

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA
CIVIL



**“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE OXIDO DE ZINC
ADICIONADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN MORTERO
FOTOCATALITICO”**

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTORES

Br. Willians Richard Abanto Bueno

Br. Pedro César Vera Avalos

ASESOR

Mg. Luis Alberto Alva Reyes

LINEA DE INVESTIGACION

Vivienda, saneamiento y transporte

TRUJILLO - PERU

2021

PÁGINAS PRELIMINARES

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

R.P. Dr. Jhon Joseph Lydon McHugh, O.S.A.

Rector

Dra. Silvia Valverde Zavaleta

Vicerrectora Académica

Dr. Carlos Alfredo Cerna Muñoz PhD.

Vicerrector de Investigación

Mg. Edwar Glorimer Lujan Segura

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri

Gerente de Desarrollo Institucional

Ing. Marco Antonio Dávila Cabrejos

Gerente de Administración y Finanzas

Mg. José Andrés Cruzado Albarrán

Secretario General

PÁGINA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo Mg. Luis Alberto Alva Reyes con DNI N° 42013371 como asesor del trabajo de investigación “Influencia del porcentaje de óxido de zinc adicionado sobre las propiedades de un mortero fotocatalítico” desarrollada por los bachilleres Abanto Bueno Willians Richard y Vera Avalos Pedro César con DNI N° 70278465 y DNI N°73273482 respectivamente, egresados del Programa Profesional de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.



Mg. Luis Alberto Alva Reyes

ASESOR

PAGINA DE JURADO



Mg. Fernando Arístides Saldaña Milla

PRESIDENTE



Mg. Bejarano Guevara John Piter

SECRETARIO



Mg. Luis Alberto Alva Reyes

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios Padre.

Por darme salud y ser la luz que ilumina mi camino hacia adelante y poder superar todos los obstáculos presentados para lograr mis metas más deseados.

A mis padres.

Los que me han guiado a dar el primer paso y promover mis ideales en la formación personal y profesional, brindándome siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mis hermanos Susan, Einer, Alexander y Alexis.

Por obsequiarme su infinito y absoluto apoyo y por ser una fuerza inspiradora para proseguir mi formación personal y profesional.

Willians Richard Abanto Bueno

Autor

DEDICATORIA

A Dios Padre.

*Por darme amor, salud, bondad y ser guía en mi camino para lograr mis metas más
anheladas a pesar de los obstáculos.*

A mis padres.

*Quienes guiaron mi formación personal y profesional y a la vez me han brindado cada día
de mi vida su amor y su apoyo incondicional. A mi madre Luz por estar a mi lado durante
esta etapa, apoyándome día a día. A mi padre Pedro por sus enseñanzas y buenos
consejos.*

A mis hermanas, Raquel, Zuly y a mis sobrinos Anzul y Thiago.

*Por su apoyo incondicional, su amor infinito y por ser una fuerza motivadora para
continuar siempre con mi formación personal y profesional.*

Pedro César Vera Avalos

Autor

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos dado la vida e iluminarnos con fe, así mismo protegenos e iluminarnos para lograr nuestro desarrollo profesional, social y personal.

A la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI; y a los docentes de esta casa superior de estudios; quienes a través de sus experiencias, conocimientos, actitudes y valores contribuyeron a nuestra formación profesional y espiritual.

A nuestra familia, por el constante apoyo que nos brindaron en nuestra formación profesional, personal, social y espiritual; y a nuestro Dios padre por sobre todas las cosas.

A vuestro asesor, Ms. Ing. Luis Alberto Alva Reyes, por su asesoramiento y orientaciones que ha hecho posible la culminación satisfactoria del presente trabajo de investigación.

A vuestros compañeros de aula, por compartir sus experiencias y conocimientos en nuestra formación profesional y social; en la Carrera de Ingeniería Civil.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Abanto Bueno Willians Richard con DNI 70278465 y Vera Avalos Pedro César con DNI 73273482, egresados del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: “Influencia del porcentaje de óxido de zinc adicionado sobre las propiedades de un mortero fotocatalítico”, el cual consta de un total de 97 páginas, en las que se incluye 31 tablas y 23 figuras, más un total de X páginas en apéndices y/o anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de X%, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

Los autores



DNI 70278465

Willians Richard Abanto Bueno



DNI 73273482

Pedro César Vera Avalos

INDICE DE CONTENIDO

PÁGINAS PRELIMINARES	2
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Formulación de objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Justificación de la investigación	19
1.4.1. Justificación Tecnológica	19
1.4.2. Justificación Económica	19
1.4.3. Justificación Socio – Ambiental	19
CAPÍTULO II:	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.2. Bases teórico científicas	24
2.2.1. Bases Teóricas de la Fotocatálisis.	24
2.2.1.1. Antecedentes de la Investigación Fotocatalítica.	24
2.2.1.2. Fotocatálisis	26
2.2.1.3. Fotocatálisis Heterogénea.	26
2.2.1.4. Fotocatalizador.	27
2.2.1.5. Dióxido de Titanio - TiO₂.	27
2.2.1.5.1. Dióxido de Titanio Modificado con Nitrógeno.	31
2.2.1.6. Propiedades de la Fotocatálisis	31
2.2.1.6.1. Autolimpieza.	31
2.2.1.6.2. Durabilidad de Materiales Fotocatalíticos.	32
2.2.1.6.3. Materiales con Capacidad “Autolimpiable”.	33
2.2.2. Mortero	34
2.2.2.1. Componentes de mortero	34

2.2.2.1.1.	Agua.....	34
2.2.2.1.2.	Agregado para Mortero.....	35
2.2.2.1.3.	Cemento.....	39
2.2.2.1.4.	Aplicaciones del Mortero.....	41
2.2.2.1.5.	Propiedades del Mortero.....	42
2.2.2.1.6.	Trabajabilidad.....	42
2.2.2.1.7.	Ensayo de Consistencia.....	43
2.2.2.1.8.	Resistencia a la Compresión.....	43
2.2.2.1.9.	Ensayo de Absorción.....	44
2.2.2.2.	Limitaciones del Mortero Fotocatalítico.....	44
2.2.3.	Ensayos para la Fotocatálisis.....	45
2.2.3.1.	Normas Sobre Evaluación de Actividad Fotocatalítica.....	45
2.2.3.2.	Lámparas de Luz Ultravioleta (UV).....	46
2.2.3.3.	Rodamina B.....	46
2.2.3.4.	UNI 11259.....	47
2.2.3.5.	Colorímetro.....	49
2.2.4.	Efectos de la Fotocatálisis en el Medio Ambiente.....	49
2.2.4.1.	Contaminación del Aire.....	49
2.2.4.2.	Descontaminación del Aire.....	49
2.3.	Definición de términos básicos.....	50
2.4.	Formulación de hipótesis.....	51
2.4.1.	Hipótesis general.....	51
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	51
2.5.	Operacionalización de variables.....	53
CAPÍTULO III:.....		54
METODOLOGÍA.....		54
3.1.	Tipo de investigación.....	54
3.2.	Diseño de investigación.....	54
3.3.	Población, muestra y muestreo.....	55
3.4.	Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	55
3.5.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	56
3.6.	Ética investigativa.....	58
CAPÍTULO IV.....		59
RESULTADOS.....		59
4.1.	Presentación y análisis de resultados.....	59

4.1.1.	Cálculo del porcentaje de óxido de zinc con el que se obtiene la mayor propiedad autolimpiable de morteros de tarrajeo.	59
4.1.2.	Cálculo del porcentaje de óxido de zinc con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros de tarrajeo.....	80
4.1.3.	Comparar el costo de un mortero fotocatalítico de tarrajeo vs un mortero común por m ²	82
4.1.4.	Determinar la influencia del porcentaje de óxido de zinc adicionado sobre las propiedades de un mortero fotocatalítico.	83
4.2.	Prueba de hipótesis.....	84
4.2.1.	Cálculo del porcentaje de óxido de zinc con el que se obtiene la mayor propiedad autolimpiable de morteros de tarrajeo.	84
4.2.2.	Cálculo del porcentaje de óxido de zinc con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros de tarrajeo.....	87
4.2.3.	Comparar el costo de un mortero fotocatalítico de tarrajeo vs un mortero común por m ²	89
4.2.4.	Determinar la influencia del porcentaje de óxido de zinc adicionado sobre las propiedades de un mortero fotocatalítico.	89
4.3.	Discusión de resultados.....	90
CAPÍTULO V		92
CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS		92
5.1.	Conclusiones	92
5.2.	Sugerencias	92
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Imágenes de rutilo y anastasa	28
Figura N° 2 Iglesia Dives in Misericordia.....	31
Figura N° 3 Medición del ángulo de contacto del H ₂ O	33
Figura N° 4 Aplicación de rodamina B en la superficie del mortero	47
Figura N° 5 Evolución de la degradación del color.....	48
Figura N° 6 Ciclo de fijación y descomposición del NO _x	50
Figura N° 7 Diagrama de flujo	57
Figura N° 8 Prueba de Fenolftaleína – 0 Horas. Eliminación vs % ZnO.....	61
Figura N° 9 Prueba de Fenolftaleína – 2 Horas. Eliminación vs % ZnO.....	63
Figura N° 10 Prueba de Fenolftaleína – 4 Horas. Eliminación vs % ZnO.....	65
Figura N° 11 Prueba de Fenolftaleína – 10 Horas. Eliminación vs % ZnO.....	67
Figura N° 12 Prueba de Fenolftaleína – 20 Horas. Eliminación vs % ZnO.....	69
Figura N° 13 Prueba de Fenolftaleína – 26 Horas. Eliminación vs % ZnO.....	71
Figura N° 14 Coloración promedio vs tiempo en horas, por cada tratamiento con diferentes porcentajes de ZnO	72
Figura N° 15 Análisis de mortero fotocatalítico con fenolftaleína, sin ZnO.....	73
Figura N° 16 Análisis de mortero fotocatalítico con fenolftaleína, con 2.5 % ZnO	74
Figura N° 17 Análisis de mortero fotocatalítico con fenolftaleína, con 5 % ZnO	75
Figura.N° 18 Análisis de mortero fotocatalítico con fenolftaleína, con 7.5 % ZnO	76
Figura N° 19 Análisis de mortero fotocatalítico con fenolftaleína, con 7.5 % ZnO	77
Figura N° 20 Resumen - Análisis de mortero fotocatalítico.....	79
Figura N° 21 Resistencia a la compresión de morteros con ZnO.....	81
Figura N° 22 Costo de morteros fotocatalíticos	82
Figura N° 23 Comparación de los porcentajes de ZnO	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Propiedades mecánicas del “Dióxido de Titanio”.....	28
Tabla N° 2 Rango granulométrico para el agregado de morteros	36
Tabla N° 3 Clinker blanco y cemento gris – composición química	41
Tabla N° 4 Relación de trabajabilidad con el agua y los granos finos	42
Tabla N° 5 Prueba de Fenolftaleína en probetas rectangulares medidos a 0 horas. ... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla N°6 Resumen de los promedios de la prueba de fenolftaleína en probetas rectangulares para diferentes porcentajes de ZnO medido a las 0 horas (t=0h).....	60
Tabla N° 7 Prueba de Fenolftaleína en probetas rectangulares medidos a 2 horas.	62
Tabla N° 8 Resumen de los promedios de la prueba de fenolftaleína en probetas rectangulares para diferentes porcentajes de ZnO medido a las 2 horas (t=2h).....	62
Tabla N° 9 Prueba de Fenolftaleína en probetas rectangulares medidos a 4 horas.	64
Tabla N° 10 Resumen de los promedios de la prueba de fenolftaleína en probetas rectangulares para diferentes porcentajes de ZnO medido a las 4 horas (t=4h).....	64
Tabla N° 11 Prueba de Fenolftaleína en probetas rectangulares medidos a 10 horas.	66
Tabla N°12 Resumen de los promedios de la prueba de fenolftaleína en probetas rectangulares para diferentes porcentajes de ZnO medido a las 10 horas (t=10h).....	66
Tabla N° 13 Prueba de Fenolftaleína en probetas rectangulares medidos a 20 horas.	68
Tabla N° 14 Resumen de los promedios de la prueba de fenolftaleína en probetas rectangulares para diferentes porcentajes de ZnO medido a las 20 horas (t=20h).....	68
Tabla N° 15 Prueba de Fenolftaleína en probetas rectangulares medidos a 26 horas.	70
Tabla N° 16 Resumen de los promedios de la prueba de fenolftaleína en probetas rectangulares para diferentes porcentajes de ZnO medido a las 26 horas (t=26h).....	70
Tabla N° 17 Análisis de la coloración promedio y tiempo en horas para los distintos tratamientos de mortero con diferentes porcentajes de ZnO	72
Tabla N° 18 Tratamiento sin ZnO	73
Tabla N° 19 Tratamiento con 2.5% de ZnO	74
Tabla N° 20 Tratamiento con 5% de ZnO	75
Tabla N° 21 Tratamiento con 7.5% de ZnO	76
Tabla N° 22 Tratamiento con 5% de ZnO	77

Tabla N° 23 Resumen de análisis de mortero con todos los porcentajes de ZnO (0 horas – 26 horas)	78
Tabla N° 24 Resultados de resistencia a la compresión kg/cm ² de morteros de tarrajeo Fotocatalíticos.....	80
Tabla N° 25 Costo unitario de mortero fotocatalíticos por m ²	82
Tabla N° 26 Comparación de los porcentajes de ZnO	83
Tabla N° 27 ANOVA para la propiedad autolimpiable de morteros de tarrajeo con respecto al porcentaje de óxido de zinc adicionado.	85
Tabla N° 28 Prueba de Tukey (medias) para la propiedad autolimpiable de morteros de tarrajeo respecto al porcentaje de óxido de zinc adicionado.	86
Tabla N° 29 ANOVA para la resistencia a la compresión de morteros de tarrajeo con respecto al porcentaje de óxido de zinc adicionado.	87
Tabla N° 30 Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión de morteros de tarrajeo respecto al porcentaje de óxido de zinc adicionado.	88
Tabla N° 31 Costo de morteros, análisis de diferencia porcentual con interpolación en Max cost & Min cost	89

RESUMEN

Este trabajo de investigación buscó determinar la influencia del porcentaje de óxido de zinc adicionado sobre las propiedades de un mortero fotocatalítico, de esta manera se puede seguir contribuyendo a la sociedad con construcciones innovadoras. Se realizaron ensayos de Fenolftaleína para analizar la propiedad autolimpiable, resistencia a la compresión y comparación entre APU; con porcentajes de 0 - 2.5 - 5 - 7.5 y 10 de óxido de zinc adicionado en relación al cemento. Después de realizar el estudio se pudo determinar la influencia del porcentaje de óxido de zinc, la propiedad autolimpiable aumenta según se adicione el aditivo ZnO, la resistencia a la compresión disminuye y el costo aumenta. Finalmente, el porcentaje con 10% de ZnO es ideal por una eliminación NOx de 18.276 %.

Palabras clave: óxido de zinc, fotocatalítico, mortero, eliminación NOx, costo.

ABSTRACT

This research work sought to determine the additive that has the best photocatalytic properties in tile mortars, in this way it is possible to continue contributing to society with innovative constructions. In order to achieve this objective, a systematized study of research related to our topic was carried out, obtaining 17 investigations that helped us with results, methods and more. After the systematized study process, the results of the elimination of NOx percentages and analysis of unit prices of traditional mortar, with 5% of titanium dioxide and zinc oxide, were grouped; in order to obtain a mathematical modeling. After obtaining the mathematical modeling, a statistical analysis was carried out using Ms. Excel's Solver, determining that the additive with the best photocatalytic properties for tile mortars is zinc oxide due to its higher percentage of NOx removal and its cost variation less than titanium dioxide.

Keywords: zinc oxide, photocatalytic, mortar, NOx removal, cost.