

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
Y CIENCIA DE LOS MATERIALES**



**“ESTUDIO DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL PIGMENTADO
CON ÓXIDO DE HIERRO”**

Por:

ROCIO TAPIA DONAIRE

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar por el grado académico de licenciatura en ingeniería civil.

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
Y CIENCIA DE LOS MATERIALES

**“ESTUDIO DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL PIGMENTADO CON ÓXIDO
DE HIERRO”**

Por:

ROCIO TAPIA DONAIRE

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Arturo Dubravcic Alaiza
DOCENTE GUIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGIA

.....
M.Sc. Ing. Silvana Paz Ramirez
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGIA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Oscar Chavez Vargas

.....
Ing. Paul Carrasco Arnold

.....
Ing. Armando Almendras Saravia

DEDICATORIA:

El presente estudio lo dedicó a mi familia por su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida. Gracias por demostrarme que día a día con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por darme la fuerza y capacidad para culminar esta etapa académica. A todas las personas que de alguna manera me ayudaron a llevar adelante el presente estudio.

ÍNDICE

	Página
1. EL OBJETO DE CONOCIMIENTO	1
1.1. El Problema	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Planteamiento	2
1.1.3. Formulación.....	2
1.1.4. Sistematización.....	3
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. General.....	5
1.2.2. Específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.3.1. Teórica.....	6
1.3.2. Metodológica.....	6
1.3.3. Práctica	6
1.4. Hipótesis	6
1.5. Alcance del estudio.....	7
1.5.1. Restricciones y limitaciones	7
1.6. Aspectos metodológicos	8
1.6.1. Tipo de estudio	8
1.6.2. Metodología de investigación.....	9
1.6.2.1. Etapa técnico-investigativa	9
1.6.2.2. Etapa técnico-experimental	10
1.6.2.2.1. Diseño experimental	10
1.6.2.2.2. Normativa aplicable.....	11
1.6.2.2.3. Materiales a utilizar.	11
1.6.2.2.4. Estabilidad del pigmento y los efectos en el hormigón	11
1.6.2.3. Etapa analítica de interpretación y presentación de los resultados en la investigación.....	12
1.7. Tratamiento de la información.	13

2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Introducción.....	14
2.2. Hormigón.....	15
2.3. Generalidades sobre hormigón.....	16
2.4. Tipos de hormigón.....	18
2.5. Pruebas para el hormigón fresco	20
2.5.1. Muestreo	20
2.5.2. Consistencia.....	21
2.5.3. Peso Volumétrico y Rendimiento.....	23
2.5.4. Tiempo de Fraguado.....	23
2.6. Propiedades del hormigón endurecido	24
2.6.1. Resistencia.....	25
2.6.2. Durabilidad.....	26
2.7. Diseño de mezclas de hormigón de peso normal según ACI 211	26
2.8. Hormigón pigmentado.....	31
2.8.1. Pigmentos, Colorantes Y Nociones Del Color.....	36
2.8.1.1. Origen De Los Pigmentos.....	37
2.8.1.2. Naturaleza de los pigmentos.....	38
2.8.1.3. El poder de teñidura de los pigmentos.....	39
2.8.1.4. Composición Química de los Pigmentos.....	39
2.8.1.5. Características Físicas de los Pigmentos.	40
2.8.1.6. Porcentaje de Pigmento en la mezcla.....	41
2.8.1.7. Requerimientos normalizados.....	41
2.9. Comportamiento del hormigón pigmentado.....	42
2.9.1. Eflorescencia	42
2.9.2. La acción de las intemperies en la pasta del cemento endurecida.....	43
2.10. Materia Prima	43
2.10.1. Cemento.....	43
2.10.2. Agregados.....	44
2.10.3. Agua.....	46
2.10.4. Pigmento.....	47

	Página
3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1. Introducción	48
3.2. Caracterización de los agregados	50
3.2.1. Análisis granulométrico.....	50
3.2.2. Determinación del peso unitario.....	55
3.2.3. Determinación del peso específico y absorción de los agregados.....	57
3.3. Propiedades físicas y análisis preliminares al pigmento según métodos de prueba de la especificación ASTM C-979	60
3.3.1. Determinación de la densidad del pigmento.....	60
3.3.2. Análisis de humectabilidad en agua del pigmento	63
3.3.3. Análisis de la resistencia del pigmento a los álcalis.....	64
3.3.4. Determinación del porcentaje de solubilidad del pigmento en agua	66
3.3.5. Estabilidad de curado atmosférico y resistencia a la luz del pigmento	68
3.3.5.1. Cálculo de cantidades de materiales para especímenes de mortero en laboratorio.....	70
3.3.5.2. Etapa de fabricación, curado y exposición de los especímenes.	72
3.4. Metodología del diseño de mezcla	75
3.4.1. Dosificación de hormigones H-21 (Metodo ACI -211).....	76
3.4.2. Alteración de la dosificación reduciendo la cantidad de cemento.....	79
3.5. Elaboración de las muestras.	81
3.5.1. Hormigón Simple.	81
3.5.2. Hormigón pigmentado.....	83
3.6. Curado de las muestras.....	83
3.7. Ensayo al hormigón en estado fresco.....	84
3.7.1. Ensayo estándar para el revenimiento del hormigón.....	84
3.8. Ensayo al hormigón en estado endurecido.....	86
3.8.1. Resistencia a la compresión.....	86
3.9. Resumen de resultados obtenidos	88
3.9.1. Ensayos aplicados a los pigmentos	88
3.9.2. Ensayos aplicados a probetas de mortero pigmentado	88
3.9.3. Ensayos aplicados al hormigón.....	89

	Página
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	93
4.1. Introducción	93
4.2. Análisis del pigmento.....	93
4.2.1. Determinación de la densidad del pigmento.....	93
4.2.2. Análisis de humectabilidad en agua del pigmento	94
4.2.3. Análisis de la resistencia del pigmento a los álcalis.....	95
4.2.4. Determinación del porcentaje de solubilidad del pigmento en agua	96
4.2.5. Estabilidad de curado atmosférico y resistencia a la luz del pigmento	97
4.3. Ensayo al hormigón en estado fresco	104
4.3.1. Ensayo estándar para el revenimiento del hormigón.....	104
4.4. Ensayo al hormigón en estado endurecido	104
4.4.1. Resistencia a la compresión.....	104
4.4.2. Disminución de la resistencia a compresión del hormigón pigmentado	112
4.5. Contrastación de hipótesis.....	114
4.6. Campo de Aplicación	116
4.7. Análisis de Costos.....	123
4.7.1. Comparación de costos de fabricación de un elemento de hormigón pigmentado y uno de hormigón convencional pintado.....	123
4.7.2. Costos a largo plazo de un elemento de hormigón pigmentado y uno de hormigón convencional pintado tomando en cuenta el trabajo de mantenimiento en su ciclo de vida útil	126
4.8. Conclusiones y recomendaciones.....	130

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A.1. Normas Y Especificaciones De La ASTM

ANEXO A.2. Resultados De Los Ensayos De Laboratorio Para Los Pigmentos

ANEXO A.3. Ficha Técnica “FERRITE TRIANGULO”

ANEXO A.4. Procedimiento Y Tablas De Dosificación ACI-211

ANEXO A.5. Informe De Caracterización Y Dosificación

ANEXO A.6. Resultados De Ensayos De Resistencia A Compresión Del Hormigón

ANEXO A.7. Precios Unitarios

ANEXO A.8. Informe Fotográfico

ANEXO A.9. Ejemplo De Aplicacion

ANEXO A.10. Pinturas Para Hormigón