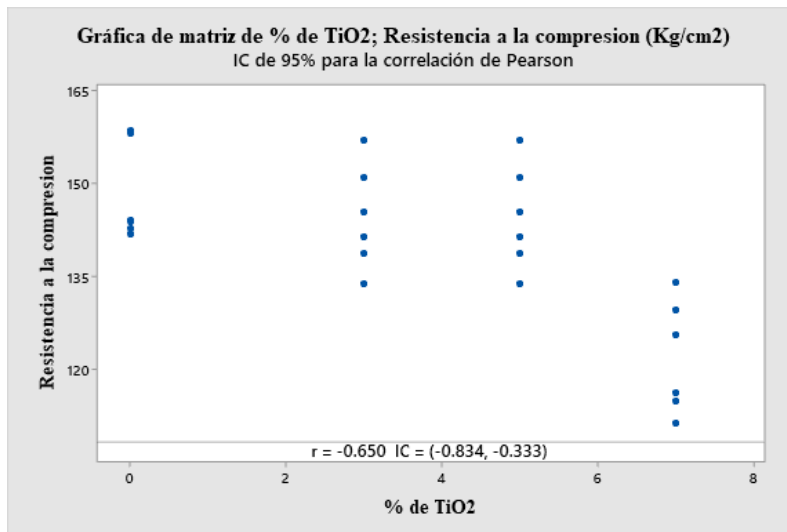
Muestra 1	Muestra 2	Filas utilizadas	Correlación
Resistencia a la compresión	% de TiO_2	24	-0.650

Fuente: Minitab 2019

En la figura 84, la gráfica de matriz de % de TiO_2 y resistencia a la compresión de mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO_2 tienen una resistencia promedio a la compresión a la edad de 28 días diferentes. Se observa que mientras mayor sea la adicción de TiO_2 se disminuye la resistencia.

Figura 84 :

Gráfica de matriz de % de TiO₂ y resistencia a la compresión.



Fuente: Minitab 2019

4.4.3.2. Análisis estadístico de la resistencia a la flexión a la edad de 28 días.

Se realizó el análisis estadístico de la resistencia a la Flexión de morteros a la edad de 28 días. Para el análisis de la varianza ANOVA, la variable a analizar es la resistencia a la flexión a la edad de 28 días. Así también se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos y la correlación lineal de Pearson para determinar el grado de correlación entre las variables.

4.4.3.2.1. Resultados ANOVA

Como indica la tabla 142, en el programa minitab 2019 se toma como factor a los diferentes tratamientos de mortero adicionando TiO₂ y como respuesta a los valores de resistencia de compresión del mortero.

Tabla 142 :

Información del factor.

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	4	MP; MP+3%TiO ₂ ; MP+5%TiO ₂ ; MP+7%TiO ₂

Fuente: Minitab 2019

Como se muestra en la tabla 143, el valor p fue de 0.886, esto significa que p es mayor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), concluyendo que se acepte la hipótesis nula y se rechace la hipótesis alternativa, esto proporciona suficiente evidencia para decir que

las medias de la resistencia a la compresión a la edad de 28 días fueron estadísticamente similares.

Tabla 143 :

Análisis de Varianza.

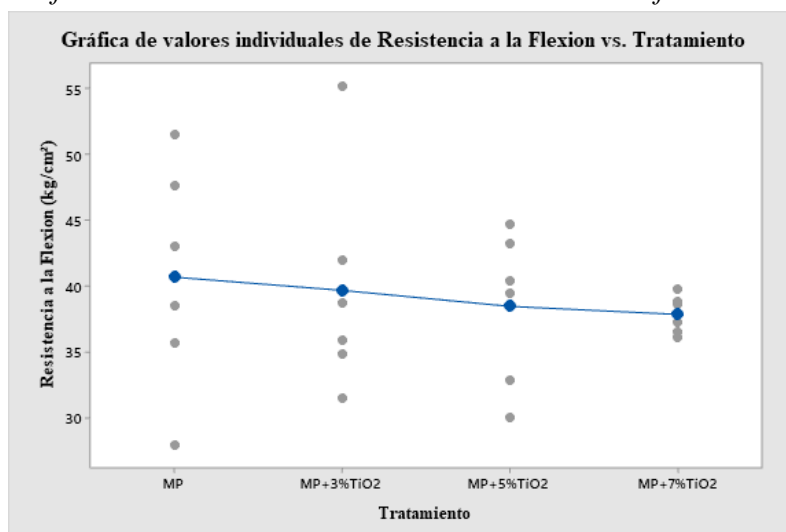
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	28.69	9.562	0.21	0.886
Error	20	898.86	44.943		
Total	23	927.54			

Fuente: Minitab 2019

En la figura 85, de valores individuales muestra que tanto en mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO_2 tiene una resistencia promedio a la flexión a la edad de 28 días diferentes. Siendo el tratamiento de mortero adicionado con 7% de TiO_2 el que obtuvo la menor resistencia a la compresión y el tratamiento con 3% de TiO_2 tuvo la mayor resistencia a la compresión.

Figura 85 :

Gráfica de valores individuales de resistencia a la flexión VS tratamiento.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla 144, se puede deducir que los intervalos de confianza nos da un 95% de probabilidad de que si se vuelve a fabricar cualquier tipo de tratamiento mencionado la resistencia a la compresión estarán dentro de los rangos indicados. Es decir, con el tratamiento del 0% de TiO_2 , las resistencias a la flexión que se obtendrán estarán entre 34.99 y 46.41 kg/cm^2 .

Tabla 144 :

Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MP	6	40.70	8.54	(34.99; 46.41)
MP+3%TiO ₂	6	39.69	8.43	(33.98; 45.40)
MP+5%TiO ₂	6	38.48	5.81	(32.77; 44.19)
MP+7%TiO ₂	6	37.867	1.423	(32.158; 43.576)

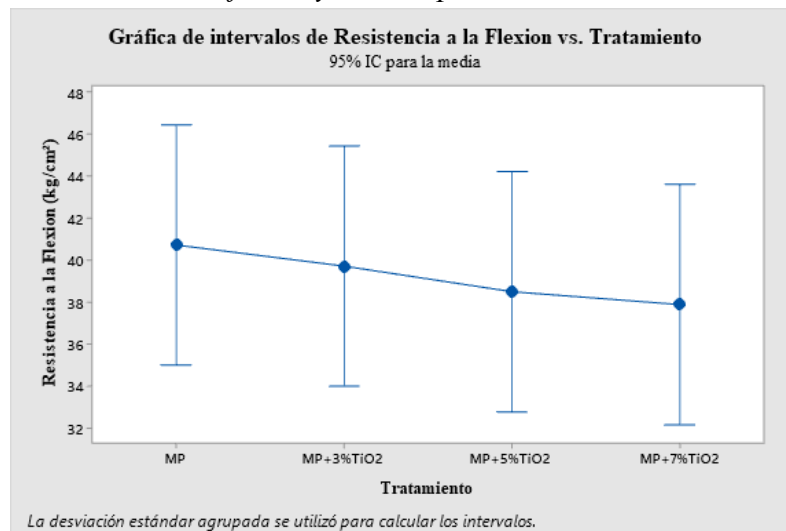
Desv.Est. agrupada = 6.70394

Fuente: Minitab 2019

En la figura 86, se muestra a los intervalos de confianza de cada uno de los tratamientos tanto al mortero patrón y a los morteros adicionados con TiO₂, al igual que cada una de las medias.

Figura 86 :

Intervalos de confianza y medias para cada uno de los tratamientos con TiO₂.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La prueba ANOVA nos indica que las medias de los grupos son similares.

4.4.3.2.2.Resultados TUKEY:

La prueba de Tukey proporcionó tres conjuntos de intervalos de comparación múltiple: Media del mortero patrón restada de las medias de los tratamientos con 3, 5, 7% de TiO₂. Media del mortero adicionada con 3% TiO₂ restada de las medias de los tratamientos con 5 y 7% TiO₂. Media del mortero adicionada con 5% TiO₂ restada de las medias de los tratamientos con 7% TiO₂.

La tabla 145, se muestra que tanto el mortero patrón y los morteros adicionados con de TiO_2 pertenecen a un mismo grupo estadístico al grupo A, lo que se concluye que las medias de todos los tratamientos que no varía significativamente con respecto al mortero patrón.

Tabla 145 :

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Factor	N	Media	Agrupación
MP	6	40.70	A
MP+3% TiO_2	6	39.69	A
MP+5% TiO_2	6	38.48	A
MP+7% TiO_2	6	37.867	A

Fuente: Minitab 2019

En la tabla 146, los resultados se interpretan a través de los rangos del intervalo de confianza del 95% que nos arroja el programa, el rango de intervalos que incluya el cero no posee una diferencia estadísticamente significativa. Todos los intervalos cumplen con dicha afirmación.

Tabla 146 :

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
MP+3% TiO_2 - MP	-1.00	3.87	(-11.84; 9.83)	-0.26	0.994
MP+5% TiO_2 - MP	-2.22	3.87	(-13.06; 8.62)	-0.57	0.939
MP+7% TiO_2 - MP	-2.83	3.87	(-13.67; 8.01)	-0.73	0.883
MP+5% TiO_2 - MP+3% TiO_2	-1.22	3.87	(-12.05; 9.62)	-0.31	0.989
MP+7% TiO_2 - MP+3% TiO_2	-1.83	3.87	(-12.66; 9.01)	-0.47	0.964
MP+7% TiO_2 - MP+5% TiO_2	-0.61	3.87	(-11.45; 10.23)	-0.16	0.999

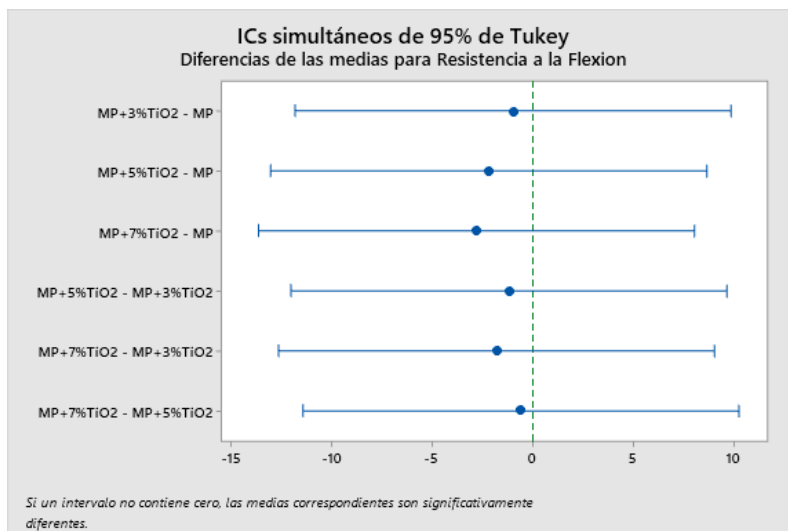
Nivel de confianza individual = 98.89%

Fuente: Minitab 2019

De la misma manera se interpretó los demás resultados de la prueba de Tukey, las medias para los demás tratamientos no significativamente debido a que todos intervalos de confianza incluyen el cero, como se observa en la figura 87, mostrada a continuación.

Figura 87 :

ICs simultaneo de 95% de Tukey Resistencia a la flexión.



Fuente: Minitab 2019

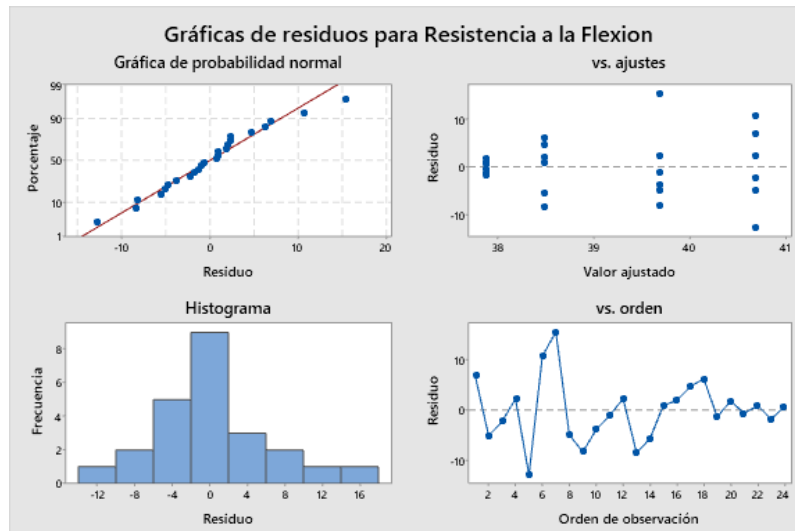
Validación del modelo estadístico.

Se utiliza la figura 88 de residuos como ayuda para determinar si el modelo es adecuado y cumple con los supuestos del análisis para lo cual se verificó ciertas premisas.

- En la gráfica de probabilidad normal (Porcentaje vs residuo) los residuos tienden a seguir una línea recta por lo cual indica que están distribuidos normalmente.
- En la gráfica de (residuos vs ajustes) los puntos están dispersos aleatoriamente en la gráfica, con lo cual ninguno de los grupos no presenta una variabilidad sustancialmente diferente y no hay ningún valor atípico evidente.
- En la gráfica de (residuos vs orden) los residuos que se muestran se ubican aleatoriamente alrededor de la línea central, lo que indica que son independientes entre sí.
- En la gráfica del histograma se puede evidenciar que presenta una simetría en la distribución de los residuos para todas las observaciones. El histograma fue aproximadamente simétrico y con forma de campana. Cabe señalar que este no es un parámetro clave para el análisis de aceptación del modelo.

Figura 88 :

Gráfico de residuos para resistencia a la flexión.



Fuente: Minitab 2019

4.4.3.2.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:

Para el análisis de la relación de las variables del porcentaje de adicción de TiO_2 y la resistencia a la flexión de las probetas de mortero patrón y sus diferentes tratamientos adicionando TiO_2 .

Como se muestra en la tabla 147, el valor r de PEARSON fue de -0.174 , esto significa que $r < 0.20$, concluyendo que existe una correlación inversa muy baja entre la adición a diferentes porcentajes de TiO_2 y la resistencia a la flexión de morteros a los 28 días.

Tabla 147 :

Correlación r de Pearson de % de TiO_2 y la resistencia a la flexión.

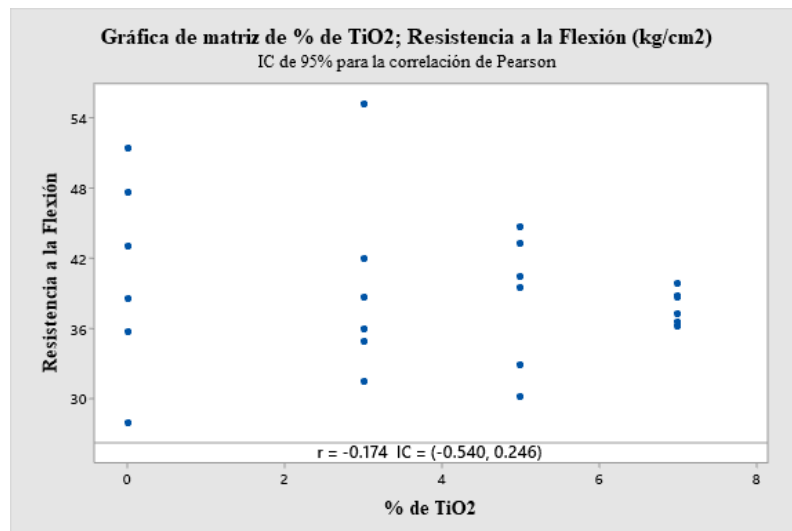
Muestra 1	Muestra 2	Filas utilizadas	Correlación
Resistencia a la compresión	% de TiO_2	24	-0.174

Fuente: Minitab 2019

En la figura 89, gráfica de matriz de % de TiO_2 y resistencia a la flexión de mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO_2 tienen una resistencia promedio a la resistencia la flexión a la edad de 28 días diferentes. Se observa que mientras mayor sea la adicción de TiO_2 se disminuye la resistencia.

Figura 89:

Gráfica de matriz de % de TiO_2 y resistencia a la flexión.



Fuente: Minitab 2019

4.4.4. Análisis estadístico de las propiedades físicas de tasa de absorción y permeabilidad de morteros.

4.4.4.1. Análisis estadístico de la tasa de absorción a las 24 horas.

Se realizó el análisis estadístico de la tasa de absorción de morteros con un tiempo sumergido en el agua de 24 horas. Para lo cual se realizó el análisis de la varianza ANOVA, la variable a analizar es la tasa de absorción. Así también se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos y la correlación lineal de Pearson para determinar el grado de correlación entre las variables.

4.4.4.1.1. Resultados ANOVA

Como indica la tabla 148, en el programa minitab 2019 se toma como factor a los diferentes tratamientos de mortero adicionando TiO_2 y como respuesta a los valores de la tasa de absorción del mortero.

Tabla 148 :*Información del factor.*

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	4	MP; MP+3%TiO ₂ ; MP+5%TiO ₂ ; MP+7%TiO ₂

Fuente: Minitab 2019

Como se muestra en la tabla 149, el valor p fue de 0.000, esto significa que p es menor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, esto proporciona suficiente evidencia para decir que las medias de la tasa de absorción con un tiempo sumergido en el agua de 24 horas fueron estadísticamente distintas.

Tabla 149 :*Análisis de Varianza.*

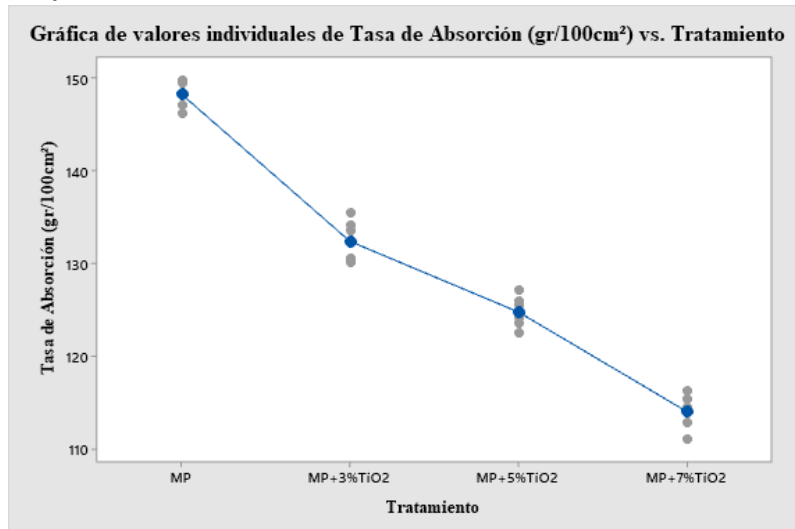
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	3727.33	1242.44	364.65	0.000
Error	20	68.14	3.41		
Total	23	3795.47			

Fuente: Minitab 2019

En la figura 90, de valores individuales muestra que tanto en mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO₂ tienen una tasa de absorción a un tiempo sumergido en el agua de 24 horas, diferentes. Siendo el tratamiento de mortero adicionado con 7% de TiO₂ el que obtuvo la menor tasa de absorción y el mortero patrón presentó la mayor tasa de absorción.

Figura 90 :

Grafica de valores individuales de tasa de absorción.



Fuente: Minitab 2019

En la tabla 150, se puede deducir que los intervalos de confianza nos dan un 95% de probabilidad de que si se vuelve a fabricar cualquier tipo de tratamiento mencionado la tasa de absorción estarán dentro de los rangos indicados. Es decir, con el tratamiento del 7% de TiO₂, la tasa de absorción que se obtendrán estará entre 112.480 gr/100cm² y 115.624 gr/100cm²

Tabla 150 :

Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MP	6	148.275	1.401	(146.703; 149.847)
MP+3%TiO ₂	6	132.407	2.288	(130.835; 133.979)
MP+5%TiO ₂	6	124.788	1.691	(123.216; 126.360)
MP+7%TiO ₂	6	114.052	1.890	(112.480; 115.624)

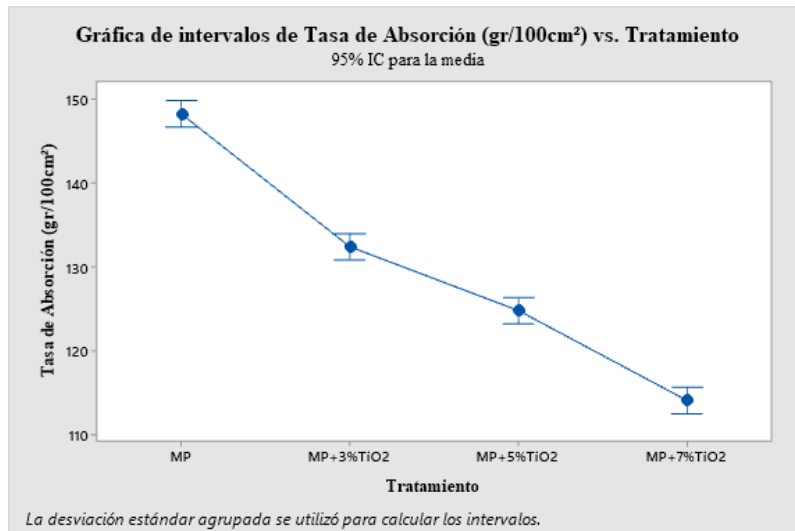
Desv.Est. agrupada = 1.84587

Fuente: Minitab 2019

En la figura 91, se muestra a los intervalos de confianza de cada uno de los tratamientos tanto al mortero patrón y a los morteros adicionados con TiO₂, al igual que cada una de las medias.

Figura 91 :

Intervalos de confianza y medias para cada uno de los tratamientos con TiO_2 .



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La prueba ANOVA nos indica que las medias de los grupos son diferentes, pero no cuáles pares de grupos son iguales entre sí, para ello se debe aplicar la prueba de rango múltiple de Tukey.

4.4.4.1.2.Resultados TUKEY:

La prueba de Tukey proporcionó tres conjuntos de intervalos de comparación múltiple: Media del mortero patrón restada de las medias de los tratamientos con 3, 5, 7% de TiO_2 . Media del mortero adicionada con 3% TiO_2 restada de las medias de los tratamientos con 5 y 7% TiO_2 . Media del mortero adicionada con 5% TiO_2 restada de las medias de los tratamientos con 7% TiO_2 .

La tabla 151, se muestra que los distintos tratamientos de mortero adicionado con TiO_2 , sus medias varían significativamente, de los cuales forman entre ellos grupos estadísticos, como por ejemplo el grupo A que contiene a la media del mortero patrón, el grupo B que contiene la media del mortero adicionado con 3% de TiO_2 , el grupo C que contiene la media del mortero adicionado con 5% de TiO_2 y el grupo D que contiene la media del mortero adicionado con 7% de TiO_2 ,

Tabla 151 :

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
MP	6	148.275	A
MP+3%TiO ₂	6	132.407	B
MP+5%TiO ₂	6	124.788	C
MP+7%TiO ₂	6	114.052	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 2019

En la tabla 152, los resultados se interpretan a través de los rangos del intervalo de confianza del 95% que nos arroja el programa, el rango de intervalos que incluya el cero no posee una diferencia estadísticamente significativa. Se observa que ninguno de los intervalos cumple con dicha afirmación por lo cual se concluye que los intervalos tienen una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 152 :

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
MP+3%TiO ₂ - MP	-15.87	1.07	(-18.85; -12.88)	-14.89	0.000
MP+5%TiO ₂ - MP	-23.49	1.07	(-26.47; -20.50)	-22.04	0.000
MP+7%TiO ₂ - MP	-34.22	1.07	(-37.21; -31.24)	-32.11	0.000
MP+5%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	-7.62	1.07	(-10.60; -4.63)	-7.15	0.000
MP+7%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	-18.36	1.07	(-21.34; -15.37)	-17.22	0.000
MP+7%TiO ₂ - MP+5%TiO ₂	-10.74	1.07	(-13.72; -7.75)	-10.07	0.000

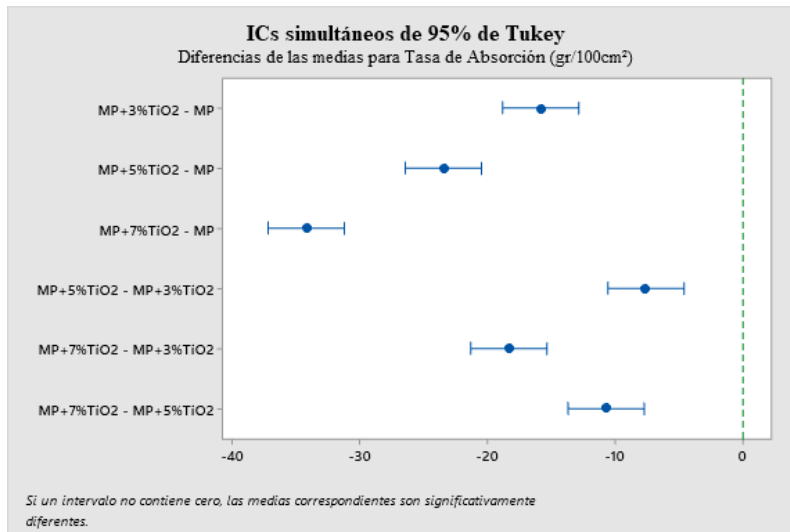
Nivel de confianza individual = 98.89%

Fuente: Minitab 2019

De la misma manera se interpretó los demás resultados de la prueba de Tukey, las medias para los demás tratamientos difirieron significativamente debido a que no todos intervalos de confianza incluyen el cero. Es por eso que algunos tratamientos obtuvieron una tasa de absorción promedio significativamente distinta, como se observa en la figura 92 mostrada a continuación.

Figura 92 :

ICs simultáneos de 95% de Tukey tasa de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

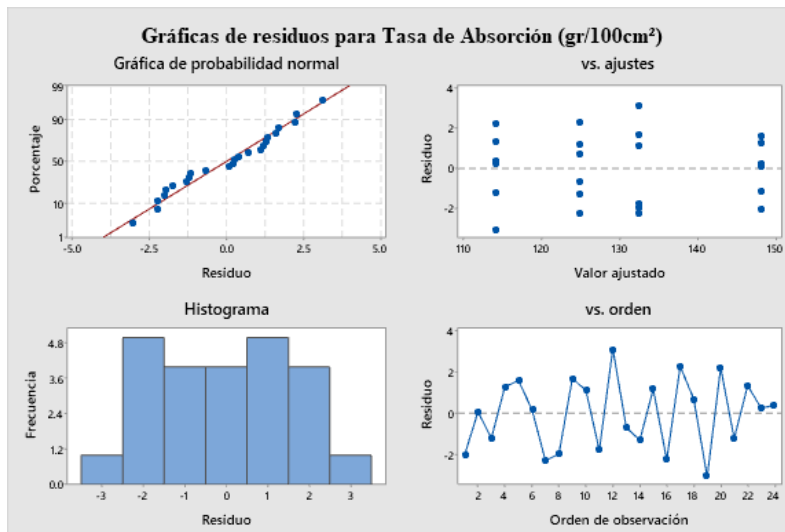
Validación del modelo estadístico.

Se utiliza la figura 93, de residuos como ayuda para determinar si el modelo es adecuado y cumple con los supuestos del análisis para lo cual se verificó ciertas premisas.

- En la gráfica de probabilidad normal (Porcentaje vs residuo) los residuos tienden a seguir una línea recta por lo cual indica que están distribuidos normalmente.
- En la gráfica de (residuos vs ajustes) los puntos están dispersos aleatoriamente en la gráfica, con lo cual ninguno de los grupos no presenta una variabilidad sustancialmente diferente y no hay ningún valor atípico evidente.
- En la gráfica de (residuos vs orden) los residuos que se muestran se ubican aleatoriamente alrededor de la línea central, lo que indica que son independientes entre sí.
- En la gráfica del histograma se puede evidenciar que presenta una simetría en la distribución de los residuos para todas las observaciones. El histograma fue aproximadamente simétrico y con forma de campana. Cabe señalar que este no es un parámetro clave para el análisis de aceptación del modelo.

Figura 93 :

Gráficas de residuos para tasa de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.4.4.1.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:

Para el análisis de la relación de las variables del porcentaje de adicción de TiO₂ y la tasa de absorción de las probetas de mortero patrón y sus diferentes tratamientos adicionando TiO₂.

Como se muestra en la tabla 153, el valor r de PEARSON fue de -0.989, esto significa que $r < 0.99$, concluyendo que existe una correlación inversa muy alta entre la adición de diferentes porcentajes de TiO₂ y la tasa de absorción de morteros.

Tabla 153 :

Correlación r de Pearson de % de TiO₂ y la tasa de absorción.

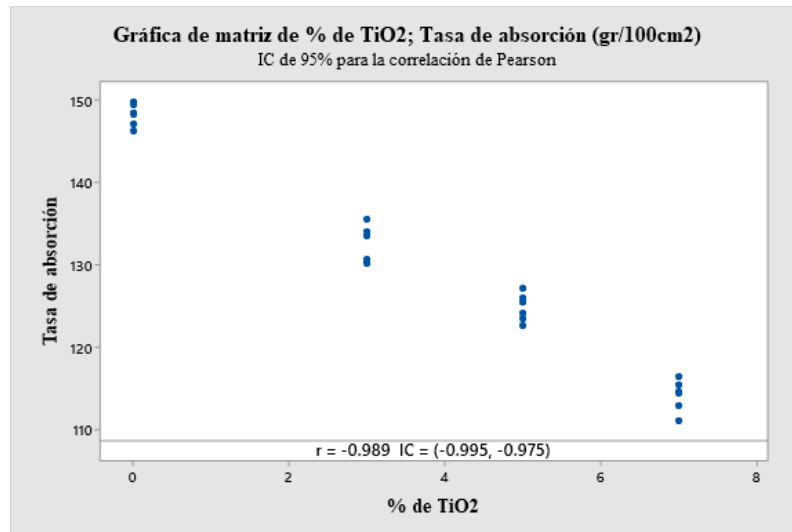
Muestra 1	Muestra 2	Filas utilizadas	Correlación
Resistencia a la compresión	% de TiO ₂	24	-0.989

Fuente: Minitab 2019

En la figura 94, gráfica de matriz de % de TiO₂ y la tasa de absorción de mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO₂. Se observa que mientras mayor sea la adicción de TiO₂ se disminuye la tasa de absorción.

Figura 94 :

Gráfica de matriz de % de TiO₂ y tasa de absorción.



Fuente: Minitab 2019

4.4.4.2. Análisis estadístico del coeficiente de permeabilidad.

Se realizó el análisis estadístico del coeficiente de permeabilidad de morteros con un tiempo de exposición al agua de 5 días. Para lo cual se realizó el análisis de la varianza ANOVA, la variable a analizar es la tasa de absorción. Así también se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos y la correlación lineal de Pearson para determinar el grado de correlación entre las variables.

4.4.4.2.1. Resultados ANOVA

Como indica la tabla 154, en el programa minitab 2019 se toma como factor a los diferentes tratamientos de mortero adicionando TiO₂ y como respuesta a los valores de la tasa de absorción del mortero.

Tabla 154 :

Información del factor.

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	4	MP; MP+3%TiO ₂ ; MP+5%TiO ₂ ; MP+7%TiO ₂

Fuente: Minitab 2019

Como se muestra en la tabla 155, el valor p fue de 0.000, esto significa que p es menor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), concluyendo que se rechaza la hipótesis

nula y se acepte la hipótesis alternativa, esto proporciona suficiente evidencia para decir que las medias del coeficiente de permeabilidad con un tiempo de exposición al agua de 5 días, fueron estadísticamente distintas.

Tabla 155 :

Análisis de Varianza.

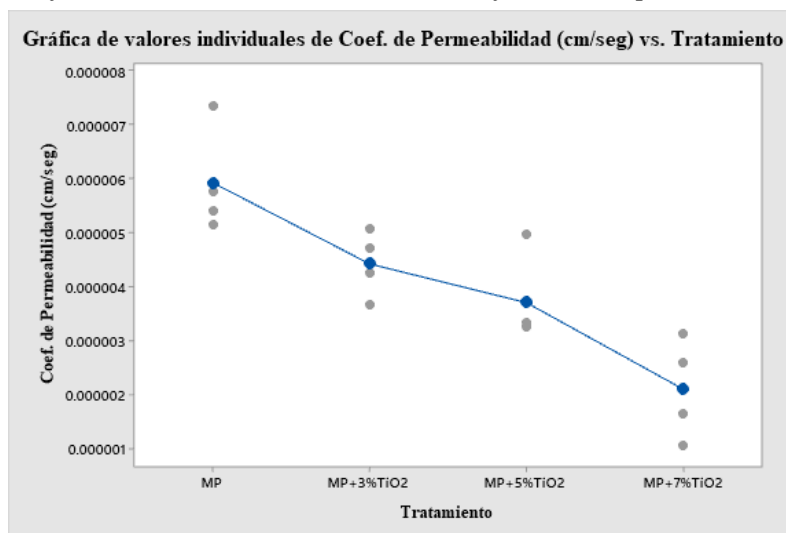
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	0.000000	0.000000	13.80	0.000
Error	12	0.000000	0.000000		
Total	15	0.000000			

Fuente: Minitab 2019

En la figura 95, de valores individuales muestra que tanto en mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO_2 tienen un coeficiente de permeabilidad a un tiempo de exposición al agua de 5 días, diferentes. Siendo el tratamiento de mortero adicionado con 7% de TiO_2 el que obtuvo el menor coeficiente de permeabilidad y el mortero patrón presentó el mayor coeficiente de permeabilidad.

Figura 95 :

Gráfica de valores individuales de coeficiente de permeabilidad VS tratamiento.



Fuente: Minitab 2019

En la tabla 156, se puede deducir que los intervalos de confianza nos dan un 95% de probabilidad de que si se vuelve a fabricar cualquier tipo de tratamiento mencionado la tasa de absorción estarán dentro de los rangos indicados.

Tabla 156 :

Medias, desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada tratamiento con TiO₂.

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MP	4	0.000006	0.000001	(0.000005; 0.000007)
MP+3%TiO ₂	4	0.000004	0.000001	(0.000003; 0.000005)
MP+5%TiO ₂	4	0.000004	0.000001	(0.000003; 0.000005)
MP+7%TiO ₂	4	0.000002	0.000001	(0.000001; 0.000003)

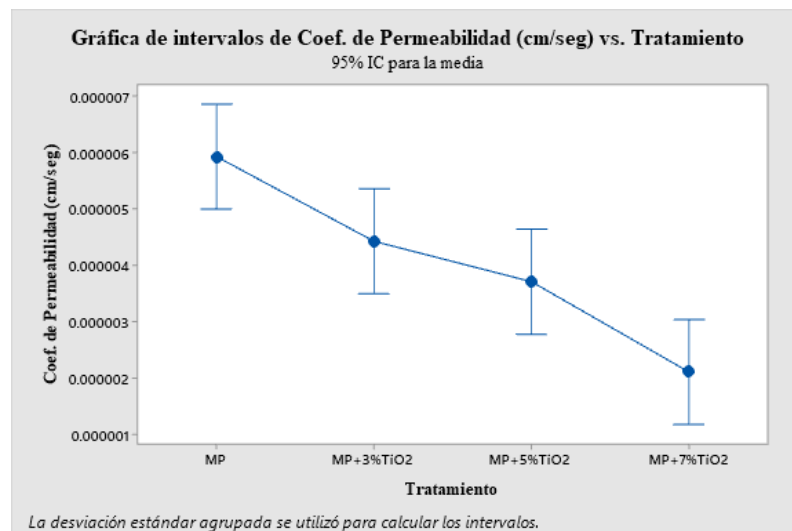
Desv.Est. agrupada = 8.550609E-07

Fuente: Minitab 2019

En la figura 96, se muestra a los intervalos de confianza de cada uno de los tratamientos tanto al mortero patrón y a los morteros adicionados con TiO₂, al igual que cada una de las medias.

Figura 96 :

Intervalos de confianza y medias para cada uno de los tratamientos con TiO₂.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La prueba ANOVA nos indica que las medias de los grupos son diferentes, pero no cuáles pares de grupos son iguales entre sí, para ello se debe aplicar la prueba de rango múltiple de Tukey.

4.4.4.2.2.Resultados TUKEY:

La prueba de Tukey proporcionó tres conjuntos de intervalos de comparación múltiple: Media del mortero patrón restada de las medias de los tratamientos con 3, 5, 7% de TiO₂. Media del mortero adicionada con 3% TiO₂ restada de las medias de los

tratamientos con 5 y 7% TiO_2 . Media del mortero adicionada con 5% TiO_2 restada de las medias de los tratamientos con 7% TiO_2 .

La tabla 157, se muestra que los distintos tratamientos de mortero adicionado con TiO_2 , sus medias varían significativamente, de los cuales forman entre ellos grupos estadísticos, como por ejemplo el grupo A que contiene a la media del mortero patrón y el mortero adicionado con 3% de TiO_2 , el grupo B que contiene la media del mortero adicionado con 3% de TiO_2 y el mortero adicionado con 5% de TiO_2 , el grupo C que contiene la media del mortero adicionado con 5% de TiO_2 y el mortero adicionado con 7% de TiO_2 .

Tabla 157 :

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
MP	4	0.000006	A		
MP+3% TiO_2	4	0.000004	A	B	
MP+5% TiO_2	4	0.000004		B	C
MP+7% TiO_2	4	0.000002			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 2019

En la tabla 158, los resultados se interpretan a través de los rangos del intervalo de confianza del 95% que nos arroja el programa, el rango de intervalos que incluya el cero no posee una diferencia estadísticamente significativa. Se observa que los intervalos que cumple con dicha afirmación son el intervalo de (MP+3% TiO_2 – MP) del primer conjunto de salida de Tukey, y el intervalo (MP+5% TiO_2 - MP+3% TiO_2) del cuarto conjunto de salida de Tukey y finalmente el ultimo intervalo (MP+7% TiO_2 - MP+5% TiO_2).

Tabla 158 :

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
MP+3%TiO ₂ - MP	-0.000002	0.000001	(-0.000003; 0.000000)	-2.49	0.113
MP+5%TiO ₂ - MP	-0.000002	0.000001	(-0.000004; -0.000000)	-3.67	0.015
MP+7%TiO ₂ - MP	-0.000004	0.000001	(-0.000006; -0.000002)	-6.32	0.000
MP+5%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	-0.000001	0.000001	(-0.000003; 0.000001)	-1.19	0.646
MP+7%TiO ₂ - MP+3%TiO ₂	-0.000002	0.000001	(-0.000004; -0.000001)	-3.84	0.011
MP+7%TiO ₂ - MP+5%TiO ₂	-0.000002	0.000001	(-0.000003; 0.000000)	-2.65	0.086

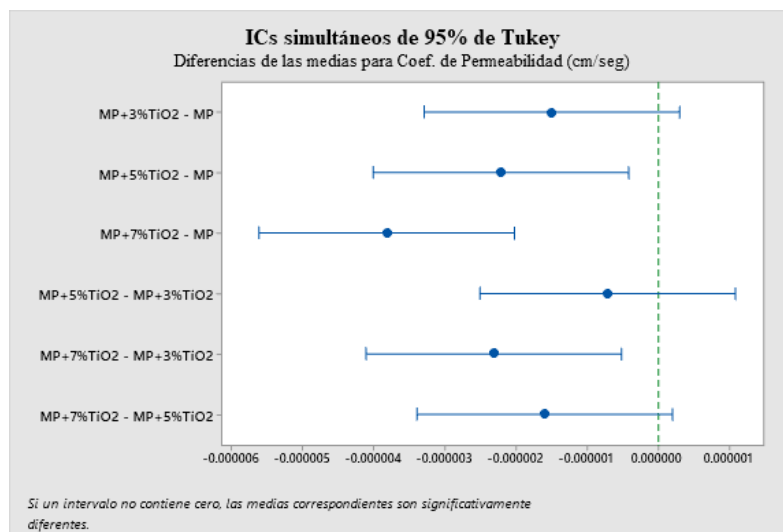
Nivel de confianza individual = 98.83%

Fuente: Minitab 2019

De la misma manera se interpretó los demás resultados de la prueba de Tukey, las medias para los demás tratamientos difirieron significativamente debido a que no todos intervalos de confianza incluyen el cero. Es por eso que algunos tratamientos obtuvieron un coeficiente de permeabilidad promedio significativamente distinto, como se observa en la figura 97, mostrada a continuación.

Figura 97 :

ICs simultáneos de 95% de Tukey coeficiente de permeabilidad.



Fuente: Minitab 2019

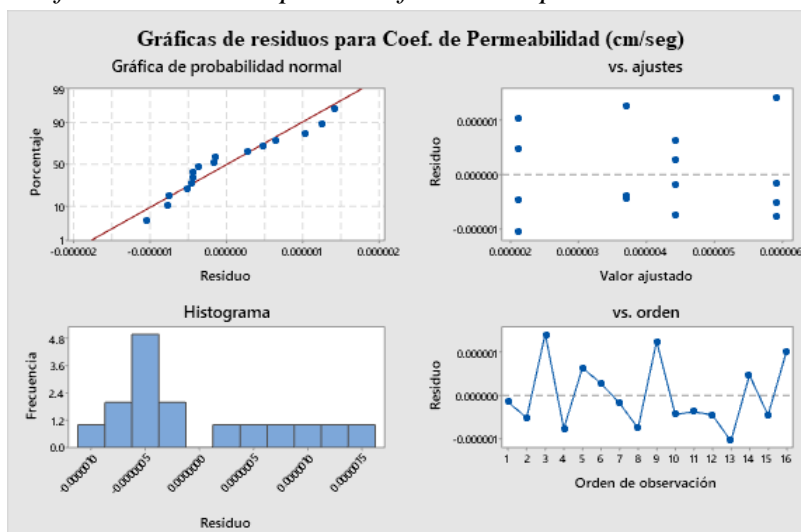
Validación del modelo estadístico.

Se utiliza la figura 98, de residuos como ayuda para determinar si el modelo es adecuado y cumple con los supuestos del análisis para lo cual se verificó ciertas premisas.

- En la gráfica de probabilidad normal (Porcentaje vs residuo) los residuos tienden a seguir una línea recta por lo cual indica que están distribuidos normalmente.
- En la gráfica de (residuos vs ajustes) los puntos están dispersos aleatoriamente en la gráfica, con lo cual ninguno de los grupos no presenta una variabilidad sustancialmente diferente y no hay ningún valor atípico evidente.
- En la gráfica de (residuos vs orden) los residuos que se muestran se ubican aleatoriamente alrededor de la línea central, lo que indica que son independientes entre sí.
- En la gráfica del histograma se puede evidenciar que presenta una simetría en la distribución de los residuos para todas las observaciones. El histograma fue aproximadamente simétrico y con forma de campana. Cabe señalar que este no es un parámetro clave para el análisis de aceptación del modelo.

Figura 98 :

Gráficas de residuos para Coeficiente de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.4.4.2.3. Resultados correlación lineal de PEARSON:

Para el análisis de la relación de las variables del porcentaje de adicción de TiO_2 y la permeabilidad de las probetas de mortero patrón y sus diferentes tratamientos adicionando TiO_2 .

Como se muestra en la tabla 159, el valor r de PEARSON fue de -0.871 , esto significa que $r < 0.99$, concluyendo que existe una correlación inversa muy alta entre la adición de diferentes porcentajes de TiO_2 y la permeabilidad de morteros.

Tabla 159 :

Correlación r de Pearson de % de TiO_2 y el coeficiente de permeabilidad.

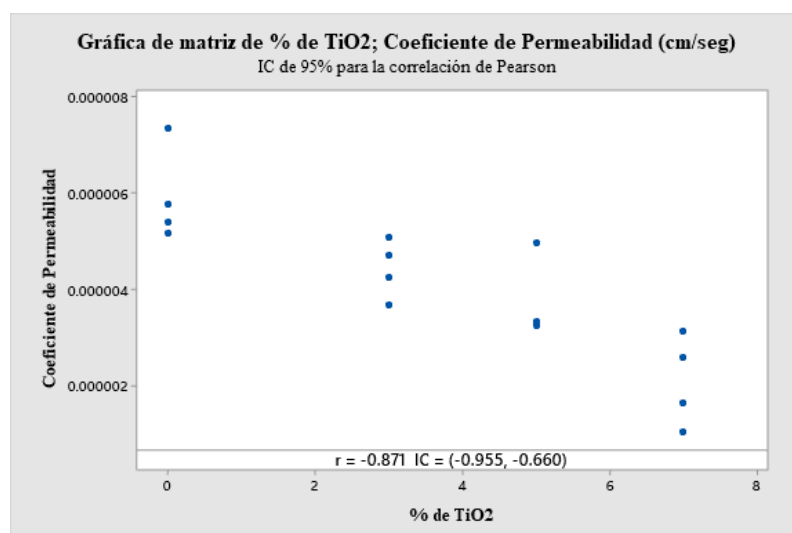
Muestra 1	Muestra 2	Filas utilizadas	Correlación
Resistencia a la compresión	% de TiO_2	24	-0.871

Fuente: Minitab 2019

En la figura 99, gráfica de matriz de % de TiO_2 y la permeabilidad de mortero patrón y los distintos tratamientos adicionando TiO_2 . Se observa que mientras mayor sea la adicción de TiO_2 se disminuye la permeabilidad.

Figura 99 :

Gráfica de matriz de % de TiO_2 y el coeficiente de permeabilidad.



Fuente: Minitab 2019



4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. Prueba de hipótesis de propiedades fotocatalíticas de descontaminación y autolimpieza de morteros.

4.5.1.1. Prueba de hipótesis de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.

De la observación visual realizada se observa una relación directa entre la adición a diferentes porcentajes de TiO_2 y la degradación de partículas volátiles contaminantes, es decir mientras se adicione mayor porcentaje de dióxido de titanio la degradación de partículas volátiles contaminantes incrementa.

Por lo cual, se puede decir que: Acepta la hipótesis de la investigación que afirma que la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones, mejora la propiedad fotocatalítica de descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes, ya que al adicionar dióxido de titanio los morteros presentan propiedades fotocatalíticas lo cual reduce la contaminación.

4.5.1.2. Prueba de hipótesis de la autolimpieza por degradación de rodamina B.

De acuerdo al análisis estadístico, en el resultado de Análisis de Varianza (ANOVA) al ser el valor $p < 0.05$ se observó que la fuente de variabilidad de los tratamientos tuvo diferencia estadística entre los promedios de porcentaje de degradación de rodamina B. Y, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey los tratamientos adicionados con TiO_2 fueron significativamente similares (pertenecientes a un grupo estadístico representado por la letra A y B); y el mortero patrón (pertenece a otro grupo estadístico representado por la letra C). El valor r de PEARSON fue de 0.918, esto significa que $r < 0.99$, lo cual significa que existe una correlación directa muy alta entre la adición a diferentes porcentajes de TiO_2 y la degradación de rodamina B, es decir



mientras se adicione mayor porcentaje de dióxido de titanio la degradación de rodamina B incrementa.

Por lo cual, se puede decir que: Acepta la hipótesis de la investigación que afirma que la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones, mejora la propiedad fotocatalítica de autolimpieza de morteros de cemento en la prueba de degradación de rodamina B por medio de la exposición a la luz UV, ya que al adicionar dióxido de titanio los morteros presentan propiedades fotocatalíticas lo cual reduce la contaminación.

4.5.2. Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de morteros.

4.5.2.1. Prueba de hipótesis de la resistencia a la compresión.

De acuerdo al análisis estadístico, en el resultado de Análisis de Varianza (ANOVA) al ser el valor $p < 0.05$ se observó que la fuente de variabilidad de los tratamientos tuvo diferencia estadística entre los promedios de resistencia a la compresión. Y, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey el tratamiento sin TiO_2 y de 3% de TiO_2 fueron significativamente similares (pertenecientes a un grupo estadístico representado por la letra A); y los tratamientos con, 5%, 7% fueron significativamente similares (pertenecientes a otro grupo estadístico representado por la letra B). El valor r de PEARSON fue de -0.650 , esto significa que $r < 0.8$, lo cual significa que existe una correlación inversa alta entre la adición de diferentes porcentajes de TiO_2 y la resistencia a la compresión de morteros a los 28 días, es decir mientras se adicione mayor porcentaje de dióxido de titanio la resistencia a la compresión disminuye.

Por lo cual, se puede decir que: Se rechaza la hipótesis de la investigación que afirma que la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones, mejora la propiedad mecánica de resistencia a la compresión de morteros



de cemento, ya que al disminuir la resistencia a la compresión los morteros son vulnerables antes factores externos.

4.5.2.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a la flexión

De acuerdo al análisis estadístico, en el resultado de Análisis de Varianza (ANOVA) al ser mayor que el valor $p > 0.05$ se observó que los tratamientos no obtuvieron una diferencia estadística entre los promedios de resistencia a la flexión, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey todos los tratamientos fueron significativamente similares (pertenecientes a un grupo estadístico representado por la letra A). El valor r de PEARSON fue de -0.174 , esto significa que $r < 0.20$, lo cual significa que existe una correlación inversa muy baja entre la adición a diferentes porcentajes de TiO_2 y la resistencia a la flexión de morteros a los 28 días, es decir mientras se adicione mayor porcentaje de dióxido de titanio la resistencia a la flexión disminuye.

Por lo cual, se puede decir que: se rechace la hipótesis de la investigación que afirma que la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones, mejora la propiedad mecánica de resistencia a la flexión de morteros de cemento, ya que al disminuir la resistencia a la flexión los morteros son vulnerables antes factores externos.

4.5.3. Prueba de hipótesis de las propiedades físicas de la tasa de absorción y permeabilidad de morteros.

4.5.3.1. Prueba de hipótesis de la tasa de la tasa de absorción

De acuerdo al análisis estadístico, en el resultado de Análisis de Varianza (ANOVA) al ser el valor $p < 0.05$ se observó que la fuente de variabilidad de los tratamientos tuvo diferencia estadística entre los promedios de tasa de absorción. Y, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey los tratamientos adicionados con TiO_2 fueron no significativamente similares. El valor r de PEARSON fue de -0.989 , esto



significa que $r < 0.99$, lo cual significa que existe una correlación inversa muy alta entre la adición de diferentes porcentajes de TiO_2 y la tasa de absorción de morteros, es decir mientras se adicione mayor porcentaje de TiO_2 la tasa de absorción disminuye.

Por lo cual, se puede decir que: Se acepta la hipótesis de la investigación que afirma que la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones, mejora la propiedad física de absorción de morteros de cemento, resultado como contenido óptimo de dióxido de titanio el 7% respecto al peso del cemento portland ya que las muestras presentan una menor tasa de absorción. lo cual significa un mejor comportamiento ante factores externos.

4.5.3.2. Prueba de hipótesis del coeficiente de permeabilidad

De acuerdo al análisis estadístico, en el resultado de Análisis de Varianza (ANOVA) al ser el valor $p < 0.05$ se observó que la fuente de variabilidad de los tratamientos tuvo diferencia estadística entre los promedios de coeficiente de permeabilidad. Y, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey los tratamientos adicionados con TiO_2 no fueron significativamente similares. El valor r de PEARSON fue de -0.871 , esto significa que $r < 0.99$, lo cual significa que existe una correlación inversa muy alta entre la adición de diferentes porcentajes de TiO_2 y la permeabilidad de morteros es decir mientras se adicione mayor porcentaje de dióxido de titanio el coeficiente de permeabilidad disminuye.

Por lo cual, se puede decir que: se acepta la hipótesis de la investigación que afirma que la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en diferentes proporciones, mejora la propiedad física de permeabilidad de morteros de cemento, resultado como contenido óptimo de dióxido de titanio el 7% respecto al peso del cemento portland ya que las muestras presentan un menor coeficiente de permeabilidad lo cual significa un mejor comportamiento ante factores externos.



V. CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIÓN GENERAL

- En conclusión, a mayor porcentaje de nanopartículas TiO_2 , se observa un efecto en las propiedades fotocatalíticas, evidenciándose una mayor capacidad de descontaminación y autolimpieza de morteros, respecto a las propiedades mecánicas se evidencia una disminución en la resistencia a la compresión y flexión y finalmente respecto a las propiedades físicas se evidencia una disminución de la tasa de absorción y permeabilidad de morteros.

5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- La descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes, se evidencia que a mayor porcentaje de nanopartículas TiO_2 se observa una mayor capacidad de descontaminación, presentando los mejores resultados los morteros adicionados con 5% y 7% de nanopartículas TiO_2 manteniendo inalterado su aspecto estético. Y respecto a la autolimpieza por degradación de rodamina B, se evidencia que al adicionar el 3%, 5% y 7% de nanopartículas de TiO_2 se obtuvo valores de R4 y R26 superiores al 20% y al 50% respectivamente. por otro lado, el mortero patrón no cumplió con dichos parámetros. Concluyendo que se mejora las características de descontaminación y autolimpieza con la adicción de nanopartículas de TiO_2 .
- La resistencia a la compresión de morteros a los 28 días de curado, evidencia que al adicionar el 3%, 5% y 7% de nanopartículas de TiO_2 , disminuye la resistencia a la compresión en 2.48%, 11.92%, 17.81% respectivamente, en relación al mortero patrón. La mayor resistencia a la compresión obtenida es de 148.20 kg/cm^2 que es la del mortero patrón y la menor resistencia 121.81 kg/cm^2 es del mortero adicionado con 7% de nanopartículas de TiO_2 , cabe



indicar que la resistencia de diseño es de 125.00 kg/cm². Y respecto a la resistencia a la flexión de morteros a los 28 días de curado, se evidencia que al adicionar el 3%, 5% y 7% de nanopartículas de TiO₂, se disminuye la resistencia a la flexión en 2.47%, 5.45%, 6.95% respectivamente en relación al mortero patrón. La mayor resistencia a la flexión obtenida es de 40.70 kg/cm² que es la del mortero patrón y la menor resistencia 37.87 kg/cm² del mortero adicionado con 7% de nanopartículas de TiO₂, cabe indicar que la resistencia de diseño es de 33.5 kg/cm². Concluyendo que no se mejora la resistencia a la compresión y flexión con la adicción de nanopartículas de TiO₂.

- La tasa de absorción de agua a las 24 horas de exposición, evidencia que al adicionar el 3%, 5% y 7% de nanopartículas de TiO₂, se disminuye en 10.70%, 15.84% y 23.08% respectivamente, en relación al mortero patrón. La mayor tasa de absorción fue 148.27 gr/100cm² obtenido del mortero patrón y la menor tasa de absorción fue 114.05 gr/100cm² del mortero adicionado con 7% de nanopartículas de TiO₂. Y respecto a la permeabilidad de morteros a los 5 días, evidencia que al adicionar el 3%, 5% y 7% de nanopartículas de TiO₂, se disminuye en 25.41%, 37.46% y 64.48% respectivamente, en relación al mortero patrón. El mayor coeficiente de permeabilidad fue $5.93 \cdot 10^{-6}$ cm/seg obtenido del mortero patrón y el menor coeficiente de permeabilidad fue $2.11 \cdot 10^{-6}$ cm/seg del mortero adicionado con 7% de nanopartículas de TiO₂. Concluyendo que se mejora la tasa de absorción y permeabilidad de morteros con la adicción de nanopartículas de TiO₂.



VI. RECOMENDACIONES

- Considerando que los resultados obtenidos fueron a nivel de laboratorio se recomienda realizar pruebas a una escala mayor donde se puede observar resultados más contundentes y satisfactorios, ya que a mayor superficie expuesta a la luz solar ofrece un mejor desempeño autolimpiante y descontaminante.
- Realizar análisis químico del agregado y del agua, para conocer la existencia de elementos extraños que podrían alterar los resultados.
- En la preparación de la mezcla, se debe seguir con rigurosidad el procedimiento, dado que una mala elaboración del mortero puede generar fisuras que aumenten la permeabilidad de la mezcla.
- Se recomienda adicionar TiO_2 solo hasta el 5% del peso del cemento ya que a mayor porcentaje el mortero pierde plasticidad esto se evidencia en el ensayo de fluidez del mortero
- Realizar un estudio de la actividad antibacteriana de las muestras de mortero con contenido de TiO_2 mediante el ensayo descrito en la norma JIS R 1702.
- Se recomienda realizar un ensayo de adherencia del mortero al ladrillo, para determinar la capacidad de adherencia que tiene el mortero de revestimiento.
- Se debería realizar un estudio acerca del tratamiento de las aguas que se utilizan para la limpieza de los contaminantes presentes en la superficie de un mortero fotocatalítico, ya que al momento de entrar en contacto con la materia degradada se produce una nitrificación la cual altera la calidad del agua.



VII. REFERENCIAS

LIBROS

- Abanto castillo, Flavio. (2009). “Tecnología del concreto (teoría y problemas)”.
Editorial San Marcos. Segunda Edición. Lima-Perú. (p-21)
- Gutiérrez De López, Libia. (2003), “El concreto y otros materiales para la
Construcción”, Segunda Edición, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
- Colombia (p-117), (p-118), (p-119),
- Pasquel Carbajal, Enrique. 1998. “Tópicos de tecnología del concreto en el Perú”.
Colección del Ingeniero Civil. Segunda Edición. Lima-Perú. (p-59), (p-60),
(p-65), (p-74), (p-76), (p-77), (p-105),
- Rivera Lopez, Gerardo A. (2015). “Concreto simple”. Primera Edición.
Universidad del Cauca. Cauca - Colombia. (p-37), (p-60), (p-64), (p-66), (p-
68), (p-70), (p-149), (p-201), (p-203), (p-204),
- Rivva López, Enrique. 2000. “Naturaleza y materiales del concreto”. Capitulo
peruano ACI. Primera Edición. Lima-Perú. (p-162), (p-166), (p-254), (p-
255).
- Rivva López, Enrique. 2007. “Diseño de mezclas”, Editorial Hozlo, Segunda
Edición, Lima - Perú. (p-24)
- Salamanca Correa, Rodrigo. (2001), “La tecnología de los morteros”. Primera
Edición. Universidad Militar de Nueva Granada, Bogotá - Colombia (p-43),
(p-44), (p-45),
- Sánchez de Guzmán, Diego. (2001), “Tecnología del concreto y del mortero”,
Biblioteca de la Construcción, Tercera Edición, Bogotá – Colombia (p-303),
(p-306), (p-308), (p-309), (p-310), (p-311).



TESIS

- Abella Rodríguez, Gonzalo. (2015), “Mejora de las propiedades de materiales a base de cemento que contienen TiO_2 : propiedades autolimpiantes”. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid - España. (p-23), (p-24).
- Arriola Donis, José Mauricio. (2009). “Diseño de Morteros con cementos Hidráulicos para la Construcción de Muros con elementos de mampostería”. Tesis de Grado. Universidad de San Carlos de Guatemala - Guatemala (p-13), (p-14), (p-17), (p-18).
- Azañedo Medina, Wiston Henry. (2019) “Efecto de un aditivo hidrófugo en la permeabilidad de un mortero de cemento/arena”. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. (p-105).
- Cárdenas Ramírez, Carolina. (2012), “Evaluación de las propiedades físicas y fotocatalíticas de cemento adicionado con nanopartículas de dióxido de titanio”. Tesis de Magister, Universidad Nacional de Colombia – Colombia. (p-55).
- Chen, J. a.-s. (2009). Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications. Edificación y medio ambiente, 1899-1906.
- Chiguay Velasquez, Jassna Elizabeth. (2007). “Análisis razón agua/cemento con mortero de cemento blanco”. Tesis de Grado. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile (p-8), (p-7),
- Cohen Rodríguez, Juan David. (2015), “Evaluación de propiedades fotocatalíticas de cemento adicionado con nanopartículas de TiO_2 -xnx (oxinitruro de titanio)”. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia - Colombia (p-15), (p-24),
- Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), España (2012).



- De La Sotta Monreal, Juan Pablo. (2010), “Análisis comparativo entre mortero de junta para albañilería fabricado en obra y mortero premezclado húmedo para albañilería”. Tesis de Grado. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile (p-7), (p-9), (p-10),
- Folli, Andrea (2010), “Fotocatálisis TIO_2 en sistemas de cemento Portland: Fundamentos de los efectos autolimpiable y mitigación de la polución del aire”. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Madrid - España (P – 169).
- Guerrero Alarcón, Guillermo Leonidas. (1998), “Análisis de mezclas para morteros de enlucidos utilizando arena cuarcífera de la formación hollín”. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Colombia (P – 30)
- Gunasekaran, S. (1996). “Computer vision technology for food quality assurance”. Trends in Food Science & Technology, 7, 245–256.
- Hermida Barrera, Germán. (2013) “Concreto de baja permeabilidad, algo más que disminuir A/C”. Sika. Cochabamba - Bolivia (p-2)
- La Plaza Guerra, Agustín. (2017), “Influencia del color y el acabado superficial en las propiedades de un mortero fotocatalítico como solución envolvente”. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Madrid - España. (p-46), (p-47), (p-64), (p-144), (p-164),
- López Orozco, Juan Orlando. (2004), “Porosidad del Concreto”. Tesis de Grado Universidad de San Carlos de Guatemala – Guatemala. (p-3)
- Martínez Zuasnábar, Karen Romina. (2019) “Efecto del dióxido de titanio (tio_2) en el comportamiento del mortero de cemento Pórtland tipo I para fachadas - Lima metropolitana”. Tesis de Grado. Universidad Ricardo Palma - Perú.



- Maury, A. y De Belie N. (2010), “Estado del arte de los materiales a base de cemento que contienen TiO_2 : propiedades auto-limpiantes”. *Materiales de Construcción*. Vol 60, 298, 33-50. Madrid.
- Medina Salazar, Emmy Carol. (2017) “Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en las propiedades autolimpiables y mecánicas del mortero de cemento - arena 1:4 – Cajamarca”. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú.
- Medina Salazar, Emmy Carol. (2019) “Optimización de las Propiedades Físico – Mecánicas del Mortero Autolimpiable C:A:A Con Dióxido De Titanio”. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. (p-09)
- Meza Hjar, Freud Edison. (2004) “Estudio de mortero de mediana a baja resistencia de cemento, con adición de cal aérea”. Tesis de Grado. Universidad Nacional De Ingenierias. Lima - Peru (p-107), (p-108), (p-109),
- Morbi A., S. Cangiano, E. Borgarello. (2010), “Cement Based Materials for Sustainable Development”, En: *International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies* (N°2, Wisconsin, U.S.A), CTG Italcementi, Bergamo Italy.
- Paiz Rosales, Jennyfer Amalia. (2018), “Diseño y caracterización de un mortero de recubrimiento con textura lisa adicionado con nanopartículas de dióxido de titanio y polisiloxano con propiedades fotocatalíticas e hidrofóbicas a escala laboratorio”. Tesis Doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala - Guatemala. (p-22), (P-29), (p-31), (p-7), (p-8), (p-36),
- Peñañiel Carpio, Francisco Javier & Navarrete Angulo Stalin Mauricio. (2019), “Estudio de las características del fotocatalizador dióxido de titanio en



- hormigones, según la norma UNI 11259”. Tesis de Grado. Universidad central del Ecuador – Ecuador.(p-12,20)
- Puzenat, E. (2009). “Photocatalytic self-cleaning materials: Principles and impact on atmosphere.” The European Physical Journal Conferences, Vol. 1. (p-15,16)
- Ramirez Arias, Yazmin Lorena. (2013), “Diseño, construcción y puesta en marcha de un reactor tubular fotocatalítico (uv-a) para la degradación de desechos químicos orgánicos”. Tesis de Grado. Universidad Tecnológica de Pereira - Colombia. (p-44)
- Sabá Medrano, Carlos Eduardo. (2006).“Evaluación de la incidencia de la cal en las propiedades físico - mecánicas de tres tipos de mortero de albañilería.” . Tesis de Grado. Universidad San Carlos de Guatemala – Guatemala. (p-3), (p-32),
- Segura Montoya, Dany Julieth & Camelo Manzanares, Diego Mauricio. (2019), “Evaluación de las propiedades fotocatalíticas de prefabricados para obras de infraestructura vial en concreto adicionado con dióxido de titanio (TiO₂)”. Tesis de Grado. Universidad de Colombia - Colombia (p-26)
- Simba Cumbajin, Edwin Santiago. (2007). “La impermeabilización en construcciones nuevas y existentes”. Tesis de Grado. Universidad Politécnica Nacional Ecuador – Quito - Ecuador (P – 39)
- Umbaugh, S. E. (2010). “Digital image processing and analysis: human and computer vision applications with CVIPtools”. (CRC Press, Ed.) (Second edi., p. 977).
- UNOI - Unidad de Orientación Empresarial en Innovación. Mortero Fotocatalítico.



Vásquez Espinoza, Manuel Alexander. (2016) “Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en la propiedad autolimpiable del concreto $f'c=210$ kg/cm²”. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. (p-14), (p-11).

NORMAS

ASTM C 109. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars. Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

ASTM C 138. Standard Test Method for Density (Unit Weight). Método de Ensayo Normalizado de Densidad (Peso Unitario).

ASTM C 185. Standard Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar. Método de prueba estándar para el contenido de aire del mortero de cemento hidráulico.

ASTM C 230. Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement. Especificación estándar para la tabla de flujo para uso en pruebas de cemento hidráulico.

ASTM C 305. Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency. Práctica estándar para la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.

ASTM C 348. Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars. Método de prueba estándar para resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico.

ASTM C 40. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete, Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.



ASTM C1403. Standard Test Method for Rate of Water Absorption of Masonry Mortars. Método de prueba estándar para la tasa de absorción de agua de los morteros de mampostería

ASTM C5084. Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter. Medición de la conductividad hidráulica de materiales porosos saturados utilizando un permeámetro de pared flexible

Manual de Ensayos de materiales MTC. 2016. Edición mayo 2016, (p-314), (p-49), (p-296), (p-299), (p-300), (p-350), (p-756), (p-723), (p-727), (p-764).

Norma Técnica E.070. (2017). Norma Técnica E.070 Albañilería. Lima, Perú. (p-15)

UNI 11259 Determinazione dell'attività fotocatalitica di leganti idraulici: Metodo della rodamina; UNI: Ente italiano di normazione. Milano, Italy, 2016.

ANEXOS

ANEXO 1: panel fotográfico

Muestreo para materiales de construcción

Figura 100:

Tamizado de material para cuarteo.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 101:

Cuarteo de material.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Contenido de humedad

Figura 102:

Pesado de muestras para % de humedad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 103:

Secado de muestras para % de humedad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Análisis granulométrico

Figura 104:

Cuarteo de material.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 105:

Secado de muestra para ensayo de granulometría.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 106:

Tamizado de muestra para granulometría.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 107:

Tamizado de muestra.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200

Figura 108:

Pesado de muestra para material que pasa el tamiz N°200.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 109:

Secado de muestra para material que pasa el tamiz N°200.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 110:

Lavado de muestra que pasa por el tamiz N°200.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 111:

Secado de muestras de lavado por tamiz N° 200.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Gravedad específica y absorción

Figura 112:

Secado de muestras para ensayo de gravedad específica.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 113:

Saturado de muestras para ensayo de gravedad específica.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 114:

Secado superficial para ensayo de gravedad específica.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 115:

Determinación SSS para ensayo de gravedad específica.



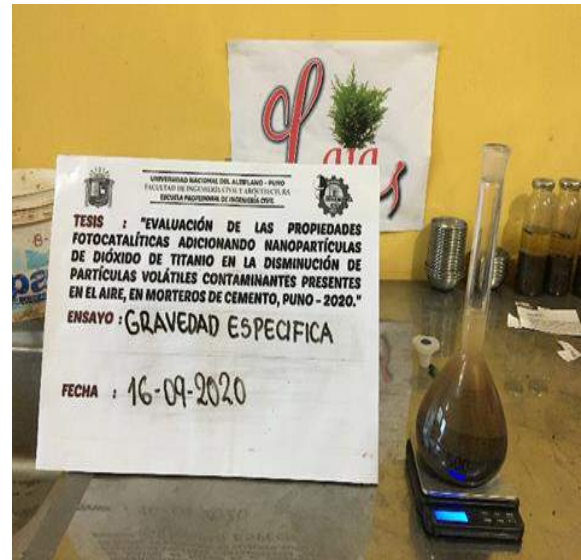
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 116:
Eliminación de aire para ensayo de gravedad específica.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 117:
Pesado de fiola para ensayo de gravedad específica.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Peso unitario suelto seco (PUSS) y compactado (PUCS)

Figura 118:
Calculo del volumen del molde para ensayo de peso unitario.



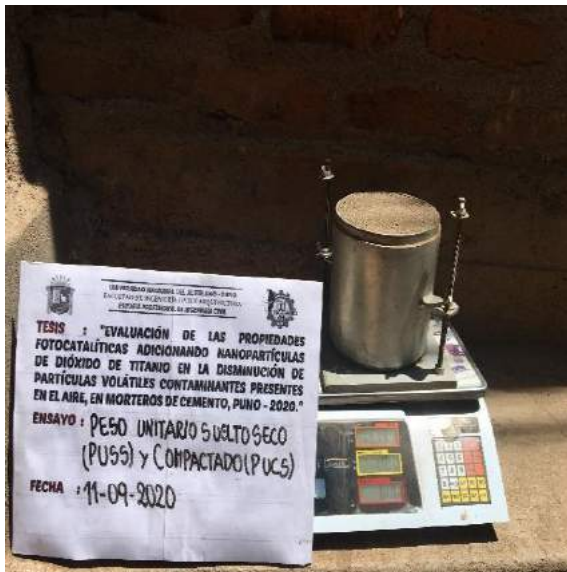
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 119:
Colocado de muestra en el molde para ensayo de PUSS.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 121:
Pesado de muestra para ensayo de PUSC.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 120:
Preparado de muestra para ensayo de PUSC.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

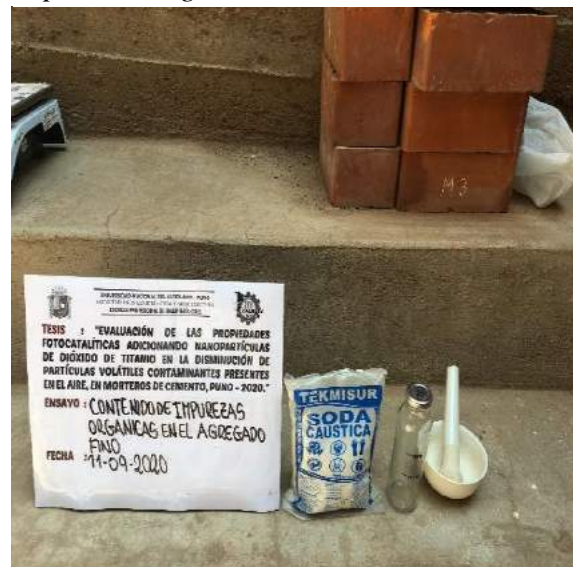
Contenido de impurezas orgánicas en el agregado fino

Figura 123:
Preparado de insumos y materiales para ensayo de impurezas orgánicas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 122:
Preparado de soda caustica para ensayo de impurezas orgánicas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 124:
Mezcla de agua y la soda caustica para ensayo de impurezas organicas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 125:
Contraste del color del liquido para ensayo de impurezas organicas.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Mezcla mecánica de morteros de consistencia plástica

Figura 126 :
Preparado de insumos y materiales para elaboración de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 127:
Adición de agua para elaboración de morteros.



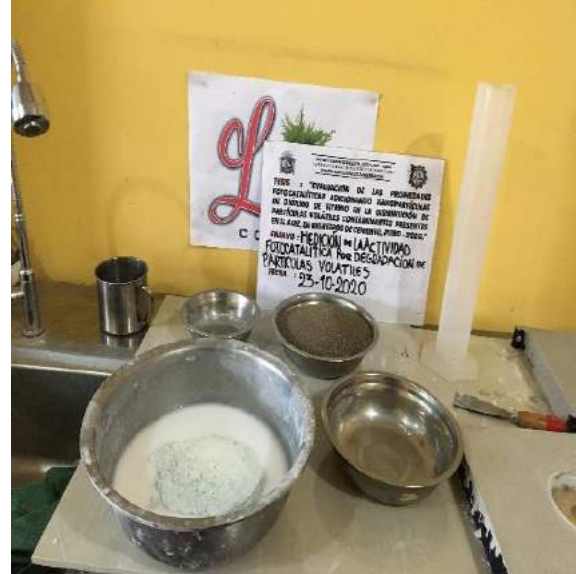
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 128:
Adición de dióxido de titanio para elaboración de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 129:
Adición de cemento blanco para elaboración de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 130:
Adición de agregado fino para elaboración de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 131:
Reposo de mezcla para elaboración de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Fluidez de mortero de cemento

Figura 132:

Preparación mortero para ensayo de fluidez.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 133:

Llenado de molde para ensayo de fluidez.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 134:

Retiro de molde para ensayo de fluidez.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 135:

Medida de diámetros para ensayo de fluidez.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Contenido de aire en morteros de cemento

Figura 136:

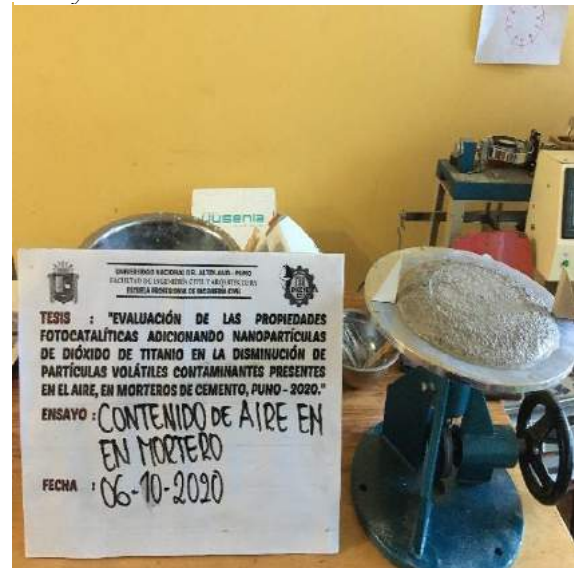
Preparación de insumos y materiales para ensayo de contenido de aire.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 137:

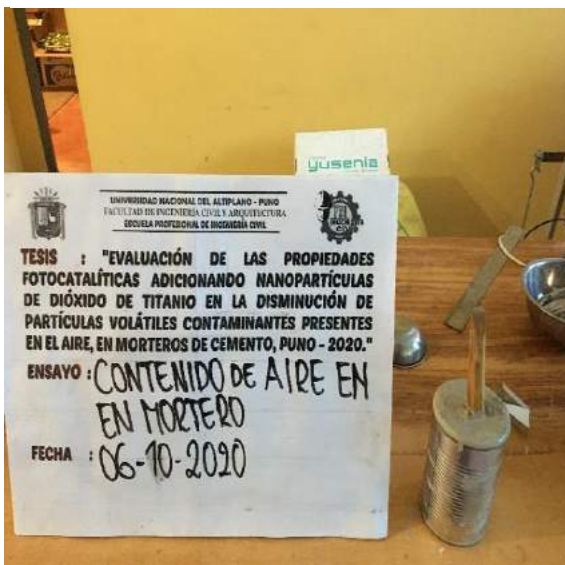
Determinación de consistencia para ensayo de contenido de aire.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 138:

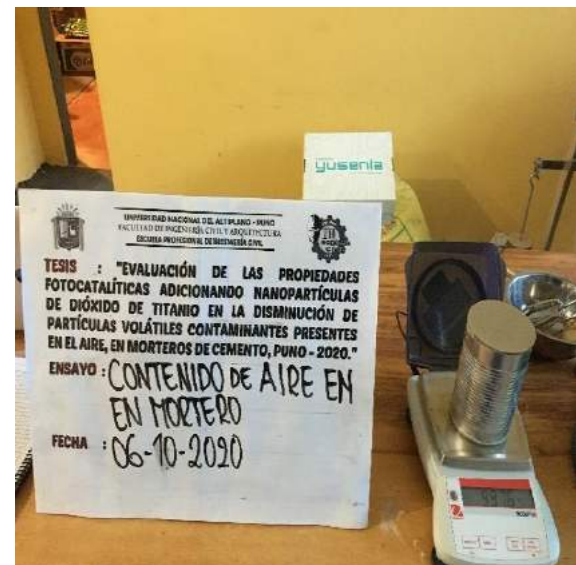
Llenado de medidor para ensayo de contenido de aire.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 139:

Peso de medidor para ensayo de contenido de aire.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Peso unitario de morteros de cemento

Figura 140:

Elaboración de mortero para ensayo de peso unitario.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 141:

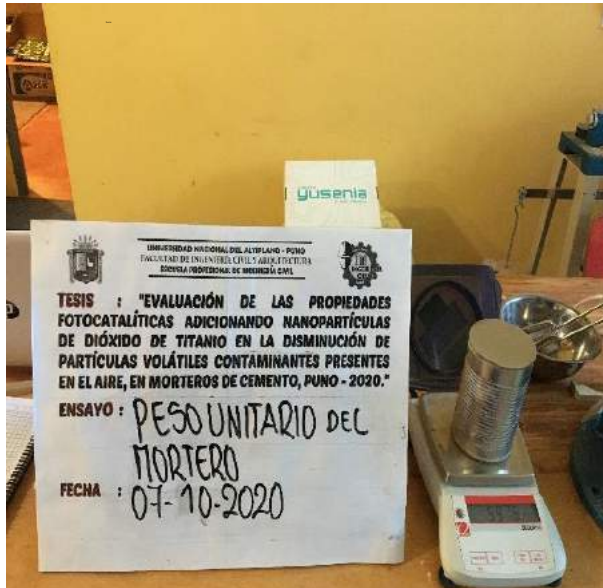
Llenado de medidor para ensayo de peso unitario.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 142:

Peso de medidor para ensayo de peso unitario.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Medición de la descontaminación por degradación de partículas volátiles contaminantes.

Figura 143:
Elaboración de mortero para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 144:
Llenado de moldes para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 145:
Enrasado de probetas para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 146:
Elaboración de probetas para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 147:

Desmoldado de probetas para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 148:

Curado de probetas en poza de curado para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 149:

Secado de probetas para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 150:

Preparación de fogones de quemado para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 151:
Colocación de probetas en fogones para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 152:
Quema de neumáticos en fogones para ensayos de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 153:
Exposición de probetas a los rayos UV para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 154:
Lavado de probetas para ensayo de descontaminación.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Medición de la actividad fotocatalítica por degradación de rodamina B

Figura 155:

Elaboración de morteros para ensayo de autolimpieza.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 156:

Llenado de probetas para ensayo de autolimpieza.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 157:

Enrasado de probetas para ensayo de autolimpieza.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 158:

Curado en cámara húmeda para ensayo de autolimpieza.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 159:
Curado en poza de curado para ensayo de autolimpieza.



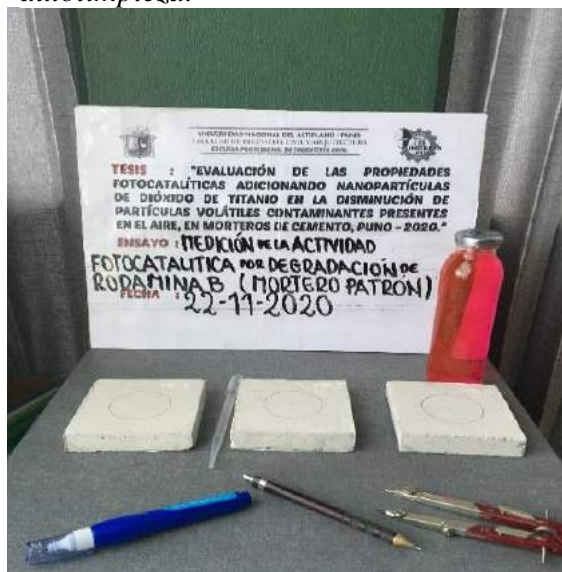
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 160:
Preparación de la solución de Rodamina B.



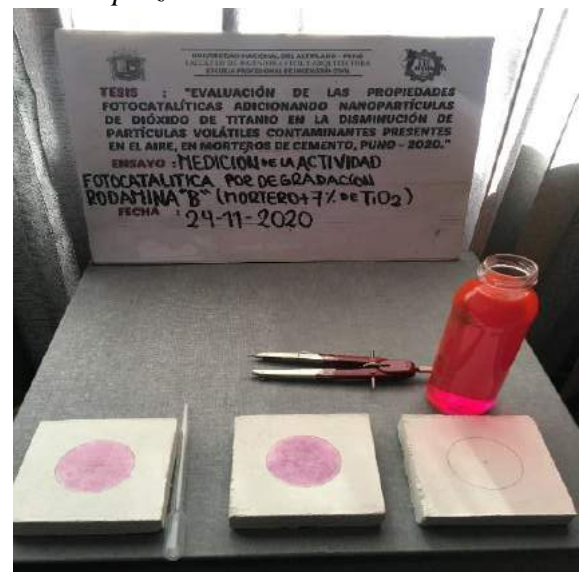
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 161:
Preparado de muestras para ensayo de autolimpieza.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 162:
Aplicación de rodamina B para ensayo de autolimpieza.



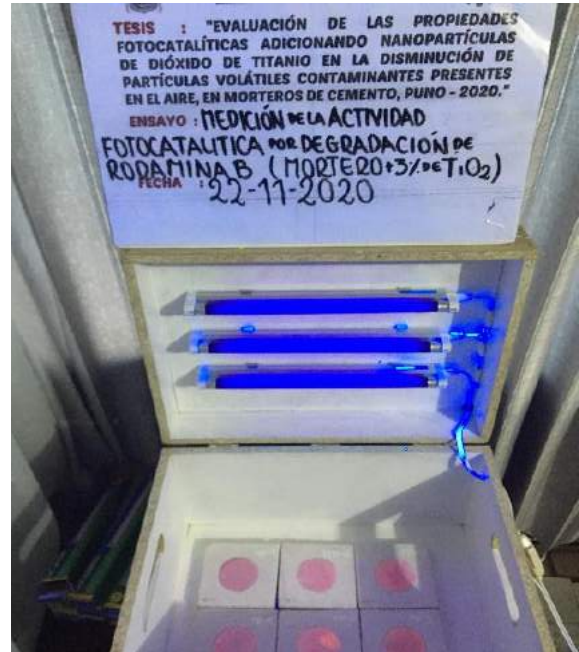
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 163:
Registro fotográfico para medición de color.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 164:
Exposición de probetas a rayos UV.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 165:
Registro fotográfico para la medición de color.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Compresión de morteros de cemento (cubos de 50 mm)

Figura 167:

Preparado de insumos y materiales para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 166:

Elaboración de mortero para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 168:

Aplicación de aceite mineral en moldes para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 169:

Llenado de moldes para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 170:
Enrasado de probetas de mortero para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 171:
Curado de probetas en cámara húmeda para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 172:
Desmoldado de probetas para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 173:
Curado de probetas en poza de curado para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 174:

Curado de probetas de mortero en poza de curado para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 175:

Secado de probetas para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 176:

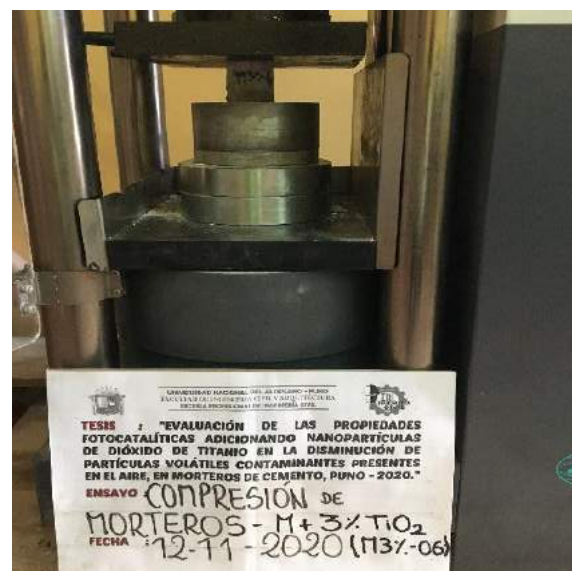
Medida de probetas para ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 177:

Ensayo de compresión de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 178:
Ensayo de compresión de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 179 :
Falla de probetas de mortero a ensayo de compresión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Resistencia a la flexión de morteros de cemento

Figura 180:
Elaboración de mortero para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 181:
Llenado de moldes para ensayo de resistencia a la flexión.



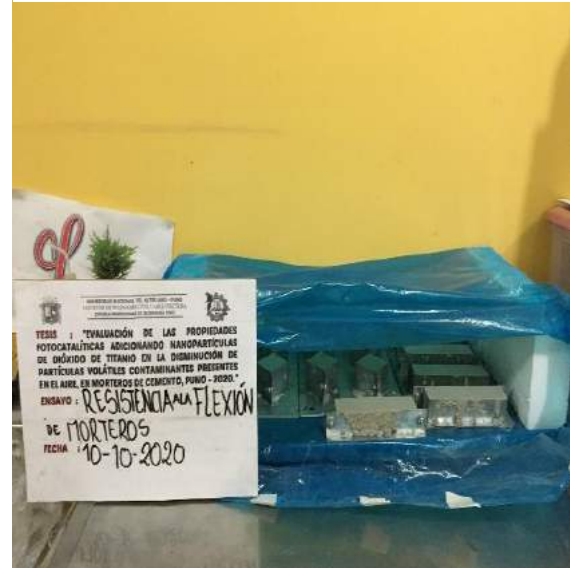
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 182:
Enrasado de probetas para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 183:
Curado de probetas en cámara húmeda para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 184:
Desmoldado de probetas de mortero para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 185:
Curado de probetas en poza de curado para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 187:

Desmoldado de probetas de mortero para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 186:

Curado de probetas en poza de curado para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 188:

Secado de probetas de mortero para ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

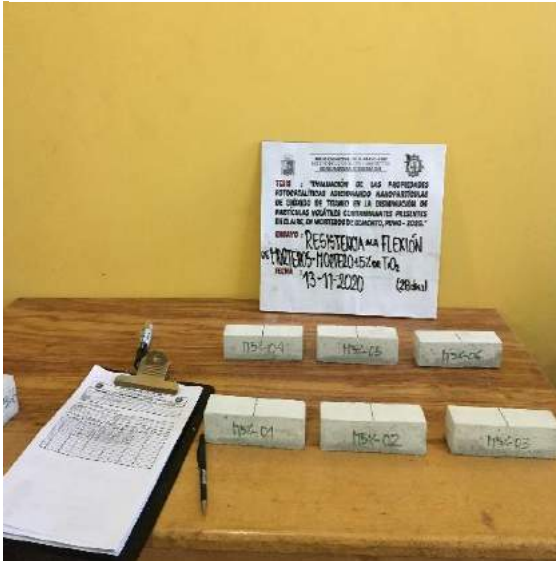
Figura 189:

Medida de probetas de mortero para ensayo de flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 190:
Marcado de puntos de contacto para ensayo de resistencia a la flexión.



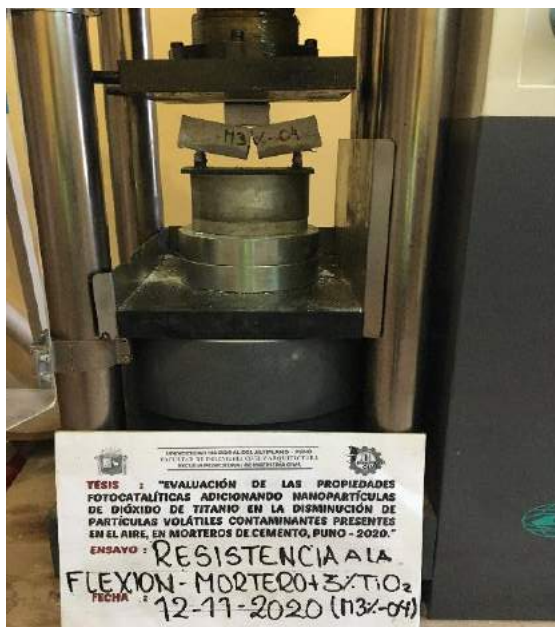
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 191:
Falla de probetas de mortero a ensayo de flexión.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 192:
Ensayo de resistencia a la flexión de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 193:
Ensayo de resistencia a la flexión de morteros.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tasa de absorción de agua de los morteros (NTP 399.631 / ASTM C1403)

Figura 195:
Elaboración de mortero para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 194:
Llenado de probetas para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 196:
Enrasado de Probetas para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 197:
Curado de Probetas en cámara húmeda de ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 198:
Curado de probetas en poza de curado para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 199:
Secado de probetas para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 200:
Medida de probetas para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 201:
Medida de probetas para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 202:
Colocado de muestras en el recipiente para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 203:
Llenado de recipiente con agua para ensayo de absorción.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Determinación de la permeabilidad de un mortero cemento

Figura 204:
Preparación de insumos y materiales para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 205:
Llenado de probetas para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 206:
Enrasado de probetas para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 207:
Desmoldado de muestras para ensayo de permeabilidad.



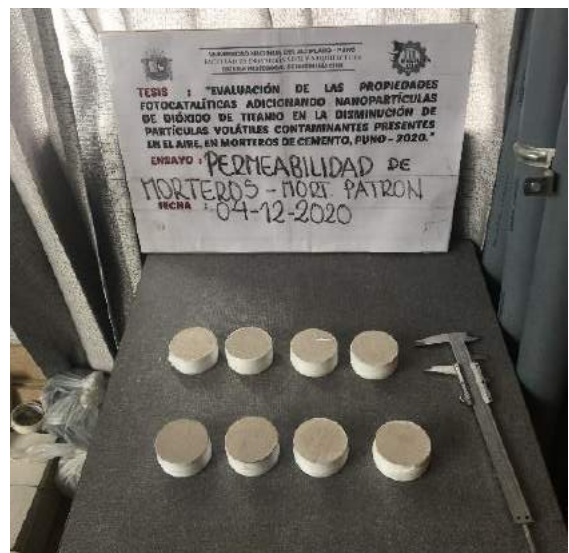
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 208:
Curado de probetas para ensayo de permeabilidad.



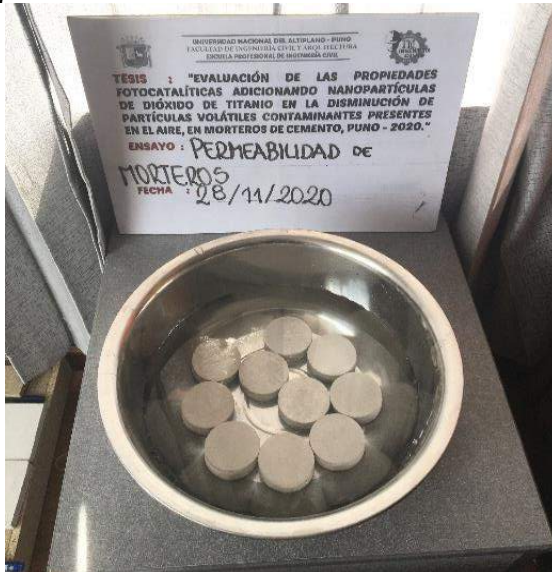
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 209:
Medida de probetas para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 210:
Saturado de probetas para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 211:
Montaje para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 213:
Medida de la cantidad de agua para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.


Figura 212:
Ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

ANEXO 2: Certificado de resultados de ensayo de materiales

ANEXO B-1: Análisis granulométrico



LAIA
CONSUL

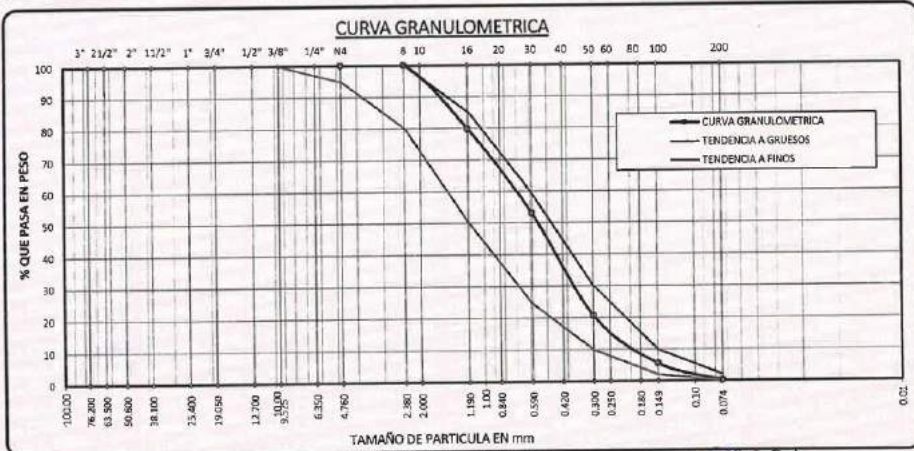
**INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN**
RUC: 20602559000

ENSAYO: ANÁLISIS DE GRANULOMETRICO	MTC E 204 / NIP 400.012 / ASTM C136
TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."	
TESISTA : BORIS E. SONCCO PAREDES	
LABORATORIO : LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.	
MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO - PRUEBA I	
FECHA : 17 DE SEPTIEMBRE DEL 2020	

ANÁLISIS DE GRANULOMETRICO - PRUEBA I							
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO CORREGIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM
3/4"	19.050					100.00	100
1/2"	12.700					100.00	100
3/8"	9.525					100.00	100
1/4"	6.350					100.00	95
No4	4.760					100.00	100
No8	2.380					100.00	100
No10	2.000					100.00	100
No16	1.190	292.73	292.98	20.25	20.25	79.75	70
No20	0.840					79.75	100
No30	0.590	387.37	387.62	26.79	47.04	52.96	40
No40	0.420					52.96	75
No50	0.300	467.67	467.92	32.34	79.38	20.62	10
No60	0.250					20.62	35
No80	0.180					20.62	15
No100	0.149	217.53	217.78	15.05	94.44	5.56	2
No200	0.074	78.70	78.95	5.46	99.89	0.11	
BASE		1.54	1.54	0.11	100.00	0.00	
TOTAL		1445.54	1446.77	100.00			
% PERDIDA		0.17					

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Peso de la Muestra	: 1448.00 g
Contenido de humedad	: 1.54 %
Peso unitario suelto	: 1459.74 Kg/cm ³
peso unitario	: 1543.98 Kg/cm ³
MODULO DE FINEZA :	
2.41	
OBSERVACIONES:	
El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 1.60 - 2.50, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 Max 2.52	

CURVA GRANULOMETRICA



Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321128

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com

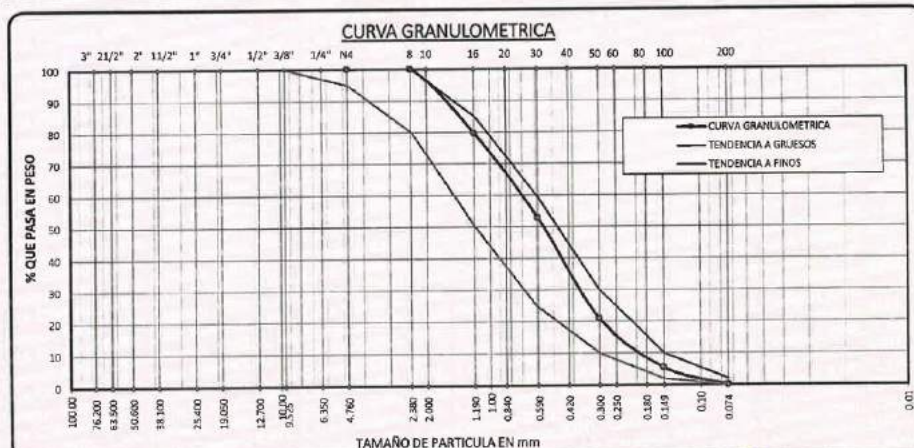


INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO:	ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO	MTC E 204 / NTP 400.012 / ASTM C136
TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DÍOXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."	
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES	
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.	
MUESTRA	: AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO - PRUEBA II	
FECHA	: 17 DE SEPTIEMBRE DEL 2020	

ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO - PRUEBA II

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO CORREGIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/4"	19.050							Peso de la Muestra : 1304.00 g
1/2"	12.700							Contenido de humedad : 1.54 %
3/8"	9.525					100.00	100	Peso unitario suelto : 1459.74 Kg/cm ³
1/4"	6.350					100.00	100	peso unitario : 1543.98 Kg/cm ³
No4	4.760					100.00	100	
No8	2.380					100.00	95	
No10	2.000					100.00	100	
No16	1.190	264.36	264.52	20.30	20.30	79.70	70	MODULO DE FINEZA :
No20	0.840			26.92	47.22	52.78	40	2.41
No30	0.590	350.71	350.87	26.92	47.22	52.78	40	OBSERVACIONES:
No40	0.420			31.89	79.11	20.89	10	El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 1.60 - 2.50, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 Max 2.52
No50	0.300	415.41	415.57	31.89	79.11	20.89	10	
No60	0.250						15	
No80	0.180							
No100	0.149	200.99	201.15	15.44	94.55	5.45	2	
No200	0.074	70.03	70.19	5.39	99.93	0.07		
BASE		0.86	0.86	0.07	100.00	0.00		
TOTAL		1302.36	1303.18	100.00				
% PERDIDA		0.13						



Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LATA CONSULTA E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI. 70321146

LAIA CONSULTA E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com

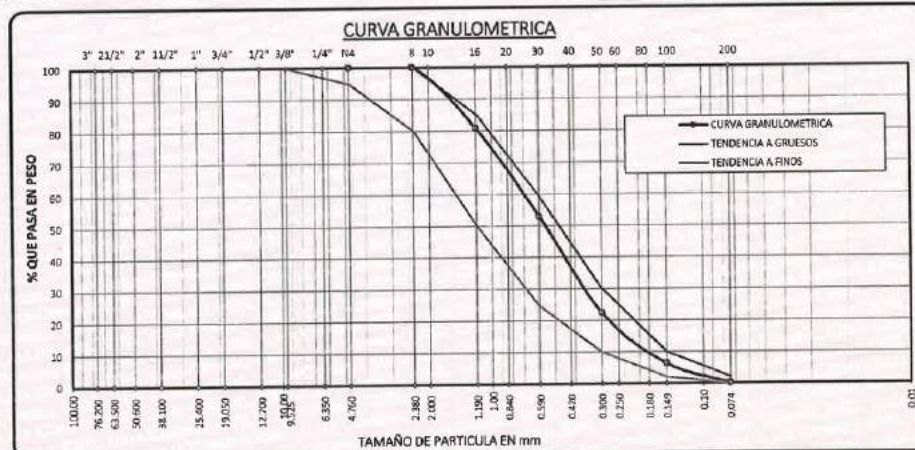


INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO:	ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO	MTC E 204 / NTP 400.012 / ASTM C136
TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DÍOXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."	
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES	
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSULT E.I.R.L.	
MUESTRA	: AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO - PRUEBA III	
FECHA	: 17 DE SEPTIEMBRE DEL 2020	

ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO - PRUEBA III

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO CORREGIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/4"	19.050					100.00	100	Peso de la Muestra : 1299.00 g
1/2"	12.700					100.00	100	Contenido de humedad : 1.54 %
3/8"	9.525					100.00	100	Peso unitario suelto : 1459.74 Kg/cm ³
1/4"	6.350					100.00	95	peso unitario : 1543.98 Kg/cm ³
No4	4.760							
No8	2.380							
No10	2.000							
No16	1.190	248.77	248.97	19.18	19.18	80.82	70	MODULO DE FINEZA :
No20	0.840							2.38
No30	0.590	362.53	362.73	27.94	47.13	52.87	40	OBSERVACIONES:
No40	0.420							
No50	0.300	396.37	396.57	30.55	77.68	22.32	10	
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149	207.91	208.11	16.03	93.71	6.29	2	El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 1.60 - 2.50, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2
No200	0.074	80.36	80.56	6.21	99.92	0.08	15	Max 2.52
BASE		1.09	1.09	0.08	100.00	0.00		
TOTAL		1297.03	1298.02	100.00				
% PERDIDA		0.15						



Nota: Los ensayos fueron realizados por el testista.

LAIA CONSULT E.I.R.L
RUC: 20602559000

Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSULT E.I.R.L
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsult@gmail.com



ANEXO B-2: Contenido de humedad



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	MTC E 108 / NTP 339.127 / ASTM D2216
---------	-----------------------------	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: AGREGADOS FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD

AGREGADO FINO			
I.-DATOS			
Nº De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de Tara (gr.)	29.2	27.2	28.7
Peso de Tara + M. Humeda (gr.)	242.8	236.7	264.9
Peso de Tara + M. Seca (gr.)	239.5	233.5	261.4
Peso de Agua (gr.)	3.3	3.2	3.5
Peso Muestra Seca (gr.)	210.3	206.3	232.7
II.-RESULTADOS			
Contenido de humedad (W%)	1.57	1.55	1.50
Contenido de Humedad Promedio (W%)	1.54		

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Siboa-Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



ANEXO B-3: Material que pasa el tamiz N°200



**INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN**
RUC: 20602559000

ENSAYO: CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200	MTC E 202 / NTP 400.018 / ASTM C117
---	-------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTICULAS DE DIOXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: AGREGADOS FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 15 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200

AGREGADO FINO			
I-DATOS			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso seco de la muestra (gr.)	1809.00	1638.00	1637.00
Peso seco de la muestra lavada (gr.)	1717.00	1552.00	1526.00
Peso de la muestra que pasa la malla N° 200 (gr.)	92.00	86.00	111.00
II-RESULTADOS			
Porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (%)	5.09	5.25	6.78
Porcentaje de material que pasa la malla N° 200 promedio (%)	5.71		

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI 70321128

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



ANEXO B-4: Peso unitario suelto seco (PUSS) y compactado (PUSC)



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) Y COMPACTADO (PUSC)	MTC E 203 / NTP 400.017 / ASTM C29
---	------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: AGREGADOS FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 11 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) Y COMPACTADO (PUSC)

AGREGADO FINO PESO UNITARIO SUELTO

I.-DATOS			
Nº De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso del molde (gr.)	8391.00	8391.00	8391.00
Peso del molde + muestra (gr.)	13089.00	13102.00	13087.00
Peso de la muestra (gr.)	4698.00	4711.00	4696.00
Volumen del molde (cm ³)	3220.89	3220.89	3220.89
Peso unitario (gr/cm ³)	1.459	1.463	1.458
II.-RESULTADOS			
Peso unitario seco (kg/m ³)	1459.74		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.46		

PESO UNITARIO COMPACTADO

I.-DATOS			
Nº De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso del molde (gr.)	8391.00	8391.00	8391.00
Peso del molde + muestra (gr.)	13368.00	13365.00	13359.00
Peso de la muestra (gr.)	4977.00	4974.00	4968.00
Volumen del molde (cm ³)	3220.89	3220.89	3220.89
Peso unitario (gr/cm ³)	1.545	1.544	1.542
II.-RESULTADOS			
Peso unitario seco (kg/m ³)	1543.98		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.54		

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Pur
Eulalia Silva Pur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com

ANEXO B-5: Peso específico y absorción



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	MTC E 205 / NTP 400.022 / ASTM C128
--	--

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: AGREGADOS FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 16 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

AGREGADO FINO


I.- DATOS			
Nº de Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (gr.)	500.00	500.46	500.86
Peso del picnómetro + peso del agua (gr.)	661.23	660.83	660.83
Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua (gr.)	964.89	963.10	964.11
Peso del recipiente (gr.)	73.14	69.69	70.40
Peso del recipiente + muestra secada al horno (gr.)	552.80	548.96	549.76
Peso de la muestra secada al horno (gr.)	479.66	479.27	479.36
II.- RESULTADOS			
Gravedad específica nominal (gr/cm ³)	2.73	2.71	2.72
Promedio Gravedad específica nominal (gr/cm ³)	2.72		
Gravedad específica aparente (gr/cm ³)	2.44	2.42	2.43
Promedio Gravedad específica aparente (gr/cm ³)	2.43		
Gravedad específica bulk en estado SSS (gr/cm ³)	2.55	2.53	2.53
Promedio Gravedad específica bulk en estado SSS (gr/cm ³)	2.54		
Porcentaje de Absorción (%)	4.24	4.42	4.49
Promedio de porcentaje de Absorción (%)	4.38		

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E. I. R. L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com

ANEXO B-6: Contenido de Material orgánico.







LAIA
CONSUL

**INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN**
RUC: 20602559000

ENSAYO: CONTENIDO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO	MTC E 213 / NTP 400.024 / ASTM C 87
--	--

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: AGREGADOS FINO DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

CONTENIDO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO		
Figura	Color	Propiedades
fig. 1	Blanco claro a transparente	Arena de muy buena calidad por no contener impurezas orgánicas, limos
fig. 2	Amarillo pálido	Arena de poca presencia de impurezas orgánicas, limos y
fig. 3	Amarillo encendido	Contiene impurezas orgánicas en altas cantidades puede usarse en
fig. 4	Café	Contiene impurezas orgánicas en concentraciones muy elevadas. Se
fig. 5	Café Chocolate	Arenas de muy mala calidad.

I.-DATOS			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso seco de la muestra secada al aire (gr.)	130.00	130.00	130.00
Contraste de colores			
	2	2	2
Color (N°.)	2	2	2

II.-RESULTADOS	
Color que presenta el ensayo	Amarillo pálido
Presencia de material orgánico en la muestra	Arena de poca presencia de impurezas orgánicas, limos y arcillas. Se consideran de buena calidad.

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LATA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000

Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 79321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsult12@gmail.com

repositorio.unap.edu.pe
No olvide citar adecuadamente esta tesis



ANEXO 3: Diseño de mezclas de mortero

ANEXO C-1: Diseño de mezclas de mortero patrón.

	UNIVERSIDAD NACIONAL ALTIPLANO - PUNO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	--	--

DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTEROS - MORTERO PATRON

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: AGREGADOS DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	ARENA	AGUA
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.12	2.43	1.00
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1501	1460	
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1544	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		1.54	
ABSORCION	%		4.38	
MODULO DE FINEZA			2.40	

DETERMINACION DE VOLUMENES

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN P ³
CEMENTO	1.0 pie ³
AGREGADO FINO	2.76 pie ³
A/C	0.730

DETERMINACION DE PESO

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN kg
CEMENTO	42.50 kg
AGREGADO FINO	114.08 kg
A/C	31.03 kg

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	FACTOR CEMENTO	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESOS KG/M ³
CEMENTO	0.01362	10.614 bls	451.13		451.13
AGREGADO FINO	0.04697		1210.89	-34.39	1229.54
AGUA	0.03103		329.32	-34.39	363.71
AIRE	2.83%		0.00259		
	0.09162	0.094213			2044.38
Rel A/C Efectiva	0.81	Cemento	1	Arena	2.73

MATERIAL	PROPORCION EN VOLUMEN	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	1.000 m ³	1.00 kg
AGREGADO FINO	2.760 m ³	2.73 kg
AGUA	34.27 lt/bolsa	34.27 lt/bolsa

CANTIDAD DE MATERIAL POR PROBETAS

Volumen de probeta	: 125.0 cm ³
Numero de especimenes	: 6.00 und
Volumen total	: 0.00075000 m ³

MATERIAL	PESO	PESO + DESP.
CEMENTO	0.3383 kg	0.3553 kg
AGREGADO FINO	0.9222 kg	0.9683 kg
AGUA	0.2728 lt	0.2864 kg



ANEXO C-2: Diseño de mezclas de mortero patrón + 3% de TiO₂

	UNIVERSIDAD NACIONAL ALTIPLANO - PUNO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	--	--

DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTEROS MORTERO PATRON + 3% DE DIOXIDO DE TITANIO

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANO PARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: AGREGADOS DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	ARENA	AGUA
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.12	2.43	1.00
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1501	1460	
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1544	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		1.54	
ABSORCION	%		4.38	
MODULO DE FINEZA			2.40	

ADICION DE DIOXIDO DE TITANIO

PORCENTAJE	PESO ESPECIFICO
3.0 %	4.0 gr/cc

DETERMINACION DE VOLUMENES

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN P ³
CEMENTO	1.0 pie ³
AGREGADO FINO	2.76 pie ³
TiO ₂	3.0 %
A/C	0.730

DETERMINACION DE PESO

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN P ³
CEMENTO	42.50 kg
AGREGADO FINO	114.08 kg
DIOXIDO DE TITANIO	1.28 kg
A/C	31.03 kg

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	FACTOR CEMENTO	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESOS KG/M ³
CEMENTO	0.0136	10.58 bls	449.77		449.77
AGREGADO FINO	0.0470		1207.24	-34.29	1225.83
DIOXIDO DE TITANIO	0.0003		13.49		13.49
AGUA	0.0310		328.33	-34.29	362.62
AIRE 2.83%	0.0026				
	0.09190	0.0945			2051.71
Rel A/C Efectiva	0.81	Cemento	1	Arena	2.73

MATERIAL	PROPORCION EN VOLUMEN	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	1.000 m ³	1.00 kg
AGREGADO FINO	2.760 m ³	2.73 kg
DIOXIDO DE TITANIO	0.030 m ³	0.03 kg
AGUA	34.27 lt/bolsa	34.27 lt/bolsa

CANTIDAD DE MATERIAL POR PROBETAS

Volumen de probeta	: 125.0 cm ³
Numero de especimenes	: 6.00 und
Volumen total	: 0.00075000 m ³

MATERIAL	PESO	PESO + DESP.
CEMENTO	0.3373 kg	0.3542 kg
AGREGADO FINO	0.9194 kg	0.9653 kg
DIOXIDO DE TITANIO	0.0101 kg	0.0106 kg
AGUA	0.2720 lt	0.2856 kg



ANEXO C-3: Diseño de mezclas de mortero patrón + 5% de TiO₂.

	UNIVERSIDAD NACIONAL ALTIPLANO - PUNO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	--	--

DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTEROS MORTERO PATRON + 5% DE DIOXIDO DE TITANIO

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: AGREGADOS DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	ARENA	AGUA
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.12	2.43	1.00
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1501	1460	
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1544	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		1.54	
ABSORCION	%		4.38	
MODULO DE FINEZA			2.40	

ADICION DE DIOXIDO DE TITANIO

PORCENTAJE	PESO ESPECIFICO
5.0 %	4.0 gr/cc

DETERMINACION DE VOLUMENES

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN P ³
CEMENTO	1.0 pie ³
AGREGADO FINO	2.76 pie ³
TiO ₂	5.0 %
A/C	0.730

DETERMINACION DE PESO

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN P ³
CEMENTO	42.50 kg
AGREGADO FINO	114.08 kg
DIOXIDO DE TITANIO	2.13 kg
A/C	31.03 kg

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	FACTOR CEMENTO	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESOS KG/M ³
CEMENTO	0.0136	10.56 bls	448.83		448.83
AGREGADO FINO	0.0470		1204.73	-34.21	1223.28
DIOXIDO DE TITANIO	0.0005		22.44		22.44
AGUA	0.0310		327.65	-34.21	361.86
AIRE	2.83% 0.0026				
	0.09210	0.0947			2056.41
Rel A/C Efectiva	0.81	Cemento	1	Arena	2.73

MATERIAL	PROPORCION EN VOLUMEN	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	1.000 m ³	1.00 kg
AGREGADO FINO	2.760 m ³	2.73 kg
DIOXIDO DE TITANIO	0.050 m ³	0.05 kg
AGUA	34.27 lt/bolsa	34.27 lt/bolsa

CANTIDAD DE MATERIAL POR PROBETAS

Volumen de probeta	: 125.0 cm ³
Numero de especimenes	: 6.00 und
Volumen total	: 0.00075000 m ³

MATERIAL	PESO	PESO + DESP.
CEMENTO	0.3366 kg	0.3535 kg
AGREGADO FINO	0.9175 kg	0.9633 kg
DIOXIDO DE TITANIO	0.0168 kg	0.0177 kg
AGUA	0.2714 lt	0.2850 kg



ANEXO C-4: Diseño de mezclas de mortero patrón + 7% de TiO₂.



DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTEROS MORTERO PATRON + 7% DE DIOXIDO DE TITANIO

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANO PARTÍCULAS DE DÍOXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: AGREGADOS DE LA CANTERA DE CUTIMBO
FECHA	: 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2020

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	ARENA	AGUA
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.12	2.43	1.00
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1501	1460	
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1544	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		1.54	
ABSORCION	%		4.38	
MODULO DE FINEZA			2.40	

ADICION DE DIOXIDO DE TITANIO

PORCENTAJE	PESO ESPECIFICO
7.0 %	4.0 gr/cc

DETERMINACION DE VOLUMENES

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN P ³
CEMENTO	1.0 pie ³
AGREGADO FINO	2.76 pie ³
TiO ₂	7.0 %
A/C	0.730

DETERMINACION DE PESO

DESCRIPCION	DOSIFICACION EN P ³
CEMENTO	42.50 kg
AGREGADO FINO	114.08 kg
DIOXIDO DE TITANIO	2.98 kg
A/C	31.03 kg

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	FACTOR CEMENTO	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESOS KG/M ³
CEMENTO	0.0136	10.54 bls	447.86		447.86
AGREGADO FINO	0.0470		1202.10	-34.14	1220.61
DIOXIDO DE TITANIO	0.0007		31.35		31.35
AGUA	0.0310		326.93	-34.14	361.07
AIRE	2.83% 0.0026				
	0.09230	0.0949			2060.89
Rel A/C Efectiva	0.81	Cemento	1	Arena	2.73

MATERIAL	PROPORCION EN VOLUMEN	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	1.000 m ³	1.00 kg
AGREGADO FINO	2.760 m ³	2.73 kg
DIOXIDO DE TITANIO	0.070 m ³	0.07 kg
AGUA	34.27 lt/bolsa	34.27 lt/bolsa

CANTIDAD DE MATERIAL POR PROBETAS

Volumen de probeta	: 125.0 cm ³
Numero de especimenes	: 6.00 und
Volumen total	: 0.00075000 m ³

MATERIAL	PESO	PESO + DESP.
CEMENTO	0.3359 kg	0.3527 kg
AGREGADO FINO	0.9155 kg	0.9612 kg
DIOXIDO DE TITANIO	0.0235 kg	0.0247 kg
AGUA	0.2708 lt	0.2843 kg



ANEXO 4: Contenido de aire de mortero.



ENSAYO: CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 612 / NTP 334.048 / ASTM C 185 - 01
---	--

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO. PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: MORTERO DE CEMENTO
FECHA	: 23 DE FEBRERO DEL 2010

CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO

MORTERO PATRON												
I.-DATOS												
N° De Prueba	Prueba I				Prueba II				Prueba III			
Volumen del molde (ml.)	452.51				452.51				452.51			
Peso del cemento (gr)	198.00				198.00				198.00			
Peso de la Arena (gr)	539.60				539.60				539.60			
Cantidad de agua (ml.)	99.70				99.70				99.70			
Peso Especifico del cemento (kg/m³)	3.12				3.12				3.12			
Peso especifico de la Arena (kg/m³)	2.43				2.43				2.43			
Calculo de Fluides												
Relacion agua-cemento (A/C)	0.50				0.50				0.50			
Diametro inicial (cm.)	9.84				9.84				9.84			
Medida de Diametros (cm.)	18.30	18.20	18.40	18.30	18.20	18.40	18.20	18.30	18.20	18.30	18.40	18.40
Promedio de Diametros (cm.)	18.30				18.28				18.33			
Porcentaje de fluides (%) (cm.)	85.98 %				85.72 %				86.23 %			
Peso del mortero (gr)	955.47				956.33				954.75			
II.-RESULTADOS												
Contenido de Aire, volumen (%)	2.83				2.75				2.91			
Contenido de aire Promedio	2.83											



ANEXO 5: Peso unitario de morteros de cemento.



ENSAYO:	PESO UNITARIO DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 714 / NTP 339.046 / ASTM C 138
----------------	---	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."		
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES		
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.		
MUESTRA	: MORTERO DE CEMENTO		
FECHA	: 11 DE NOVIEMBRE DEL 2020		

PESO UNITARIO EN MORTEROS DE CEMENTO (MORTERO PATRON)

I.-DATOS			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1003.00	1002.90	1003.20
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso de la muestra (gr)	955.27	955.17	955.47
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13
Peso del agua (gr)	451.40	451.40	451.40
Factor de calibracion del recipiente (kg/m ³)	997.54	997.54	997.54
II.-RESULTADOS			
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2111.03	2110.81	2111.47
Promedio de peso unitario (kg/m ³)	2111.11		

PESO UNITARIO EN MORTEROS DE CEMENTO (MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂)

I.-DATOS			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1008.50	1007.60	1009.80
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso de la muestra (gr)	960.77	959.87	962.07
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13
Peso del agua (gr)	451.40	451.40	451.40
Factor de calibracion del recipiente (kg/m ³)	997.54	997.54	997.54
II.-RESULTADOS			
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2123.19	2121.20	2126.06
Promedio de peso unitario (kg/m ³)	2123.48		



ENSAYO:	PESO UNITARIO DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 714 / NTP 339.046 / ASTM C 138
----------------	---	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: MORTERO DE CEMENTO
FECHA	: 13 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PESO UNITARIO EN MORTEROS DE CEMENTO (MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂)

I.-DATOS			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1012.00	1011.30	1012.50
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso de la muestra (gr)	964.27	963.57	964.77
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13
Peso del agua (gr)	451.40	451.40	451.40
Factor de calibracion del recipiente (kg/m ³)	997.54	997.54	997.54
II.-RESULTADOS			
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2130.92	2129.37	2132.03
Promedio de peso unitario (kg/m ³)	2130.77		

PESO UNITARIO EN MORTEROS DE CEMENTO (MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂)

I.-DATOS			
N° De Prueba	Prueba I	Prueba II	Prueba III
Peso de la muestra + recipiente (gr)	1014.40	1014.70	1013.90
Peso del recipiente (gr)	47.73	47.73	47.73
Peso de la muestra (gr)	966.67	966.97	966.17
Peso del agua + recipiente (gr)	499.13	499.13	499.13
Peso del agua (gr)	451.40	451.40	451.40
Factor de calibracion del recipiente (kg/m ³)	997.54	997.54	997.54
II.-RESULTADOS			
Peso unitario del mortero (kg/m ³)	2136.23	2136.89	2135.12
Promedio de peso unitario (kg/m ³)	2136.08		



ANEXO 6: Fluides de Mortero

	UNIVERSIDAD NACIONAL ALTIPLANO - PUNO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	--	--

ENSAYO:	FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO	MTC E 616 / NTP 334.057 / ASTM C 230
----------------	--------------------------------------	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: MORTERO DE CEMENTO
FECHA	: 11 DE NOVIEMBRE DEL 2020

FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO - MORTERO PATRON

MORTERO PATRON												
I.-DATOS												
N° De Prueba	Prueba I				Prueba II				Prueba III			
Relacion agua-cemento (A/C)	0.73				0.73				0.73			
Diametro inicial (cm.)	9.84				9.84				9.84			
Medida de Diametros (cm.)	20.60	20.80	20.70	20.80	20.70	20.80	20.80	20.70	20.70	20.80	20.60	20.70
Promedio de Diametros (cm.)	20.73				20.75				20.70			
II.-RESULTADOS												
Porcentaje de fluidez (%)	110.62 %				110.87 %				110.37 %			
Promedio de porcentaje de fluidez (%)	110.62 %				110.62 %				110.62 %			
Porcentaje de fluidez según norma (%)	110± 5%				110± 5%				110± 5%			
Consistencia	Media(Plastica)				Media(Plastica)				Media(Plastica)			
Aceptacion del porcentaje de fluidez	Aceptable				Aceptable				Aceptable			

FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO - MORTERO PATRON + 3% DE TIO₂

MORTERO PATRON + 3% DE TIO₂												
I.-DATOS												
N° De Prueba	Prueba I				Prueba II				Prueba III			
Relacion agua-cemento (A/C)	0.73				0.73				0.73			
Diametro inicial (cm.)	9.84				9.84				9.84			
Medida de Diametros (cm.)	20.50	20.30	20.40	20.60	20.40	20.50	20.50	20.60	20.30	20.40	20.30	21.20
Promedio de Diametros (cm.)	20.45				20.50				20.55			
II.-RESULTADOS												
Porcentaje de fluidez (%)	107.83 %				108.33 %				108.84 %			
Promedio de porcentaje de fluidez (%)	107.83 %				108.33 %				108.33 %			
Porcentaje de fluidez según norma (%)	110± 5%				110± 5%				110± 5%			
Consistencia	Media(Plastica)				Media(Plastica)				Media(Plastica)			
Aceptacion del porcentaje de fluidez	Aceptable				Aceptable				Aceptable			



ENSAYO:	FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO	MTC E 616 / NTP 334.057 / ASTM C 230
----------------	--------------------------------------	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
MUESTRA	: MORTERO DE CEMENTO
FECHA	: 13 DE NOVIEMBRE DEL 2020

FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO - MORTERO PATRON + 5% DE TIO₂

MORTERO PATRON + 5% DE TIO₂												
I.-DATOS												
N° De Prueba	Prueba I			Prueba II				Prueba III				
Relacion agua-cemento (A/C)	0.73			0.73				0.73				
Diametro inicial (cm.)	9.84			9.84				9.84				
Medida de Diametros (cm.)	20.10	20.30	20.20	20.10	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.40	20.30
Promedio de Diametros (cm.)	20.18			20.10				20.30				
II.-RESULTADOS												
Porcentaje de fluidez (%)	105.03 %			104.27 %				106.30 %				
Promedio de porcentaje de fluidez (%)				105.20 %								
Porcentaje de fluidez según norma (%)				110± 5%								
Consistencia				Media(Plastica)								
Aceptacion del porcentaje de fluidez				Aceptable								

FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO - MORTERO PATRON + 7% DE TIO₂

MORTERO PATRON + 7% DE TIO₂												
I.-DATOS												
N° De Prueba	Prueba I			Prueba II				Prueba III				
Relacion agua-cemento (A/C)	0.73			0.73				0.73				
Diametro inicial (cm.)	9.84			9.84				9.84				
Medida de Diametros (cm.)	19.90	20.10	20.00	19.90	20.00	19.90	19.80	19.90	20.10	20.00	20.20	20.10
Promedio de Diametros (cm.)	19.98			19.90				20.10				
II.-RESULTADOS												
Porcentaje de fluidez (%)	103.00 %			102.24 %				104.27 %				
Promedio de porcentaje de fluidez (%)				103.17 %								
Porcentaje de fluidez según norma (%)				110± 5%								
Consistencia				Dura(Seca)								
Aceptacion del porcentaje de fluidez				no Aceptable								



ANEXO 7: Medición de la actividad fotocatalítica

	UNIVERSIDAD NACIONAL ALTIPLANO - PUNO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

ENSAYO: MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B	UNI 11259
--	------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 100 mm x 100 mm x 20 mm
FECHA	: 23 DE NOVIEMBRE DEL 2020

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON - 4 horas

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 22/11/2020 - 10:10 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 0 %	Hora de final : 22/11/2020 - 02:10 PM	: 4.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(4h)	R4 %	R4 Promedio(%)	Actividad Fotocatalítica
1	MP - 01	16.14	13.23	18.03 %	17.23 %	no cumple
2	MP - 02	17.45	13.76	21.15 %		
3	MP - 03	14.21	11.52	18.96 %		
4	MP - 04	14.46	12.50	13.56 %		
5	MP - 05	14.37	12.22	14.99 %		
6	MP - 06	17.74	14.78	16.68 %		

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON - 26 horas

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 22/11/2020 - 10:10 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 0 %	Hora de final : 23/11/2020 - 12:10 PM	: 26.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(26h)	R26 %	R26 Promedio(%)	Actividad Fotocatalítica
1	MP - 01	16.14	12.31	23.74 %	22.17 %	no cumple
2	MP - 02	17.45	13.13	24.76 %		
3	MP - 03	14.21	11.29	20.59 %		
4	MP - 04	14.46	11.57	19.96 %		
5	MP - 05	14.37	11.86	17.47 %		
6	MP - 06	17.74	13.04	26.49 %		



	UNIVERSIDAD NACIONAL ALTIPLANO - PUNO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	--	--

ENSAYO: MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B	UNI 11259
--	------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 100 mm x 100 mm x 20 mm
FECHA	: 23 DE NOVIEMBRE DEL 2020

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂ - 4 horas

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 22/11/2020 - 10:10 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 3 %	Hora de final : 22/11/2020 - 02:10 PM	: 4.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(4h)	R4 %	R4 Promedio(%)	Actividad Fotocatalitica
1	M3% - 01	15.82	7.48	52.70 %	56.06 %	cumple
2	M3% - 02	16.74	8.65	48.35 %		
3	M3% - 03	17.14	4.25	75.23 %		
4	M3% - 04	18.01	7.94	55.92 %		
5	M3% - 05	9.74	4.92	49.47 %		
6	M3% - 06	11.89	5.39	54.68 %		

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂ - 26 horas
--

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 22/11/2020 - 10:10 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 3 %	Hora de final : 23/11/2020 - 12:10 PM	: 26.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(26h)	R26 %	R26 Promedio(%)	Actividad Fotocatalitica
1	M3% - 01	15.82	7.04	55.49 %	68.33 %	cumple
2	M3% - 02	16.74	7.08	57.73 %		
3	M3% - 03	17.14	3.42	80.03 %		
4	M3% - 04	18.01	5.49	69.52 %		
5	M3% - 05	9.74	3.78	61.20 %		
6	M3% - 06	11.89	1.67	85.99 %		



ENSAYO: MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B	UNI 11259
--	------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 100 mm x 100 mm x 20 mm
FECHA	: 25 DE NOVIEMBRE DEL 2020

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂ - 4 horas

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 24/11/2020 - 08:30 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 5 %	Hora de final : 24/11/2020 - 12:30 PM	: 4.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(4h)	R4 %	R4 Promedio(%)	Actividad Fotocatalítica
1	M5% - 01	17.39	8.45	51.44 %	64.24 %	cumple
2	M5% - 02	17.92	8.12	54.67 %		
3	M5% - 03	16.89	7.76	54.05 %		
4	M5% - 04	13.71	2.22	83.77 %		
5	M5% - 05	13.92	3.16	77.27 %		
6	M5% - 06	13.25	6.95	47.52 %		

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂ - 26 horas

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 24/11/2020 - 08:30 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 5 %	Hora de final : 25/11/2020 - 10:30 AM	: 26.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(26h)	R26 %	R26 Promedio(%)	Actividad Fotocatalítica
1	M5% - 01	17.39	5.38	69.06 %	75.90 %	cumple
2	M5% - 02	17.92	5.79	67.69 %		
3	M5% - 03	16.89	5.62	66.74 %		
4	M5% - 04	13.71	1.20	91.26 %		
5	M5% - 05	13.92	2.12	84.78 %		
6	M5% - 06	13.25	5.20	60.73 %		



ENSAYO: MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B	UNI 11259
--	------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 100 mm x 100 mm x 20 mm
FECHA	: 25 DE NOVIEMBRE DEL 2020

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂ - 4 horas

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 24/11/2020 - 08:30 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 7 %	Hora de final : 24/11/2020 - 12:30 PM	: 4.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(4h)	R4 %	R4 Promedio(%)	Actividad Fotocatalitica
1	M7% - 01	18.66	3.59	80.74 %	78.71 %	cumple
2	M7% - 02	19.01	4.85	74.51 %		
3	M7% - 03	9.02	2.82	68.77 %		
4	M7% - 04	14.22	2.33	83.64 %		
5	M7% - 05	18.44	2.60	85.91 %		
6	M7% - 06	14.81	8.00	45.97 %		

MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA POR DEGRADACIÓN DE RODAMINA B - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂ - 26 horas

Dosificación : 1:2.73	Hora de inicio : 24/11/2020 - 08:30 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂ : 7 %	Hora de final : 25/11/2020 - 10:30 AM	: 26.00 horas

N°	Codigo muestra	a*(0h)	a*(26h)	R26 %	R26 Promedio(%)	Actividad Fotocatalitica
1	M7% - 01	18.66	0.77	95.90 %	90.70 %	cumple
2	M7% - 02	19.01	2.05	89.23 %		
3	M7% - 03	9.02	1.62	82.00 %		
4	M7% - 04	14.22	0.60	95.75 %		
5	M7% - 05	18.44	1.72	90.64 %		
6	M7% - 06	14.81	5.12	65.43 %		



ANEXO 8: Resistencia a la compresión de morteros



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 11 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS - (MORTERO PATRON)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 14/10/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 11/11/2020
		Edad	: 28 dias

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	MP - 01	5.04	5.03	25.35	3643.46	143.72
2	MP - 02	5.04	5.05	25.41	3628.16	142.76
3	MP - 03	5.13	5.11	26.20	4155.36	158.59
4	MP - 04	5.06	5.09	25.76	4073.78	158.17
5	MP - 05	5.08	5.07	25.73	3649.58	141.84
6	MP - 06	5.09	5.05	25.69	3702.60	144.11

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000

Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 17 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON)

Fc DE DISEÑO	: Fc 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 10/11/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 17/11/2020
		Edad	: 7 dias

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	MP - 01	5.12	5.11	26.18	1939.51	74.09
2	MP - 02	5.10	5.15	26.25	2097.56	79.90
3	MP - 03	5.14	5.07	26.04	1816.12	69.75
4	MP - 04	5.05	5.07	25.60	1924.21	75.15
5	MP - 05	5.14	5.10	26.23	1981.32	75.54
6	MP - 06	5.05	5.04	25.46	1979.28	77.73

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
[Firma]
Batalia Siles Ruiz
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTG E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON)

f_c DE DISEÑO	: f _c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 16/11/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 3 dias

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	MP - 01	5.07	5.08	25.76	1127.81	43.79
2	MP - 02	5.16	5.20	26.81	1301.16	48.54
3	MP - 03	5.04	5.09	25.68	1212.45	47.21
4	MP - 04	5.12	5.11	26.15	1326.66	50.73
5	MP - 05	5.08	5.09	25.84	1268.53	49.08
6	MP - 06	5.07	5.10	25.87	1305.24	50.45

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsult2@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 01 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRESNA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 30/11/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 01/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	MP - 01	5.11	5.10	26.05	826.99	31.75
2	MP - 02	5.07	5.12	25.92	857.58	33.08
3	MP - 03	5.04	5.04	25.39	894.29	35.22
4	MP - 04	5.15	5.18	26.64	778.05	29.21
5	MP - 05	5.04	5.06	25.50	819.85	32.15
6	MP - 06	5.03	5.07	25.52	779.07	30.53

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Sierra Fur
Eulalia Sierra Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 12 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: Fc 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 15/10/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 12/11/2020
		Edad	: 28 dias

Nº	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M3% - 01	5.05	5.07	25.57	3546.59	138.72
2	M3% - 02	5.07	5.10	25.84	4058.49	157.03
3	M3% - 03	5.12	5.11	26.18	3951.42	150.96
4	M3% - 04	5.07	5.09	25.82	3649.58	141.35
5	M3% - 05	5.18	5.21	26.98	3604.71	133.63
6	M3% - 06	5.03	5.02	25.24	3669.97	145.41

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Pur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70521126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 17 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂)

f _c DE DISEÑO	: f _c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 10/11/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 17/11/2020
		Edad	: 7 dias

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M3% - 01	5.12	5.09	26.02	1856.91	71.36
2	M3% - 02	5.13	5.12	26.23	1903.82	72.59
3	M3% - 03	5.07	5.07	25.72	1924.21	74.82
4	M3% - 04	5.02	5.05	25.35	1886.48	74.41
5	M3% - 05	5.12	5.07	25.91	2113.88	81.59
6	M3% - 06	5.06	5.09	25.74	1903.82	73.95

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L
RUC: 20602559000
[Firma]
Boris E. Soncco Parides
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321120

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A. Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 16/11/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 3 dias

Nº	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M3% - 01	5.07	5.07	25.65	1479.61	57.68
2	M3% - 02	5.10	5.06	25.81	1290.97	50.02
3	M3% - 03	5.07	5.07	25.68	1318.50	51.34
4	M3% - 04	5.10	5.05	25.77	1337.87	51.92
5	M3% - 05	5.05	5.06	25.55	1185.93	46.41
6	M3% - 06	5.10	5.08	25.92	1332.77	51.42

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LATA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 01 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 30/11/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 01/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M3% - 01	5.09	5.04	25.63	906.53	35.37
2	M3% - 02	5.02	5.02	25.19	871.86	34.61
3	M3% - 03	5.07	5.06	25.63	942.22	36.76
4	M3% - 04	5.05	5.07	25.60	903.47	35.29
5	M3% - 05	5.11	5.06	25.82	890.22	34.48
6	M3% - 06	5.13	5.12	26.25	912.65	34.76

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 Ilave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	---

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 13 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 16/10/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 13/11/2020
		Edad	: 28 dias

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M5% - 01	5.09	5.11	26.00	3321.23	127.75
2	M5% - 02	5.11	5.11	26.12	3753.59	143.68
3	M5% - 03	5.08	5.08	25.77	3312.05	128.53
4	M5% - 04	5.02	5.08	25.47	3166.23	124.33
5	M5% - 05	5.10	5.08	25.92	3402.81	131.28
6	M5% - 06	5.07	5.10	25.84	3298.79	127.64

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Siluco Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321120

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 12/11/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 7 días

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M5% - 01	5.09	5.09	25.88	1936.45	74.82
2	M5% - 02	5.11	5.11	26.09	1845.69	70.75
3	M5% - 03	5.08	5.09	25.84	1916.05	74.14
4	M5% - 04	5.06	5.13	25.92	1828.36	70.53
5	M5% - 05	5.13	5.13	26.28	2108.78	80.25
6	M5% - 06	5.07	5.09	25.77	1805.92	70.08

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Par
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 17/11/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 20/11/2020
		Edad	: 3 dias

Nº	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M5% - 01	5.07	5.08	25.74	1434.75	55.73
2	M5% - 02	5.06	5.08	25.68	1445.96	56.31
3	M5% - 03	5.12	5.08	26.02	1563.23	60.07
4	M5% - 04	5.08	5.11	25.95	1510.21	58.20
5	M5% - 05	5.08	5.09	25.82	1385.80	53.67
6	M5% - 06	5.16	5.22	26.92	1331.75	49.46

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LATA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Par
TITULAR - GERENTE
DNI: 70521126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	---

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 01 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 30/11/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 01/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M5% - 01	5.11	5.02	25.68	969.75	37.76
2	M5% - 02	5.10	4.80	24.54	906.53	36.94
3	M5% - 03	5.04	5.08	25.60	990.15	38.67
4	M5% - 04	5.12	5.08	25.98	1008.50	38.81
5	M5% - 05	5.09	5.09	25.92	897.35	34.62
6	M5% - 06	5.11	5.10	26.04	956.50	36.74

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Par
Eulalia Silva Par
TITULAR - GERENTE
DNI: 70521126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsult12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 17/10/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 14/11/2020
		Edad	: 28 dias

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M7% - 01	5.15	5.19	26.73	3067.32	114.76
2	M7% - 02	5.09	5.09	25.88	3465.01	133.87
3	M7% - 03	5.07	5.07	25.72	2987.78	116.18
4	M7% - 04	5.08	5.07	25.72	3225.37	125.41
5	M7% - 05	5.06	5.09	25.74	2861.33	111.15
6	M7% - 06	5.06	5.07	25.60	3315.11	129.48

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
[Firma]
Euláster Sillca Pizarro
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321128

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂)

f_c DE DISEÑO	: f _c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 12/11/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 7 días

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M7% - 01	5.09	5.09	25.90	1858.95	71.79
2	M7% - 02	5.04	5.05	25.41	1855.89	73.03
3	M7% - 03	5.13	5.08	26.06	1943.59	74.58
4	M7% - 04	5.11	5.09	26.01	1828.36	70.29
5	M7% - 05	5.07	5.10	25.82	1944.61	75.32
6	M7% - 06	5.17	5.14	26.56	1935.43	72.87

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000

Eulalia Silvera
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 17/11/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 20/11/2020
		Edad	: 3 dias

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M7% - 01	5.13	5.09	26.10	1421.49	54.46
2	M7% - 02	5.15	5.12	26.34	1496.95	56.83
3	M7% - 03	5.10	5.09	25.97	1462.28	56.30
4	M7% - 04	5.06	5.05	25.50	1426.59	55.94
5	M7% - 05	5.06	5.12	25.92	1391.92	53.70
6	M7% - 06	5.07	5.07	25.72	1343.99	52.26

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000

Eulalia Silva Pur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 609 / NTP 334.051 / ASTM C 109
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 01 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE COMPRESION DE MORTEROS-(MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂)

f'c DE DISEÑO	: f'c 125 kg/cm ² (Resistencia a la compresion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 50 mm x 50 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 30/11/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 01/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Prom. Cara Superior (cm)	Prom. Cara Base (cm)	Area (cm ²)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Compresion (kg/cm ²)
1	M7% - 01	5.12	5.08	25.99	902.45	34.73
2	M7% - 02	5.08	5.13	26.06	925.91	35.53
3	M7% - 03	5.08	5.04	25.59	889.20	34.75
4	M7% - 04	5.11	5.10	26.06	907.55	34.82
5	M7% - 05	5.12	5.10	26.11	890.22	34.09
6	M7% - 06	5.11	5.10	26.04	882.06	33.88

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E. I. R. L.
RUC: 20602559000

Eulalia Silita-Pur
TITULAR GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



ANEXO 9: Resistencia a la Flexión



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 11 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexión de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 14/10/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 11/11/2020
		Edad	: 28 dias

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	16.00	12.00	4.04	4.31	197.83	47.62
2	MP - 02	15.90	12.00	4.07	4.24	144.80	35.67
3	MP - 03	15.93	12.00	4.07	4.18	151.94	38.51
4	MP - 04	15.93	12.00	4.05	4.15	166.21	43.00
5	MP - 05	16.03	12.00	4.06	4.11	106.05	27.87
6	MP - 06	16.03	12.00	4.12	4.18	205.98	51.51

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
[Firma]
Eulalia Siqueira Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsult12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 17 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 10/11/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 17/11/2020
		Edad	: 7 dias

Nº	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.93	12.00	4.08	4.15	97.89	25.17
2	MP - 02	16.00	12.00	4.00	4.05	93.81	25.77
3	MP - 03	16.03	12.00	4.05	4.15	97.89	25.35
4	MP - 04	16.03	12.00	4.12	4.10	94.83	24.74
5	MP - 05	15.98	12.00	4.05	4.16	99.93	25.70
6	MP - 06	16.03	12.00	4.05	4.19	104.01	26.39

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000

Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
---------	--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALITICAS ADICIONANDO NANOPARTICULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."	
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES	
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.	
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)	
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm	
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"	

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 16/11/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 3 dias

Nº	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.98	12.00	4.15	4.19	73.42	18.20
2	MP - 02	16.00	12.00	4.01	4.19	72.40	18.58
3	MP - 03	15.93	12.00	3.99	4.07	75.46	20.55
4	MP - 04	16.03	12.00	4.05	4.19	72.40	18.33
5	MP - 05	15.95	12.00	4.05	4.19	76.48	19.43
6	MP - 06	16.03	12.00	4.08	4.15	74.44	19.11

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 03 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 02/12/2020
% de TiO ₂	: 0 %	Fecha de Rotura	: 03/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.88	12.00	4.02	4.17	46.91	12.09
2	MP - 02	16.10	12.00	4.04	4.19	47.93	12.16
3	MP - 03	16.03	12.00	4.13	4.22	45.89	11.26
4	MP - 04	15.93	12.00	4.05	4.15	44.87	11.61
5	MP - 05	16.00	12.00	4.06	4.11	42.83	11.25
6	MP - 06	16.03	12.00	4.12	4.18	43.85	10.96

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E. I. R. L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
---------	--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."	
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES	
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.	
FECHA	: 12 DE NOVIEMBRE DEL 2020	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)	
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm	
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"	

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 15/10/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 12/11/2020
		Edad	: 28 dias

Nº	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.98	12.00	3.99	4.08	203.94	55.27
2	MP - 02	16.04	12.00	4.05	4.10	131.54	34.86
3	MP - 03	15.93	12.00	4.01	4.20	123.39	31.44
4	MP - 04	15.98	12.00	4.05	4.18	140.72	35.88
5	MP - 05	15.98	12.00	4.08	4.17	151.94	38.69
6	MP - 06	16.10	12.00	4.03	4.13	160.10	42.02

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eutalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321128

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTICULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 17 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 10/11/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 17/11/2020
		Edad	: 7 dias

Nº	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.98	12.00	4.07	4.15	101.97	26.28
2	MP - 02	16.03	12.00	4.14	4.15	95.85	24.26
3	MP - 03	15.93	12.00	4.10	4.13	98.91	25.49
4	MP - 04	16.03	12.00	4.14	4.16	108.09	27.22
5	MP - 05	15.98	12.00	4.14	4.10	89.74	23.27
6	MP - 06	15.98	12.00	4.05	4.15	94.83	24.50

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Bulata Silvia Puf
TITULAR - GERENTE
DNI. 70321120

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



**INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN**
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 16/11/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 3 dias

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.93	12.00	4.08	4.18	72.40	18.32
2	MP - 02	16.00	12.00	4.08	4.18	72.40	18.28
3	MP - 03	16.03	12.00	4.06	4.22	73.42	18.34
4	MP - 04	16.03	12.00	4.07	4.06	71.38	19.18
5	MP - 05	15.98	12.00	4.15	4.16	74.44	18.66
6	MP - 06	16.03	12.00	4.10	4.18	69.34	17.46

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Ruiz
TITULAR - GERENTE
DNI: 70341128

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 03 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 02/12/2020
% de TiO ₂	: 3 %	Fecha de Rotura	: 03/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.98	12.00	4.04	4.25	46.91	11.57
2	MP - 02	16.00	12.00	4.03	4.21	45.89	11.56
3	MP - 03	15.93	12.00	4.09	4.21	44.87	11.17
4	MP - 04	16.03	12.00	4.05	4.19	43.85	11.10
5	MP - 05	15.95	12.00	4.05	4.19	44.87	11.40
6	MP - 06	16.03	12.00	4.08	4.15	43.85	11.26

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LATA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsult12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 13 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 16/10/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 13/11/2020
		Edad	: 28 dias

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.88	12.00	4.09	4.20	120.33	30.06
2	MP - 02	16.10	12.00	4.05	4.20	130.52	32.89
3	MP - 03	16.03	12.00	4.06	4.19	156.02	39.49
4	MP - 04	15.93	12.00	4.01	4.10	150.92	40.45
5	MP - 05	16.00	12.00	4.02	4.23	172.33	43.23
6	MP - 06	16.03	12.00	4.07	4.11	170.29	44.75

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTICULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 12/11/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 7 dias

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.88	12.00	4.07	4.10	98.91	26.02
2	MP - 02	16.10	12.00	4.01	4.23	97.89	24.65
3	MP - 03	16.03	12.00	4.08	4.17	97.89	24.87
4	MP - 04	15.93	12.00	3.98	4.08	94.83	25.83
5	MP - 05	16.00	12.00	4.06	4.14	88.72	22.98
6	MP - 06	16.03	12.00	4.05	4.21	95.85	24.04

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
[Firma]
Eulalia Silvera Fur
TITULAR - GERENTE
DNI 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTG E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTICULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 17/11/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 20/11/2020
		Edad	: 3 dias

Nº	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.88	12.00	4.08	4.13	58.12	15.05
2	MP - 02	16.10	12.00	4.06	4.22	69.34	17.28
3	MP - 03	16.03	12.00	4.15	4.21	82.60	20.24
4	MP - 04	15.93	12.00	4.06	4.22	70.36	17.58
5	MP - 05	16.00	12.00	4.14	4.12	73.42	18.83
6	MP - 06	16.03	12.00	4.12	4.10	76.48	19.95

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000

Boris E. Soncco Parede
TITULAR - GERENTE
DNI 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsult12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 03 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 02/12/2020
% de TiO ₂	: 5 %	Fecha de Rotura	: 03/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.98	12.00	4.12	4.23	45.89	11.24
2	MP - 02	16.03	12.00	4.07	4.26	43.85	10.70
3	MP - 03	15.93	12.00	4.12	4.17	42.83	10.77
4	MP - 04	16.03	12.00	4.14	4.16	41.81	10.53
5	MP - 05	15.98	12.00	4.14	4.10	44.87	11.63
6	MP - 06	15.98	12.00	4.05	4.15	42.83	11.07

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000

Boris E. Soncco Parede
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL E.I.R.L.
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTICULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CONCRETO MARCA "GTJ" MODELO "DYE - 2000A" - N° SERIE 191134 : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 216 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 17/10/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 14/11/2020
		Edad	: 28 dias

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	16.05	12.00	4.05	4.20	144.80	36.57
2	MP - 02	15.95	12.00	4.02	4.11	149.90	39.78
3	MP - 03	15.88	12.00	4.08	4.20	148.88	37.28
4	MP - 04	16.03	12.00	4.08	4.10	147.86	38.81
5	MP - 05	16.03	12.00	4.06	4.14	139.70	36.14
6	MP - 06	15.93	12.00	4.02	4.23	153.98	38.62

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silvera Kur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
--	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 19 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 12/11/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 19/11/2020
		Edad	: 7 dias

Nº	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.88	12.00	4.14	4.20	100.95	24.97
2	MP - 02	16.10	12.00	4.16	4.25	98.91	23.78
3	MP - 03	16.03	12.00	4.05	4.21	95.85	24.12
4	MP - 04	15.93	12.00	4.06	4.16	98.91	25.37
5	MP - 05	16.00	12.00	4.08	4.17	94.83	24.12
6	MP - 06	16.03	12.00	4.13	4.15	98.91	25.03

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Eulalia Silva Fur
TITULAR - GERENTE
DNI: 79321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. 1 Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTC E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
---------	--	--------------------------------------

TESIS	:"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTICULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."	
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES	
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.	
FECHA	: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2020	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)	
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm	
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"	

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 17/11/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 20/11/2020
		Edad	: 3 dias

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.98	12.00	4.15	4.17	66.28	16.55
2	MP - 02	16.00	12.00	4.09	4.20	74.44	18.64
3	MP - 03	15.93	12.00	4.07	4.24	73.42	18.10
4	MP - 04	16.03	12.00	4.05	4.18	67.30	17.18
5	MP - 05	15.95	12.00	4.05	4.20	73.42	18.50
6	MP - 06	16.03	12.00	3.99	4.11	67.30	18.02

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E.I.R.L.
RUC: 20602559000
Bulmar Silva Pur
TITULAR - GERENTE
DNI: 70321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. I Puno - Puno - Puno
CeL 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



INGENIERÍA, GEOTECNIA
Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20602559000

ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	MTG E 617 / NTP 334.120 / ASTM C 348
---------	--	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONGCO PAREDES
LABORATORIO	: LABORATORIO LAIA CONSUL E.I.R.L.
FECHA	: 03 DE DICIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂

FR DE DISEÑO	: fr 33.5 kg/cm ² (Resistencia a la flexion de diseño)
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO 160 mm x 40 mm x 40 mm
EQUIPO	: PRENSA DE CBR MARCA "NO INDICA" MODELO "NO INDICA" - N° SERIE NO INDICA : CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN "MT - LF - 217 - 2020"

Dosificación	: 1 : 2.76 : 0.73	Fecha de Elaboracion	: 02/12/2020
% de TiO ₂	: 7 %	Fecha de Rotura	: 03/12/2020
		Edad	: 24 horas

N°	Codigo muestra	Promedio Longitud L (cm)	Longitud Luz L (cm)	Promedio Base B (cm)	Promedio Altura H (cm)	Carga Puntual Ultima (kgf)	Resistencia a la Flexion (kg/cm ²)
1	MP - 01	15.88	12.00	4.15	4.30	46.91	11.03
2	MP - 02	16.10	12.00	4.04	4.25	47.93	11.82
3	MP - 03	16.03	12.00	4.05	4.27	43.85	10.70
4	MP - 04	15.93	12.00	4.06	4.22	44.87	11.21
5	MP - 05	16.00	12.00	4.14	4.12	41.81	10.72
6	MP - 06	16.03	12.00	4.12	4.10	40.79	10.64

Nota: Los ensayos fueron realizados por el tesista.

LAIA CONSUL E I R L
RUC: 20602559000

Estelita Silva Kur
TITULAR - GERENTE
DNI: 79321126

LAIA CONSUL EIRL
Ingeniería, Geotecnia y Construcción
Av. América 561 Ofic. 6 llave - El Collao - Puno / Urb. Manto Dos Mil Mz E - Lote 8A Ofic. I Puno - Puno - Puno
Cel. 993 648446
E-mail: laiaconsul12@gmail.com



ANEXO 10: Tasa de absorción de morteros



ENSAYO:	TAJA DE ABSORCION DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
----------------	---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 23 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON - 0.25 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 23/10/2020 - 11:25 AM
		Tiempo de ensayo	: 15.00 minutos

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	MP - 01	50.35	50.45	234.52	242.34	30.79	34.22
2	MP - 02	51.90	50.85	240.43	250.01	36.30	
3	MP - 03	50.15	51.20	233.90	242.89	35.01	
4	MP - 04	51.20	50.05	238.76	247.49	34.07	
5	MP - 05	50.90	50.90	239.36	247.70	32.19	
6	MP - 06	50.90	50.90	236.47	246.04	36.94	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON - 1 hora

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 23/10/2020 - 12:10 PM
		Tiempo de ensayo	: 1.00 hora

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	MP - 01	50.35	50.45	234.52	248.13	53.58	57.47
2	MP - 02	51.90	50.85	240.43	255.87	58.50	
3	MP - 03	50.15	51.20	233.90	248.59	57.21	
4	MP - 04	51.20	50.05	238.76	254.14	60.02	
5	MP - 05	50.90	50.90	239.36	253.49	54.54	
6	MP - 06	50.90	50.90	236.47	252.26	60.95	



ENSAYO:	TASA DE ABSORCION DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
----------------	---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 24 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON - 4 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 23/10/2020 - 03:10 PM
		Tiempo de ensayo	: 4.00 horas

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	MP - 01	50.35	50.45	234.52	258.37	93.89	97.35
2	MP - 02	51.90	50.85	240.43	266.97	100.56	
3	MP - 03	50.15	51.20	233.90	258.89	97.33	
4	MP - 04	51.20	50.05	238.76	264.61	100.88	
5	MP - 05	50.90	50.90	239.36	262.92	90.94	
6	MP - 06	50.90	50.90	236.47	262.51	100.51	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON - 24 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 24/10/2020 - 11:10 AM
		Tiempo de ensayo	: 24.00 horas

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	MP - 01	50.35	50.45	234.52	271.67	146.25	148.27
2	MP - 02	51.90	50.85	240.43	279.58	148.35	
3	MP - 03	50.15	51.20	233.90	271.67	147.10	
4	MP - 04	51.20	50.05	238.76	277.09	149.58	
5	MP - 05	50.90	50.90	239.36	278.19	149.88	
6	MP - 06	50.90	50.90	236.47	274.94	148.49	



ENSAYO:	TASA DE ABSORCION DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
----------------	---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 23 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂ - 0.25 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 3 %	Hora de Lectura	: 23/10/2020 - 11:25 AM
		Tiempo de ensayo	: 15.00 minutos

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M3% - 01	49.60	51.80	239.06	245.87	26.51	28.44
2	M3% - 02	51.15	51.35	242.45	250.21	29.54	
3	M3% - 03	51.55	49.70	240.90	248.44	29.43	
4	M3% - 04	50.45	50.85	237.37	244.48	27.72	
5	M3% - 05	49.80	50.60	234.36	241.20	27.14	
6	M3% - 06	50.85	52.65	255.42	263.53	30.29	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂ - 1 hora

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 3 %	Hora de Lectura	: 23/10/2020 - 12:10 PM
		Tiempo de ensayo	: 1.00 hora

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M3% - 01	49.60	51.80	239.06	252.40	51.92	53.15
2	M3% - 02	51.15	51.35	242.45	256.18	52.27	
3	M3% - 03	51.55	49.70	240.90	254.48	53.00	
4	M3% - 04	50.45	50.85	237.37	251.10	53.52	
5	M3% - 05	49.80	50.60	234.36	247.53	52.26	
6	M3% - 06	50.85	52.65	255.42	270.39	55.92	



ENSAYO:	TASA DE ABSORCION DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
----------------	---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 23 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂ - 4 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 3 %	Hora de Lectura	: 23/10/2020 - 03:10 PM
		Tiempo de ensayo	: 4.00 horas

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorción (gr/100cm ²)	Absorción Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M3% - 01	49.60	51.80	239.06	262.32	90.53	90.27
2	M3% - 02	51.15	51.35	242.45	265.89	89.24	
3	M3% - 03	51.55	49.70	240.90	264.30	91.33	
4	M3% - 04	50.45	50.85	237.37	260.58	90.47	
5	M3% - 05	49.80	50.60	234.36	256.28	86.99	
6	M3% - 06	50.85	52.65	255.42	280.34	93.08	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂ - 24 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 23/10/2020 - 11:10 AM
% de TiO ₂	: 3 %	Hora de Lectura	: 24/10/2020 - 11:10 AM
		Tiempo de ensayo	: 24.00 horas

N°	Codigo muestra	L1 (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorción (gr/100cm ²)	Absorción Promedio (gr/100cm ²)
		L1(mm)	L2(mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M3% - 01	49.60	51.80	239.06	272.50	130.15	132.41
2	M3% - 02	51.15	51.35	242.45	276.71	130.44	
3	M3% - 03	51.55	49.70	240.90	275.26	134.11	
4	M3% - 04	50.45	50.85	237.37	271.63	133.55	
5	M3% - 05	49.80	50.60	234.36	267.28	130.64	
6	M3% - 06	50.85	52.65	255.42	291.71	135.55	



ENSAYO:	TASA DE ABSORCIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
----------------	---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 25 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCIÓN - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂ - 0.25 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 25/10/2020 - 11:00 AM
		Tiempo de ensayo	: 15.00 minutos

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorción (gr/100cm ²)	Absorción Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M5% - 01	51.40	49.75	238.60	244.26	22.13	25.80
2	M5% - 02	50.65	49.75	235.47	241.82	25.20	
3	M5% - 03	49.25	51.40	243.12	249.29	24.37	
4	M5% - 04	52.50	49.35	237.79	244.51	25.94	
5	M5% - 05	49.80	51.40	240.70	247.35	25.98	
6	M5% - 06	51.90	52.20	253.82	262.26	31.15	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCIÓN - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂ - 1 hora

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 25/10/2020 - 11:45 AM
		Tiempo de ensayo	: 1.00 hora

N°	Codigo muestra	L1 (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorción (gr/100cm ²)	Absorción Promedio (gr/100cm ²)
		L1(mm)	L2(mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M5% - 01	51.40	49.75	238.60	249.68	43.33	46.22
2	M5% - 02	50.65	49.75	235.47	246.85	45.16	
3	M5% - 03	49.25	51.40	243.12	254.55	45.15	
4	M5% - 04	52.50	49.35	237.79	249.82	46.43	
5	M5% - 05	49.80	51.40	240.70	252.62	46.57	
6	M5% - 06	51.90	52.20	253.82	267.55	50.68	



UNIVERSIDAD NACIONAL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO: TASA DE ABSORCION DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 25 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂ - 4 horas

Dosificación : 1:2.76	Hora de Inicio : 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂ : 0 %	Hora de Lectura : 25/10/2020 - 02:45 PM
	Tiempo de ensayo : 4.00 horas

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M5% - 01	51.40	49.75	238.60	259.36	81.18	81.62
2	M5% - 02	50.65	49.75	235.47	255.27	78.58	
3	M5% - 03	49.25	51.40	243.12	263.28	79.64	
4	M5% - 04	52.50	49.35	237.79	258.91	81.52	
5	M5% - 05	49.80	51.40	240.70	261.76	82.27	
6	M5% - 06	51.90	52.20	253.82	277.26	86.52	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂ - 24 horas

Dosificación : 1:2.76	Hora de Inicio : 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂ : 0 %	Hora de Lectura : 26/10/2020 - 10:45 AM
	Tiempo de ensayo : 24.00 horas

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M5% - 01	51.40	49.75	238.60	270.34	124.12	124.79
2	M5% - 02	50.65	49.75	235.47	266.59	123.50	
3	M5% - 03	49.25	51.40	243.12	275.01	125.98	
4	M5% - 04	52.50	49.35	237.79	269.54	122.55	
5	M5% - 05	49.80	51.40	240.70	273.23	127.08	
6	M5% - 06	51.90	52.20	253.82	287.82	125.50	



ENSAYO:	TASA DE ABSORCIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
----------------	---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 25 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCIÓN - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂ - 0.25 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 25/10/2020 - 11:00 AM
		Tiempo de ensayo	: 15.00 minutos

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorción (gr/100cm ²)	Absorción Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M7% - 01	50.20	51.15	236.90	242.28	20.95	22.99
2	M7% - 02	51.00	50.05	238.75	244.08	20.88	
3	M7% - 03	49.65	50.60	235.08	241.90	27.15	
4	M7% - 04	49.75	50.75	236.12	241.88	22.81	
5	M7% - 05	51.20	51.15	241.39	247.35	22.76	
6	M7% - 06	50.90	51.10	242.29	248.38	23.41	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCIÓN - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂ - 1 hora

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 25/10/2020 - 11:45 AM
		Tiempo de ensayo	: 1.00 hora

N°	Codigo muestra	L1 (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorción (gr/100cm ²)	Absorción Promedio (gr/100cm ²)
		L1(mm)	L2(mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M7% - 01	50.20	51.15	236.90	247.16	39.96	43.09
2	M7% - 02	51.00	50.05	238.75	249.68	42.82	
3	M7% - 03	49.65	50.60	235.08	246.99	47.41	
4	M7% - 04	49.75	50.75	236.12	247.29	44.24	
5	M7% - 05	51.20	51.15	241.39	252.13	41.01	
6	M7% - 06	50.90	51.10	242.29	253.50	43.10	



ENSAYO:	TASA DE ABSORCION DE MORTEROS DE CEMENTO	NTP 399.631 / ASTM C1403 - 13
----------------	---	--------------------------------------

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 06 MUESTRAS DE MORTERO DE 50 mm x 50 mm
FECHA	: 25 DE NOVIEMBRE 2020

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂ - 4 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 25/10/2020 - 02:45 PM
		Tiempo de ensayo	: 4.00 horas

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M7% - 01	50.20	51.15	236.90	255.12	70.96	75.69
2	M7% - 02	51.00	50.05	238.75	258.26	76.43	
3	M7% - 03	49.65	50.60	235.08	255.05	79.49	
4	M7% - 04	49.75	50.75	236.12	255.96	78.58	
5	M7% - 05	51.20	51.15	241.39	260.29	72.17	
6	M7% - 06	50.90	51.10	242.29	262.19	76.51	

ENSAYO DE TASA DE ABSORCION - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂ - 24 horas

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 25/10/2020 - 10:45 AM
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 26/10/2020 - 10:45 AM
		Tiempo de ensayo	: 24.00 horas

N°	Codigo muestra	Dimensiones (mm)		Registro de Peso (gr)		Absorcion (gr/100cm ²)	Absorcion Promedio (gr/100cm ²)
		L1 (mm)	L2 (mm)	Wo (gr)	WT (gr)		
1	M7% - 01	50.20	51.15	236.90	265.40	110.99	114.05
2	M7% - 02	51.00	50.05	238.75	268.43	116.28	
3	M7% - 03	49.65	50.60	235.08	263.43	112.85	
4	M7% - 04	49.75	50.75	236.12	265.26	115.41	
5	M7% - 05	51.20	51.15	241.39	271.33	114.32	
6	M7% - 06	50.90	51.10	242.29	272.06	114.46	



ANEXO 11: Permeabilidad de morteros



ENSAYO:	PERMEABILIDAD DE MORTEROS DE CEMENTO
----------------	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 04 MUESTRAS DE MORTERO Ø 50.8 mm x 20 mm
FECHA	: 29 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE MORTEROS - MORTERO PATRON

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 29/11/2020 - 09:30 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂	: 0 %	Hora de Lectura	: 04/12/2020 - 09:30 AM	: 5.00 días

N°	Codigo	Diametro	Altura	Presion	Tiempo	Volumen	Volumen	Volumen	Area de	Coefficiente de
1	MP - 01	5.08	2.47	1.00	432000	2000.00	1979.50	20.50	20.27	5.78E-06
2	MP - 02	5.08	2.52	1.00	432000	2000.00	1981.20	18.80	20.27	5.41E-06
3	MP - 03	5.08	2.61	1.00	432000	2000.00	1975.30	24.70	20.27	7.36E-06
4	MP - 04	5.08	2.58	1.00	432000	2000.00	1982.50	17.50	20.27	5.16E-06

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE MORTEROS - MORTERO PATRON + 3% DE TiO₂

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 29/11/2020 - 09:30 AM	Tiempo de ensayo
% de TiO ₂	: 3 %	Hora de Lectura	: 04/12/2020 - 09:30 AM	: 5.00 días

N°	Codigo	Diametro	Altura	Presion	Tiempo	Volumen	Volumen	Volumen	Area de	Coefficiente de
1	M3% - 01	5.08	2.64	1.00	432000	2000.00	1983.20	16.80	20.27	5.07E-06
2	M3% - 02	5.08	2.65	1.00	432000	2000.00	1984.45	15.55	20.27	4.71E-06
3	M3% - 03	5.08	2.53	1.00	432000	2000.00	1985.30	14.70	20.27	4.25E-06
4	M3% - 04	5.08	2.59	1.00	432000	2000.00	1987.60	12.40	20.27	3.67E-06



ENSAYO:	PERMEABILIDAD DE MORTEROS DE CEMENTO
----------------	---

TESIS	: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FOTOCATALÍTICAS ADICIONANDO NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS VOLÁTILES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE, EN MORTEROS DE CEMENTO, PUNO - 2020."
TESISTA	: BORIS E. SONCCO PAREDES
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: 04 MUESTRAS DE MORTERO Ø 50.8 mm x 20 mm
FECHA	: 29 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE MORTEROS - MORTERO PATRON + 5% DE TiO₂

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 29/11/2020 - 09:30 AM	Tiempo de ensayo	
% de TiO ₂	: 5 %	Hora de Lectura	: 04/12/2020 - 09:30 AM		: 5.00 días

N°	Codigo	Diametro	Altura	Presion	Tiempo	Volumen	Volumen	Volumen	Area de	Coefficiente de
1	M5% - 01	5.08	2.46	1.00	432000	2000.00	1982.30	17.70	20.27	4.97E-06
2	M5% - 02	5.08	2.65	1.00	432000	2000.00	1989.20	10.80	20.27	3.27E-06
3	M5% - 03	5.08	2.59	1.00	432000	2000.00	1988.75	11.25	20.27	3.33E-06
4	M5% - 04	5.08	2.62	1.00	432000	2000.00	1989.10	10.90	20.27	3.26E-06

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE MORTEROS - MORTERO PATRON + 7% DE TiO₂

Dosificación	: 1:2.76	Hora de Inicio	: 29/11/2020 - 09:30 AM	Tiempo de ensayo	
% de TiO ₂	: 7 %	Hora de Lectura	: 04/12/2020 - 09:30 AM		: 5.00 días

N°	Codigo	Diametro	Altura	Presion	Tiempo	Volumen	Volumen	Volumen	Area de	Coefficiente de
1	M7% - 01	5.08	2.67	1.00	432000	2000.00	1996.55	3.45	20.27	1.05E-06
2	M7% - 02	5.08	2.57	1.00	432000	2000.00	1991.20	8.80	20.27	2.58E-06
3	M7% - 03	5.08	2.55	1.00	432000	2000.00	1994.35	5.65	20.27	1.65E-06
4	M7% - 04	5.08	2.62	1.00	432000	2000.00	1989.50	10.50	20.27	3.14E-06



ANEXO 12: Certificado de calibración de prensa de concreto

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 216 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	200479	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LAIA CONSUL E.I.R.L	
3. Dirección	Av. America N°. 561 Bar. Ramon Castilla, llave - El Collao - PUNO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 KN	
Marca	GTJ	
Modelo	DYE - 2000A	
Número de Serie	191134	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	GTJ	
Modelo	CL-03E	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 KN (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
5. Fecha de Calibración	2020-11-11	

Fecha de Emisión

2020-11-13

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2020.11.16 11:43:30
-05'00'

Sello



Metrologia & Técnicas S.A.C.

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

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



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 216 - 2020**

*Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

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

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Urb. Manto Dos Mil MZ. E - Lt. 8A Ofic. 1 Puno - Puno - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14,7 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	51 % HR	51 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-012-20A

10. Observaciones

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



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 216 - 2020**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_1 (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,0	100,2	100,1	100,1	100,1
20	200,0	200,0	200,0	200,1	200,0
30	300,0	300,1	300,1	300,2	300,1
40	400,0	400,2	400,2	400,2	400,2
50	500,0	500,2	500,1	500,3	500,2
60	600,0	600,2	600,2	600,2	600,2
70	700,0	700,2	700,2	700,1	700,2
80	800,0	800,3	800,1	800,2	800,2
90	900,0	900,2	900,3	900,2	900,3
100	1000,0	1000,4	1000,3	1000,5	1000,4
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,0	-0,11	0,10	---	0,01	0,41
200,0	-0,01	0,05	---	0,01	0,41
300,0	-0,04	0,03	---	0,00	0,41
400,0	-0,05	0,01	---	0,00	0,41
500,0	-0,04	0,04	---	0,00	0,41
600,0	-0,03	0,02	---	0,00	0,41
700,0	-0,03	0,01	---	0,00	0,41
800,0	-0,02	0,02	---	0,00	0,41
900,0	-0,03	0,01	---	0,00	0,41
1000,0	-0,04	0,02	---	0,00	0,41

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

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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

Metrología & Técnicas S.A.C.

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

Tel: (511) 540-0642

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

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



ANEXO 13: Certificado de calibración de prensa CBR



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 217 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	200479	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LAIA CONSUL E.I.R.L	
3. Dirección	Av. America N°. 561 Bar. Ramon Castilla, llave - El Collao - PUNO	
4. Equipo	PRENSA CBR	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad	5000 kgf	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIVEIGH	
Modelo	315-X3	
Número de Serie	024123	
Resolución	0,1 kgf	
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
5. Fecha de Calibración	2020-11-11	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-11-13

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2020.11.16 11:42:35
-05'00'



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

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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 217 - 2020

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

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

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Urb. Manto Dos Mil MZ. E - Lt. 8A Ofic. 1 Puno - Puno - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14,7 °C	14,6 °C
Humedad Relativa	51 % HR	51 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	LEDI-PUCP INF-LE 012-20B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El equipo trabaja con una celda de carga, Marca: NO INDICA, Modelo: NO INDICA y Serie: 55U1717



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 217 - 2020**

*Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500,0	499,8	500,0	499,9	499,9
20	1000,0	1000,2	999,9	999,7	999,9
30	1500,0	1499,8	1499,9	1499,9	1499,9
40	2000,0	1998,6	1999,6	1999,3	1999,2
50	2500,0	2496,5	2497,6	2497,8	2497,3
60	3000,0	2994,7	2996,5	2996,5	2995,9
70	3500,0	3493,8	3494,6	3494,8	3494,4
80	4000,0	3992,7	3993,8	3993,6	3993,4
90	4500,0	4491,7	4492,7	4492,6	4492,3
100	5000,0	4990,3	4990,8	4990,7	4990,6
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
500,0	0,02	0,04	---	0,02	0,21
1000,0	0,01	0,05	---	0,01	0,21
1500,0	0,01	0,01	---	0,01	0,21
2000,0	0,04	0,05	---	0,01	0,21
2500,0	0,11	0,05	---	0,00	0,21
3000,0	0,14	0,06	---	0,00	0,21
3500,0	0,16	0,03	---	0,00	0,21
4000,0	0,17	0,03	---	0,00	0,21
4500,0	0,17	0,02	---	0,00	0,21
5000,0	0,19	0,01	---	0,00	0,21

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

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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

ANEXO 14: Hoja técnica de cemento blanco Huascarán



HOJA TÉCNICA CEMENTO BLANCO HUASCARÁN

Cemento blanco Portland tipo I, de alta resistencia a la compresión y excelente blancura, fabricado con materia prima cuidadosamente seleccionada y de gran calidad. Mezclado adecuadamente con pigmentos se puede obtener una gama de colores muy acentuados, útil para acabados finos, obras de arquitectura y arte.

Especificaciones

Parámetro	Especificación	Método	Requisitos NTP 334.009: 2016
Contenido de SiO ₂	22.0 – 25.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de Fe ₂ O ₃	máx. 0.20 %	LAB-PR-007	-
Contenido de Al ₂ O ₃	3.10 – 4.60 %	LAB-PR-007	-
Contenido de CaO	64.0 – 69.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de MgO	0.40 – 1.20 %	LAB-PR-007	máx. 6.00 %
Contenido de SO ₃	1.50 – 3.00 %	LAB-PR-007	máx. 3.00 %, C3A ≤ 8.00 % % máx. 3.50 %, C3A > 8.00 %
Contenido de Na ₂ O	máx. 1.0 %	LAB-PR-007	% -
Contenido de K ₂ O	máx. 0.55 %	LAB-PR-007	-
Pérdida por calcinación	1.00 – 3.50 %	LAB-PR-007	máx. 3.50 %
Superficie específica (Blaine)	3600 – 4450 cm ² /g	LAB-PR-006	mín. 2600 cm ² /g
Blancura (filtro verde)	mín. 85.0 %	LAB-PR-019	-
Tiempo de fraguado inicial	45 – 115 min	LAB-PR-020	mín. 45 min
Tiempo de fraguado final	150 – 250 min	LAB-PR-020	máx. 375 min
Estabilidad de volumen	máx. 0.80 %	LAB-PR-022	máx. 0.80 %
Resistencia a la compresión 3d	150 – 310 kg/cm ²	LAB-PR-021	mín. 122 kg/cm ²
Resistencia a la compresión 7d	200 – 385 kg/cm ²	LAB-PR-021	mín. 194 kg/cm ²
Resistencia a la compresión 28d	330 – 550 kg/cm ²	LAB-PR-021	mín. 285 kg/cm ²
Densidad	3.12 g/ml	LAB-PR-024	-

Esta información se refiere al material indicado y podría no ser válida cuando el material es usado con otros materiales o en otros procesos. Debido a los numerosos factores que pueden afectar la aplicación de nuestros productos, esta información no exime al cliente de efectuar sus propias investigaciones y pruebas. Es responsabilidad del cliente asegurarse de la validez y suficiencia de esta información para su uso particular.

Este es un producto químico industrial y debe ser utilizado con todos los cuidados usuales de la industria. Debe ser almacenado en lugar fresco y seco, en sus envases originales cerrados, protegido del sol, fuentes de calor y humedad. En las condiciones adecuadas de almacenamiento y en sus envases originales el producto mantiene todas las propiedades descritas en esta hoja técnica por un espacio de 6 meses.

Calle Río Urubamba 733 - Los Olivos, Lima - Perú. Celular: 956 030 508

E-mail: ventas@tasayco.com.pe

www.tasayco.com.pe

ANEXO 15: Hoja técnica de Dióxido de Titanio.



江苏先丰纳米材料科技有限公司

XFI02 - 纳米二氧化钛

XFI02 - Nano Titanium dioxide

1 技术参数 (Properties)

名称	Product name	纳米二氧化钛	Nano Titanium dioxide
纯度	Purity	99%	
粒径	Particle size	20-40 nm	
特定的重量	Specific weight	4.00 g/cm ³	
外观	Appearance	白色蓬松粉体	White fluffy powder

2 表征测试图 (Characterizations)

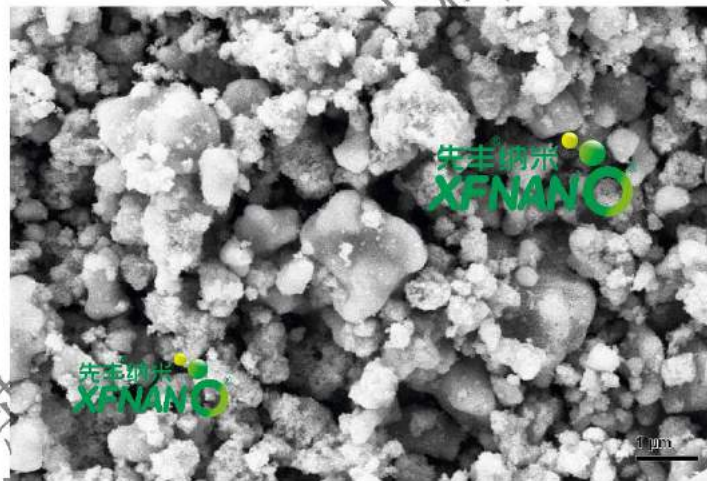


图 1

江苏先丰纳米材料科技有限公司
地址：南京市国家级江北新区步月路 29 号 9 栋
邮编：210033
电话 Tel: 400-025-3200 (免长途费)
传真 Fax: 025-68256991

Nanjing XFNANO Materials Tech Co., Ltd
Add.: Nanjing City, Jiangsu Province, China
Zip: for 210033
E-mail: sale@xfnano.com
http://www.xfnano.com

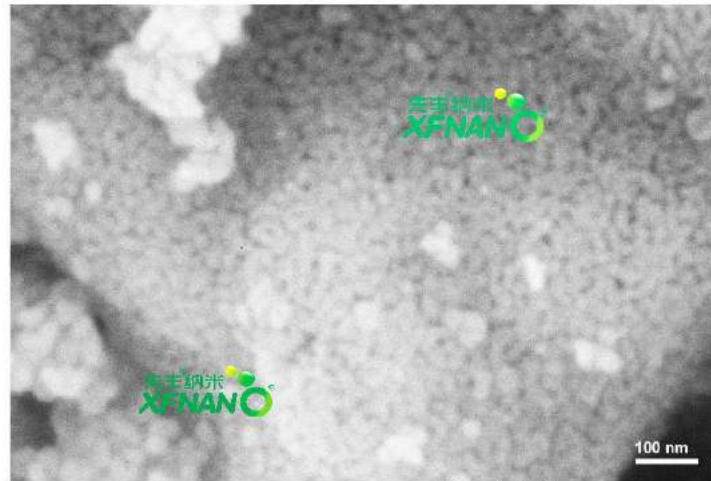


图 2
图 1.2 纳米二氧化钛的 SEM 图
Fig.1.2 SEM of Nano-Titanium dioxide

3 应用领域 (Application Fields)

抗紫外材料、纺织、光催化触媒、光学/磁性存储器、自洁玻璃、防晒霜、涂料、油墨、食品包装材料、造纸工业、航天工业、锂电池、太阳能电池、气体吸附剂、抗菌剂等。

UV resistant materials, textiles, photocatalytic catalysts, optical / magnetic memory, self-cleaning glass, sunscreens, paints, inks, food packaging materials, paper industry, aerospace industry, lithium batteries, solar cells and gas adsorbents etc.

4 保存条件 (Storage Conditions)

常温干燥密封避光保存，最长时间为 1 年。

Sealed, avoid light, and keep dry at room temperature. Expiry date: 1 year .

声明：我司保证技术报告中的信息的准确性，但不保证材料的普适性，也不负责由此导致的任何损失。提供

江苏先丰纳米材料科技有限公司
地址：南京市国家级江北新区步月路 29 号 9 栋
邮编：210033
电话 Tel: 400-025-3200(免长途费)
传真 Fax: 025-68256991

Nanjing XFNANO Materials Tech Co., Ltd
Add.: Nanjing City, Jiangsu Province, China
Zip: for 210033
E-mail: sale@xfnano.com
<http://www.xfnano.com>