



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

Pigmentos naturales en hormigones y morteros

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: Cuenca Tituana, Gloria Estrellita

DIRECTOR: Reyes Bustamante, Oscar Efrén, Arq.

COTUTORA: Herrera Herrera, Iliana Elizabeth, Mgtr.

LOJA – ECUADOR
2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto

Oscar Efrén Reyes Bustamante

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Pigmentos naturales en hormigones y morteros”**, realizado por **Cuenca Tituana Gloria Estrellita**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Julio de 2016

.....

Arq. Oscar Efrén Reyes Bustamante

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Cuenca Tituana Gloria Estrellita** declaro ser autora del presente trabajo de titulación: **Pigmentos naturales en hormigones y morteros**, de la Titulación de Arquitectura, siendo Oscar Efrén Reyes Bustamante, Arq., director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

.....
Gloria Estrellita Cuenca Tituana
1104681885

DEDICATORIA

“Cada vez estamos más lejos de la naturaleza. Ya no sabemos si hace frío o calor en un edificio. Hay que buscar materiales en la naturaleza”

(Toyo Ito)

A Dios, a la Virgencita del Cisne, por haber estado a mi lado durante todos estos años, porque tú Dios todo poderoso siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo, este triunfo también es tuyo mi Dios.

A mis padres; Teresita Tituana y Ángel Cuenca, por creer en mí, por todo el sacrificio, apoyo y amor incondicional que me brindaron para llegar al final de mi carrera.

A mi hermana/hermanos, Cindy, Andrés, Ángel, Alex, por todo el cariño y comprensión en todo momento. Y a mis cuñadas y sobrinos.

A Juan Salinas, por su amor incondicional, por todo su apoyo, su comprensión, y por sus palabras de aliento y por ser una parte importante en mi vida.

A toda mi familia, por todo el cariño y oraciones que me ayudaron a lograr mi meta.

A mis compañeros y compañeras, reales y digitales que me han aportado con su calidad personal y profesional. Y en especial a mis grandes amigas, su amistad es una bendición.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera u otra estuvieron a mi lado brindándome aliento para seguir adelante. Muchas gracias.

AGRADECIMIENTO

“La gratitud aporta sentido al pasado, paz al presente y perspectiva al futuro”

M. Beattie

Gracias, de corazón:

A la familia que está unida por un lazo muy difícil de destruir «el amor», a mis queridos padres y hermanos/hermana.

A mis amigas y amigos por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

¡Gracias, por siempre estar ahí!

En lo académico, un especial agradecimiento:

Al Arq. Oscar Reyes y a la Mgs. Iliana Herrera por su importante guía y dedicado apoyo incondicional.

A la valiosa asesoría de:

Ph.D. Francisco Hernández catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid.

Dr. Francisco Fernández catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid.

Mgs. Rosa Medina por su ayuda tanto en el desarrollo del tema como en la revisión del trabajo de titulación.

Al Mgtr. Xavier Eduardo por su ayuda en la revisión del trabajo de titulación.

A la valiosa ayuda de:

Ph.D. Gianluca Gilardoni, Mgtr. Cristian Balcazar, Ing. Forestal Celso Yaguana (técnico del herbario “Reinaldo Espinosa”).

Todos los que conforman el laboratorio de suelos y pavimentos de la UTPL, en especial al M.Sc. Ángel Tapia; a todos quienes conforman el laboratorio de minería y metalurgia de la UTPL, en especial al Ing. Juan Carlos Quintuña; a todos quienes conforman el laboratorio de química de la UTPL, en especial a la Ing. Andrea Castillo.

Por la formación recibida:

A la Universidad Técnica Particular de Loja, por acogerme en sus aulas y darme las herramientas para conseguir mí meta.

Al departamento de Arquitectura por ser el pilar de mi formación profesional y por regalarme el prestigio de pertenecer a la carrera de Arquitectura.

Por colaborar con su riqueza tintórea:

A la comunidad Kim de etnia shuar, un pueblo de gran riqueza del que he aprendido mucho, les agradezco infinitamente en especial a la Sra. Concepción y a la Sra. Rosa. Y humildemente colaboro con un poquito de ciencia gracias a su aporte con su riqueza tintórea.

Y gracias a cada una de las personas que contribuyeron desinteresadamente con su tiempo y esfuerzo para que esta investigación llegue a feliz término.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA DE TESIS.....	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
LISTA DE TABLAS.....	XIII
LISTA DE FIGURAS.....	XVI
RESUMEN.....	01
ABSTRACT.....	02
INTRODUCCIÓN.....	03
PROBLEMÁTICA.....	04
JUSTIFICACIÓN.....	05
OBJETIVOS.....	06
Objetivo General.....	06
Objetivos Específicos.....	06
HIPÓTESIS.....	06
CAPÍTULO I	
1) MARCO TEÓRICO.....	07
1.1) Antecedentes históricos.....	08
1.1.1) Historia del hormigón y mortero en la arquitectura.....	08
1.1.2) Coloración del hormigón.....	10
1.2) Pigmento.....	10
1.2.1) Definición.....	10
1.2.2) Clasificación de los pigmentos.....	11
1.3) Hormigón.....	11
1.3.1) Definición.....	11
1.3.2) Generalidades.....	11

CAPÍTULO II

2) PIGMENTO NATURAL Y HORMIGÓN	27
2.1) Objetivo de capítulo II	28
2.2) Elaboración de pigmento natural	28
2.2.1) Análisis del entorno en donde se realizó el estudio de los pigmentos naturales.....	28
2.2.2) Estudio técnico.....	29
2.2.3) Elaboración de pigmentos naturales y resultados.....	30
2.2.3.1) Pigmento natural: “cumbiá”.....	30
2.2.3.2) Pigmento natural: “achotillo”.....	31
2.2.3.3) Pigmento natural: “yamakay”.....	32
2.2.3.4) Pigmento natural: “achiote”.....	33
2.2.3.5) Resultados generales de pigmentos naturales.....	34
2.3) Elaboración de hormigón con pigmento natural	35
2.3.1) Plan experimental en la elaboración de hormigón.....	35
2.3.2) Materiales.....	35
2.3.3) Ensayo de los materiales en la elaboración de hormigón.....	36
2.3.3.1) Cemento.....	36
2.3.3.2) Agregados.....	36
2.3.3.3) Agua.....	37
2.3.3.4) Pigmento natural.....	37
2.3.4) Ensayo de procesos en la elaboración de hormigón.....	37
2.3.4.1) Relación agua - cemento.....	37
2.3.4.2) Curado.....	37
2.3.4.3) Dosificación del hormigón.....	37
2.3.4.4) Dosificación del pigmento.....	37
2.3.5) Herramientas y equipos.....	38
2.3.6) Mezcla – tipos de mezcla.....	38
2.3.7) Desarrollo de muestras.....	39
2.3.8) Elaboración del hormigón sin pigmento natural.....	40
2.3.9) Elaboración del hormigón con pigmento natural.....	40
2.3.10) Resultados y conclusiones específicas.....	42
2.3.10.1) Pigmento.....	42
2.3.10.2) Fraguado.....	42
2.3.10.3) Materiales.....	45
2.3.10.4) Dosificación.....	45
2.3.9) Conclusiones generales.....	46

CAPÍTULO III

3) MORTERO	47
3.1) Elaboración de mortero con pigmento natural	48
3.1.1) Plan experimental.....	48
3.1.2) Materiales.....	48
3.1.3) Ensayo de materiales en la elaboración de mortero.....	49
3.1.3.1) Cemento blanco.....	49
3.1.3.2) Cemento gris.....	49
3.1.3.3) Agregado fino.....	49
3.1.3.4) Agua, pigmento natural.....	49
3.1.3.5) Adiciones.....	49
3.1.4) Ensayo de procesos en la elaboración de mortero.....	50
3.1.4.1) Relación agua – cemento.....	50
3.1.4.2) Curado.....	50
3.1.4.3) Dosificación del mortero.....	50
3.1.4.4) Dosificación de pigmento.....	50
3.1.5) Herramientas y equipos.....	50
3.1.6) Mezcla – tipos de mezcla.....	51
3.1.7) Desarrollo de muestras.....	51
3.1.8) Elaboración de mortero con pigmento natural para determinar dosificación.....	53
3.1.8.1) Elaboración de mortero sin pigmento natural.....	53
3.1.8.2) Elaboración de mortero con pigmento natural.....	53
3.1.8.3) Resultados y conclusiones específicas- dosificación.....	54
3.1.9) Elaboración de mortero con pigmento natural para determinar las muestras con mejor coloración.....	54
3.1.9.1) Elaboración de mortero sin pigmento natural.....	54
3.1.9.2) Elaboración de mortero con pigmento natural: “cumbiá”.....	55
3.1.9.2.1) Pigmento natural: “cumbiá”.....	55
3.1.9.2.2) Resultados y conclusiones específicas...	56
3.1.9.3) Elaboración de mortero con pigmento natural: “achotillo”.	57
3.1.9.3.1) Pigmento natural: “achotillo”.....	57
3.1.9.3.2) Resultados y conclusiones específicas...	58
3.1.9.4) Elaboración de mortero con pigmento natural: “yamakay”	59
3.1.9.4.1) Pigmento natural: “yamakay”.....	59

	3.1.9.4.2)	Resultados y conclusiones específicas...	60
	3.1.9.5)	Elaboración de mortero con pigmento natural: “achiote”...	61
	3.1.9.5.1)	Pigmento natural: “achiote”.....	61
	3.1.9.5.2)	Resultados y conclusiones específicas...	62
3.2)		Pruebas de laboratorio para determinar: muestras con mejores resultados en ensayos mecánicos y físicos.....	63
3.2.1)		Resistencia a compresión.....	63
	3.2.1.1)	Herramientas y equipos.....	63
	3.2.1.2)	Desarrollo de ensayo.....	64
	3.2.1.3)	Cálculo de resistencia a compresión máxima.....	64
	3.2.1.4)	Cálculo de resistencia – todas las muestras – tabla.....	66
	3.2.1.5)	Cálculo de resistencia – todas las muestras – graficas....	67
	3.2.1.6)	Resultados y conclusiones específicas.....	69
3.2.2)		Ensayo de capilaridad.....	69
	3.2.2.1)	Materiales, herramientas y equipos.....	69
	3.2.2.2)	Desarrollo de ensayo.....	70
	3.2.2.3)	Cálculos de absorción de agua por capilaridad.....	70
	3.2.2.4)	Cálculos – capilaridad – todas las muestras - graficas....	72
	3.2.2.5)	Cálculos – capilaridad – todas las muestras – tabla.....	74
	3.2.2.6)	Resultados y conclusiones específicas.....	75
3.2.3)		Ensayo de porosidad.....	75
	3.2.3.1)	Materiales, herramientas y equipos.....	75
	3.2.3.2)	Desarrollo de ensayo.....	76
	3.2.3.3)	Cálculos de porosidad.....	76
	3.2.3.4)	Cálculos de porosidad – todas las muestras - tabla.....	77
	3.2.3.5)	Cálculos de porosidad – todas las muestras – graficas....	78
	3.2.3.6)	Resultados y conclusiones específicas.....	80
3.3)		Resultados y conclusiones generales para determinar aplicabilidad posterior.....	81
	3.3.1)	Dosificación.....	81
	3.3.2)	Relación pig.- c (pigmento-cemento).....	81
	3.3.3)	Muestras con mejor coloración.....	81
	3.3.4)	Pruebas de laboratorio.....	82
	3.3.5)	Mejores resultados y conclusiones.....	85
3.4)		Evaluación de mejores resultados obtenidos y determinación de aplicabilidad.....	85

3.4.1)	Descripción del color en los mejores resultados obtenidos.....	85
3.4.2)	Evaluación de pruebas de laboratorio con los mejores resultados.....	86
3.4.3)	Evaluación de normas en base a los mejores resultados.....	86
3.4.4)	Aplicación de mortero según CTE “código técnico de edificación”.....	86
3.4.5)	Determinación de aplicabilidad.....	86

CAPÍTULO IV

4)	PROPUESTA DE REVOQUE FINO DE MORTERO CON PIGMENTO NATURAL PARA PAREDES INTERNAS.....	87
4.1)	Introducción al revoque fino de mortero con pigmento natural para paredes internas.....	88
4.2)	Elaboración de revoque fino de mortero con pigmento natural para paredes internas.....	88
4.3)	Aplicación de revoque en pared de bloque de hormigón y ladrillo.....	89
4.4)	Resultados y conclusiones en la aplicación de revoque de mortero con pigmento natural en pared de bloques de hormigón y de ladrillo.....	90
4.4.1)	Resultados de revoque de mortero con pigmento natural de “cumbiá”.....	90
4.4.2)	Resultados de revoque de mortero con pigmento natural de “achotillo”.....	91
4.4.3)	Resultados de revoque de mortero con pigmento natural de “yamakay”.....	92
4.4.4)	Resultados generales de revoque de mortero con pigmento natural.....	93
4.4.5)	Conclusiones específicas en la aplicación de revoque de mortero con pigmento natural en paredes de bloque de hormigón y de ladrillo.....	93
4.4.6)	Conclusiones generales en la aplicación de revoque de mortero con pigmento natural en pared de bloque de hormigón y ladrillo.....	94
4.5)	Análisis económico.....	94
4.5.1)	Análisis económico de revoque fino de mortero con pigmento natural.....	95
4.5.2)	Análisis económico de revoque fino de mortero con pigmento sintético.....	96
4.5.3)	Análisis económico de revoque fino de mortero sin pigmento con material gris y pintura interior.....	97
4.5.4)	Resumen de análisis económico.....	99

4.5.5)	Conclusiones generales del análisis económico.....	99
COMPROBACIÓN DE HIPOTESIS		100
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		102
LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO		102
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		103
ANEXOS		107
1)	Anexos nº1.....	108
1.1)	Dosificación del pigmento.....	108
1.1.1)	Determinación de cantidad de pigmento en polvo.....	108
1.1.1.1)	Materiales, herramientas y equipos.....	108
1.1.1.2)	Desarrollo de pulverización del pigmento líquido	109
1.1.1.3)	Resultados.....	109
1.1.1.4)	Conclusiones.....	109
2)	Anexos nº2.....	110
2.1)	Codificación utilizada en trabajo experimental.....	110
2.1.1)	Simbología de dosificación: hormigón.....	110
2.1.2)	Simbología de dosificación: mortero.....	110
2.1.3)	Simbología para diferenciación de pigmentos.....	110
2.1.4)	Simbología de adiciones.....	110
2.1.5)	Codificación utilizada en los lotes de hormigón con y sin pigmento natural.....	111
2.1.6)	Codificación utilizada en los lotes de mortero con y sin pigmento natural.....	112
3)	Anexos nº3.....	116
3.1)	Estudio técnico de la arena sílica.....	116
3.1.1)	Estudio técnico de granulometría de partículas.....	116
4)	Anexos nº4.....	117
4.1)	Información de unidades de medida.....	117

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO	PÁG
CAPÍTULO I	
Tabla 1 Constituyentes del concreto	13
Tabla 2 Tipos de cemento	15
Tabla 3 Tipos de aditivos.....	18
CAPÍTULO II	
Tabla 1 Descripción de la comunidad el Kim.....	28
Tabla 2 Estudio técnico de los pigmentos naturales	29
Tabla 3 Pigmento natural: “cumbiá”	30
Tabla 4 Pigmento natural: “achotillo”	31
Tabla 5 Pigmento natural: “yamakay”	32
Tabla 6 Pigmento natural: “achiote”	33
Tabla 7 Resultados generales de pigmentos naturales.....	34
Tabla 8 Herramientas y equipos para la fabricación de hormigón con pigmento natural	38
Tabla 9 Tipos de mezcla en la fabricación de hormigón	38
Tabla 10 Desarrollo de muestras para los lotes nº 1, 2, 3 y 4 - hormigón	39
Tabla 11 Muestras de hormigón normal	40
Tabla 12 Muestras de hormigón con pigmento natural	41
Tabla 13 Resultados y conclusiones específicas – pigmento	42
Tabla 14 Resultados y conclusiones específicas – fraguado	43
Tabla 15 Resultados y conclusiones específicas – fraguado	44
Tabla 16 Resultados y conclusiones específicas – materiales.....	45
Tabla 17 Resultados y conclusiones específicas – dosificación	45
Tabla 18 Conclusiones generales	46
CAPÍTULO III	
Tabla 1 Tipos de mezcla de mortero con pigmento natural.....	51
Tabla 2 Desarrollo de muestras desde el lote nº 1 hasta el nº14 - “mortero”	52
Tabla 3 Muestras de mortero sin pigmento natural para determinar dosificación	53
Tabla 4 Muestras de mortero con pigmento natural para determinar dosificación.....	53
Tabla 5 Resultados y conclusiones específicas – dosificación	54

Tabla 6 Muestras de mortero sin pigmento natural para determinar las muestras con mejor coloración.....	54
Tabla 7 Muestras de mortero con pigmento natural a base de “cumbia” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración.....	55
Tabla 8 Resultados y conclusiones específicas - muestras con mejor coloración - pigmento natural “cumbiá”	56
Tabla 9 Muestras de mortero con pigmento natural a base de “achotillo” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración	57
Tabla 10 Resultados y conclusiones específicas - Muestras con mejor coloración - pigmento natural “achotillo”	58
Tabla 11 Muestras de mortero con pigmento natural a base de “yamakay” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración	59
Tabla 12 Resultados y conclusiones específicas - Muestras con mejor coloración - pigmento natural “yamakay”	60
Tabla 13 Muestras de mortero con pigmento natural a base de “achiote” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración	61
Tabla 14 Resultados y conclusiones específicas - muestras con mejor coloración - pigmento natural “achiote”	62
Tabla 15 Herramientas y equipos/ resistencia a compresión	63
Tabla 16 Desarrollo de ensayo/ resistencia a compresión	64
Tabla 17 Ejemplo de cálculos /resistencia a compresión máxima	65
Tabla 18 Resumen de pruebas de resistencia a compresión máxima	66
Tabla 19 Resultados y conclusiones específicas/ resistencia a compresión máxima	69
Tabla 20 Materiales, herramientas y equipos/ capilaridad	69
Tabla 21 Desarrollo de ensayo de capilaridad	70
Tabla 22 Ejemplo de cálculos/ ensayo de capilaridad.....	71
Tabla 23 Calculo de absorción de agua por capilaridad – todas las muestras	74
Tabla 24 Resultados y conclusiones específicas/ ensayo de capilaridad	75
Tabla 25 Materiales, herramientas y equipos/ porosidad	75
Tabla 26 Desarrollo de ensayo/ porosidad	76
Tabla 27 Ejemplo - cálculo de porosidad.....	76
Tabla 28 Calculo de porosidad – todas las muestras.....	77
Tabla 29 Resultados y conclusiones específicas/ ensayo de porosidad.....	80
Tabla 30 Resultados y conclusiones generales – relación (pigmento – cemento) - mortero ...	81

Tabla 31 Resultados y conclusiones generales – pruebas de laboratorio - mortero	82
Tabla 32 Mejores resultados y conclusiones para determinar aplicabilidad posterior.....	85
Tabla 33 Descripción del color en los mejores resultados obtenidos	85
Tabla 34 Evaluación de pruebas de laboratorio con los mejores resultados	86
Tabla 35 Evaluación de normativa en base a los mejores resultados obtenidos	86

CAPÍTULO IV

Tabla 1 Resumen de mejores resultados de probetas (C10, A10, Y10)	88
Tabla 2 Procedimiento de la aplicación de revoque	89
Tabla 3 Resultado de revoque de mortero con pigmento natural de “cumbiá”.....	90
Tabla 4 Resultado de revoque de mortero con pigmento natural de “achotillo”	91
Tabla 5 Resultado de revoque de mortero con pigmento natural de “yamakay”.....	92
Tabla 6 Resultados generales de revoque con mortero pigmentado	93
Tabla 7 Conclusiones específicas de revoque de mortero con pigmento natural	93
Tabla 8 Análisis económico de revoque de mortero con pigmento natural	95
Tabla 9 Análisis económico de revoque fino de mortero con pigmento sintético	96
Tabla 10 Análisis económico de revoque fino de mortero sin pigmento con material gris	97
Tabla 11 Análisis económico de pintura interior	98
Tabla 12 Resumen de análisis económico	99

ANEXOS

Tabla 1 Materiales, herramientas y equipos.....	108
Tabla 2 Porcentaje de pigmentos	109
Tabla 3 Simbología de dosificación de hormigón	110
Tabla 4 Simbología de dosificación de mortero.....	110
Tabla 5 Simbología de pigmentos naturales	110
Tabla 6 Simbología de adiciones.....	110
Tabla 7 Codificación utilizada en lotes de hormigón con y sin pigmento natural	111
Tabla 8 Codificación utilizada en lotes de mortero con y sin pigmento natural	112
Tabla 9 Estudio técnico – granulometría de partículas (arena sílica).....	116
Tabla 10 Información de unidades de medida.....	117

LISTA DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁG
CAPÍTULO I	
Fig.1 Relación humedad relativa/temperatura.....	21
CAPÍTULO II	
Fig.1 Mapa de Yacuambi.....	28
Fig.2 Tiempo de fraguado/ pigmento – separadas en bloques las muestras	43
Fig.3 Tiempo de fraguado/ pigmento – todas las muestras.....	44
CAPÍTULO III	
Fig. 1 Resumen de resistencia a compresión: “cumbiá”.....	67
Fig. 2 Resumen de resistencia a compresión: “achotillo”	67
Fig. 3 Resumen de resistencia a compresión: “yamakay”	68
Fig. 4 Resumen de resistencia a compresión: “achiote”	68
Fig. 5 Relación (sobrepeso/superficie de apoyo)/ tiempo=coeficiente de capilaridad	71
Fig. 6 Coeficiente de capilaridad: “cumbiá”	72
Fig. 7 Coeficiente de capilaridad: “achotillo”	72
Fig. 8 Coeficiente de capilaridad: “yamakay”	73
Fig. 9 Coeficiente de capilaridad: “achiote”	73
Fig. 10 Porosidad: “cumbiá”	78
Fig. 11 Porosidad: “achotillo”	78
Fig. 12 Porosidad: “yamakay”	79
Fig. 13 Porosidad: “achiote”	79
ANEXOS	
Fig. 1 Gráfica – curva granulometría de partículas (arena sílica).....	116

RESUMEN

La utilización en su gran mayoría de pigmentos tóxicos en la coloración de hormigones y morteros, llevan a buscar alternativas que aporten al cuidado del planeta y su medio ambiente, y así cumplir con la responsabilidad que todos tenemos de protección y recuperación de la naturaleza.

En la presente investigación se elaboró hormigones y morteros con pigmento natural, para comprobar su factibilidad y para reducir el uso de materiales tóxicos que se utilizan actualmente.

Después de realizar estudios técnicos pertinentes tanto del hormigón como del mortero con pigmento natural, se pudo determinar que el hormigón no se pigmenta. Mientras que el mortero si se pigmenta y consigue propiedades físico – mecánicas adecuadas que están bajo parámetros de las normas INEN y otras planteadas.

Esto llevó a aplicar al mortero como revoque en paredes internas de ladrillo y bloques de hormigón, y a alcanzar de alguna manera una rentabilidad económica.

Palabras clave: mortero, hormigón, pigmento natural.

ABSTRACT

The usage of toxic pigments for coloration of concrete and mortars was the reason to undertake in search of alternatives that support the concern for the planet and the environment, therefore complying with social responsibility and protection of nature. In the current investigation concrete walls and mortars were built, using natural pigments. The purpose was to test its feasibility in addition to reduce the use of toxic elements currently being used in the industry. After the completion of the technical studies of the concrete walls and mortars using natural pigments, it was possible to determine that: not pigmented concrete. Meanwhile the mortars if it is pigmented and get suitable physical-mechanical properties, the parameters are covered under the INEN norms and others similar; All this conducted the application to the mortars as plaster to the inside of brick walls, and cement blocks; In someway to attain business profit.

Keywords: mortar, concrete, natural pigment

INTRODUCCIÓN

La génesis de este estudio surge de un trabajo de investigación realizado dentro de la Universidad Técnica Particular de Loja, por el equipo de investigación de Arte y Arquitectura titulada Obras Pictóricas con Pigmentos Naturales con el fin de aportar una solución, y reducir el impacto ambiental de los tóxicos usados actualmente en las pinturas. El equipo de investigación se trasladó a la comunidad shuar denominada Kim, perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe, para realizar la investigación y experimentar con pigmentos naturales de plantas que crecen en este sector, con miras a la obtención de pigmentos naturales para aplicarlos sobre seda, lienzo y otras superficies (UTPL, 2013).

El trabajo de investigación antes mencionado conduce al interés por realizar una nueva investigación pero para determinar el uso de pigmentos en materiales e incursionar de esta forma en el campo de la construcción con la utilización de materiales que sean amigables con el medio ambiente. De aquí que el propósito central de la investigación es el de aplicar al hormigón y mortero pigmentos naturales como un método para disminuir los materiales tóxicos utilizados actualmente para darle color al hormigón y, por otro lado, reducir la agresión al ambiente incorporando materias primas naturales.

Para esto, se han propuesto los siguientes capítulos: **capítulo I** se encuentran los antecedentes históricos, los conceptos relacionados con el tema planteado, pensamientos del color en la arquitectura, la normativa utilizada, y las investigaciones similares; **capítulo II** se inició extrayendo y elaborando el pigmento natural de plantas nativas de la comunidad shuar denominada el Kim, consiguiendo cuatro colores llamativos para seguir la investigación. Posteriormente se elaboró hormigón con pigmento natural tanto de material gris como de material claro y con diferentes dosificaciones; **capítulo III** se elaboró mortero con pigmento natural tanto de material gris como de material claro para determinar la aceptación del color, con diferentes dosificaciones para seleccionar la mejor, mortero con pigmento natural para determinar las probetas con mejor coloración, luego se hizo probetas para someterlas a ensayos de laboratorio y determinar que material posee los mejores resultados y poder dar a conocer la posibilidad de una aplicabilidad.

A las probetas utilizadas para estudios de laboratorio se les fueron cambiando sus componentes y cantidad de agua para poder mejorar los resultados, así se hicieron las siguientes mezclas: mortero con pigmento natural y a/c normal sin adiciones; mortero con pigmento natural y a/c normal con adiciones de acelerante, fluidificante, sílice; mortero con pigmento natural y una menor relación a/c sin adiciones; mortero con pigmento natural y una menor relación a/c con adiciones de Acelerante, fluidificante, fluidificante + sílice, fluidificante + piedra pómez, fluidificante + caolín, fluidificante + microsíllica; **capítulo IV** se hace la aplicación de los morteros con pigmentos naturales que dieron los mejores resultados en paredes de ladrillo y hormigón, y un análisis económico.

PROBLEMÁTICA

Los pigmentos en la construcción se pueden utilizar para colorear productos de cementos, como hormigón, mortero, pavimentos, en asfalto, piedra artificial, fachadas, adoquines y otros productos.

Existen diversas construcciones realizadas con derivados del cemento coloreados en distintas partes del mundo, sin embargo según la Federación de las Industrias de Pinturas, tintas, colas y adhesivos francesa (FIPEC), los pigmentos que aportan propiedades óptimas (...) los más peligrosos contienen metales pesados como el plomo, cadmio, cobalto o cromo y contaminantes que resultan tóxicos incluso en pequeñas dosis (Ladyverd, 2010), perjudicando al medio ambiente y su entorno.

A pesar de que existe variada información de los pigmentos utilizados actualmente en la construcción y de conocer sus perjuicios, existen pocas investigaciones acerca de la utilización de pigmentos naturales en hormigones y morteros.

Por la carencia de información acerca de la utilización de pigmentos naturales, esta investigación de aplicación de pigmentos naturales en hormigones y morteros, tiene la intención de cambiar los materiales tóxicos utilizados actualmente, y reducir la agresión al medio ambiente incorporando materias primas naturales.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación, surge de reflexionar sobre los pigmentos utilizados actualmente para colorear hormigón, los cuales tienen un alto contenido de toxicidad y generan un alto impacto negativo en el ambiente.

“Los pigmentos son microcontaminantes tóxicos incluso a bajas concentraciones. Arrojadados a los desagües o en la tierra, contaminan el agua y la cadena alimentaria. Además, se concentran progresivamente y pueden provocar intoxicaciones crónicas o agudas. Los gases liberados por estos pigmentos durante su combustión son cancerígenos” (Ladyverd, 2010).

La implementación de un material ecológico presenta una propuesta alternativa adecuada, ya que se necesita una arquitectura amigable con el medio ambiente.

Por esta razón, este proyecto se enfoca en dar color al hormigón y mortero (de cemento, agregados y aditivos si es necesario), con la utilización de pigmentos naturales extraídos de plantas, semillas, entre otros, (de la Comunidad Kim - parroquia La Paz - cantón Yacuambi); y tiene la intención de ofrecer una alternativa en el campo de la construcción, que busca contribuir de una manera significativa en la ayuda del cuidado de la naturaleza o pacha mama.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Aplicar pigmento natural en hormigones y morteros para su introducción en la construcción.

Objetivos Específicos:

1. Examinar conocimientos generales del hormigón, mortero, pigmento y analizar casos en los cuales se ha realizado la utilización del color en derivados del cemento.
2. Selección de materiales y fabricación de pigmento natural.
3. Fabricación de hormigón y mortero con pigmento natural.
4. Evaluación de resultados obtenidos teniendo en cuenta normalización utilizada y análisis multicriterio para determinación de aplicabilidad.
5. Propuesta sobre el uso del material pigmentado.

HIPÓTESIS

Aplicando pigmento natural en hormigones y morteros, se puede alcanzar un elemento con resistencias mecánicas adecuadas y a bajo costo.

CAPÍTULO I

1) MARCO TEÓRICO

1.1) Antecedentes históricos

1.1.1) Historia del hormigón y mortero en la arquitectura.

El Instituto del Concreto (IC, 1997) afirma que:

Hay vestigios que indican que la obra de concreto más antigua fue construida alrededor de los años **5600 A.C.** en las riberas del río Danubio en Yugoslavia, (...). Utilizando arcilla o una mezcla de cal y arena para unir las piedras y conformar una estructura simple que le sirviera de protección, (...).

En el año **2650 A.C.** cuando los **Egipcios** construyeron las pirámides de GIZET, en donde los bloques de piedra de esta obra, conformada por las pirámides de Keops (137m), Kefrén (136m) y Micerino (62m), fueron pegados con un mortero hecho de yeso calcinado impuro y arena, (...).

En el año **500 A.C.** los **antiguos griegos** mezclaron compuestos basados en caliza calcinada (cal viva) y agua a la cual se adicionaba arena, para recubrir y unir piedras y ladrillos no cocidos, (...). La adición a estas mezclas, de piedra triturada, tejas rotas o ladrillo, dieron origen al primer concreto de la historia, (...).

Con anterioridad al año **300 A.C.** se han encontrado obras de concreto probablemente la civilización romana. Por los intentos fallidos de reforzar algunas de las estructuras con barras y láminas de bronce, diseñaron sus obras para soportar cargas a compresión, pero resultaron muros excesivamente gruesos y pesados. Para reducir el peso de los muros se optó por aligerar el concreto mediante la inclusión de jarras de barro en su masa, la utilización de agregado de baja densidad de procedencia volcánica y el diseño de arcos.

Con esta técnica de concreto aligerado fueron construidos algunos arcos del coliseo romano, la Basílica de Constantino y también el domo del panteón, el cual es una de las estructuras antiguas más interesantes y fue la de mayor luz (diámetro 50 metros) durante mucho tiempo, (...).

Con la caída del imperio romano declinó el uso del concreto y muchos de los conocimientos desarrollados desaparecieron completamente, (...).

En el año **700 D.C.** en Inglaterra la técnica comenzó a ser recobrada pero muy vagamente, (...).

Durante la **edad media** y el **renacimiento** el concreto fue poco empleado. Posiblemente no se usó en gran escala por la mala calidad debida a una cocción incompleta de la cal, descuido en la mano de obra y carencia de tobas Volcánicas.

Después en el siglo XII, mejoró la calidad y de nuevo se utilizó gracias a una perfecta calcinación de la cal y al uso de algún material similar en propiedades a las tobas volcánicas anteriormente mencionadas, (...).

A **principios de la edad moderna** se presentó una disminución general en la calidad y la crisis llegó al punto, de acabar con la fabricación y el uso del cemento.

Solamente hacia el **siglo XVIII**, en el cual se revivió el auge por la investigación, un ingeniero John Smeaton, (...) volvió a utilizar mortero y rocas en la construcción de un faro cuya cimentación después de más de 200 años sigue desafiando al mar, (...).

Posteriormente el **21 de Octubre de 1824** Joseph Aspdin (Inglaterra), calcinó en un horno una mezcla de tres partes de piedra caliza por una de arcilla, la cual molió y pulverizó y consiguió la patente para producir el primer cemento Portland, (...).

Aspdin se lo conoce como el inventor del cemento Portland, aunque su método de fabricación fue conservado con mucho secreto y su patente, escrita en forma confusa y oscura, solo se empleaba para producir ladrillo, con apariencia de las rocas Portland.

El proceso de producción de cemento fue mejorado por **Isaac Johnson** en **1845** cuando logró con éxito fabricar este producto quemando una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del Clinker, el cual después fue pulverizado obteniendo un compuesto fuertemente cementante. Johnson encontró que la temperatura de calcinación debía elevarse hasta el máximo que pudiera lograrse con métodos de ese tiempo y describió sus experimentos más explícitamente que Aspdin.

Tomando como base los experimentos de Johnson, la fabricación de cemento Portland se inició en varias plantas, no solo en Inglaterra, sino también en toda Europa. La cantidad producida fue muy pequeña

Únicamente hasta el **año 1900** aproximadamente, empezó el crecimiento notable de la industria del cemento, (...). Debido a experimentaciones y a la invención de máquinas (hornos y molinos).

El **desarrollo del concreto** propiamente dicho como material de construcción, empezó hacia **principios del siglo pasado**, poco después de la obtención de la patente del "Cemento Portland" (1824) y posteriormente se afianzó con la invención del concreto armado, (...).

En **1861** el jardinero parisiense Jack Monier fabricó un jarrón de mortero de cemento, reforzado con un enrejado de alambre a quien se le atribuye la invención del concreto armado.

Pero la persona que históricamente se le ha dado el mérito de haber desarrollado el concreto reforzado es al constructor William Wilkinson, de Newcastle, Inglaterra, (...).

En **Latinoamérica**, hay muestras de desarrollo de materiales cementantes y estructuras imponentes como las ciudades construidas por los mayas y los aztecas en

México o las construcciones de Machupicchu en el Perú, entre otras. Obras que resultaron tan importantes como las pirámides de Egipto, e indican el gran desarrollo de la ingeniería y de la tecnología del concreto, en esas civilizaciones precolombinas (p14-19).

1.1.2) Coloración del hormigón.

“La técnica de colorear hormigones se desarrolló después de la Segunda Guerra Mundial inicialmente, se aplicó en prefabricados y hacia los años 80, comenzó a usarse directamente en obra” (Castro, 2005, p.13). Hoy en día el hormigón coloreado es más usado en la construcción debido a sus múltiples ventajas.

En la actualidad, los colores sintéticos son los más utilizados para colorear hormigón es por eso que se busca colores naturales, acordes con las nuevas demandas de cuidado ambiental.

1.2) Pigmento

1.2.1) Definición.

“Un **pigmento**, palabra proveniente del Latín *pigmentum*, es un material que cambia el color de la luz que refleja como resultado de la absorción selectiva del color” (Pigmento, s.f.).

Color, es la sensación que nuestro cerebro interpreta cuando la luz que incide sobre un objeto es reflejada y captada por nuestros ojos, es decir el color es la presencia de la luz.

La **luz** de cualquier fuente luminosa como el Sol, el fuego de una hoguera o la lámpara de nuestra habitación está compuesta por multitud de ondas electromagnéticas, cuando un rayo de luz incide sobre un objeto parte de las ondas son absorbidas y las restantes son reflejadas por el objeto, las cuales son captadas por nuestros ojos que son los responsables de transformar estas ondas en señales con las que nuestro cerebro interpreta y nos aporta la sensación de visualizar y reconocer un determinado color.

Color= Fuente luminosa + Objeto + Receptor (Color - Explicación y definición de color, s.f.).

1.2.2) Clasificación de los pigmentos.

Según su procedencia pueden ser:

- **Inorgánicos:** proceden de minerales, tierras o metales.
- **Orgánicos:** proceden de un ser vivo: animales o vegetales.

Por su origen se dividen en:

Naturales: Se encuentran tal cual en la naturaleza, la materia prima es natural”.

Artificiales o sintéticos: son creados, ya sea para obtener colores que no existen en la naturaleza o porque es más barato y más fácil crearlos que obtenerlos de la naturaleza” (Pigmentos, s.f.).

Los pigmentos sintéticos son aquellos que se obtienen después de determinadas reacciones químicas partiendo de unas materias primas iniciales. Su desarrollo parte de finales del siglo XIX y principio del XX primeramente con más protagonismo en Inglaterra y después en Alemania (G&C Colors, S.A. (2013, julio). Pigmentación de Morteros y Hormigones. Cemento Hormigón. Recuperado de <http://www.gc-colors.es/descargas/docdow.php?id=145>).

1.3) Hormigón

1.3.1) Definición.

El hormigón también denominado concreto puede ser definido como la mezcla de:

- Pasta cementicia: cemento, agua y aire, más
- Agregado fino: arena, más
- Agregado grueso: canto rodado o piedra partida (Perles, 2011).

“Y eventualmente **aditivos**, que al endurecerse forma un sólido compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes **esfuerzos de compresión**” (Instituto del Concreto , 1997, p.11).

1.3.2) Generalidades.

El Hormigón en los últimos tiempos ha tenido un gran crecimiento en el campo de la construcción, debido a la adaptabilidad a varias formas; la capacidad de cambiar la materia sin alterar su composición; puede variar su estado líquido a sólido. El hormigón ahora ya no solo resiste fuerzas de compresión, gracias a su asociación con el acero, juntos pueden absorber esfuerzos de compresión, tracción y flexión, esto ha hecho del hormigón un buen material estructural.

A más de esto cuenta con una ventaja al momento de elegir entre este material y otros que se encuentran en el mercado de la construcción, éste resulta más económico por lo que se opta de mayor manera por este material, al momento de construir (Instituto del Concreto , 1997).

1.4) Mortero

1.4.1) Definición.

El mortero es la mezcla de pasta cementicia y agregado fino (arena) (Perles, 2011).

1.4.2) Clasificación según composición.

De acuerdo con el Instituto del Concreto (1997), el mortero según su composición se clasifica en mortero de cemento portland y mortero de cemento de mampostería.

- Mortero de cemento portland:

Carece de plasticidad, tiene baja retención de agua, es más duro y menos trabajable que el mortero con cemento de mampostería o con cemento portland adicionado con cal. Los morteros de cemento portland poseen una amplia gama de propiedades:

Por un lado, un **mortero de portland y arena**, únicamente tiene una alta resistencia a la compresión y una baja retención de agua. Un muro construido con este mortero tendrá buena resistencia, pero será vulnerable al agrietamiento y la penetración del agua. Por otro lado, un **mortero con cal y arena** tiene baja resistencia a la compresión y alta retención de agua. Un muro realizado con este mortero tendrá menor resistencia especialmente a edades tempranas, pero tendrá mayor resistencia al agrietamiento e impermeabilidad.

Entre estos dos extremos, las diversas combinaciones de cemento y cal proporcionan en equilibrio con una amplia gama de propiedades, una alta resistencia y fraguado inicial del cemento modificados por la excelente trabajabilidad y retención de agua de la cal.

- Mortero de cemento de mampostería.

Es un producto que generalmente contiene cemento portland y agregados finos, tales como caliza y otros materiales en diferentes proporciones, más aditivos tales como plastificantes y agentes incorporadores de aire y agentes repelentes de agua. El cemento que usualmente contiene es tipo 3. Los morteros elaborados con él, poseen en general una excelente trabajabilidad y durabilidad. Estos cementos de mampostería han sido diseñados para que produzcan morteros con propiedades particulares. La norma NTC 3353 titulada <<especificaciones para mortero de mampostería>> ha dejado solamente

los morteros tipo M, S, N y O. Los morteros para mampostería pueden ser especificados de acuerdo con un criterio de proporción o propiedades, pero no por una combinación de ellas.

- Mortero tipo M: es una mezcla de alta resistencia que ofrece mayor durabilidad.
- Mortero tipo S: proporciona la mayor resistencia a la adherencia.
- Mortero tipo N: este mortero de resistencia media es el que mejor combina las propiedades de resistencia, trabajabilidad y economía.
- Mortero tipo O: es de alto contenido de cal y baja resistencia, no endurece en presencia de humedad (p.153-156).

1.5) Hormigón, mortero y su coloración

1.5.1) Características de los componentes del hormigón y mortero.

La siguiente tabla representa esquemáticamente las proporciones por volumen, de cada uno de los constituyentes del concreto:

Tabla 1_CapI: Constituyentes del concreto.

CONSTITUYENTES DEL CONCRETO			
Aire	(1,5%)	Cemento	(10%)
Agua	(15%)	Agregado grueso y fino	(73,5%)

Fuente: (Instituto del Concreto , 1997)

Elaboración: Cuenca G. 2016

1.5.1.1) Aire.

Cuando el concreto se encuentra en proceso de mezclado, es normal que atrape aire dentro de la masa, el cual es posteriormente liberado por los procesos de compactación a que es sometido una vez ha sido colocado. Sin embargo, es imposible extraer todo el aire y siempre queda un porcentaje dentro de la masa endurecida. Por otra parte, en algunas ocasiones se incorporan pequeñísimas burbujas de aire, por medio de aditivos, con fines específicos de durabilidad (Instituto del Concreto , 1997, p.13, párr.7).

1.5.1.2) Agua.

El agua como componente del concreto es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que éstas desarrollen sus propiedades aglutinantes...Al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado, parte del agua permanece en la estructura rígida

de la pasta (agua de hidratación), y el resto es agua evaporable (Instituto del Concreto , 1997, p.13, párr.6).

Es un ingrediente fundamental en la elaboración de concreto y mortero debido a que desempeña una función importante en estado fresco y endurecido. Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia (Instituto del Concreto , 1997, p.59, párr.1).

1.5.1.3) Cemento.

Ecuador actualmente tiene las siguientes empresas cementeras: Cementos Chimborazo, Lafarge Cementos S.A., Holcim Ecuador S.A., Industrias Guapan. Las mismas que cumplen con las normas vigentes en el país (<http://www.ficem.org>).

Y recientemente nació una nueva empresa la UCEM (Unión Cementera Nacional) que es una fusión de Industrias Guapan y Cemento Chimborazo, la cual mantiene las marcas por el tiempo que llevan en el mercado (<http://www.industriasguapan.com.ec/la-empresa>).

1.5.1.3.1) Definición de cemento:

De acuerdo con Alcaraz (2010), el cemento es un conglomerante hidráulico formado por la pulverización del producto resultante de la cocción a 1350°C de una mezcla de materiales calizos y arcillosos [dióxido de silicio ($\text{SiO}_2 = \text{S}$); óxido de aluminio ($\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{A}$) – (2 átomos de aluminio, 3 de oxígeno); óxido férrico ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{F}$); óxido de calcio ($\text{CaO} = \text{C}$)], (esta mezcla recibe el nombre de “clinker”) y la adición ocasional de materiales que faciliten la dosificación de los crudos deseados en cada caso.

- **Clinker**, componente fundamental del cemento, está formado por una mezcla de:

Silicato tricálcico ($3\text{Ca} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_3 \text{S}$ o “alita”): genera alta resistencia inicial del cemento;

Silicato bicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_2 \text{S}$ o “belita”): brinda la resistencia final del cemento;

Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3 \text{A}$ o “celita”): este compuesto posee un fraguado casi instantáneo, para controlar este acelerado proceso se agrega yeso durante la molienda del cemento, presenta resistencia inicial y final baja comparada con los otros compuestos;

Ferritoaluminato tetracálcico ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4 \text{A F}$ o “felita”): es semejante al aluminato tricálcico porque desarrolla baja resistencia, la diferencia es que no posee una reacción de fraguado instantánea;

En esta mezcla de componentes que forma el crudo que va a ser cocido en el horno, deben estar presentes los óxidos de sílice, aluminio, hierro y cal.

La variación del porcentaje de estos cuatro componentes principales y las diferentes adiciones dará lugar a los diferentes tipos de cementos.

1.5.1.3.2) Tipos de cementos:

Tabla 2_CapI: Tipos de cemento.

TIPOS DE CEMENTO	DENOMINACIÓN
CEM I	Cemento portland
CEM II	Cemento portland con adiciones
CEM III	Cemento de horno alto
CEM IV	Cemento puzolánico
CEM V	Cemento compuesto

Fuente: (Alcaraz, 2010)

Elaboración: Cuenca G. 2016

1.5.1.3.3) Hidratación del cemento

Alcaraz (2010) describe que, en los materiales cementicios, durante el proceso de hidratación (reacción con agua= reacciones que en su mayoría son exotérmicas, es decir, las reacciones generan calor), se generan una serie de reacciones químicas que darán lugar con el transcurso del tiempo a la formación de una estructura sólida.

El proceso de hidratación del cemento o proceso de fraguado responde a la siguiente fórmula química:



Y se desarrolla de la siguiente manera:

El clinker constituido por los C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF reacciona con el agua dando una serie de compuestos: C-S-H (silicato cálcico hidratado) o silicatos, C-A-H o aluminatos, Ca(OH)_2 (hidróxido de calcio) o "portlandita" y la "ettringita" producto de la hidratación del aluminato tricálcico.

El proceso de hidratación del cemento se divide en hidratación de silicatos e hidratación de aluminatos.

Hidratación de los silicatos:

La hidratación de los silicatos genera un producto con composición $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ y de forma más simplificada CSH (silicato cálcico hidratado= $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

La estructura de los silicatos cálcicos al hidratarse da origen a la creación de un gel rígido y poroso que recibe el nombre de “tobermorita”.

La “tobermorita” es la responsable de la armazón interna de la pasta de cemento, de la adherencia de esta con los áridos en morteros y hormigones y, en definitiva, de la resistencia mecánica.

El otro producto generado en la hidratación de los silicatos cálcicos es el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que debido a su alta alcalinidad 12.5 pH es el responsable de la protección frente a la corrosión de los aceros.

Por otra parte es responsable de la baja resistencia de la pasta cementicia y por ende del hormigón al ataque de ácidos. Es soluble al agua, puede cristalizar al reaccionar con sulfatos dando productos de carácter expansivo que podrían producir procesos de rotura y expansión y a la posterior formación de ettringita. Además es el constituyente del cemento que primero se descompone a temperaturas altas pudiendo causar el fallo de estructuras. La mayor parte de sus aspectos negativos se pueden controlar con la adición de puzolanas.

Hidratación de los aluminatos:

El aluminato tricálcico, C_3A , reacciona inmediatamente con el agua por lo que al hacer cemento, éste fragua al instante. Para evitarlo se añade yeso (mineral compuesto de sulfato de calcio dihidratado= $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que reacciona con el aluminato produciendo ettringita [es un sulfo aluminato de calcio hidratado= $\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$, contiene 3 moléculas de anhidrita], sustancia que en exceso es dañina para el cemento.

En presencia de iones sulfato, las reacciones de hidratación son reemplazadas por unas más lentas. La ettringita es un producto de hidratación estable, pero solo cuando hay suficiente cantidad de sulfato disponible.

Pero una vez que los silicatos han entrado en la solución la cantidad de aluminatos vuelva a subir, y la concentración de sulfatos disminuye; la ettringita en este punto se volverá inestable y reaccionará con el aluminato tricálcico dando como producto monosulfato ($\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).

Así, el monosulfato es el producto final de la hidratación de los cementos portland.

Aunque los iones de sulfato contribuyen a la disolución del yeso y por ende a su efecto retardante en los aluminatos, el yeso también influye en los silicatos aumentando su velocidad de hidratación. Generalmente la cantidad de yeso que se incorpora al cemento está limitado por las normas.

Nota: aquí se enseña sólo las transformaciones principales en forma general aunque se pueden dar otras dependiendo del tipo de cemento.

1.5.1.4) Agregados.

Los agregados para concreto pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una (resistencia del grano), que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida. Estos materiales pueden ser naturales o artificiales, dependiendo de su origen.

La razón principal para utilizar agregados dentro del concreto, es que éstos actúan como material de relleno, haciendo más económica la mezcla. Los agregados, en combinación con la pasta fraguada, proporcionan parte de la resistencia a la compresión (Instituto del Concreto , 1997, p.14).

1.5.1.4.1) Clasificación de los agregados:

Se han clasificado en agregado grueso y agregado fino, fijando un valor en tamaño de 4,76mm a 0,075mm para el fino o arena y de 4,76mm en adelante para el grueso. Frecuentemente, la fracción de agregado grueso es subdividida dentro de rangos, tales como, 4,76mm a 19mm para la gravilla y de 19mm a 51mm para la grava (Instituto del Concreto , 1997, p.67).

1.5.1.5) Aditivos.

Son aquellos ingredientes del concreto o mortero que se añaden a la mezcla, con el objeto de modificar sus propiedades para que sean más adecuadas a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción (Instituto del Concreto , 1997, p.14).

1.5.1.5.1) Generalidades

Los aditivos son tan viejos como el concreto. Es sabido que durante el Imperio Romano se empezaron a adicionar sustancias, tales como, sangre y leche de animales, a los materiales cementantes, y así mejorar las propiedades y aumentar la durabilidad. Sin embargo, sólo hasta el siglo XX con la industrialización del cemento y del concreto, se ha iniciado el estudio sistemático de los aditivos para las múltiples aplicaciones que hoy en día tiene el concreto (Concreto, Instituto del; Asocreto, 1997, p.97).

1.5.1.5.2) Tipos de aditivos

Tabla 3_Capl: Tipos de aditivos.

TIPO DE ADITIVO	EFEECTO DESEADO
Aditivos convencionales	
Plastificantes	Plastificar o reducir agua entre el 15% y el 12%
Retardantes	Retarda el tiempo de fraguado
Acelerantes	Aceleran el fraguado y el desarrollo de la resistencia a edades tempranas.
Plastificantes retardantes	Plastificar o reducir agua entre el 5% y el 12% y retarda el fraguado
Plastificantes acelerantes	Plastificar o reducir agua entre el 5% y el 12% y acelerar el fraguado
Superplastificantes	Superplastificar o reducir agua entre el 12% y el 30% y retardar el tiempo de fraguado
Inclusores de aire	Aumentar la impermeabilidad y mejorar la trabajabilidad.
Aditivos minerales	
Cementantes	Aumentar propiedades cementantes. Sustituir parcialmente el cemento
Puzolanas	Mejorar la trabajabilidad, la plasticidad, la resistencia a los sulfatos. Reducir la reacción álcali-agregado, la permeabilidad y el calor de hidratación. Sustituir parcialmente el cemento y rellenar.
Inertes	Mejorar la trabajabilidad y rellenar.
Aditivos misceláneos	
Formadores de gas	Provocar expansión antes del fraguado
Impermeabilizantes	Disminuir la permeabilidad
Ayudas de bombeo	Mejorar la capacidad de bombeo
Inhibidores de corrosión	Reducir el avance de la corrosión en ambientes con cloruros
Colorantes	Colorear concreto

Fuente: (Instituto del Concreto , 1997)

Elaboración: Cuenca G. 2016

1.5.1.5.3) Información de las adiciones utilizadas en esta investigación.

Acelerante, sika acelerante cumple con los requisitos de la norma EN 480-1 sobre aditivos aceleradores de fraguado. Se utiliza en dosis entre 0,5% y 3% del peso del cemento, normalmente 1,5% (Sika®, 2015).

Fluidificante (reductor de agua), es un aditivo líquido fluidificante, reductor de agua y economizador de cemento. Cumple norma ASTM C 494 tipo A. Como **reductor de agua**, adicionándolo disuelto en el agua de mezcla permite reducir hasta un 10% del agua.

Dosificación como reductor de agua: del 1% al 1,4% del peso del cemento (Sika®, 2015).

Sílice (cuarzo), óxido de silicio que se presenta en cristales hexagonales o en masas cristalinas o compactas, con diversos colores y grados de transparencia; es uno de los constituyentes de granito y otras rocas (cuarzo o cristal de Roca, 2015. *Puebla revista*. Recuperado desde: <http://pueblarevista.blogspot.com/2015/07/de-la-biblia-de-las-piedras-cuarzo-o.html>).

Piedra pómez, polvo fino y fácil disolución de color gris. No es tóxico, ni combustible. (Piedra pomez polvo, 2014).

Caolín, polvo de alta finura y fácil disolución de color crema. No es tóxico, ni combustible (KAOLINK S.A.S., 2011. Recuperado de http://kaolink.com.co/Docs/KOIBA205_FINO.pdf).

Microsílica, polvo color gris oscuro. Dosificación: se dosifica entre el 2 y el 10% del peso del cemento de la mezcla de acuerdo con los resultados deseados. Debido a que la Microsílica es una adición en polvo, muy fina, por su gran superficie específica se genera una mayor demanda de agua, para igual consistencia de la mezcla; por lo tanto debe acompañarse con la dosis adecuada de fluidificante, evitando así elevar la relación agua/cemento (Sika®, 2015).

Nota: se realizó la pulverización del sílice (cuarzo), piedra pómez y el caolín en el *laboratorio de materiales del departamento de geología y minas e ingeniería civil UTPL.*; y la calcinación del caolín en el *laboratorio de química UTPL.*

1.5.2) Características de los procesos en la elaboración del hormigón y mortero.

1.5.2.1) Relación agua – cemento.

La importancia de la relación agua / cemento fue descubierta hace 60 años por Duff A. Abrams especialista de EE.UU. Después de haber estudiado un gran número de hormigones de diferentes composiciones, anunció la ley que expresa que la resistencia depende sólo de la relación agua / cemento del hormigón fresco.

Si las exigencias de resistencia a la compresión del hormigón son altas, se requerirá una baja razón agua / cemento, lo que sumado a una dosis baja de agua, generarían un hormigón con baja o ninguna trabajabilidad, propiedad que es muchas veces, tan importante como la resistencia, particularmente en estructuras de hormigón armado; por el contrario si se requiere un hormigón con menor resistencia se aumenta la proporción de agua, ya que a mayor proporción de agua menor resistencia. Pero al aumentar el agua en el hormigón, la apariencia en la superficie puede presentar irregularidades o poros que le dan un color pálido a la superficie, lo que disminuye la resistencia del hormigón y aumenta la formación de eflorescencias (*Mimeógrafo*, (s.d.). Recuperado de http://www.academia.edu/6160856/Mime%C3%B3grafo_No_148).

La norma ASTM establece una relación agua/cemento de 0,485, y es en este punto que se puede dar a conocer una de las mayores diferencias con relación a la norma ISO, que en cambio establece una relación agua/cemento igual a 0,5 para todo tipo de cemento.

1.5.2.2) Curado.

El curado se lo realizó durante 7 días basándose en la figura 1 del capítulo II que se encuentra en la parte posterior que contiene los tiempos de curado mínimo recomendables de acuerdo a la temperatura y a la humedad relativa (S.A. 1 - Sika , Colombia, 2012).

Y se utilizó los datos locales: el clima de la ciudad de Loja es templado-ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16°C; la humedad relativa media del aire de la ciudad de Loja es de 75% (Loja. Municipio de Loja).

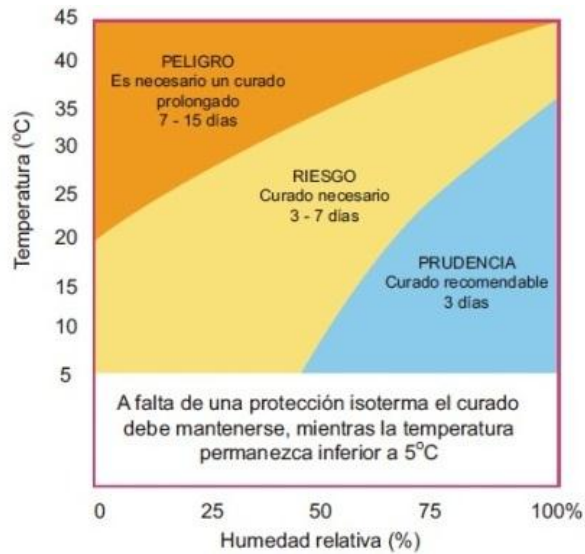


Fig.1_CapII: Relación humedad relativa/temperatura
Fuente: (S.A. 1 - Sika , Colombia, 2012)

1.5.2.3) *Fraguado.*

Se denomina fraguado al proceso químico por el cual el cemento adquiere dureza pétreo (proceso irreversible). El fraguado se produce en dos etapas:

Fraguado: proceso que dura de minutos a un máximo de 12 horas, en que la masa plástica adquiere rigidez.

“Típicamente, el fraguado inicial ocurre entre dos y cuatro horas después del hormigonado, y nos define el límite de manejo, o sea el tiempo por el cual el hormigón fresco ya no puede ser mezclado adecuadamente, colocado y compactado” (Gabalec, M. (2008). Tiempo de fraguado del hormigón. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.)

Endurecimiento: proceso en que la masa rígida aumenta su dureza y resistencia mecánica que demanda de 28 días a varios años (Cemento Pórtland, 2010).

1.5.2.4) *Dosificación.*

1.5.2.4.1) *Dosificación del hormigón.*

Los hormigones utilizados en esta investigación, han sido dosificados de acuerdo con el “Método práctico” basándose en las tablas de dosificación por volumen de mezcla. De las cuales fueron utilizadas las siguientes dosificaciones: 1:2:2 y la 1:2:3 con cada color de material y de pigmento.

En estas referencias podemos decir que una relación 1:2:2, es una comparación en base al volumen del cemento y dice que por una cantidad de cemento, se toman 2 cantidades de arena y 2 cantidades de grava (Arias, 2009).

1.5.2.4.2) Dosificación del mortero

Los morteros utilizados en esta investigación, han sido dosificados de acuerdo con el “método práctico” basándose en las tablas de dosificación por volumen de mezcla. De las cuales fueron utilizadas las siguientes dosificaciones: 1:1 y la 1:2 con cada color de pigmento.

En estas referencias podemos decir que una relación 1:1, es una comparación en base al volumen del cemento y dice que por una cantidad de cemento, se toma una cantidad de arena.

Han sido utilizadas estas dosificaciones porque tienen una buena acogida en la construcción.

1.5.2.4.3) Dosificación del pigmento.

El pigmento se agrega en un porcentaje del peso del cemento. Según la norma DIN 53 237 “pigments for colouring cement-based and lime-based building materials” esta dosificación debe ser menor o igual al 5% en estructuras no reforzadas (sin acero) y de 0,5% en estructuras reforzadas (con acero) en base al peso seco del cemento.

Pero en este estudio al tener un pigmento líquido (unión de agua y pigmento) se procedió a determinar la cantidad de pigmento en polvo.

Determinación de la cantidad de pigmento en polvo: para esto se realizó la pulverización o deshidratación del pigmento líquido (unión de agua y pigmento), proceso en el cual el agua que contiene el pigmento es evaporada (ver proceso más detallado en anexo 1).

1.5.3) Hormigón y mortero con coloración.

El mortero coloreado se utiliza con fines decorativos, bien sea cuando se utiliza como pega o como pañete. Se puede agregar color al mortero utilizado agregados seleccionados y pigmentos inorgánicos. Estos últimos deben ser compuestos de óxidos minerales y no deberán exceder del 10% de la masa del cemento portland, limitando el carbón negro a un 2% para evitar una reducción en la resistencia. Los pigmentos deben escogerse cuidadosamente y utilizarse en cantidades pequeñas que produzcan el color deseado.

Para minimizar las variaciones de una batchada a otra es recomendable utilizar materiales cementantes a los cuales se les ha añadido el colorante en la fábrica o utilizar compuestos colorantes del mismo lote para cada batchada de mortero. Así mismo, se recomienda mezclar la mayor cantidad de mortero que sea posible utilizar sin necesidad de refrescar, puesto que al adicionar agua se puede variar el color.

Los procedimientos de mezclado deben permanecer constantes para lograr la consistencia en el color (Instituto del Concreto , 1997, p.173, párr.2).

¿Pueden agregarse colorantes al hormigón?

Según Perles (2011), siempre que cumplan con las siguientes condiciones:

1. Tener gran poder colorante (sintético), pues no puede añadirse más de un 10% del peso del cemento. Por ello es que se aconseja utilizar cemento blanco para obtener coloraciones puras.
2. No descomponerse bajo la acción de la cal que se libera durante el fraguado del cemento.
3. Ser estables y no alterarse con la intemperie.

Todas estas condiciones las cumplen perfectamente muchos óxidos metálicos naturales o artificiales, pigmentos sintéticos y tierras coloreadas (p.43, párr3).

Siempre que cumplan con las siguientes condiciones:

1.5.4) Color en la obra arquitectónica.

En este trabajo de investigación se busca también que el material obtenido pueda ser parte de la arquitectura. Y esto se consigue ya que se está utilizando pigmentos colorantes en hormigones y morteros, se está trabajando con color y el color es parte de la arquitectura.

Además al estar haciendo un material que será aplicado en una obra arquitectónica estamos contribuyendo con la arquitectura.

Una vez que este material se hace parte de la arquitectura se estudia “el color en la arquitectura de las vanguardias” (Lluch, 2010), se ha escogido este estudio por que las vanguardias artísticas suponen el punto de partida en el desarrollo de una nueva manera de concebir la coloración en la arquitectura (como en si el trabajo trata de el pigmento natural en hormigones y morteros este estudio del color en la arquitectura se lo hace de manera superficial y solo ser lo menciona y se continua con el estudio de coloración de hormigón y mortero).

1.6) Normalización utilizada

La normalización utilizada en este trabajo experimental fue:

- Norma NTE INEN.
- Norma DIN.
- Norma AENOR.

- a)** La norma vigente ecuatoriana que es la NTE INEN equivalente a la ASTM (norma norteamericana). Las mismas que cuentan con certificaciones internacionales: ISO; OHSAS, entre otras.

Cemento portland blanco tipo II, el cual cumple con la norma NTE INEN 152.

Cemento portland gris tipo II, el cual cumple con la norma NTE INEN 152.

Agua potable, según lo estipula la norma NTE INEN 1108.

Agregados utilizados cumplen la norma NTE INEN 872.

NTE INEN 1 855-2: elaboración de hormigón.

Norma NTE INEN 0488:09 Art. 6.5: utilizada para preparar los moldes.

Norma NTE INEN 0488:09 Art. 6.2.6: compactación de mezcla.

Norma NTE INEN 0488:09 Art. 6.2.7: utilización de la espátula.

Norma NTE INEN 1855-2:02 Art. 3.1.10: la resistencia usualmente es medida a los 28 días.

Norma ASTM: relación agua/cemento.

- b)** Una norma DIN, que define el uso de pigmento.

Se elaboró el hormigón y el mortero con pigmento natural en base a la norma DIN 52 237 "Testing of pigments; pigments for colouration of building materials based on cement or lime" ("las pruebas de pigmentos; pigmentos para la coloración de materiales de construcción a base de cemento o cal"), norma alemana.

Esta norma establece que el porcentaje de pigmento puede ser hasta de un 5% en estructuras no reforzadas (sin acero) y hasta un 0,5% en estructuras reforzadas (con acero).

c) La norma AENOR, que define algunas pruebas de laboratorio.

“Norma UNE-EN 998-1”. Norma que hace referencia a las especificaciones de los morteros para albañilería.

Resistencia a compresión (EN 1015-11).

- Rangos de Resistencia a compresión a 28 días (N/mm²)

De 0,4 a 2,5	CSI
De 1,5 A 5,0	CSII
De 3,5 A 7,5	CSIII
≥ 6	CSIV

- Rangos de absorción de agua por capilaridad, porosidad (EN 1015-18).

- o Morteros Coeficiente de capilaridad c (kg/m².min 0,5)- Categoría

C ≤ 0,4 W1	C ≤ 0,2 W2	Valor no especificado W0
------------	------------	--------------------------

- o Morteros Porosidad:

Buena calidad compacto <20%	Buenos pero porosos 20-25%	Baja calidad muy porosos >25%
--------------------------------	-------------------------------	----------------------------------

d) Aplicación de Mortero según CTE “Código Técnico de la Edificación”.

Los morteros de clase CS I y CS II, se destinan a uso interior. Son morteros menos cohesionados, no adecuados para soportar cambios ambientales bruscos o extremos. Y tienen una resistencia no necesaria a la filtración.

Los morteros de clase III y clase IV, son aptos para el uso exterior. Su dosificación rica en conglomerante facilita una masa mejor cohesionada y mayor respuesta a cambios ambientales.

1.7) Investigaciones similares.

Se ha estudiado múltiples experiencias que se ha tenido con el hormigón coloreado, pero mencionaré algunas con más relación al tema que se ha planteado.

Un caso cercano se lo encontró en la Universidad de Cuenca en la cual se realizó la aplicación del hormigón estampado como elemento expresivo en la arquitectura, además de casos en los cuales solo se pinta la superficie del hormigón con ciertos colorantes sintéticos.

Otro caso sería el que se encontró en un trabajo de la Universidad Austral de Chile en la facultad de Ciencias de la Ingeniería que trató sobre “Hormigón con pigmentos de Color”; se utilizó colores de origen mineral y se los aplicó en el hormigón. Además se realizó ensayos de resistencia de hormigón con pigmento y sin pigmento dando como resultado que la pérdida de resistencia se daba si se colocaba demasiado pigmento; con la medida adecuada, la resistencia del hormigón no variaba. Luego se realizó la aplicación del uso del hormigón con pigmentos, posteriormente se hizo un análisis de costos con un muro hecho con hormigón coloreado y uno sin color esto dio como resultado que su costo dependía de la cantidad y tipo de color usado. Como resultados dio que el color dependía del tipo de materia prima utilizada, a más de esto se produjo una mayor rapidez en la obra, por la eliminación de terminación.

En la Universidad Nacional de Colombia el grupo del centro de materiales de construcción investigó algo que se relaciona con lo que se está elaborando. Este grupo estudio la durabilidad del cemento portland blanco adicionado con pigmento azul ultramar, y encontraron que en una reducción de hasta el 700% del agua absorbida en morteros con AU, aumentaba la resistencia a la compresión que es lo que nos interesa y esto debido reacciones químicas favorables como lo es la formación de etringita primaria y tobermorita, la cual se observó mediante microscopía electrónica de barrido.

Y para terminar con los ejemplos me referiré a un proyecto que trata sobre la “Organic pigment dispersion for coloring building materials (dispersión de pigmentos orgánicos para materiales de construcción para colorear)” realizado por Charles W. Perry, Donald C. Dulaney, James Moore; este proyecto nació de la necesidad de poder utilizar pigmentos orgánicos que no se afecten fácilmente al colocarlos con otros compuestos; pigmentos que sean más resistentes a los álcalis. Este invento consiste en proporcionar dispersiones de pigmentos orgánicos acuosos para la coloración de hormigón, la dispersión de la invención es una combinación de pigmento orgánico, sílice y agua.

CAPÍTULO II

2) PIGMENTO NATURAL Y HORMIGÓN

2.1) Objetivo de capítulo II

El objetivo de este capítulo primero es conocer más sobre los pigmentos a utilizar, para luego extraerlos y aplicarlos en hormigón.

2.2) Elaboración de pigmento natural

2.2.1) Análisis del entorno en donde se realizó el estudio de los pigmentos naturales.

El estudio se realizó, en la comunidad el Kim que se localiza al sur del Ecuador:





Tabla 1_CapII: Descripción de la comunidad el Kim.

UBICACIÓN:	LÍMITES:	MAPA:	
Provincia: Zamora Chinchipe Cantón: Yacuambi Parroquia: La Paz	Norte: Río Kiim Sur: Barrio San Antonio Este: Barrio Muchime (cruzando río Yacuambi) Oeste: Cordillera Tunants	 <p>Fig. 1_CapII: Mapa - Yacuambi Fuente: http://www.viajandox.com/</p>	
GENERALIDADES:			
Grupos étnicos: shuar Idioma: shuar-chicham (perteneciente a las lenguas jívaras o jivaronas también conocidas como jíbaras o shíwaras) y español. Actividad económica: son habitantes dedicados a la agricultura. Estructura de poder: están administrados por un gobierno de régimen parroquial.	Actores sociales: están representados en cooperativas, iglesias, catequistas y organismos asociados y federados de la parroquia rural. Acceso: terrestre. Estado de vía: regular. Infraestructura de vivienda y servicios básicos: viviendas construidas con techos de zinc, teja, paja y paredes de ladrillo, adobe, madera. La comunidad consta luz eléctrica, alcantarillado, agua potable.		
FOTOS:			
			

Seguidamente se procede a un estudio técnico de las plantas utilizadas en la aplicación de pigmentos naturales en hormigones y morteros.

2.2.2) Estudio técnico.







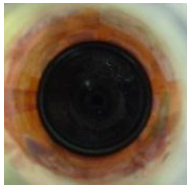

Tabla 2 CapII: Estudio técnico de los pigmentos naturales.

NOMBRE COMÚN:			
“Cumbiá”	“Achotillo”	“Yamakay”	“Achiote”
NOMBRE CIENTÍFICO:			
Renalmia alpinia	Vismia confertiflora	Picramnia sellowii	Bixa orellana
DESCRIPCIÓN:			
Es típica de bosques tropicales húmedos de tierras bajas y es utilizada tradicionalmente para la extracción de tinte a partir de los frutos carnosos.	Es un árbol pequeño se lo puede encontrar en el bosque subtropical húmedo; produce pigmento; este pigmento se encuentra en el fruto, hojas, corteza, y en ramas.	Es un árbol nativo de los Andes y Amazonia; produce pigmento; este pigmento se encuentra en el fruto, hojas, y en ramas.	Este arbusto es nativo de Centro y Sur América y produce cantidades considerables de pigmento; este pigmento se acumula principalmente en la cubierta de la semilla.
COMPOSICIÓN QUÍMICA:			
Esta planta, cuya composición química involucra carotenoides, monoterpenos, diterpenos y sesquiterpenos. (Macía, 2003)	Antraquinonas y otras quinonas, terpenos y constituyentes volátiles han sido informados como los compuestos mayoritarios aislados de las diferentes especies de vismia. (Janne Rojas, 2012)	Las hojas de picramnia sellowii (Planch) presentan; flavonoides, antocianinas, taninos, clorofilas, antraquinonas, compuestos cromofóricos y glucósidos y cardiotónicos. (Adriana Suan, 2014)	Los principales componentes del achiote son: resina, orellina (materia colorante amarilla), bixina (materia colorante roja), aceite volátil y aceite graso. (Pineda & Saldarriaga, 2002)
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PRODUCTO:			
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS: de planta			
Es una hierba rizomatosa aromática de 2-6m de altura. Sus hojas son elípticas.	Árbol que puede llegar a medir hasta 20 m de altura, las hojas opuestas y margen completo.	Árbol de 6,50 m de altura, con hojas compuestas, alternas, fruto rojo.	Es un arbusto perenne, de 2-4m hasta 6m de altura. Hojas simples grandes, con base redondeada, verdosas claras.
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:			
De frutos	De frutos	De hojas	De semilla
Color: rojizo a negrozcomorado cuando están maduros. Olor: alcanforado. Textura: natural-suave.	Color: amarillo en la parte interna. Olor: característico. Textura: natural-suave.	Color: el haz tiene un color verde oscuro, y el envés un verde algo más claro. Olor: característico. Textura: natural	Color: rojo característico. Olor: característico. Textura: natural - dura y lisa.
FOTOGRAFÍAS:			
			

2.2.3) Elaboración de pigmentos naturales y resultados.

2.2.3.1) Pigmento natural: “cumbiá”.

Tabla 3_CapII: Pigmento natural: “cumbiá”.

SIMBOLOGÍA:		“C”		
ACTIVIDAD:		Extracción de pigmento natural a base de cumbiá (renealmia alpinia).		
CONDICIONES CLIMÁTICAS:		Temperatura ambiente fluctúa entre 16o C (60o F) y 21° C (70° F).		
MATERIAL Y HERRAMIENTA OCUPADA				
MATERIAL OCUPADO	CANTIDAD		HERRAMIENTA OCUPADA	CANTIDAD
	Materia prima	Pigmento		
Corteza de fruto de cumbiá.	1000 g	830 ml	Extractor de jugos Tamiz Recipiente	1 ud. 1 ud. 1 ud.
DESARROLLO DE MUESTRA “C”				
<ol style="list-style-type: none"> Recolección: la recolección se la realiza de forma manual en el campo, se recoge solo el fruto de color más oscuro del cumbiá. Selección y limpieza de materia prima: se procede a una cuidadosa selección y limpieza de la corteza del fruto del cumbiá. Preparación: introducir la corteza del cumbiá en un extractor de jugos. Posteriormente se pasa este zumo por un tamiz fino hasta que quede muy fluido y sin residuos orgánicos sólidos. Resultado final: obtenemos un pigmento natural de color violeta oscuro, que finalmente se lo coloca en un recipiente limpio para su posterior uso. 				
FOTOS: DESARROLLO DE MUESTRA “C”				
Recolección	Selección y limpieza	Preparación	Resultado final	
 	 	 		
INFORMACIÓN BÁSICA DEL COLOR:				
	<p># Descripción del color 542c6a: violeta oscuro. En un espacio de color RGB, hexadecimal # 542c6a se compone de 32,9% de rojo, verde y 17.3% 41.6% azul. Mientras que en un espacio de color CMYK, que se compone de 20,8% de cian, magenta 58.5%, 0% de amarillo y 58,4% de negro. (ColorHexa, 2012-2016)</p>			
OBSERVACIONES: se lo debe pasar por un tamiz al zumo bastantes veces hasta que se note que no queda nada en el tamiz.				

2.2.3.2) Pigmento natural: “achotillo”.

Tabla 4_CapII: Pigmento natural: “achotillo”.

SIMBOLOGÍA:	“A”			
ACTIVIDAD:	Extracción de pigmento natural a base de achotillo (vismia confertiflora).			
CONDICIONES CLIMÁTICAS:	Temperatura ambiente fluctúa entre 16° C (60° F) y 21° C (70° F).			
MATERIAL Y HERRAMIENTA OCUPADA				
MATERIAL OCUPADO	CANTIDAD		HERRAMIENTA OCUPADA	CANTIDAD
	Materia prima	Pigmento		
Fruto, hojas, ramas y corteza del achotillo.	1000 g	500 ml	Olla	1 ud.
Agua	1000 g		Tamiz	1 ud.
			Recipiente	1 ud.
DESARROLLO DE MUESTRA “A”				
<ol style="list-style-type: none"> Recolección: la recolección se la realiza de forma manual en el campo, se recoge el fruto, hojas, ramas y cortezas. Selección y limpieza de materia prima: se procede a una cuidadosa selección y limpieza de materia prima. Preparación: se coloca 1lt. de agua en una olla, se pone a hervir, cuando este hirviendo el agua se coloca 1000g de materia prima. Una vez consumida la mitad de agua se saca el recipiente del fuego y se lo coloca a temperatura ambiente. Y una vez frío se pasa esta mezcla por un tamiz fino para que quede muy fluido y sin residuos orgánicos sólidos. Resultado final: obtenemos un pigmento natural de color naranja oscuro, que finalmente se lo coloca en un recipiente limpio para su posterior uso. 				
FOTOS: DESARROLLO DE MUESTRA “A”				
Recolección	Selección y limpieza	Preparación	Resultado final	
				
INFORMACIÓN BÁSICA DEL COLOR:				
 <p># Color c48700 descripción: fuerte naranja. En un espacio de color RGB, hexadecimal # c48700 se compone de 76,9% de rojo, verde y 52,9% 0% azul. Mientras que en un espacio de color CMYK, que se compone de 0% de cian, magenta 31,1%, 100% amarillo y 23,1% de negro. (ColorHexa, 2012-2016)</p>				
OBSERVACIONES: se debe pasar por un tamiz la mezcla de agua con pigmento bastantes veces hasta que se note que no queda nada en el tamiz.				





2.2.3.3) Pigmento natural: “yamakay”.

Tabla 5_CapII: Pigmento natural: “yamakay”.

SIMBOLOGÍA:	“Y”			
ACTIVIDAD:	Extracción de pigmento natural a base de yamakay (picramnia sellowii)			
CONDICIONES CLIMÁTICAS:	Temperatura ambiente fluctúa entre 16° C (60° F) y 21° C (70° F).			
MATERIAL Y HERRAMIENTA OCUPADA				
MATERIAL OCUPADO	CANTIDAD		HERRAMIENTA OCUPADA	CANTIDAD
	Materia prima	Pigmento		
Hojas y ramas del yamakay	1000 g	500 ml	Olla	1 ud.
Agua	1000 g		Tamiz	1 ud.
			Recipiente	1 ud.
DESARROLLO DE MUESTRA “Y”				
<ol style="list-style-type: none"> Recolección: la recolección se la realiza de forma manual en el campo, se recoge hojas y ramas. Selección y limpieza de materia prima: se procede a una cuidadosa selección y limpieza de materia prima. Preparación: se coloca 1lt. agua en una olla, se pone a hervir, cuando este hirviendo el agua se coloca 1000g de materia prima. Una vez consumida la mitad de agua se saca el recipiente del fuego y se lo coloca a temperatura ambiente. Y una vez frío se pasa esta mezcla por un tamiz fino para que quede muy fluido y sin residuos orgánicos sólidos. Resultado final: obtenemos un pigmento natural de color rojo oscuro, que finalmente se lo coloca en un recipiente limpio para su posterior uso. 				
FOTOS: DESARROLLO DE MUESTRA “Y”				
Recolección	Selección y limpieza	Preparación	Resultado final	
				
INFORMACIÓN BÁSICA DEL COLOR:				
	<p># Descripción del color 6d282b: rojo muy oscuro.</p> <p>En un espacio de color RGB, hexadecimal # 6d282b se compone de 42,7% de rojo, verde y 15.7% 16.9% azul. Mientras que en un espacio de color CMYK, se compone de 0% cian, magenta 63,3%, 60,6% y 57,3% de color amarillo negro. (ColorHexa, 2012-2016)</p>			
OBSERVACIONES:				
<ul style="list-style-type: none"> - Se puede colocar también el fruto si se lo encuentra en la planta. - Se debe pasar por un tamiz la mezcla de agua con pigmento bastantes veces hasta que se note que no queda nada en el tamiz. 				





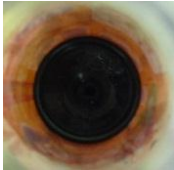


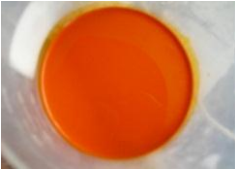

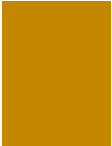


2.2.3.4) Pigmento natural: “achiote”.

Tabla 6_CapII: Pigmento natural: “achiote”.

SIMBOLOGÍA:	“E”			
ACTIVIDAD:	Extracción de pigmento natural a base de achiote (bixa orellana).			
CONDICIONES CLIMÁTICAS:	Temperatura ambiente fluctúa entre 16° C (60° F) y 21° C (70° F).			
MATERIAL Y HERRAMIENTA OCUPADA				
MATERIAL OCUPADO	CANTIDAD		HERRAMIENTA OCUPADA	CANTIDAD
	Materia prima	Pigmento		
Fruto del achiote	1000 g	500 ml	Tamiz	1 ud.
Agua	1000 g		Recipiente	1 ud.
DESARROLLO DE MUESTRA “E”				
<ol style="list-style-type: none"> Recolección: la recolección se la realiza de forma manual en el campo, se recoge el fruto. Selección y limpieza de materia prima: se procede a una cuidadosa selección y limpieza de materia prima. Preparación: sacamos la parte interna del fruto y colocamos 1000g de este en un recipiente. Luego se coloca 1lt. de agua en el recipiente que contiene la materia prima. Posteriormente se deja reposar como mínimo una media hora y se procede a filtrar. Finalmente se pasa esta mezcla de agua con pigmento por un tamiz fino hasta que quede muy fluido y sin residuos orgánicos sólidos. Resultado final: obtenemos un pigmento natural de color naranja puro, que finalmente se lo coloca en un recipiente limpio para su posterior uso. 				
FOTOS: DESARROLLO DE MUESTRA “E”				
Recolección	Selección y limpieza	Preparación	Resultado final	
				
INFORMACIÓN BÁSICA DEL COLOR:				
	<p># Descripción del color e14700: puro (o mayormente puro) de naranja.</p> <p>En un espacio de color RGB, hexadecimal # e14700 se compone de 88,2% de rojo, verde y 27.8% 0% azul. Mientras que en un espacio de color CMYK, que se compone de 0% de cian, magenta 68,4%, 100% amarillo y 11,8% de negro. (ColorHexa, 2012-2016)</p>			
OBSERVACIONES:				
<ul style="list-style-type: none"> - Se debe tener cuidado al manipular la materia prima ya que el color es fuerte. - Se debe pasar por un tamiz la mezcla de agua con pigmento bastantes veces hasta que se note que no queda nada en el tamiz. 				

2.2.3.5) Resultados generales de pigmentos naturales.

Tabla 7_CapII: Resultados generales de pigmentos naturales.

“Cumbiá”	“Achotillo”	“Yamakay”	“Achiote”
Renalmia alpinia	Vismia confertiflora	Picramnia sellowii	Bixa orellana
			
			
			
#Descripción del color 542c6a: violeta oscuro	#Descripción del color c48700: fuerte naranja	# Descripción del color 6d282b: rojo muy oscuro	# Descripción del color e14700: puro (o mayormente puro) de naranja.
<ul style="list-style-type: none"> - El pigmento fue extraído de la comunidad del Kiim - parroquia La Paz - cantón Yacuambi. - Las cuatro plantas dieron colores adecuados para su aplicación en hormigones y morteros. - Se obtuvo un color violeta oscuro, naranja, rojo muy oscuro, naranja puro. 			

2.3) Elaboración de hormigón con pigmento natural

El objetivo del diseño experimental de “hormigón con pigmento natural” es desarrollar prácticas de laboratorio, para inicialmente verificar si el hormigón con materiales de color gris adquiere color al colocarle pigmentos naturales; luego utilizar materiales más claros y si pasan estas pruebas de coloración se podría proceder a realizar otros ensayos.

Las variables independientes en este estudio serán la clase de cemento, el tipo de pigmento y el porcentaje de adición de este último.

2.3.1) Plan experimental en la elaboración de hormigón.

El plan experimental consiste en 5 etapas: (1) realizar un hormigón que usaremos como patrón, es decir es un hormigón sin pigmento, realizado a modo de comparación con el hormigón coloreado y así determinar las diferencias; (2) identificar los materiales que aceptan el color; (3) determinar qué dosificación acepta mejor el color, para lo cual se realizarán dosificaciones basadas en el “método práctico”, este procedimiento se lo practica desde muchos años atrás, (con las nuevas tecnologías y con mayores exigencias en las obras, se ejecutan nuevas formas para diseños de mezclas de hormigón; se analiza la cantidad de los materiales y se realizan pruebas de laboratorio para llegar a las dosificaciones ideales para diseños de mezclas requeridos para una obra determinada en un lugar determinado); (4) verificación de las muestras con mejores resultados; (5) determinar hasta dónde se puede llegar con los ensayos, basándose en los resultados obtenidos.

2.3.2) Materiales.

A continuación se hace una síntesis de los materiales a utilizar y el estudio de los mismos se lo realiza en el capítulo I en el apartado (ensayo de materiales para la elaboración de hormigón y mortero con pigmento natural).

- Cemento portland blanco tipo II
- Cemento portland gris tipo II
- Arena sílica
- Arena gris
- Agregado grueso (grava triturada)
- Agua
- Pigmento natural

2.3.3) Ensayo de los materiales en la elaboración de hormigón.

Se elaboró un hormigón con pigmento natural en base a la norma NTE INEN 1 855-2 referente a hormigón preparado en obra, de Ecuador; y a la norma DIN 52 237 "Testing of pigments; pigments for colouration of building materials based on cement or lime" ("Las pruebas de pigmentos; pigmentos para la coloración de materiales de construcción a base de cemento o cal"), norma Alemana

2.3.3.1) Cemento.

En este trabajo se utilizó un cemento portland tipo II, el cual cumple con la norma NTE INEN 152 por lo siguiente:

Una de las formas de protección contra los sulfatos es reducir el contenido de alúmina mediante la limitación de la C_3A (aluminato tricálcico) en el cemento portland. Y este cemento tiene una moderada resistencia a los sulfatos ya que contiene C_3A (aluminato tricálcico) entre un 5 -8%, constituyéndose en un material adecuado.

- Cemento Blanco

Se utilizó en la elaboración de hormigón coloreado un Cemento Portland Blanco Tipo II, el cual cumple con la norma NTE INEN 152.

- Cemento gris

Se utilizó en este proyecto un Cemento portland gris Tipo II, que cumple con la norma vigente ecuatoriana NTE INEN 152.

2.3.3.2) Agregados.

Los agregados utilizados cumplen con la norma vigente ecuatoriana NTE INEN 872.

- Agregado fino

Arena Sílica, La arena sílica utilizada en este trabajo fue traída del barrio: Namírez, provincia: Zamora Chinchipe, cantón: Zamora, parroquia: San Carlos de las Minas (ver estudio técnico de granulometría de partículas, en anexo 3).

Arena gris, La arena gris utilizada en la elaboración de las muestras fue traída del cantón Catamayo que se encuentra ubicado en la provincia de Loja.

- Agregado Grueso

La grava triturada utilizada en la elaboración de las muestras fue traída del cantón Catamayo que se encuentra ubicado en la provincia de Loja.

2.3.3.3) Agua.

Para este estudio se utilizó agua potable, según lo estipula la norma NTE INEN 1108, que se puede utilizar sin verificar su calidad.

El agua para ser aceptada en la fabricación de un hormigón de calidad, debe ser potable o que se pueda beber.

2.3.3.4) Pigmento Natural.

El estudio consideró la utilización de cuatro pigmentos líquidos, extraídos de la comunidad del kiim - parroquia La Paz - cantón Yacuambi. Se puede ver en anexos 2 en la tabla nº 5 la simbología utilizada para cada pigmento.

2.3.4) Ensayo de procesos en la elaboración de hormigón.

2.3.4.1) Relación agua –cemento.

Relación agua/cemento de 0,485 fundamentándose en la metodología ASTM.

2.3.4.2) Curado.

El curado se realizó durante 7 días, mediante el empleo de un rociador de agua.

2.3.4.3) Dosificación del hormigón.

Se utilizaron las dosificaciones: 1:2:2 y la 1:2:3 (ver simbología en anexo2).

2.3.4.4) Dosificación del pigmento.

Para los estudios en los que se necesita la cantidad de pigmento se tomará en cuenta el porcentaje del pigmento en polvo (ver información de porcentaje de pigmento en anexo1 y simbología en anexo2).

2.3.5) Herramientas y equipos.

Tabla 8_CapII: Herramientas y equipos para la fabricación de hormigón con pigmento natural.

HERRAMIENTA	CANTIDAD	HERRAMIENTA	CANTIDAD		
a) Moldes de 20x10x4 cm de madera	-	b) Pisón manual	1 ud.		
c) Llana	1 ud.	d) Espátula	1 ud.		
e) Vaso de precipitado	1 ud.	f) Franela	1 ud.		
g) Guantes	2 ud.	h) Lentes de seguridad	1 ud.		
i) Mascarilla de seguridad	1 ud.	j) Recipiente	1 ud.		
k) Desengrasante (vaselina líquida)	1 ud.	EQUIPOS	CANTIDAD		
		l) Balanza electrónica	1 ud.		
FOTOS					
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
					
(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)
					

2.3.6) Mezcla – tipos de mezcla.

La mezcla es la unión de la pasta cementicia, agregado fino y agregado grueso; se desarrollaron las siguientes: (I) cemento, agregados de color gris más agua; (II) cemento, agregados de color claro más agua; (III) cemento, agregados de color gris más agua con pigmento; (IV) cemento, agregados de color claro más agua con pigmento.











Tabla 9_CapII: Tipos de mezcla en la fabricación de hormigón.

LOTES	CÓDIGO	MEZCLA
Lote 01	H01, H01 _a	I
Lote 02	H02, H02 _a	II
Lote 03	CH03, AH03, YH03, EH03; CH03 _a , AH03 _a , YH03 _a , EH03 _a	III
Lote 04	CH04, AH04, YH04, EH04; CH04 _a , AH04 _a , YH04 _a , EH04 _a	IV

Nota: para ver significado de simbología utilizada ir a anexos 2.

2.3.7) Desarrollo de muestras.

Tabla 10 CapII: Desarrollo de muestras para los lotes n^o1, 2, 3 y 4 – “hormigón”.



PROCEDIMIENTO: DESARROLLO DE MUESTRAS				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocarse el equipo de protección personal. 2. Alistar en el área de trabajo, los instrumentos, los equipos que se van a utilizar. 3. Preparar los moldes (dimensiones 20x10x4cm) de madera; cubrir caras interiores y placas de base con una capa delgada de un agente desencoformante. Norma NTE INEN 0488:09 Art. 6.5 4. Pesarse el cemento, arena y grava en una balanza con las relaciones determinadas en las dosificaciones. 5. Medir en vaso de precipitado el pigmento natural + agua (excepción el lote n^o1 y 2; solo medir agua). 6. Mezclar arena, cemento y grava. 7. Vaciar agua en los lotes n^o1 y 2 (H01, H02=110ml de agua y H01_a, H02_a=91,7ml de agua) en la mezcla de arena, cemento y grava (excepción el lote N^o3 y 4; vaciar agua con pigmento, cuyas cantidad se puede ver en la tabla n^o11). 8. Ir colocando mezcla en los moldes. 9. Compactación de mezcla mientras se va colocando en moldes. Se realizó con un pisón manual por capas. Norma NTE INEN 0488:09 Art. 6.2.6 10. Consolidación de mezcla mediante vibrado. Se realizó de forma manual y por capas. 11. Utilizar la espátula para quitar excesos de material. Norma NTE INEN 0488:09 Art. 6.2.7 12. Utilizar la llana para alisar y comprimir la mezcla. 13. Curado: se lo realizó durante 7 días; se inició desde que el mortero entra en la etapa de fraguado (ver en cap. I en el apartado fraguado). 14. Desencoformado de muestras (el desencoformado se realizó cuando las muestras podían ser manipuladas) 15. Y a los 28 días cuando las muestras ya alcanzaron la resistencia adecuada se realiza observación de resultados. 				
FOTOS: DESARROLLO DE MUESTRAS				
				
				
OBSERVACIONES:				
<ul style="list-style-type: none"> - A los 28 días la masa rígida de hormigón alcanza su dureza y resistencia mecánica adecuada (ver cap. II en el apartado fraguado y la norma NTE INEN 1855-2:02 Art. 3.1.10 que hacen referencia sobre la resistencia). - El desencoformado de las muestras se realizó cuando se observó que el hormigón podía ser manipulado (para desencoformar se necesita que el hormigón tenga buena consistencia por lo que puede realizarse antes de los 28 días), (a los 28 días se pueden hacer los ensayos de laboratorio ya que tiene una resistencia adecuada). 				

2.3.8) Elaboración del hormigón sin pigmento natural.

En primer lugar se realizó un hormigón normal, es decir, es un hormigón sin pigmentos, realizado para comparar con los hormigones coloreados y así conocer sus respectivas diferencias.

Hormigón normal.









Tabla 11_CapII: Muestras de hormigón normal.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	GRAVA (g)	AGUA ml	RELACIÓN A/C	TIEMPO DE FRAGUADO (h)	PROPORCIÓN	FOTOS
Lote 01	H01	226,796	453,592	453,592	110	0,485	10	1:2:2	
	H01 _a	188,996	377,99	566,99	91,7	0,485	10	1:2:3	
Lote 02	H02	226,796	453,592	453,592	110	0,485	12	1:2:2	
	H02 _a	188,996	377,99	566,99	91,7	0,485	12	1:2:3	

2.3.9) Elaboración del hormigón con pigmento natural.

Luego de fabricar el hormigón normal se realizó el hormigón con pigmento, que posteriormente según los resultados se podrá conocer la dosificación y los materiales que benefician al color del pigmento natural.

Tabla 12_CapII: Muestras de hormigón con pigmento natural.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	GRAVA (g)	PIGMENTO		AGUA ml	AGUA + PIG.	RELACIÓN		TIEMPO DE FRAGUADO	PROPOR_ CIÓN			
					(%)	ml			A/C	PIG.-CEMENTO					
Lote 03	CH03	226,796	453,592	453,592	0,6	0,66	110	110,66	0,485	0,29%	11h 30'	1:2:2			
	AH03				0,8	0,88		110,88		0,38%	12h				
	YH03				1	1,1		111,1		0,48%	12h 30'				
	EH03				1,2	1,33		111,33		0,58%	13h				
	CH03 _a	188,996	377,99	566,99	0,6	0,55	91,7	92,25	0,485	0,29%	11h 30'	1:2:3			
	AH03 _a				0,8	0,73		92,43		0,38%	12h				
	YH03 _a				1	0,91		92,61		0,48%	12h 30'				
	EH03 _a				1,2	1,1		92,8		0,58%	13h				
Lote 04	CH04	226,796	453,592	453,592	0,6	0,66	110	110,66	0,485	0,29%	14h 30'	1:2:2			
	AH04				0,8	0,88		110,88		0,38%	15h 15'				
	YH04				1	1,1		111,1		0,48%	16h				
	EH04				1,2	1,33		111,33		0,58%	17h				
	CH04 _a	188,996	377,99	566,99	0,6	0,55	91,7	92,25	0,485	0,29%	14h 30'	1:2:3			
	AH04 _a				0,8	0,73		92,43		0,38%	15h 15'				
	YH04 _a				1	0,91		92,61		0,48%	16h				
	EH04 _a				1,2	1,1		92,8		0,58%	17h				
FOTOS															
CH03, CH03 _a		AH03, AH03 _a		YH03, YH03 _a		EH03, EH03 _a		CH04, CH04 _a		AH04, AH04 _a		YH04, YH04 _a		EH04, EH04 _a	
															

2.3.10) Resultados y conclusiones específicas.

Antes de continuar con los resultados y conclusiones específicas se recuerda el **por qué se experimenta con hormigones y morteros**:

Existen pocas investigaciones acerca de la utilización de pigmentos naturales en los hormigones y morteros coloreados, como un método para disminuir los materiales tóxicos utilizados actualmente para darle color al hormigón que agreden al medio ambiente y a la salud del ser humano.

2.3.10.1) Pigmento.

Tabla 13_CapII: Resultados y conclusiones específicas - pigmento.

RESULTADOS	CONCLUSIONES
Con relación al porcentaje (%) de pigmento en base al peso del cemento, se observó que la adición de pigmento en los hormigones está desde un 0,29% a un 0,58%.	Se puede concluir que por un lado no llega ni al 1% que es menor al máximo establecido en la norma DIN 53 237 "Pigments for colouring cement-based and lime-based building materials" que es del 5% en estructuras no reforzadas (sin acero) y por otro lado que existen dos casos en los que se supera el 0,5% que es utilizado en estructuras reforzadas (con acero).

2.3.10.2) Fraguado.

- **Resultados específicos de fraguado**, los resultados en gráficas del tiempo de fraguado nos servirán para observar lo que ocurre entre las diferentes dosificaciones y entre las probetas que tienen pigmento y las que no. Y los resultados y conclusiones específicas de fraguado en tablas plasmar de forma textual lo observado.

Tabla 14_CapII: Resultados y conclusiones específicas - fraguado.

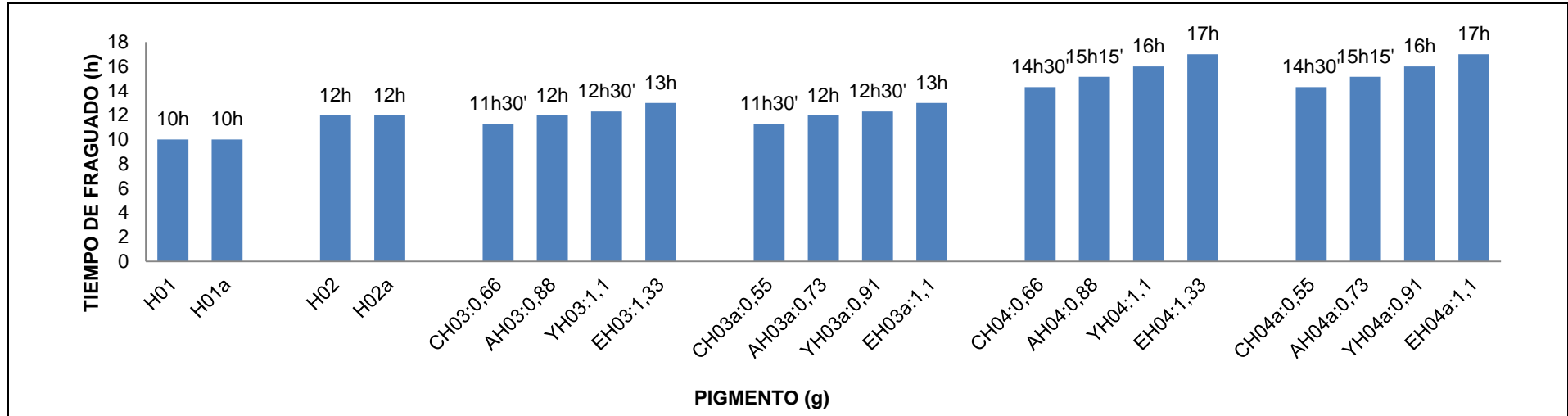


Fig. 2_CapII: Tiempo de fraguado/pigmento – separadas en bloques las muestras.

RESULTADOS	CONCLUSIONES
a) Las muestras normales de color gris no varían el tiempo de fraguado de manera significativa por lo que se consideran los mismos tiempos para las dos dosificaciones, al igual las de color claro.	a) Esto sucede porque entre una dosificación y otra no varía demasiado la cantidad de cemento ni la cantidad de agua esto hace que si se tiene una variación de tiempo esta sea mínima.
b) Las muestras normales de color gris tienen un menor tiempo de fraguado que las de color claro.	b) Esta variación de tiempos se debe a que el cemento de color gris en sus especificaciones técnicas tiende a tener un fraguado final a menor tiempo que el cemento de color blanco.
c) Los tiempos de fraguado para las muestras con pigmento natural se ven claramente afectadas, el tiempo de fraguado aumenta en las muestras de material de color gris en un mínimo de 13% y un máximo de 30%; y en las muestras de material de color claro en un mínimo de 19% y un máximo de 41% con respecto a los tiempos de fraguado de las muestras patrón.	c) El fraguado en las probetas de material gris es menor en comparación con las probetas de material claro, esto se debe a que las probetas de color claro contienen sílice que protege el color a diferencia de las de color gris, esto quiere decir que al no tener un agente protector se pasa las fases de fraguado con mayor rapidez.

Tabla 15_CapII: Resultados y conclusiones específicas - fraguado.

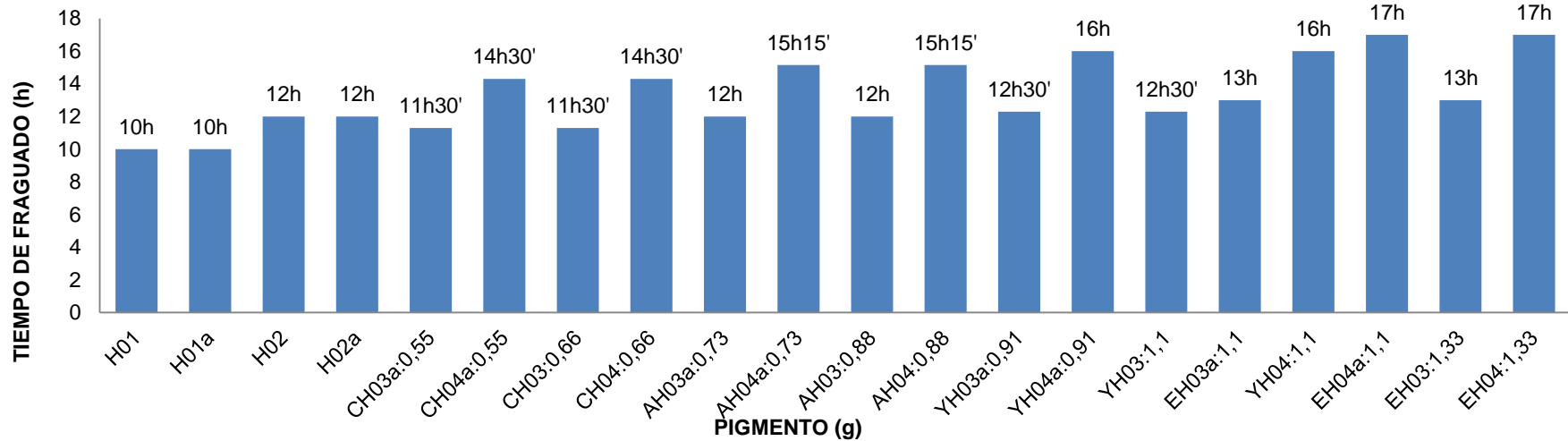


Fig. 3_CapII: Tiempo de fraguado/pigmento – todas las muestras.

RESULTADOS	CONCLUSIONES
d) A mayor cantidad de pigmento natural en probeta se presenta un aumento de los tiempos de fraguado.	d) El aumento de los tiempos de fraguado se debe a la presencia de sulfato en el pigmento, el cual actúa como retardante del fraguado.
e) Observamos que las muestras presentan entre las dos dosificaciones una variación en cantidad de pigmento pero no hay variaciones de tiempo entre una y otra dosificación.	e) Esto se debe a que las cantidades son proporcionales, es decir al disminuir cemento disminuye pigmento pero el tiempo se mantiene o tiene una variación de tiempo mínima.

2.3.10.3) Materiales.

Tabla 16_CapII: Resultados y conclusiones específicas - materiales.

RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) Tanto el cemento como los áridos influyen notablemente en la intensidad del color, mientras más gris es el color de los materiales utilizados, más oscuro y opaco es el resultado de la muestra con pigmento; mientras más claro es el color de los materiales, más se puede apreciar el color del pigmento.</p> <p>b) Se observó que en los materiales de color gris, el color subía aunque no con mucha fuerza solo a una cara de la muestra, mientras que el resto conservaba su color natural; en cambio en las probetas de material de color claro el pigmento se distribuía en toda la muestra pero en la cara superior era un poco más fuerte en algunas muestras esta variación de color era notable como es el caso del “cumbiá” pero en el resto de muestras se tiene una variación mínima.</p> <p>c) Además se verificó que la utilización de cemento blanco y arena sílica favorece notablemente el color del pigmento.</p>	<p>a) El color de un objeto depende de la forma en que absorbe o refleje los distintos colores que forman la luz, el color blanco es la suma de todos los colores de la luz; por el contrario el color negro no refleja ningún color y absorbe todos. Por esto, en este caso, las muestras con material de color claro reflejan más y absorben menos luz por lo que se aprecia más el color del pigmento en estas, que en las muestras con material de color gris.</p> <p>b) Esto ocurre porque en el material de color gris no se tiene ningún agente dispersor en cambio en el material claro tiene sílice que ayuda en este sentido. Por otra parte lo que sucede con la fuerza del color en una sola cara de la muestra se debe a un fenómeno por el cual el líquido coloreado se descompone en sus distintos colorantes. Este fenómeno se debe a que cada color tiene distinta composición y en consecuencia no reaccionan de la misma manera. Algunos colorantes suben más rápido que otros, por lo que al separarse podremos distinguirlos a unos de otros.</p> <p>c) El cemento blanco ayuda a que el color se pueda apreciar; y la arena contiene sílice que le da resistencia al pigmento orgánico contra los álcalis del cemento.</p>

2.3.10.4) Dosificación.

Tabla 17_CapII: Resultados y conclusiones específicas - dosificación.

RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) En las dos dosificaciones se presenta que las muestras se desmoronan sobre todo en las esquinas y al desmoldarlas. Pero esto se da con más frecuencia en las muestras con material de color claro.</p>	<p>a) Esto ocurre debido a que el pigmento contiene sulfato que tiende a actuar como retardante en los tiempos de fraguado y se da muy poca actividad hidráulica.</p>

2.3.11) Conclusiones generales

Tabla 18_CapII: Conclusiones generales.

CONCLUSIONES VETAJOSAS	CONCLUSIONES NO VETAJOSAS
<p>Etapa 1: las muestras patrón dieron resultados adecuados para poder servir de base de comparación con las muestras con pigmento natural.</p>	<p>Etapa 1: al observar que las muestras de color claro se demoran más en fraguar, se puede decir que esto es desventajoso ya que a mayor tiempo de fraguado hay una disminución de resistencia en la mayoría de ejemplos estudiados.</p>
<p>Etapa 2: se concluye que los materiales que aceptan mejor el color son el cemento blanco, la arena sílica; materiales de color claro.</p>	<p>Etapa 2: algunas muestras con material de color claro tienen una mala distribución del color.</p>
<p>Etapa 3: las dos dosificaciones con materiales de color claro aceptan el color pero en la dosificación 1:2:2 se la puede apreciar mejor por lo que no tiene mucho agregado grueso.</p>	<p>Etapa 3: la mayoría de las muestras tienen desmoronamientos, partes que se trisan con facilidad. Esto nos lleva a determinar que el hormigón baja su calidad.</p>
<p>Etapa 4: las muestras de materiales de color claro cumplen con el objetivo de dar color.</p>	<p>Etapa 4: las muestras de material de color gris ocultan el color del pigmento, además de ser de un color opaco y estar solo superficialmente en una sola cara de la muestra, esto nos lleva a concluir que estas muestras no pasarán de esta fase ya que no cumplen con el objetivo de dar color al hormigón.</p>
<p>Etapa5: Se determinó quedar en esta fase de experimentación en cuanto a hormigones con pigmento natural por los siguientes motivos:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - El material se desmorona con más facilidad que es lo contrario a lo que ocurre con las muestras de mortero que tienen mayor firmeza aunque no adecuada. - El color es apreciado mejor en el mortero que en el hormigón, esto se debe a que en el hormigón se trabaja con agregado grueso y este al salir a las caras de las muestras no toma la tonalidad del pigmento sino su color natural (los áridos gruesos al tener más superficie para cubrir y menos agarre al color no llegan a colorearse). - Otra de las causas es el derroche de material ya que se pigmentaría un volumen grande al trabajar con hormigón en cambio al trabajar con mortero se podría solo utilizar el material en capas finas. - Se desperdiciaría el material y lo que se busca en si es un ahorro por lo que lo más conveniente es utilizarlo donde se va a apreciar donde va tener una función. - En resumen los materiales utilizados para conseguir pigmentar son seleccionados y no abundantes sobre todo el pigmento y la arena que requieren de esfuerzo para su obtención por esto se debe tener cuidado en el manejo del mismo y utilizarlo sin despilfarro. 	

CAPÍTULO III

3) MORTERO

3.1) Elaboración de mortero con pigmento natural

El objetivo de este diseño experimental de “mortero con pigmento natural” es desarrollar prácticas de laboratorio, para poder obtener pruebas que demuestren si es conveniente la puesta en práctica de este material.

Las variables independientes en este estudio serán la clase de cemento, el tipo de pigmento y el porcentaje de adición de este último.

3.1.1) Plan experimental.

El plan experimental consiste en 4 etapas: (1) determinar que dosificación acepta mejor el color, para lo cual se realizarán dosificaciones basadas en el “método práctico”; (2) determinar qué muestras tienen los mejores resultados con respecto al color; (3) determinar las muestras con mejores resultados con respecto a pruebas de laboratorio; (4) determinar aplicabilidad.

3.1.2) Materiales.

Se parte con la síntesis de los materiales a utilizar y luego se hace un estudio de los mismos, siendo los siguientes:

- Cemento portland blanco tipo II
- Arena sílica
- Agua
- Pigmento natural
- Adiciones:
 - acelerante
 - fluidificante reductor de agua
 - sílice (cuarzo)
 - piedra pómez
 - caolín
 - microsílica

3.1.3) Ensayo de los materiales en la elaboración de mortero.

3.1.3.1) Cemento Blanco

Se utilizó en la elaboración de hormigón coloreado un Cemento Portland Blanco Tipo II, el cual cumple con la norma NTE INEN 152.

3.1.3.2) Cemento gris

Se utilizó en este proyecto un Cemento portland gris Tipo II, que cumple con la norma vigente ecuatoriana NTE INEN 152.

3.1.3.3) Agregado fino

Arena Sílica, La arena sílica utilizada en este trabajo fue traída del barrio: Namírez, provincia: Zamora Chinchipe, cantón: Zamora, parroquia: San Carlos de las Minas (ver estudio técnico de granulometría de partículas y la gráfica en anexos3)

Arena gris, La arena gris utilizada en la elaboración de las muestras fue traída del cantón Catamayo que se encuentra ubicado en la provincia de Loja.

3.1.3.4) Agua, pigmento natural

El agua y el pigmento natural, son los mismos utilizados en la elaboración de "hormigón con pigmento natural".

3.1.3.5) Adiciones.

En los morteros utilizados en este estudio, algunas mezclas han tenido adiciones y otras no.

Acelerante, en este caso se utilizó el 0,5% del peso del cemento.

Fluidificante Reductor de Agua, en este caso se redujo un 5% de agua y su dosificación fue del 1% del peso del cemento.

Sílice (Cuarzo), en este caso se utilizó en un 10% del peso del cemento; en polvo.

Piedra Pómez, en este caso se utilizó en un 10% del peso del cemento.

Caolín, En este caso se utilizó en un 10% del peso del cemento.

Microsílica, en este caso se utilizó en un 10% del peso del cemento.

3.1.4) Ensayo de procesos en la elaboración de mortero.

3.1.4.1) Relación agua – cemento.

En este diseño de mezclas se utilizó una relación agua/cemento de 0,485 fundamentándose en la metodología ASTM. Y se fue bajando esta relación para poder sacar una mezcla con características adecuadas, llegando a las siguientes cantidades: a/c= 0,47; 0,42; 0,405.

3.1.4.2) Curado.

El curado se realizó durante 7 días, mediante el empleo de un rociador de agua.

3.1.4.3) Dosificación del mortero.

Se utilizaron las dosificaciones: 1:1 y la 1:2 (ver simbología en anexo2).

Nota1: no se ha tomado en cuenta la dosificación 1:3 porque al hacer 1 probeta observamos que al disminuir la cantidad de cemento y aumentar la de árido y a mas colocarle pigmento de origen orgánico la probeta se desmoronaba (esto se ocasiono por que el cemento ayuda a unir todo es el aglomerante y al tener bastante para unir y al quitarle fuerza con el pigmento no avanza a unir todo) por eso solo se tomaron en cuenta las dos dosificaciones mencionadas.

3.1.4.4) Dosificación de pigmento.

Para los estudios en los que se necesita la cantidad de pigmento se tomará en cuenta el porcentaje del pigmento en polvo (ver información de porcentaje de pigmento en anexo1 y simbología en anexo2).

3.1.5) Herramienta y equipos.

Tanto la herramienta como el equipo es el mismo que se utilizó para la elaboración de “hormigón con pigmento natural” a excepción de los moldes que son de 5x5x5cm de bronce.

3.1.6) Mezcla – tipos de mezcla.

La mezcla de mortero es la unión de la pasta cementicia más agregado fino; y se desarrollaron las siguientes mezclas: **(I)** cemento, agregado fino, agua; **(II)** cemento, agregado fino, agua con pigmento; **(III)** cemento, agregado fino, agua con pigmento, acelerante; **(IV)** cemento, agregado fino, agua con pigmento, fluidificante reductor de agua; **(V)** cemento, agregado fino, agua con pigmento, sílice (cuarzo); **(VI)** cemento, agregado fino, agua con pigmento, fluidificante, sílice (cuarzo); **(VII)** cemento, agregado fino, agua con pigmento, fluidificante, piedra pómez; **(VIII)** cemento, agregado fino, agua con pigmento, fluidificante, caolín; **(IX)** cemento, agregado fino, agua con pigmento, fluidificante, microsíllica.

En el siguiente cuadro se darán a conocer todos los lotes con los respectivos códigos de cada probeta y el tipo de mezcla de las diferentes muestras.

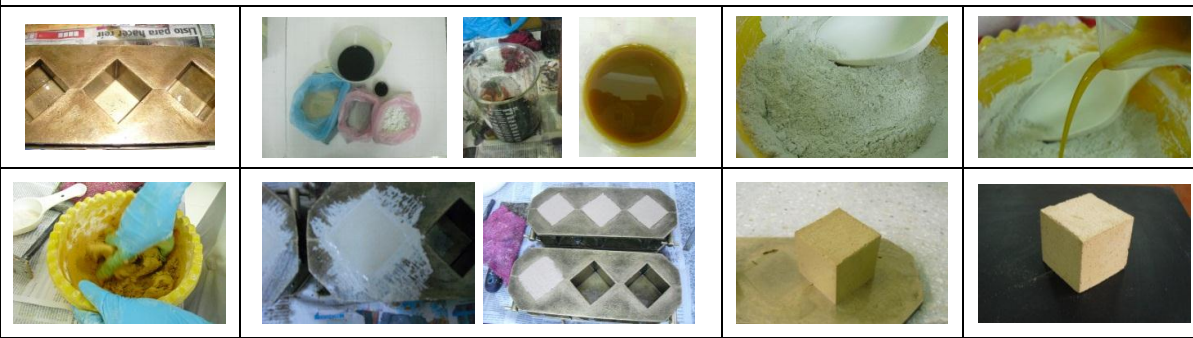
Tabla 1_CapIII: Tipos de mezcla de mortero con pigmento natural.

LOTES	CÓDIGO	MEZCLA
Lote 01	M01 _b , M01 _c	I
Lote 02	CM02 _b , AM02 _b , YM02 _b , EM02 _b ; CM02 _c , AM02 _c , YM02 _c , EM02 _c	II
Lote 03	M03 _{1,2,3}	I
Lote 04	C04 _{1,2,3} - 1; A04 _{1,2,3} - 2; Y04 _{1,2,3} - 3; E04 _{1,2,3} - 4	II
Lote 05	C05 _{1,2,3} - 1+a; A05 _{1,2,3} - 2+a; Y05 _{1,2,3} - 3+a; E05 _{1,2,3} - 4+a	III
Lote 06	C06 _{1,2,3} - 1+f; A06 _{1,2,3} - 2+f; Y06 _{1,2,3} - 3+f; E06 _{1,2,3} - 4+f	IV
Lote 07	C07 _{1,2,3} - 1+s; A07 _{1,2,3} - 2+s; Y07 _{1,2,3} - 3+s; E07 _{1,2,3} - 4+s	V
Lote 08	C08 _{1,2,3} - C; A08 _{1,2,3} - A; Y08 _{1,2,3} - Y; E08 _{1,2,3} - E	II
Lote 09	C09 _{1,2,3} - C+a; A09 _{1,2,3} - A+a; Y09 _{1,2,3} - Y+a; E09 _{1,2,3} - E+a	III
Lote 10	C10 _{1,2,3} - C+f; A10 _{1,2,3} - A+f; Y10 _{1,2,3} - Y+f; E10 _{1,2,3} - E+f	IV
Lote 11	C11 _{1,2,3} - C+s; A11 _{1,2,3} - A+s; Y11 _{1,2,3} - Y+s; E11 _{1,2,3} - E+s	VI
Lote 12	C12 _{1,2,3} - C+Pp; A12 _{1,2,3} - A+Pp; Y12 _{1,2,3} - Y+Pp; E12 _{1,2,3} - E+Pp	VII
Lote 13	C13 _{1,2,3} - C+lín; A13 _{1,2,3} - A+lín; Y13 _{1,2,3} - Y+lín; E13 _{1,2,3} - E+lín	VIII
Lote 14	C14 _{1,2,3} - C+m; A14 _{1,2,3} - A+m; Y14 _{1,2,3} - Y+m; E14 _{1,2,3} - E+m	IX

Nota: para ver significado de simbología utilizada ir a anexo2.

3.1.7) Desarrollo de muestras.

Tabla 2_CapIII: Desarrollo de muestras desde el lote nº 1 hasta el nº14 - “mortero”


PROCEDIMIENTO: DESARROLLO DE MUESTRAS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocarse el equipo de protección personal. 2. Alistar el área de trabajo, los instrumentos, los materiales que se van a utilizar. 3. Preparar los moldes; cubrir caras interiores y placas de base con una capa delgada de un agente desencofrante. Norma NTE INEN 0488:09 art. 6.5 4. Pesar el cemento y arena en una balanza con las relaciones determinadas en las dosificaciones para las muestras de los lotes nº1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10; (excepción los lotes nº7, 11, 12, 13, 14 = porque para las muestras de estos lotes a más del cemento y la arena hay que medir en el nº7 y 11: sílice (cuarzo), nº12: piedra pómez, nº13: caolín, nº14: microsíllica). 5. Medir en un vaso de precipitado agua para las muestras de los lotes nº1 y 3. 6. Medir en un vaso de precipitado agua con pigmento natural para las muestras de los lotes nº2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,13, 14. 7. Medir acelerante para las muestras de los lotes nº 5 y 9, según las medidas establecidas. 8. Medir fluidificante en las muestras de los lotes nº 6, 10, 11, 12, 13, 14, según las medidas establecidas. 9. Mezclar arena y cemento en las muestras de los lotes nº1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, (excepción los lotes nº7, 11, 12, 13, 14 = porque para las muestras de estos lotes a más del cemento y la arena hay que mezclar en el nº7 y 11: sílice (cuarzo), nº12: piedra pómez, nº13: caolín, nº14: microsíllica). 10. Vaciar agua en las mezclas de las muestras de los lotes nº1 y 3; agua con pigmento natural en los lotes nº2, 4, 7, 8; agua con pigmento + acelerante en los lotes nº 5 y 9; agua con pigmento + fluidificante en los lotes nº 6, 10, 11, 12, 13, 14. 11. Ir colocando las mezclas en los moldes. 12. Compactación de mezcla mientras se va colocando en moldes. Se realizó con un pisón manual por capas. Norma NTE INEN 0488:09 art.6.2.6 13. Consolidación de mezcla mediante vibrado. Se realizó de forma manual y por capas. 14. Utilizar la espátula para quitar excesos de material. Norma NTE INEN 0488:09 art. 6.2.7 15. Utilizar la llana para alisar y comprimir la mezcla. 16. Curado: se lo realizo durante 7 días; inició desde que el mortero entra en la etapa de fraguado (ver en cap. II en el apartado curado y fraguado). 17. Desencofrado de muestras (se lo realizó cuando las muestras podían ser manipuladas). Y a los 28 días cuando las muestras ya alcanzaron la resistencia adecuada se realizaron observación de resultados. 	
FOTOS: DESARROLLO DE MUESTRAS	
	
OBSERVACIONES:	
<ul style="list-style-type: none"> - A los 28 días la masa rígida del mortero alcanza su dureza y resistencia mecánica adecuada (ver cap. II en el apartado fraguado y la norma NTE INEN 1855-2:02 Art. 3.1.10 que hacen referencia sobre la resistencia). - El desencofrado de las muestras se realizó cuando se observó que el hormigón podía ser manipulado (para desencofrar se necesita que el mortero tenga buena consistencia por lo que puede realizarse antes de los 28 días), (a los 28 días se pueden hacer los ensayos de laboratorio ya que tiene una resistencia adecuada). 	

3.1.8) Elaboración de mortero con pigmento natural para determinar dosificación.

3.1.8.1) Elaboración de mortero sin pigmento natural.





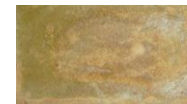



Estas son utilizadas como muestras normales para compararlas con las de color.

Tabla 3_CapIII: Muestras de mortero sin pigmento natural para determinar dosificación.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA ml	RELACIÓN A/C	TIEMPO DE FRAGUADO (h)	PROPORCIÓN	FOTOS
Lote 01	M01 _b	566	566	275	0.485	12	1:1	
	M01 _c	362,87	771,1	183	0.485	12	1:2	

3.1.8.2) Elaboración de mortero con pigmento natural.

Tabla 4_CapIII: Muestras de mortero con pigmento natural para determinar dosificación.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	PIGMENTO		AGUA ml	AGUA + FIG.	RELACIÓN		PROPORCIÓN
				(%)	ml			A/C	FIG.-CEMENTO	
Lote 02	CM02 _b	566	566	0,6	1,65	275	276,65	0,485	0,29	1:1
	AM02 _b			0,8	2,21		277,21		0,39	
	YM02 _b			1	2,77		277,77		0,49	
	EM02 _b			1,2	3,34		278,34		0,59	
	CM02 _c	377	754	0,6	1,1	183	184,1	0,485	0,29	1:2
	AM02 _c			0,8	1,47		184,47		0,39	
	YM02 _c			1	1,84		184,84		0,49	
	EM02 _c			1,2	2,22		185,22		0,59	
FOTOS:										
CM02 _b	AM02 _b	YM02 _b	EM02 _b	CM02 _c	AM02 _c	YM02 _c	EM02 _c			
										

3.1.8.3) Resultados y conclusiones específicas – dosificación.

Tabla 5_CapIII: Resultados y conclusiones específicas - dosificación.


RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) En las muestras normales las dos dosificaciones son adecuadas. En cambio en las muestras con pigmento natural se observa que en la dosificación 1:2 hay mayor apreciación del color que en la dosificación 1:1 que tiene un color más pálido.</p>	<p>a) Esto se da porque en la dosificación 1:1 tenemos igual cantidad de cemento que de arena fina y esto hace que exista menos dispersores y como resultado que el color no se pueda apreciar mejor. En cambio en la dosificación 1:2 existen más dispersores al haber más sílice esto hace que el color se aprecie de mejor manera.</p> <p style="text-align: center;"> cemento 1 : 1 Arena fina 1 : 2 </p> <p>Por esta razón se utilizará la dosificación 1:2 para las posteriores muestras.</p>

3.1.9) Elaboración de mortero con pigmento natural para determinar las muestras con mejor coloración.

3.1.9.1) Elaboración de mortero sin pigmento natural.

Estas son utilizadas como muestras normales para compararlas con los posteriores ensayos en este trabajo de experimentación.

Tabla 6_CapIII: Muestras de mortero sin pigmento natural para determinar las muestras con mejor coloración.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA ml	RELACIÓN A/C	TIEMPO DE FRAGUADO (h)	PROPORCIÓN	FOTOS
Lote 03	M03 _{1,2,3}	95	190	46,1	0.485	12	1:2	

3.1.9.2) Elaboración de mortero con pigmento natural: “cumbiá”.

3.1.9.2.1) Pigmento natural: “cumbiá”.

Tabla 7_CapIII: Muestras de mortero con pigmento natural a base de “cumbia” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	PIGMENTO		AGUA (ml)	ADICIÓN			AGUA + PIG	RELACIÓN		TIEMPO DE FRAGUADO
				(%)	(ml)		1(ml)	2(ml)	3(g)		a/c	pig.-c(%)	
04	C04 _{1,2,3} - 1	95	190	0,6	0,278	46,1				46,35	0,485	0,29	13h30'
05	C05 _{1,2,3} - 1+a				0,275	45,6	0,475			45,88	0,485	0,29	13h15'
06	C06 _{1,2,3} - 1+f				0,264	43,77		0,95		44,04	0,47	0,28	13h15'
07	C07 _{1,2,3} - 1+s		180,5		0,278	46,1			9,5	46,35	0,485	0,29	13h45'
08	C08 _{1,2,3} - C		190		0,241	40				40,24	0,42	0,25	12h40'
09	C09 _{1,2,3} - C+a				0,238	39,53	0,475			39,76	0,42	0,25	12h30'
10	C10 _{1,2,3} - C+f				0,226	37,54		0,95		37,77	0,405	0,24	12h30'
11	C11 _{1,2,3} - C+s		180,5		0,226	37,54	0,95	9,5	37,77	0,405	0,24	12h30'	
12	C12 _{1,2,3} - C+Pp											13h15'	
13	C13 _{1,2,3} - C+lín											12h40'	
14	C14 _{1,2,3} - C+m											12h30'	

FOTOS

Evolución del color			C04 - 1	C05 - 1+a	C06 - 1+f	C07 - 1+s
Mezcla	En moldes	Desmoldados				
C08 - C	C09 - C+a	C10 - C+f	C11 - C+s	C12 - C+Pp	C13 - C+lín	C14 - C+m

3.1.9.2.2) Resultados y conclusiones específicas – muestras con mejor coloración – “cumbiá”.

Tabla 8_CapIII: Resultados y conclusiones específicas - muestras con mejor coloración - pigmento natural “cumbiá”


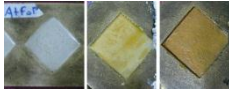












RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) La mezcla tiene un color igual o similar con o sin adiciones (sin adiciones: solo la mezcla con el pigmento; con adiciones: la mezcla con el pigmento y más la adición que puede ser acelerante, fluidificante, sílice, piedra pómez, caolín, microsíllica).</p> <p>b) En los moldes adquiere un color con diferente tonalidad dependiendo de las adiciones pero en su mayoría tiende al color verde.</p> <p>c) Al desmoldar observamos que unas muestras tienen un color uniforme y otras el color se concentra en una de sus 4 caras:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las muestras C04, 05, 07, 08, 09 observamos tanto al desmoldar como en lo posterior como el color se concentra en una sola cara. - En la muestra C06 al desmoldar fue de un solo color pero en lo posterior fue acumulando color en la parte superior. - En las probetas C10, 11, 12, 13,14 observamos tanto al desmoldar como en lo posterior que el color es más uniforme. <p>d) Cuando las muestras están listas para los posteriores ensayos observamos que han sufrido un cambio de tonalidad fuerte desde que se las desmoldó hasta este punto, y en su mayoría tienden al color rojo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las muestras C13 observamos un total cambio de tonalidad. - En las muestras C04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 14 observamos un notable cambio de tonalidad. - Al igual que al desmoldar en los mismos casos el color se concentra en una cara y en otros es más uniforme. 	<p>Para determinar qué muestra tiene la mejor coloración se inclinó por las muestras que tienen un color uniforme y se acercan más al color del pigmento.</p> <p>En este caso se concluyó que las muestras con mejor resultado con relación al color son: C10 y C11.</p>

3.1.9.3) Elaboración de mortero con pigmento natural a base de “achotillo”.

3.1.9.3.1) Pigmento natural: “achotillo”.

Tabla 9_CapIII: Muestras de mortero con pigmento natural a base de “achotillo” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO	ARENA	PIGMENTO		AGUA	ADICIÓN			AGUA +	RELACIÓN		TIEMPO DE
		(g)	(g)	(%)	(ml)	(ml)	1(ml)	2(ml)	3(g)	PIG	a/c	pig.-c(%)	FRAGUADO
04	A04 _{1,2,3} - 2	95	190	0,8	0,371	46,1				46,45	0,485	0,39	15h
05	A05 _{1,2,3} - 2+a				0,367	45,6	0,475			45,97	0,485	0,39	14h45'
06	A06 _{1,2,3} - 2+f				0,352	43,77		0,95		44,12	0,47	0,37	14h15'
07	A07 _{1,2,3} - 2+s				180,5	0,371	46,1			9,5	46,45	0,485	0,39
08	A08 _{1,2,3} - A		190		0,322	40				40,32	0,42	0,34	12h55'
09	A09 _{1,2,3} - A+a				0,318	39,53	0,475			39,84	0,42	0,34	12h30'
10	A10 _{1,2,3} - A+f				0,302	37,54		0,95		37,85	0,405	0,32	12h40'
11	A11 _{1,2,3} - A+s				180,5	0,302	37,54		0,95	9,5	37,85	0,405	0,32
12	A12 _{1,2,3} - A+Pp		13h45'										
13	A13 _{1,2,3} - A+lín		13h										
14	A14 _{1,2,3} - A+m		12h30'										

FOTOS						
Evolución del color			A04 - 2	A05 - 2+a	A06 - 2+f	A07 - 2+s
Mezcla	En moldes	Desmoldados				
						
A08 - A	A09 - A+a	A10 - A+f	A11 - A+s	A12 - A+Pp	A13 - A+lín	A14 - A+m
						

3.1.9.3.2) Resultados y conclusiones específicas – muestras con mejor coloración – pigmento natural “achotillo”.

Tabla 10_CapIII: Resultados y conclusiones específicas - muestras con mejor coloración - pigmento natural “achotillo”

RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) La mezcla tiene un color igual o similar con o sin adiciones (sin adiciones: solo la mezcla con el pigmento; con adiciones: la mezcla con el pigmento y más la adición que puede ser acelerante, fluidificante, sílice, piedra pómez, caolín, microsíllica).</p> <p>b) En los moldes tenemos una evolución en el color que va desde un color que es casi blanco a un color que tiende a rojo esto se da en todas las muestras en diferente tiempo de evolución del color.</p> <p>c) Al desmoldar observamos que unas muestras tienen un color uniforme y otras el color se concentra en una cara de la probeta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las muestras A04, 05, 06, 07, 08, 09, 11 observamos al desmoldar que el color se concentra en una sola cara de la probeta. - En las muestras A10, 12,13, 14 observamos que el color es uniforme en toda la probeta. <p>d) Cuando las muestras están lista para los posteriores ensayos observamos que han sufrido un cambio de tonalidad desde que se las desmoldó hasta este punto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las muestras A04, 05, 06, 07,08 tenemos un cambio notable de tonalidad - En las muestras A09, 10, 11, 12, 13, 14 tenemos un bajo cambio de tonalidad. <p>Al igual que al desmoldar en los mismos casos el color se concentra en una cara y en otros es más uniforme.</p>	<p>Igual que en el caso anterior se inclinó por las muestras que tienen un color uniforme y muestran o se acercan más al color del pigmento.</p> <p>En este caso se concluyó que las muestras con mejor resultado con relación al color son: A10, A12, A13</p>


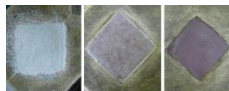












3.1.9.4) Elaboración de mortero con pigmento natural a base de “yamakay”.

3.1.9.4.1) Pigmento natural: “yamakay”

Tabla 11_CapIII: Muestras de mortero con pigmento natural a base de “yamakay” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	PIGMENTO		AGUA (ml)	ADICIÓN			AGUA + PIG	RELACIÓN		TIEMPO DE FRAGUADO	
				(%)	(ml)		1(ml)	2(ml)	3(g)		a/c	pig.-c(%)		
04	Y04 _{1,2,3} - 3	95	190	1	0,465	46,1				46,54	0,485	0,48	15h45'	
05	Y05 _{1,2,3} - 3+a				0,46	45,6	0,475			46,06	0,485	0,48	15h30'	
06	Y06 _{1,2,3} - 3+f				0,442	43,77		0,95		44,21	0,47	0,47	15h30'	
07	Y07 _{1,2,3} - 3+s				180,5	0,465	46,1		9,5	46,54	0,485	0,48	16h15'	
08	Y08 _{1,2,3} - Y		190		180,5	0,404	40				40,40	0,42	0,42	13h45'
09	Y09 _{1,2,3} - Y+a					0,399	39,53	0,475			39,92	0,42	0,42	13h30'
10	Y10 _{1,2,3} - Y+f					0,379	37,54		0,95		37,92	0,405	0,40	13h30'
11	Y11 _{1,2,3} - Y+s													13h15'
12	Y12 _{1,2,3} - Y+Pp					0,379	37,54		0,95	9,5	37,92	0,405	0,40	14h30'
13	Y13 _{1,2,3} - Y+lín													13h45'
14	Y14 _{1,2,3} - Y+m											12h40'		

FOTOS

Evolución del color			Y04 - 3	Y05 - 3+a	Y06 - 3+f	Y07 - 3+s
Mezcla	En moldes	Desmoldados				
						
Y08 - Y	Y09 - Y+a	Y10 - Y+f	Y11 - Y+s	Y12 - Y+Pp	Y13 - Y+lín	Y14 - Y+m
						

3.1.9.4.2) Resultados y conclusiones específicas – muestras con mejor coloración – pigmento natural “yamakay”.

Tabla 12_CapIII: Resultados y conclusiones específicas - muestras con mejor coloración - pigmento natural “yamakay”

RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) La mezcla tiene un color igual o similar con o sin adiciones (sin adiciones: solo la mezcla con el pigmento; con adiciones: la mezcla con el pigmento y más la adición que puede ser acelerante, fluidificante, sílice, piedra pómez, caolín, microsíllica).</p> <p>b) En los moldes tenemos una evolución en el color que va desde un color que es casi blanco a un color que tiende a azul en las muestras (Y08, Y09, Y14); a rojo en las muestras (Y04, 05, 06, 07, 10, 11, 12); y en (Y13) pierde el color del pigmento.</p> <p>c) Al desmoldar observamos que unas muestras tienen un color uniforme y otras el color se concentra en una cara de la probeta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las muestras Y04, 05, 07, 08, 09,11, 12 observamos al desmoldar que el color se encuentra en una sola cara de la probeta. - En las muestras Y10, 13, 14 observamos que el color es uniforme en toda la probeta. <p>d) Cuando las muestras están listas para los posteriores ensayos observamos que han sufrido un cambio de tonalidad desde que se las desmoldó hasta este punto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las muestra Y13 tenemos un cambio total de tonalidad. - En las muestras Y04, Y05, Y06, Y07 tenemos un cambio muy notable de tonalidad - En las muestras Y08, Y09, Y12 tenemos un notable cambio de tonalidad - En las muestras Y10, Y11, Y14 tenemos un bajo cambio de tonalidad <p>Al igual que al desmoldar en los mismos casos el color se concentra en una cara y en otros es más uniforme.</p>	<p>Igual que en los casos anteriores se inclinó por las muestras que tienen un color uniforme y se acercan más al color del pigmento.</p> <p>En este caso se concluyó que las muestras con mejor resultado con relación al color son: Y10 y la Y14 pero tiene más características del pigmento la muestra Y10</p>

3.1.9.5) Elaboración de mortero con pigmento natural a base de “achiote”.

3.1.9.5.1) Pigmento natural: “achiote”.

Tabla 13_CapIII: Muestras de mortero con pigmento natural a base de “achiote” de los lotes; 04 al 14 para determinar - muestras con mejor coloración.

LOTE	CÓDIGO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	PIGMENTO		AGUA (ml)	ADICIÓN			AGUA + PIG	RELACIÓN		TIEMPO DE FRAGUADO
				(%)	(ml)		1(ml)	2(ml)	3(g)		a/c	pig.-c(%)	
04	E04 _{1,2,3} - 4	95	190	1,2	0,559	46,1				46,63	0,485	0,58	16h15'
05	E05 _{1,2,3} - 4+a				0,553	45,6	0,475			46,15	0,485	0,58	16h
06	E06 _{1,2,3} - 4+f				0,531	43,77		0,95		44,3	0,47	0,56	16h15'
07	E07 _{1,2,3} - 4+s				180,5	0,559	46,1		9,5	46,63	0,485	0,58	16h45'
08	E08 _{1,2,3} - E		190		180,5	0,485	40			40,49	0,42	0,51	15h30'
09	E09 _{1,2,3} - E+a					0,48	39,53	0,475		40,01	0,42	0,51	15h15'
10	E10 _{1,2,3} - E+f					0,456	37,54		0,95	38	0,405	0,48	14h30'
11	E11 _{1,2,3} - E+s												14h30'
12	E12 _{1,2,3} - E+Pp		180,5		180,5	0,456	37,54	0,95	9,5	38	0,405	0,48	16h
13	E13 _{1,2,3} - E+lín												15h45'
14	E14 _{1,2,3} - E+m												12h55'

FOTOS

Evolución del color			E04 - 4	E05 - 4+a	E06 - 4+f	E07 - 4+s
Mezcla	En moldes	Desmoldados				
E08 - E	E09 - E+a	E10 - E+f	E11 - E+s	E12 - E+Pp	E13 - E+lín	E14 - E+m

3.1.9.5.2) Resultados y conclusiones específicas – muestras con mejor coloración – pigmento natural “achiote”.

Tabla 14_CapIII: Resultados y conclusiones específicas - muestras con mejor coloración - pigmento natural “achiote”

RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) La mezcla tiene un color igual o similar con o sin adiciones (sin adiciones: solo la mezcla con el pigmento; con adiciones: la mezcla con el pigmento y más la adición que puede ser acelerante, fluidificante, sílice, piedra pómez, caolín, microsíllica).</p> <p>b) En los moldes adquiere un color con diferente tonalidad dependiendo de las adiciones pero en su mayoría el color tiende a rojo.</p> <p>c) Al desmoldar observamos que todas las muestras tienen un color uniforme pero que varía de tonalidad dependiendo de las adiciones.</p> <p>d) Cuando las muestras están listas para los posteriores ensayos observamos que en todas las probetas se ha producido un cambio de tonalidad desde que se las desmoldó hasta este punto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las muestras E12 tenemos un alto cambio de tonalidad. - En las muestras E04, 05, 06, 07, 14 tenemos un muy notable cambio de tonalidad. - En las muestras E08, 09, 13 tenemos un notable cambio de tonalidad. - En las muestras E10, 11 tenemos un bajo cambio de tonalidad. 	<p>Igual que en los casos anteriores se inclinó por las muestras que tienen un color uniforme y se acercan más al color del pigmento.</p> <p>En este caso se concluyó que las muestras con mejor resultado con relación al color son: E10 y E11</p>

3.2) Pruebas de laboratorio para determinar muestras con mejores resultados en ensayos mecánicos y físicos.

Para obtener la resistencia y rigidez de un material, este debe ser sometido a una serie de ensayos mecánicos y físicos. Pero en este caso se realizó lo que generalmente se hace en el control del mortero, se realizó ensayos a compresión y adicional a este se realizó el ensayo de capilaridad y de porosidad. Las respectivas pruebas fueron realizadas en el “Laboratorio de Materiales del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja”.







Nota: Se realizó el cálculo del lote 3 al lote 14, utilizado dos probetas de cada muestra.

3.2.1) Resistencia a compresión.

Los ensayos de compresión consisten en someter a la probeta a la acción de dos fuerzas que poseen: la misma dirección pero sentido contrario. La finalidad de este ensayo es para determinar si la adición de pigmento en el mortero con y sin otros componentes afecta su resistencia a compresión.




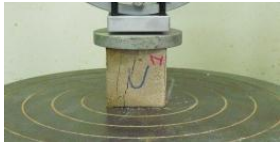
3.2.1.1) Herramientas y equipos

Tabla 15_CapIII: Herramientas y equipos/ resistencia a compresión.

Balanza electrónica	Regla	Lápiz
		
Máquina versa testter	Anillo de carga	Reloj indicador
		

3.2.1.2) Desarrollo de ensayo.

Tabla 16_CapIII: Desarrollo de ensayo/ resistencia a compresión.

DESARROLLO DE ENSAYO	FOTOS
<ol style="list-style-type: none">1. Se ordena las muestras y se clasifica 2 probetas de cada muestra.2. Pesar, medir, y centrar probetas.3. Se realiza prueba a compresión en la máquina versa testter. Al momento de colocar las probetas en la máquina se centran y se alinean con los discos.4. Una vez que la máquina versa testter empieza a dar carga se observa cómo va comprimiendo la probeta, la misma que llega a un límite en el cual se fisura, y hasta llegar a este límite se dan las lecturas en el comparador de carga guiadas por las lecturas del comparador de flecha.5. Finalmente se fisura la probeta y los datos obtenidos se los pasa a una tabla de cálculos.	   

3.2.1.3) Calculo de resistencia a compresión máxima.

Para calcular la resistencia a compresión se lo realiza de la siguiente forma:

Tabla 17_CapIII: Ejemplo de cálculos /resistencia a compresión máxima.

	CÓDIGO	Lectura del comparador de flecha	Lectura de comparador de carga	Carga (kgf)	Carga (N)	Rc = P/A N/mm ²	Rc = P/A Kgf/cm ²	Rc = P/A Ton/m ²
Dimensiones (cm)	C08 ₁ - C ₁	5	1,7	12,75	127,5	0,051	0,51	5,1
largo x ancho x espesor (cm ³)		10	5,3	39,75	397,5	0,159	1,59	15,9
5 x 5 x 5		15	10	75	750	0,3	3	30
cm mm		20	15,2	114	1140	0,456	4,56	45,6
longitud 5 50		25	20,5	153,75	1537,5	0,615	6,15	61,5
ancho 5 50		30	25,5	191,25	1912,5	0,765	7,65	76,5
cm ² mm ²		35	27	202,5	2025	0,81	8,1	81
área 25 2500		40	25	187,5	1875	0,75	7,5	75
K=factor escala de carga		7,5 kgf						
MEDIA (kgf/cm ²)	(C08 ₁ +C08 ₂) / 2	19,2						
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÁX. (kgf/cm²)		9,6						

Datos

Código: combinación de letras y números que funciona como clave de cada una de las probetas.

Lectura del comparador de fecha y de carga: lo obtenemos de la lectura de los datos que da la maquina versa testter.

Carga (kgf): lo obtenemos multiplicando **K** por cada una de las lecturas del comparador de carga.

Nota: en este ejemplo tenemos la tabla de una sola probeta pero para sacar la resistencia a la compresión máxima se utilizaron dos probetas de iguales características y se saca la media entre las dos.

K: el factor escala de carga es una constante cuyo valor depende del anillo de carga que se esté utilizando. En este caso se utilizó K=7,5kgf y K=0,83kgf para los ensayos de compresión.

Carga (N): multiplicamos la carga por 10 y cambiamos de kgf a N.

Rc= P/A: para obtener la resistencia a compresión dividimos la carga para el área.

3.2.1.4) Calculo de resistencia a compresión máxima – todas las muestras.

Tabla 18_CapIII: Resumen de pruebas de resistencia a compresión máxima.

LOTE	CÓDIGO	Rc. Máx. (kgf/cm²)	CÓDIGO	Rc. Máx. (kgf/cm²)	CÓDIGO	Rc. Máx. (kgf/cm²)	CÓDIGO	Rc. Máx. (kgf/cm²)
Lote 03	M03 _{1,2}	22						
Lote 04	C04 _{1,2} – 1	5,15	A04 _{1,2} – 2	3,69	Y04 _{1,2} – 3	2,64	E04 _{1,2} – 4	2,20
Lote 05	C05 _{1,2} – 1+a	4,88	A05 _{1,2} – 2+a	2,04	Y05 _{1,2} – 3+a	1,34	E05 _{1,2} – 4+a	1,19
Lote 06	C06 _{1,2} – 1+f	5,31	A06 _{1,2} – 2+f	4,01	Y06 _{1,2} – 3+f	3,10	E06 _{1,2} – 4+f	2,22
Lote 07	C07 _{1,2} – 1+s	4,89	A07 _{1,2} – 2+s	3,35	Y07 _{1,2} – 3+s	2,25	E07 _{1,2} – 4+s	1,95
Lote 08	C08 _{1,2} – C	9,6	A08 _{1,2} – A	6,90	Y08 _{1,2} – Y	4,93	E08 _{1,2} – E	3,01
Lote 09	C09 _{1,2} – C+a	5,42	A09 _{1,2} – A+a	4,13	Y09 _{1,2} – Y+a	3,28	E09 _{1,2} – E+a	2,29
Lote 10	C10 _{1,2} – C+f	14,80	A10 _{1,2} – A+f	7,53	Y10 _{1,2} – Y+f	5,19	E10 _{1,2} – E+f	3,7
Lote 11	C11 _{1,2} – C+s	15,81	A11 _{1,2} – A+s	7,75	Y11 _{1,2} – Y+s	5,25	E11 _{1,2} – E+s	3,71
Lote 12	C12 _{1,2} – C+Pp	5,54	A12 _{1,2} – A+Pp	4,80	Y12 _{1,2} – Y+Pp	3,95	E12 _{1,2} – E+Pp	2,31
Lote 13	C13 _{1,2} – C+lín	8,88	A13 _{1,2} – A+lín	6,21	Y13 _{1,2} – Y+lín	4,86	E13 _{1,2} – E+lín	2,84
Lote 14	C14 _{1,2} – C+m	19,21	A14 _{1,2} – A+m	14,5	Y14 _{1,2} – Y+m	7,1	E14 _{1,2} – E+m	6,62

3.2.1.5) Calculo de resistencia a compresión máxima – todas las muestras.

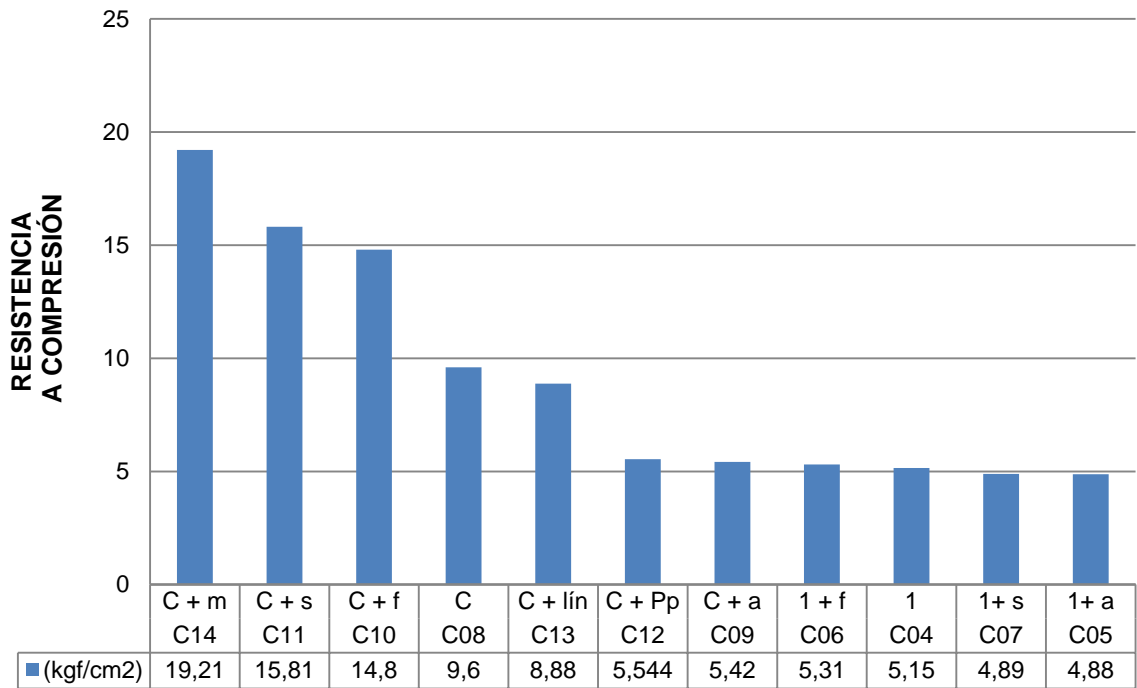


Fig. 1_CapIII: Resumen de resistencia a compresión: “cumbiá”.

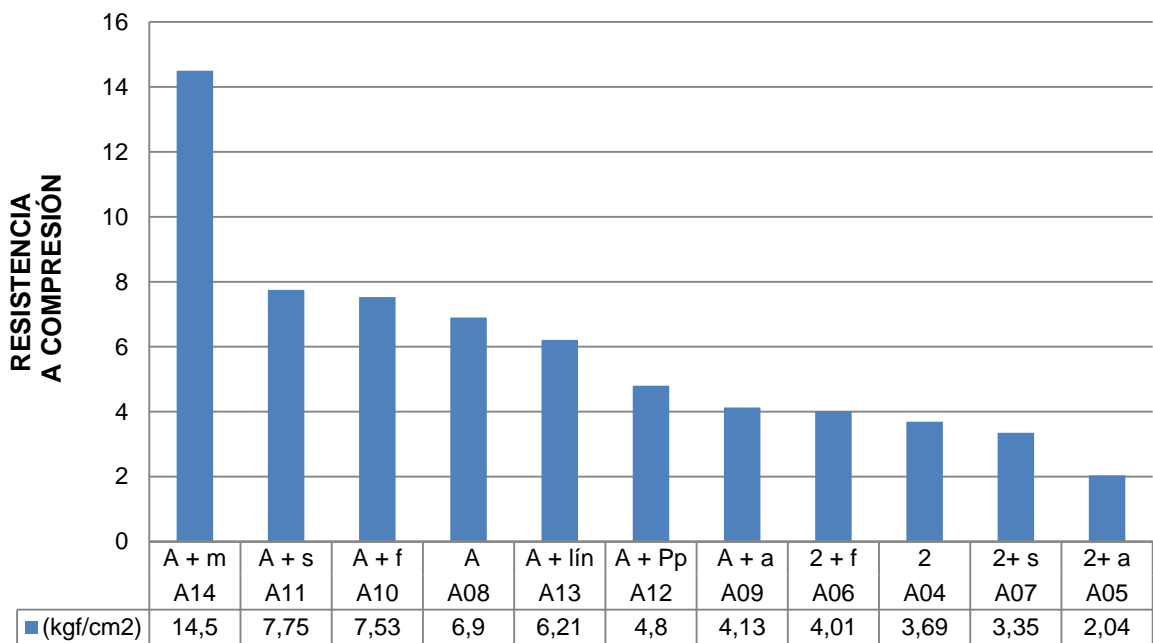


Fig. 2_CapIII: Resumen de resistencia a compresión: “achotillo”.

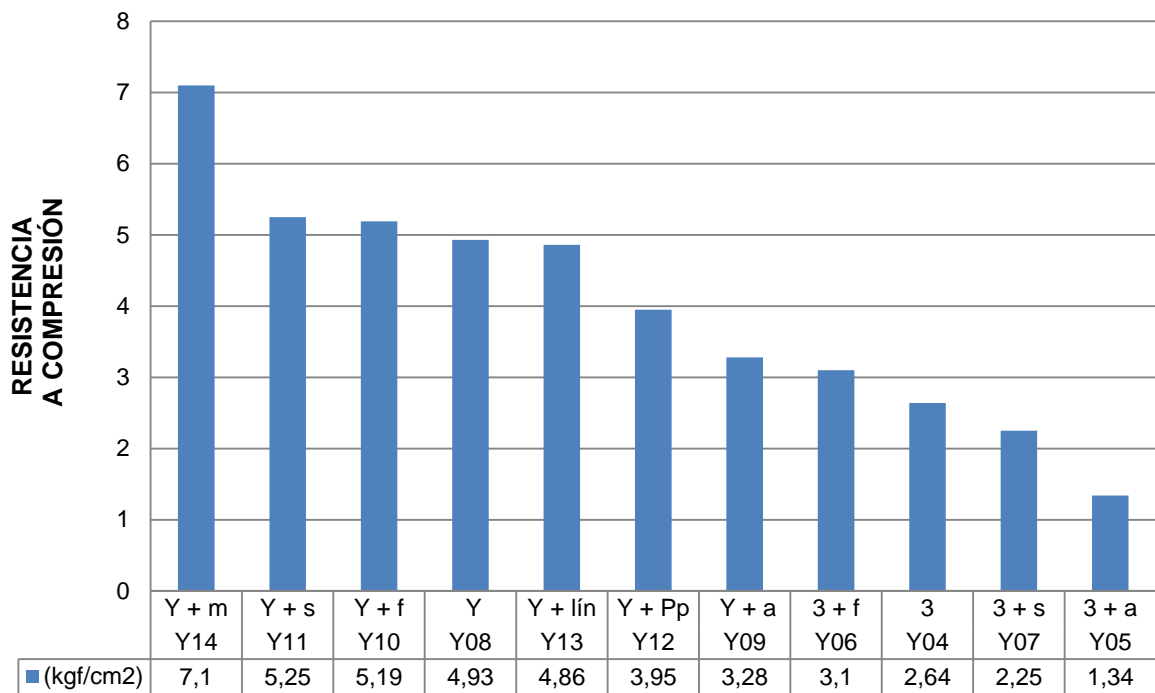


Fig. 3_CapIII: Resumen de resistencia a compresión: "yamakay".

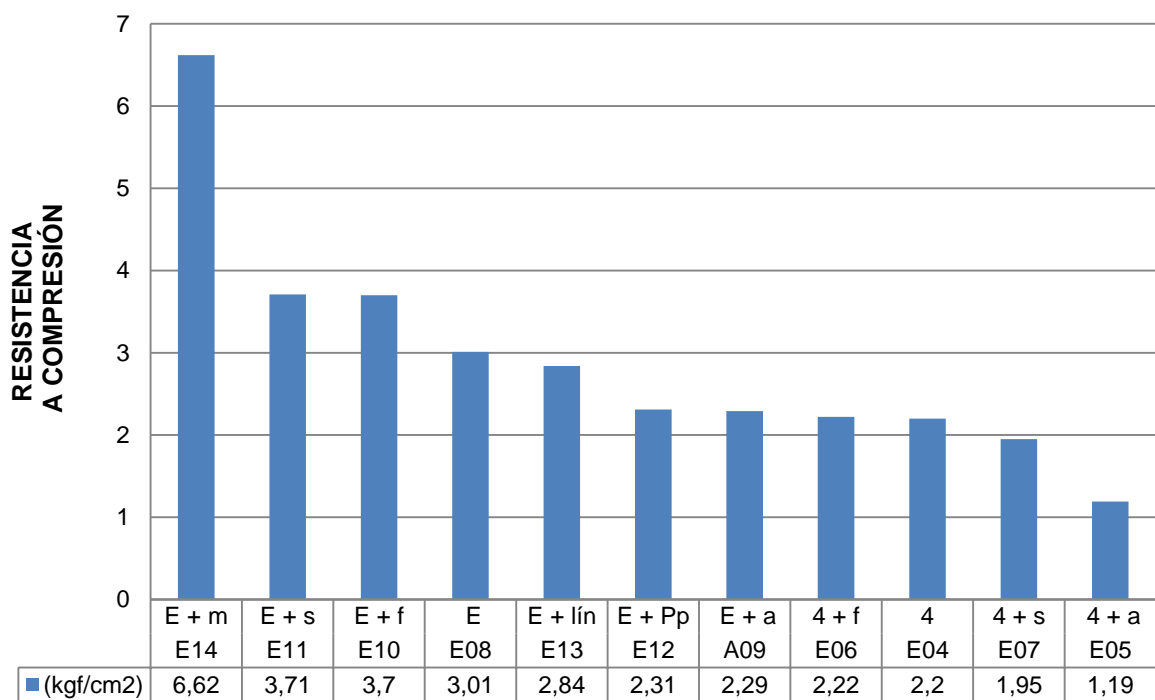


Fig. 4_CapIII: Resumen de resistencia a compresión: "achiote".

3.2.1.6) Resultados y conclusiones específicas de pruebas a compresión.

Tabla 19_CapIII: Resultados y conclusiones específicas/ resistencia a compresión máxima.

RESULTADOS				CONCLUSIONES
<p>a) En las probetas con pigmento natural los mejores resultados en (kgf/cm²) son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Cumbiá": 				<p>a) Las probeta con mejor resistencia a la compresión en general es: C03</p>
C14 _{1,2} – C+m	C11 _{1,2} – C+s	C10 _{1,2} – C+f	C08 _{1,2} – C	
19,21	15,81	14,8	9,6	
<ul style="list-style-type: none"> - "Achotillo": 				
A14 _{1,2} – A+m	A11 _{1,2} – A+s	A10 _{1,2} – A+f	A08 _{1,2} – A	<p>b) Las probetas con mejor resistencia a la compresión de cada color son: C14, A14, Y14, E14.</p>
14,5	7,75	7,53	6,9	
<ul style="list-style-type: none"> - "Yamakay": 				
Y14 _{1,2} – Y+m	Y11 _{1,2} – Y+s	Y10 _{1,2} – Y+f	Y08 _{1,2} – Y	
7,1	5,25	5,19	4,93	<p>c) Se observa que si se afecta la resistencia a compresión en las probetas con pigmento natural.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - "Achiote": 				
E14 _{1,2} – E+m	E11 _{1,2} – E+s	E10 _{1,2} – E+f	E08 _{1,2} – E	
6,62	3,71	3,70	3,01	

3.2.2) Ensayo de capilaridad.

Capilaridad: la capilaridad es un proceso de los fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

El coeficiente de absorción de agua es el porcentaje que aumenta el peso de una probeta del material cuando se satura con agua. El coeficiente de absorción se puede determinar por inmersión total o bien por capilaridad. En este último caso también se denomina coeficiente de capilaridad (Emilio, 2013).

Nota: en este ensayo solo se ha sumergido a una probeta por muestra.


3.2.2.1) Materiales, herramientas y equipos

Tabla 20_CapIII: Materiales, herramientas y equipos/ capilaridad

Agua	Recipiente	Balanza electrónica, regla, cronometro
		

3.2.2.2) Desarrollo de ensayo

Tabla 21_CapIII: Desarrollo de ensayo de capilaridad.

DESARROLLO DE ENSAYO
<ol style="list-style-type: none">1. Comprobar que probetas estén con su respectiva identificación.2. La forma y dimensiones para el ensayo de capilaridad son de un cubo de 5cmx5cmx5cm.3. Pesar, medir cada probeta y secar con las manos limpias, estos datos nos servirán para cálculos posteriores.4. Selección de una cara de cada probeta.5. Colocar en el recipiente una malla o algo para que las probetas queden un poco más arriba del nivel 0.00.6. Vierte agua en el recipiente, y coloca las probetas en el interior del mismo por el lado de la cara seleccionada, de modo que quede sumergida en 1cm en agua, y se pone en marcha el cronometro.7. Pasado 5 minutos, se saca la probeta del agua, se la pasa ligeramente sobre un paño húmedo y se la pesa. Una vez cogido el peso se la regresa al recipiente con agua lo más rápido posible.8. Así sucesivamente se realiza al menos 5 medidas en diferentes tiempos: 5, 10, 15, 30, 60 minutos.9. Una vez realizadas todas las pesadas se saca las probetas del recipiente y los datos obtenidos se los pasa a una tabla de cálculo.
FOTOS

Nota: Las probetas deben ser sumergidas por la misma cara en todos los tiempos. No se debe salpicar ni chocar las probetas al ser manipuladas.

3.2.2.3) Calculo de absorción de agua por capilaridad:

Para calcular la absorción de agua por capilaridad se lo realiza de la siguiente forma:

Primero se elabora la tabla y luego con estos datos realizamos la gráfica en la cual se obtiene el coeficiente de capilaridad.

Tabla 22_CapIII: Ejemplo de cálculos/ ensayo de capilaridad.

CÓDIGO	PESO (g)	TIEMPO (min.)	PESO (g)	AUMENTO DE PESO (g)	SUPERFICIE DE APOYO			$\sqrt{\text{TIEMPO}}$ min	SOBREPESO/SUPE RFICIE DE APOYO
					LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)		
C14 ₃ - C+m	264,05	5	264,22	0,17	5	5	25	2,2360	0,0068
		10	266,88	2,83				3,1622	0,1132
		15	268,85	4,8				3,8729	0,192
		30	273,08	9,03				5,4772	0,3612
		60	279,89	14,84				7,7459	0,5936

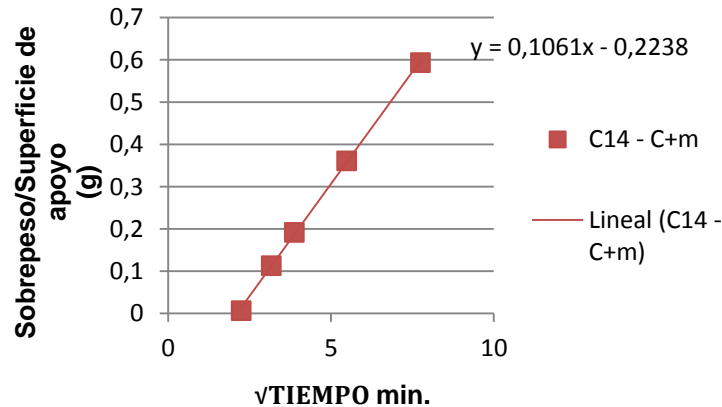


Fig. 5_CapIII: Relación (sobrepeso/superficie de apoyo)/ tiempo=coeficiente de capilaridad.

Datos:

Código: combinación de letras y números que funciona como clave de cada una de las probetas.

Peso: es el peso de la probeta en primera instancia seca y posteriormente húmeda.

Aumento de peso: es el peso de la probeta húmeda menos el peso de la probeta seca en los diferentes tiempos.

Superficie de apoyo: aquí se encuentra el largo, el ancho y el área de una de las caras de la probeta.

Tiempo: el tiempo en primera instancia se lo establece cada 5, 10, 15, 30, 60 para las medidas con respecto al peso y luego se saca la raíz cuadrada del mismo cuyo resultado ayudara para encontrar el coeficiente de absorción.

Sobrepeso/superficie de apoyo: el sobrepeso es el aumento de peso y la superficie de apoyo el área de una de las caras de la probeta, esta división nos ayudara a encontrar el coeficiente de absorción.

Nota: en la gráfica el eje (x) es la raíz cuadrada del tiempo y el eje (y) es el Sobrepeso/superficie de apoyo y esto es igual al coeficiente de capilaridad, que en este caso es de 0,1124.

Nota: en este ejemplo tenemos la tabla y la gráfica de una sola probeta.

3.2.2.4) Calculo de absorción de agua por capilaridad – todas las muestras.

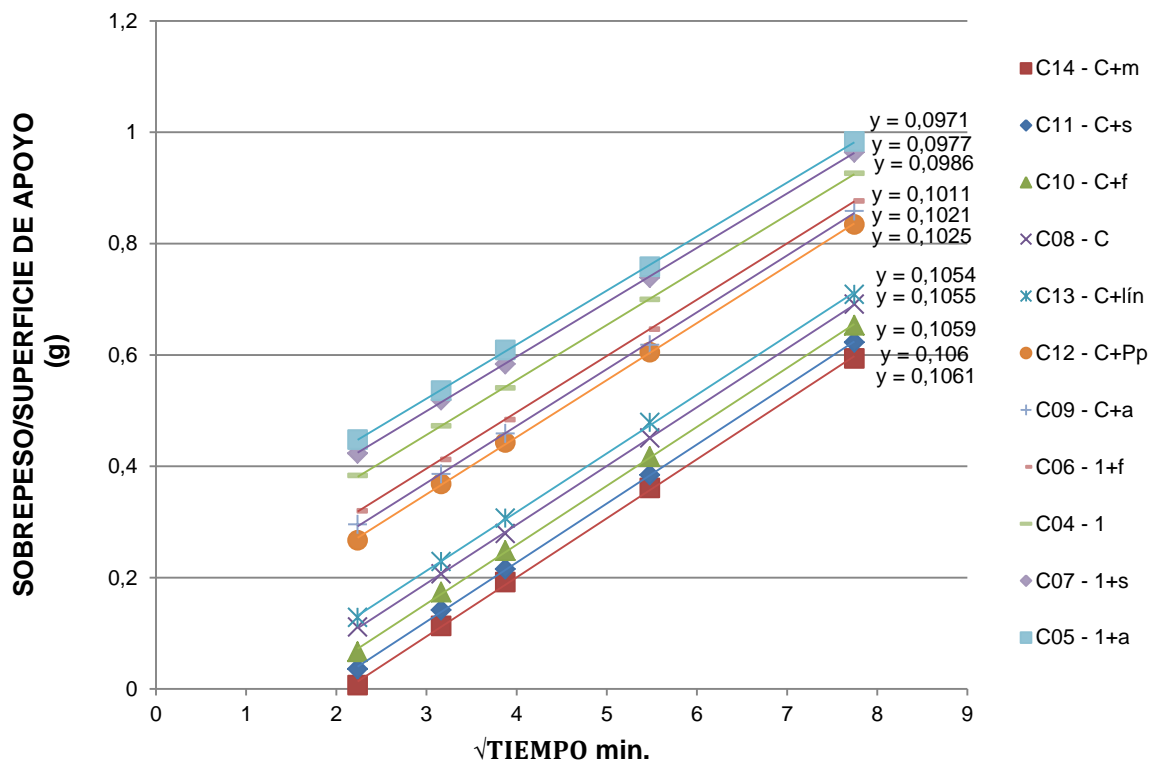


Fig. 6_CapIII: Coeficiente de capilaridad: “cumbiá”.

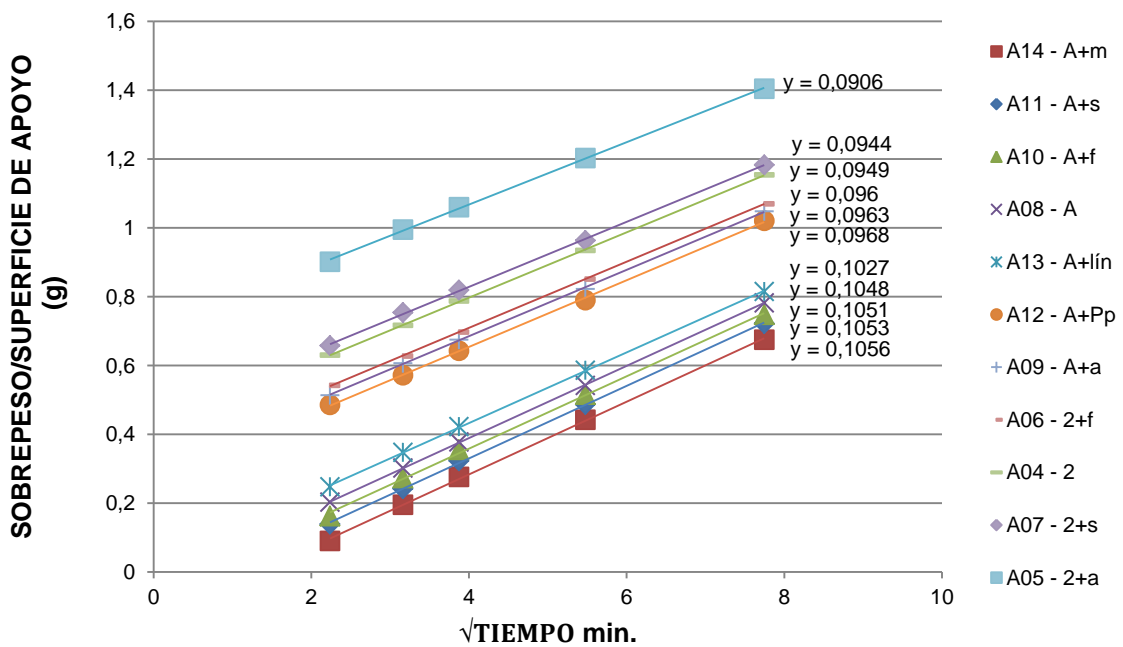


Fig. 7_CapIII: Coeficiente de capilaridad: “achotillo”.

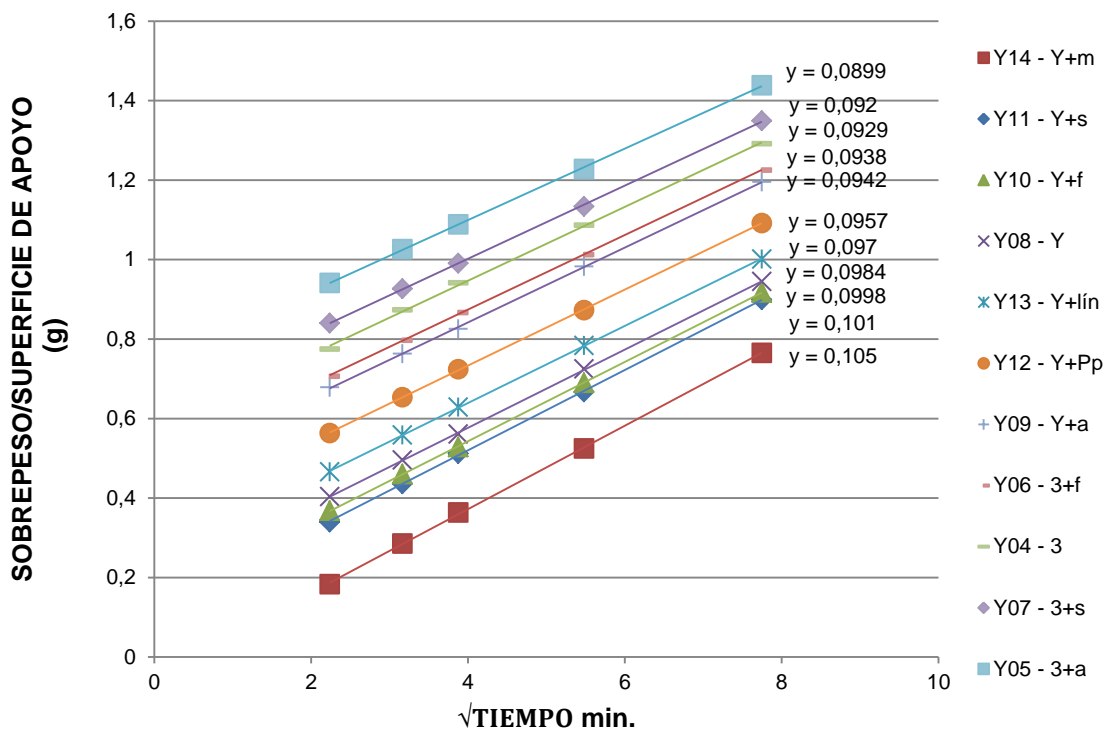


Fig. 8_CapIII: Coeficiente de capilaridad: "yamakay".

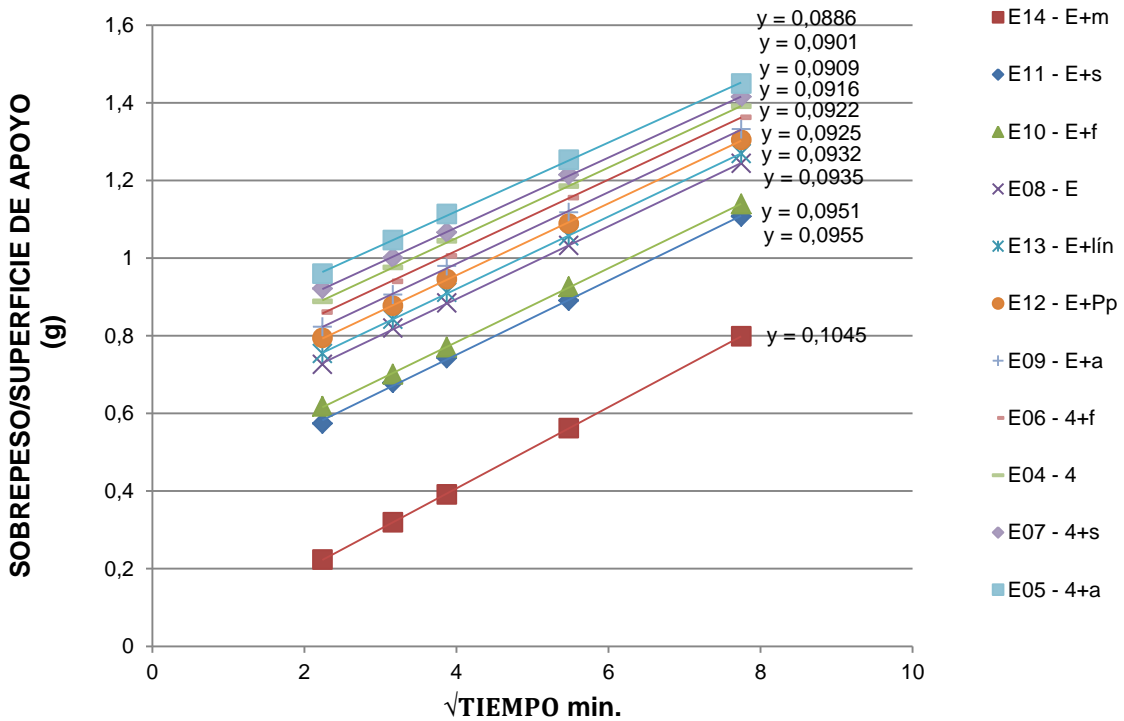


Fig. 9_CapIII: Coeficiente de capilaridad: "achiote".

3.2.2.5) Calculo de absorción de agua por capilaridad - todas las muestras.

Tabla 23_CapIII: Calculo de absorción de agua por capilaridad - todas las muestras – tabla.

LOTE	CÓDIGO	CAPILARIDAD [g/(cm ² .min ^{1/2})]	CÓDIGO	CAPILARIDAD [g/(cm ² .min ^{1/2})]	CÓDIGO	CAPILARIDAD [g/(cm ² .min ^{1/2})]	CÓDIGO	CAPILARIDAD [g/(cm ² .min ^{1/2})]
03	M03 ₃	0,1500						
04	C04 ₃ – 1	0,0986	A04 ₃ – 2	0,0949	Y04 ₃ – 3	0,0929	E04 ₃ – 4	0,0909
05	C05 ₃ – 1+a	0,0971	A05 ₃ – 2+a	0,0906	Y05 ₃ – 3+a	0,0899	E05 ₃ – 4+a	0,0886
06	C06 ₃ – 1+f	0,1011	A06 ₃ – 2+f	0,096	Y06 ₃ – 3+f	0,0938	E06 ₃ – 4+f	0,0916
07	C07 ₃ – 1+s	0,0977	A07 ₃ – 2+s	0,0944	Y07 ₃ – 3+s	0,092	E07 ₃ – 4+s	0,0901
08	C08 ₃ – C	0,1055	A08 ₃ – A	0,1048	Y08 ₃ – Y	0,0984	E08 ₃ – E	0,0935
09	C09 ₃ – C+a	0,1021	A09 ₃ – A+a	0,0963	Y09 ₃ – Y+a	0,0942	E09 ₃ – E+a	0,0922
10	C10 ₃ – C+f	0,1059	A10 ₃ – A+f	0,1051	Y10 ₃ – Y+f	0,0998	E10 ₃ – E+f	0,0951
11	C11 ₃ – C+s	0,1060	A11 ₃ – A+s	0,1053	Y11 ₃ – Y+s	0,1009	E11 ₃ – E+s	0,0955
12	C12 ₃ – C+Pp	0,1025	A12 ₃ – A+Pp	0,0968	Y12 ₃ – Y+Pp	0,0957	E12 ₃ – E+Pp	0,0925
13	C13 ₃ – C+lín	0,1054	A13 ₃ – A+lín	0,1027	Y13 ₃ – Y+lín	0,097	E13 ₃ – E+lín	0,0932
14	C14 ₃ – C+m	0,1061	A14 ₃ – A+m	0,1056	Y14 ₃ – Y+m	0,105	E14 ₃ – E+m	0,1045

3.2.2.6) Resultados y conclusiones específicas.

Tabla 24_CapIII: Resultados y conclusiones específicas/ ensayo de capilaridad.

RESULTADOS								CONCLUSIONES
a) En las probetas con pigmento natural los mejores resultados en [g/(cm ² . min ^{1/2})] son los siguientes:								a) La probeta con mejor resultado es C03 ₃ . b) Las probetas con mejores resultados de cada color son: C14 ₃ , A14 ₃ , Y14 ₃ , E14 ₃
“Cumbia”				“Achotillo”				
C14 ₃ -	C11 ₃ -	C10 ₃ -	C08 ₃ -	A14 ₃ -	A11 ₃ -	A10 ₃ -	A08 ₃ -	
C+m	C+s	C+f	C	A+m	A+s	A+f	A	
0,1061	0,1060	0,1059	0,1055	0,1056	0,1053	0,1051	0,1048	
“Yamakay”				“Achiote”				
Y14 ₃ -	Y11 ₃ -	Y10 ₃ -	Y08 ₃ -	E14 ₃ -	E11 ₃ -	E10 ₃ -	E08 ₃ -	
Y+m	Y+s	Y+f	Y	E+m	E+s	E+f	E	
0,105	0,1009	0,0998	0,0984	0,1045	0,0955	0,0951	0,0935	

3.2.3) Ensayo de porosidad.

Porosidad: la palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida. Es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades, esta puede influir por ejemplo en las resistencias mecánicas.

Nota: a menor tamaño de las partículas menor será la porosidad de la probeta y viceversa.


3.2.3.1) Materiales, herramientas y equipos.

Tabla 25_CapIII: Materiales, herramientas y equipos/ porosidad.

Agua	Recipiente hondo	Balanza electrónica, cronometro
		

3.2.3.2) Desarrollo de ensayo

Tabla 26_CapIII: Desarrollo de ensayo/ porosidad

DESARROLLO DE ENSAYO	FOTOS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se pesa todas las probetas aun secas. 2. Se coloca las probetas en un recipiente hondo con agua limpia. 3. Al cabo de 24 horas con las probetas en inmersión se las saca y se las pesa. Una vez pesadas todas las probetas, los datos obtenidos se los pasa a una tabla de cálculo. 	
<p>Nota: Solo una probeta llego a las 24 horas sin daño fue la C03.</p>	

3.2.3.3) Calculo de porosidad

Tabla 27_CapIII: Ejemplo - cálculo de porosidad.

CÓDIGO	PESO SECO	PESO SATURADO	AUMENTO DE PESO	POROSIDAD
	(g)	(g)		(%)
C14 ₃ – C+m	264,05	280,45	16,4	6,2109

Datos:

Peso seco: es el peso de la probeta sin adición de agua.

Peso saturado: peso de la probeta transcurrida las 24 horas de haber estado sumergida en agua.

Aumento de peso: es el peso saturado menos el peso seco de la probeta.

Porosidad: se la obtiene dividiendo el aumento de peso para el peso seco.

Nota: en este ejemplo tenemos en la tabla de una sola probeta pero es el mismo procedimiento en todas las demás.

3.2.3.4) Calculo de porosidad – todas las muestras.

Tabla 28_CapIII: Calculo de porosidad – todas las muestras.

LOTE	CÓDIGO	POROSIDAD (%)	CÓDIGO	POROSIDAD (%)	CÓDIGO	POROSIDAD (%)	CÓDIGO	POROSIDAD (%)
Lote 03	M03 ₃	6,86						
Lote 04	C04 ₃ – 1	14,42	A04 ₃ – 2	18,71	Y04 ₃ – 3	19,73	E04 ₃ – 4	21,09
Lote 05	C05 ₃ – 1+a	15,41	A05 ₃ – 2+a	21,38	Y05 ₃ – 3+a	21,99	E05 ₃ – 4+a	22,1
Lote 06	C06 ₃ – 1+f	13,4	A06 ₃ – 2+f	17,21	Y06 ₃ – 3+f	19,49	E06 ₃ – 4+f	20,56
Lote 07	C07 ₃ – 1+s	15,07	A07 ₃ – 2+s	19,19	Y07 ₃ – 3+s	20,16	E07 ₃ – 4+s	21,74
Lote 08	C08 ₃ – C	10,22	A08 ₃ – A	11,74	Y08 ₃ – Y	14,73	E08 ₃ – E	19,57
Lote 09	C09 ₃ – C+a	13,06	A09 ₃ – A+a	16,59	Y09 ₃ – Y+a	19,39	E09 ₃ – E+a	20,01
Lote 10	C10 ₃ – C+f	9,92	A10 ₃ – A+f	11,17	Y10 ₃ – Y+f	14,26	E10 ₃ – E+f	18,46
Lote 11	C11 ₃ – C+s	9,56	A11 ₃ – A+s	10,78	Y11 ₃ – Y+s	13,75	E11 ₃ – E+s	17,91
Lote 12	C12 ₃ – C+Pp	12,59	A12 ₃ – A+Pp	16,04	Y12 ₃ – Y+Pp	17,64	E12 ₃ – E+Pp	19,98
Lote 13	C13 ₃ – C+lín	10,5	A13 ₃ – A+lín	12,28	Y13 ₃ – Y+lín	15,72	E13 ₃ – E+lín	19,6
Lote 14	C14 ₃ – C+m	8,88	A14 ₃ – A+m	9,96	Y14 ₃ – Y+m	11,44	E14 ₃ – E+m	12,01

3.2.3.5) Calculo de porosidad – todas las muestras.

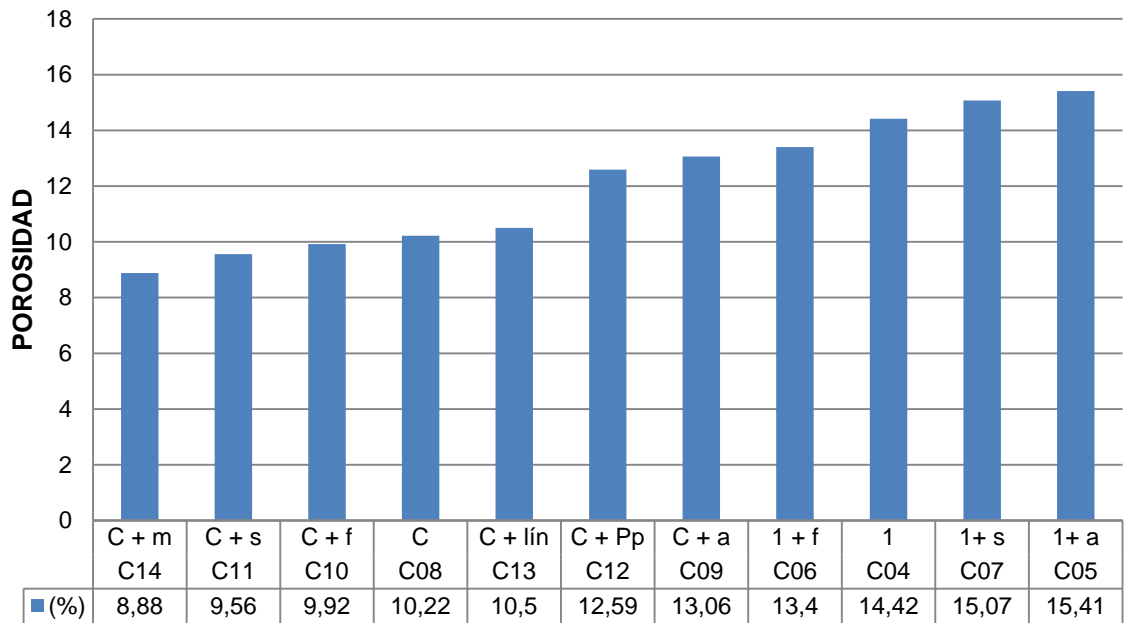


Fig. 10_CapIII: Porosidad: “cumbiá”.

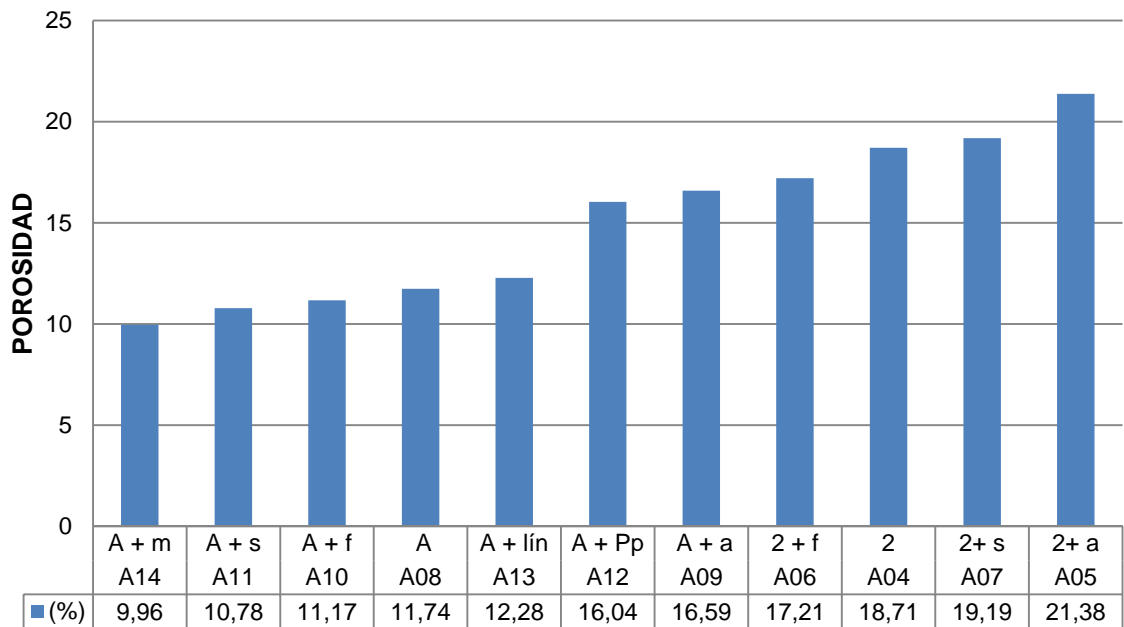


Fig. 11_CapIII: Porosidad: “achotillo”.

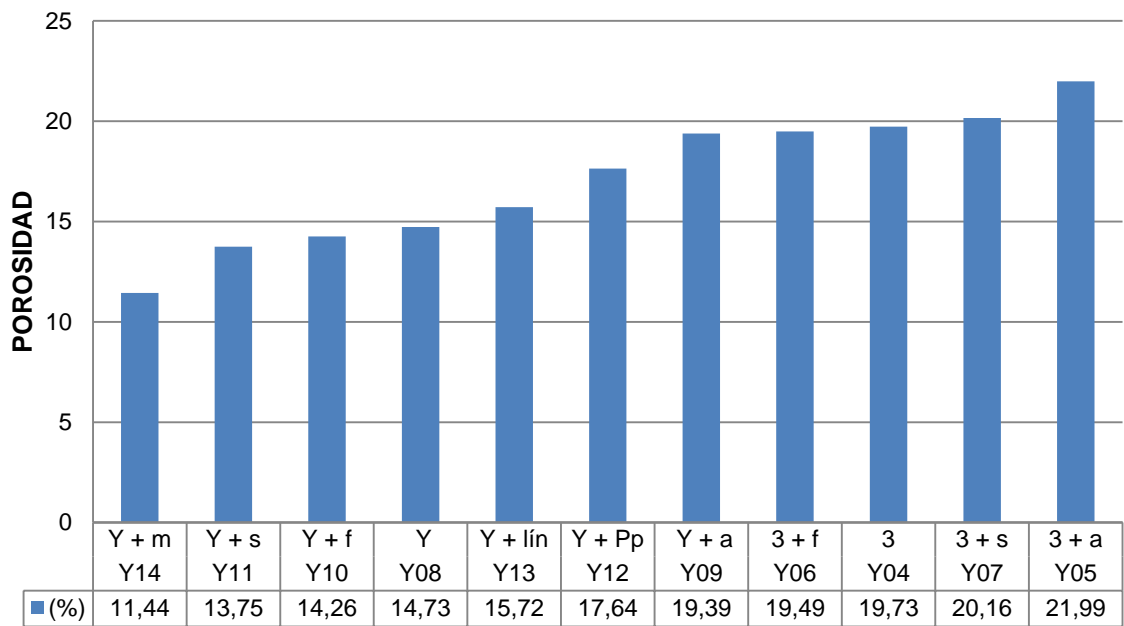


Fig. 12_CapIII: Porosidad: "yamakay".

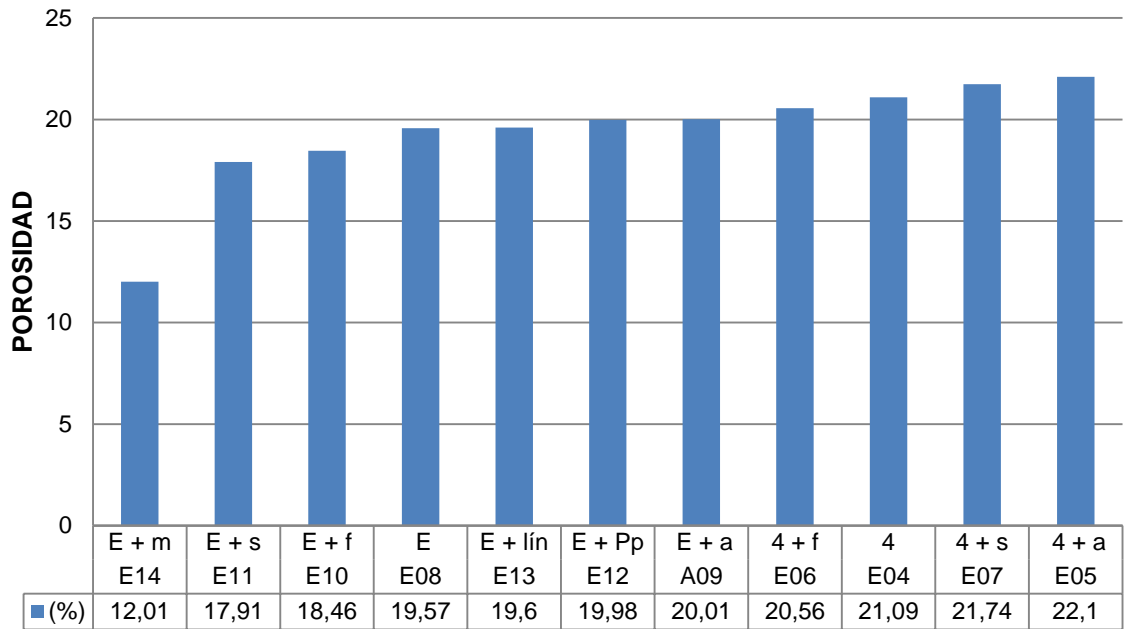


Fig. 13_CapIII: Porosidad: "achiote".

3.2.3.6) Resultados y conclusiones específicas.

Tabla 29_CapIII: Resultados y conclusiones específicas/ ensayo de porosidad.

RESULTADOS								CONCLUSIONES
a) En las probetas con pigmento natural los mejores resultados en (%) son los siguientes:								a) La probeta con mejor resultado es C03 ₃ . b) Las probetas con mejores resultados de cada color son: C14 ₃ , A14 ₃ , Y14 ₃ , E14 ₃
“Cumbia”				“Achotillo”				
C14 ₃ – C+m	C11 ₃ – C+s	C10 ₃ – C+f	C08 ₃ – C	A14 ₃ – A+m	A11 ₃ – A+s	A10 ₃ – A+f	A08 ₃ – A	
8,88	9,56	9,92	10,22	9,96	10,78	11,17	11,74	
“Yamakay”				“Achiote”				
Y14 ₃ – Y+m	Y11 ₃ – Y+s	Y10 ₃ – Y+f	Y08 ₃ – Y	E14 ₃ – E+m	E11 ₃ – E+s	E10 ₃ – E+f	E08 ₃ – E	
11,44	13,75	14,26	14,73	12,01	17,91	18,46	19,57	

3.3) Resultados y conclusiones generales para determinar aplicabilidad posterior.

3.3.1) Dosificación

La dosificación 1:2 es conveniente por apreciación de color esto se especificó en la determinación de dosificación.

3.3.2) Relación pig. – c (pigmento – cemento)

Tabla 30_CapIII: Resultados y conclusiones generales - relación (pigmento – cemento) – mortero.

RESULTADOS	CONCLUSIONES
Con relación al porcentaje (%) de pigmento en base al peso del cemento, se observó que la adición de pigmento en el mortero esta desde un 0,24% a un 0,58%.	Se puede concluir que por un lado no llega ni al 1% que es menor al máximo establecido en la norma DIN 53 237 “Pigments for colouring cement-based and lime-based building materials” que es del 5% en estructuras no reforzadas y por otro lado que tenemos casos en los que se supera el 0,5% que es utilizado en estructuras reforzadas según la norma DIN 53 237.

3.3.3) Muestras con mejor coloración.

“Cumbiá”	C10 – C+f, C11 – C+s
“Achotillo”	A10 – A+f, A12 – A+Pp, A13 – A+lín
“Yamakay”	<u>Y10</u> – Y+f, Y14 – Y+m
“Achiote”	E10 – E+f, E11 – E+s

3.3.4) Pruebas de laboratorio.

Tabla 31_CapIII: Resultados y conclusiones generales- pruebas de laboratorio – mortero.

ESTO SUCEDE AL OBSERVAR LOS RESULTADOS DE CADA PIGMENTO:		
ENSAYOS		
ENSAYO	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Ensayo de porosidad	Observamos que en las pruebas entre un pigmento y otro hay una similitud en cuanto a orden de resultados: Van en este orden: mejores resultados en parte superior y así se va descendiendo.(14,11,10,08,13,12,09,06,04,07,05)	Esta similitud en orden de resultados se debe a que las muestras de una misma mezcla tienen compuestos y reacciones similares por esto por ejemplo las muestras que tienen microsilica aunque tengan diferente pigmento tienen similitud en orden de resultados, todas son las primeras en la mayoría de pruebas.
Resistencia a compresión		
Ensayo de capilaridad	Observamos que entre más disminuya la porosidad y aumente la capilaridad la resistencia aumenta.	Esto se debe a que entre menos poroso sea un material más compacto es y por consiguiente más resistente. Y entre más pequeños y finos como un tubo capilar sean los poros en un material más aumentará la capilaridad.
ADICIONES		
ADICIÓN	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Acelerante	Perjudican resistencia	Reduce el tiempo de fraguado pero disminuye la resistencia final.
Caolín	Perjudican resistencia	No está permitiendo una buena oclusión de los poros perjudicando resistencia final.
Piedra pómez	Perjudican resistencia	Está ofreciendo una oclusión de poros menor que la que ofrece el caolín.
Fluidificante reductor de agua	Benefician resistencia	Al disminuir el contenido de agua y aumentar trabajabilidad aumenta la resistencia.
Microsilica	Benefician resistencia con fluidificante.	El humo de sílice es un compuesto que permite una mayor y mejor oclusión de poros, mejorando la mezcla y ofreciendo de esta manera un producto más estable, resistente y duradero.
Sílice (cuarzo)	Beneficia resistencia con fluidificante.	El fluidificante le ayuda al sílice a dar más resistencia.

PORCENTAJE DE PIGMENTO, RELACIÓN A/C		
GUÍA	RESULTADO	CONCLUSIÓN
A mayor sustitución de pigmento natural se presenta una disminución de resistencia.	Pero aquí observamos que las muestras que tienen acelerante, caolín, piedra pómez, aunque tengan una cantidad baja de pigmento tienen baja resistencia.	Por esto se puede decir que las adiciones pueden hacer variar los resultados.
A menor proporción de agua/cemento (a/c) conduce a la mayor resistencia y durabilidad.	Pero aquí observamos que las muestras que tienen acelerante, caolín, piedra pómez, aunque tengan igual o menor proporción a/c tienen baja resistencia.	
EN GENERAL		
	RESULTADO	CONCLUSIÓN
Mezcla		
	En las muestras con la misma mezcla pero diferente a/c se cumplen las reglas.	Se debe a que son muestras con las mismas características ya que tienen los mismos componentes.
	En las muestras de diferente mezcla el a/c aunque sea bajo la resistencia depende más de la adición que tenga la muestra.	Se debe a que son muestras con diferentes características ya que no tienen los mismos componentes.
Fluidificante reductor de agua		
	Observamos que las muestras con fluidificante y un bajo a/c son las que tienen mejores resultados.	Esto se debe al aditivo que beneficia a la muestra, porque al poder reducir el contenido de agua en el mortero se puede conseguir un material más resistente.
Acelerante		
	Observamos que las muestras con acelerante y un alto a/c tienen resultados no beneficiosos.	Esto se debe al aditivo que no beneficia a la muestra. A más de tener un porcentaje de pigmento y a/c altos.

Fraguado	
Se observa que en todas las muestras el tiempo de fraguado se alarga en unas más que en otras esto varía dependiendo de la cantidad de pigmento, a la relación a/c y al tipo de aditivo.	La adición de compuestos orgánicos retrasa (alarga) los tiempos de fraguado para todas las dosificaciones y para cada uno de los aditivos utilizados.
En las muestras que tienen acelerante aunque tienen menos tiempo de fraguado que otras muestras su resistencia no se favorece.	Esto se debe a que el acelerante aunque disminuye tiempo de fraguado tiende a disminuir resistencia final.
ESTO SUCEDE AL UNIR TODOS LOS RESULTADOS:	
<p>Se observa que las muestras de una misma mezcla pero diferente pigmento va bajando su resistencia dependiendo a que pigmento pertenezca por ejemplo: (C14, A14, Y14, E14); (C11, A11, Y11, E11) (en estos ejemplos las muestras con mejor resultado son las de “cumbiá”, de ahí sigue con las de “achotillo”, se continua con las de “yamakay” y finalmente las de “achiote”). Esto ocurre con todas muestras de igual mezcla pero diferente pigmento en el mismo orden.</p> <p>También se observa que las muestras de diferente mezcla, diferente a/c, diferente pigmento la resistencia depende de las adiciones que tiene.</p>	<p>Esto se debe a que al ver a cada pigmento por separado solo se ve lo que pasa con este color pero al verlo en conjunto se puede apreciar lo que pasa con los 4 pigmentos.</p> <p>Y al igual que al verlos por separado aquí ocurre lo mismo los resultados dependen del porcentaje de pigmento, de las adiciones, de la relación a/c.</p>

3.3.5) Mejores resultados y conclusiones.

Tabla 32 CapIII: Mejores resultados y conclusiones para determinar aplicabilidad posterior.

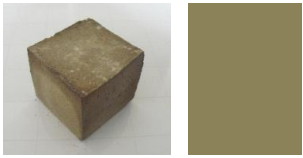


RESULTADOS	CONCLUSIONES
Las probetas con resultados buenos tanto en las pruebas de laboratorio como en coloración son: C10 – C+f, A10 – A+f, Y10 – Y+f.	<ul style="list-style-type: none"> - Se escogieron estas muestras (C10 – C+f, A10 – A+f, Y10 – Y+f) que contienen fluidificante porque cumplieron tanto con las pruebas de laboratorio como de coloración. - No se escogieron las muestras (C14 - C+m, A14 - A+m, Y14 – Y+m) que contienen microsíllica, fluidificante y tienen mejores resultados en las pruebas de laboratorio porque no tienen buena coloración. - No se escogieron las muestras (C11 - C+s, A11 - A+s, Y11 – Y+s) que contienen sílice (cuarzo), fluidificante y tienen buenos resultados tanto en las pruebas de laboratorio como en coloración porque el cuarzo es un mineral difícil de obtener además que es muy apreciado por su belleza y tiempo de formación. El cuarzo demora más de 10 mil millones de años en formarse. - No se escogió ninguna muestra con pigmento de achote porque el achotillo tiene mejores resultados y el color entre estos dos pigmentos se asemeja.

3.4) Evaluación de mejores resultados obtenidos y determinación de aplicabilidad.

Después de realizar los diferentes ensayos; aquí se efectuarán las determinaciones y evaluaciones con énfasis en las probetas con mejores resultados.

3.4.1) Descripción del color en los mejores resultados obtenidos.

Tabla 33 CapIII: Descripción del color en los mejores resultados obtenidos.

Información básica del color, de probetas elegidas con los mejores resultados:	
<p>C10 – C+f</p> 	<p>#8b8259 Descripción de color: amarillo oscuro. En un espacio de color RGB, hexadecimal # 8b8259 se compone de 54,5% de rojo, verde y 51% 34.9% de azul. Mientras que en un espacio de color CMYK, que se compone de 0% de cian, magenta 6,5%, 36% amarillo y 45,5% de negro.</p>
<p>A10 – A+f</p> 	<p># 927029 Descripción de color: naranja oscuro. En un espacio de color RGB, hexadecimal # 927029 se compone de 57,3% de rojo, verde y 43.9% 16.1% de azul. Mientras que en un espacio de color CMYK, que se compone de 0% cian, magenta 23,3%, 71,9% y 42,7% amarillo negro</p>
<p>Y10 – Y+f</p> 	<p># 724339 Descripción de color: rojo muy oscuro desaturado. En un espacio de color RGB, hexadecimal # 724339 se compone de 44,7% de rojo, verde y 26.3% 22.4% de azul. Mientras que en un espacio de color CMYK, que se compone de 0% de cian, magenta 41,2%, 50% amarillo y 55,3% de negro.</p>

3.4.2) Evaluación de pruebas de laboratorio con los mejores resultados.

En las siguientes tablas se observa un resumen de muestras con mejores resultados y la normativa que se acopla con los resultados para así determinar la aplicabilidad.

Tabla 34_CapIII: Evaluación de pruebas de laboratorio con los mejores resultados.

CÓDIGO	pig.-c (%)	Rc. máx.		CAPILARIDAD		POROSIDAD (%)
		(kgf/cm ²)	(N/mm ²)	[g/(cm ² .min ^{1/2})]	(kg/m ² .min 0,5)	
C10 – C+f	0,24	14,8	1,48	0,1059	1,059	9,92
A10 – A+f	0,32	7,53	0,75	0,1051	1,051	11,17
Y10 – Y+f	0,40	5,19	0,51	0,0998	0,998	14,26

3.4.3) Evaluación de normas en base a los mejores resultados obtenidos.

Tabla 35_CapIII: Evaluación de normativa en base a los mejores resultados obtenidos.

pig.-c	Rc. Máx. (N/mm ²)	CAPILARIDAD (kg/m ² .min 0,5)	POROSIDAD (%)
norma DIN 52 237	Resistencia a compresión (EN 1015-11)	(EN 1015-18)	(EN 1015-18)
≤ 5%	0,4 a 2,5	CSI	Buena calidad compacto <20%

3.4.4) Aplicación de mortero según CTE (código técnico de la edificación).

Según CTE (código técnico de la edificación) los morteros obtenidos son de clase CS I, destinados a uso interior. Son morteros menos cohesionados, no adecuados para soportar cambios ambientales bruscos o extremos. Y tienen una resistencia no necesaria a la filtración.

3.4.5) Determinación de aplicabilidad.

Según los resultados obtenidos las muestras tienen características adecuadas para ser utilizadas como mortero de categoría CSI en uso interior que no tiene una resistencia necesaria a la filtración.

CAPÍTULO IV

4) PROPUESTA DE REVOQUE FINO DE MORTERO CON PIGMENTO NATURAL PARA PAREDES INTERNAS

4.1) Introducción al revoque fino de mortero con pigmento natural para paredes internas

La propuesta es la aplicación de un revoque de mortero con pigmento natural, en una pared de ladrillo y en otra de bloque de hormigón para evaluarla de manera práctica.

Se utilizó las mezclas de las probetas (C10, A10, Y10) que son las que tuvieron los mejores resultados.

Tabla 1_CapIV: Resumen de mejores resultados de probetas (C10, A10, Y10).

PRUEBAS DE LABORATORIO				
CODIGO	RELACIÓN PIGMENTO - CEMENTO	RESISTENCIA MÁXIMA	CAPILARIDAD	POROSIDAD
	(%)	(N/mm ²)	(kg/m ² .min 0,5)	(%)
C10 – C+f	0,24	1,48	1,059	9,92
A10 – A+f	0,32	0,75	1,051	11,17
Y10 – Y+f	0,40	0,51	0,998	14,26
NORMAS				
	≤ 5%	0,4 a 2,5	CSI	Buena calidad compacto <20%
Aplicación de Mortero según CTE (Código Técnico de la Edificación).				
Los morteros de clase CS I se destinan a uso interior. Son morteros menos cohesionados, no adecuados para soportar cambios ambientales bruscos o extremos. Y tienen una resistencia no necesaria a la filtración.				
MEJOR COLORACIÓN				
C10 – C+f		A10 – A+f		Y10 – Y+f
	Color: amarillo oscuro		Color: naranja oscuro	
				Color: rojo muy oscuro desaturado

El objetivo de esta evaluación es conocer la reacción del material obtenido al llevarlo a la práctica.



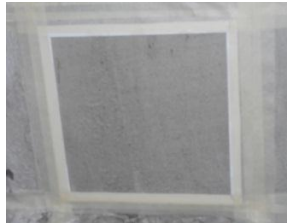
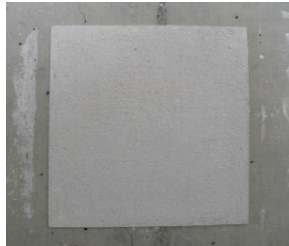
4.2) Elaboración de revoque fino de mortero con pigmento natural para paredes internas

Para la aplicación del revoque los materiales (diferentes cantidades), las herramientas (acepción: moldes, pisón manual, desencofrante), dosificación, mezclas y el desarrollo de muestras; son iguales a las utilizadas en la elaboración de las probetas (C10, A10, Y10) pero en un diferente soporte y otras acepciones vistas en la práctica.

4.3) Aplicación de revoque en pared de bloque de hormigón y de ladrillo

Para aplicar el revoque tanto en pared de ladrillo como de hormigón se selecciona solo un área pequeña de pared ya que solo se requiere evaluar al material de manera práctica.

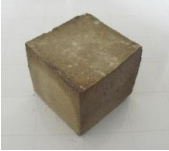












Tabla 2_CapIV: Procedimiento de la aplicación de revoque

PROCEDIMIENTO: APLICACIÓN DE REVOQUE	
<ol style="list-style-type: none">1. Colocar pequeños listones de 0,5 cm de grosor que servirán de guía para el enlucido.2. Verificar que en la superficie donde se va a trabajar no se encuentren huecos o irregularidades para no desperdiciar material.3. Preparar el mortero con el que se va a trabajar.4. Humedecer bien la superficie de trabajo con una brocha o una esponja. Después, empezar a tender el mortero con una llana y una espátula.5. Para tender el mortero es conveniente aplicarlo con fuerza. Siempre en dirección ascendente.6. Luego con un reglón rasear toda la superficie para que quede igualada con los listones guía. Si es necesario, pasar de nuevo la llana. Los listones se quitan cuando el mortero ha fraguado.	
FOTOS	
	
	

4.4) Resultados y conclusiones en la aplicación de revoque de mortero con pigmento natural en pared de bloques de hormigón y de ladrillo




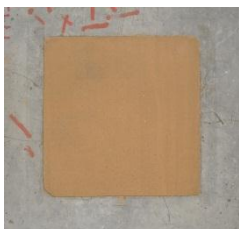









4.4.1) Resultados de revoque de mortero con pigmento natural de “cumbiá”.

Tabla 3_CapIV: Resultado de revoque de mortero con pigmento natural de “cumbiá”.

RESULTADOS DE REVOQUE EN PARED DE BLOQUES DE HORMIGÓN Y LADRILLO		 
C10 – C+f		#8b8259 Color: amarillo oscuro
PARED DE BLOQUE DE HORMIGÓN		
1er día (día de elaboración)	1 semana después	1 mes después
		
1er día (día de elaboración)		
 # 585f57 Color: Verde lima gris muy oscuro.	 # 858d7e Color: verde grisáceo oscuro.	 # 939482 Color: amarillo grisáceo oscuro.
PARED DE LADRILLO		
		
 # 515a57 Color: verde lima (cian) gris muy oscuro.	 # 868a71 Color: amarillo grisáceo oscuro.	 # 9c9376 Color: amarillo grisáceo oscuro.

4.4.2) Resultados de revoque de mortero con pigmento natural de “achotillo”.

Tabla 4_CapIV: Resultado de revoque de mortero con pigmento natural de “achotillo”.

RESULTADOS DE REVOQUE EN PARED DE BLOQUES DE HORMIGÓN Y LADRILLO		
A10 – A+f		# 927029 Color: naranja oscuro
PARED DE BLOQUE DE HORMIGÓN		
1er día (día de elaboración)	1 semana después	1 mes después
		
 # c29540 Color: naranja moderado.	 # Af8b57 Color: naranja oscuro moderado.	 # b2885e Color: naranja oscuro moderado.
PARED DE LADRILLO		
		
 # a68d4b Color: naranja oscuro moderado.	 # 85622c Color: naranja oscuro moderado.	 # A98650 Color: naranja oscuro moderado.

4.4.3) Resultados de revoque de mortero con pigmento natural de “yamakay”.

Tabla 5_CapIV: Resultado de revoque de mortero con pigmento natural de “yamakay”.

RESULTADOS DE REVOQUE EN PARED DE BLOQUES DE HORMIGÓN Y LADRILLO			
Y10 – Y+f		# 724339 Color: rojo muy oscuro desaturado.	
PARED DE BLOQUE DE HORMIGÓN			
1er día (día de elaboración)	1 semana después	1 mes después	
			
 # 9c8f6c Color: naranja oscuro desaturado	 # 9c7f79 Color: Rojo oscuro grisáceo.	 # 897672 Color: Rojo oscuro grisáceo.	
PARED DE LADRILLO			
			
 # 71633e Color: naranja oscuro desaturado	 # 867b79 Color: Rojo oscuro grisáceo.	 # 937a73 Color: Rojo oscuro grisáceo.	

4.4.4) Resultados generales de revoque de mortero con pigmento natural.

Tabla 6_CapIV: Resultados generales de revoque con mortero pigmentado.

RESULTADOS DE REVOQUE EN PAREDES DE HORMIGÓN Y LADRILLO	
PARED DE BLOQUE DE HORMIGÓN	PARED DE LADRILLO
C10, A10, Y10	C10, A10, Y10
	

4.4.5) Conclusiones específicas en la aplicación de revoque de mortero con pigmento natural en paredes de bloque de hormigón y de ladrillo.

Tabla 7_CapIV: Conclusiones específicas de revoque de mortero con pigmento natural.

CONCLUSIONES DE REVOQUE EN PAREDES DE BLOQUES DE HORMIGÓN Y LADRILLO		
COLOR EN PARED DE BLOQUE DE HORMIGÓN	COLOR EN PARED DE LADRILLO	CONCLUSIONES
C10	C10	C10
El color va cambiando primero es un verde lima despues pasa a verde grisáceo hasta quedar en un amarillo grisáceo.	El color va cambiando primero es un verde lima despues pasa y queda como un amarillo grisáceo.	El color final de revoque se asemeja al color de probeta base. El color obtenido al final es el mismo en ambos componentes.
El color de la probeta base es: amarillo oscuro		
A10	A10	A10
El color va cambiando primero es un naranja moderado despues pasa y queda en un naranja oscuro moderado.	El color es el mismo en todas las mediciones de color es un naranja oscuro moderado	El color final de revoque se asemeja al color de probeta base. El color obtenido al final es el mismo en ambos componentes.
El color de la probeta base es: naranja oscuro		
Y10	Y10	A10
El color va cambiando primero naranja oscuro desaturado despues pasa y queda en un rojo oscuro grisáceo.	El color va cambiando primero naranja oscuro desaturado despues pasa y queda en un rojo oscuro grisáceo.	El color final de revoque se asemeja al color de probeta base. El color obtenido al final es el mismo en ambos componentes.
El color de la probeta base es: rojo muy oscuro desaturado.		

4.4.6) Conclusiones generales en la aplicación de revoque de mortero con pigmento natural en pared de bloque de hormigón y de ladrillo.

En conclusión se da una variación de color la misma que depende del soporte y del tipo de pigmento;

Depende del soporte porque: al colocar el revoque en una pared de bloque de hormigón los tiempos de variación de color son diferentes a los que se dan en la pared de ladrillo (no en todos los casos, pero si en la mayoría).

Depende del tipo de pigmento porque: en unos pigmentos muestran más la variación de tonalidad de color que otros.

Caso análogo: lo que ocurre en este caso es algo similar a lo que ocurre entre los pigmentos y los tipos de papel: el pigmento varía su color dependiendo del tipo de papel, es decir el color depende del soporte (esto se da en algunos casos).

4.5) Análisis económico

En todo proyecto se requiere un análisis de la parte económica que involucra tener conocimiento de los requerimientos físicos, humanos, tecnológicos y materiales necesarios para operativizar de manera eficiente desde el punto de vista de la rentabilidad y rendimientos a largo plazo de producción de mortero.

Para poder hacer una comparación de precios se hará el análisis económico del revoque de mortero con pigmento natural, con pigmento sintético y sin pigmento, con material gris. Al revoque de mortero sin pigmento se le sumara al resultado una terminación en pintura.

A continuación se presenta en tablas el análisis económico del revoque que se necesita para cubrir 1m² de pared de ladrillo y de bloque de hormigón con una profundidad de 1cm.

4.5.1) Análisis económico de revoque fino de mortero con pigmento natural.

Tabla 8_CapIV: Análisis económico de revoque de mortero con pigmento natural.

RUBRO: Revoque fino: mortero con pigmento natural					UNIDAD:	m ²
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR (5%M.O.)					0,20	
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL CONFORME AL RUBRO	1,00	0,05	0,05	0,6000	0,03	
ANDAMIOS	1,00	0,70	0,70	0,6000	0,42	
SUBTOTAL M					0,65	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEÓN DE ALBAÑIL	1,00	3,18	3,18	0,6000	1,91	
ALBAÑIL	1,00	3,22	3,22	0,6000	1,93	
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	0,0600	0,21	
SUBTOTAL N					4,05	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
		A	B	D=A*B		
CEMENTO PORTLAND BLANCO	Kg.	7,6	0,3	2,28		
ARENA SÍLICA	Kg.	15,2	0,114	1,73		
AGUA	m ³ .	0,003	2,5	0,01		
PIGMENTO NATURAL	g.	30,4	0,01	0,30		
FLUIDIFICANTE REDUCTOR DE AGUA	l.	0,076	1,95	0,1482		
SUBTOTAL O				4,47		
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)			0,65 + 4,05 + 4,47		9,17	
INDIRECTOS %			8,0%		0,73	
UTILIDAD %			6,0%		0,55	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10,45	

4.5.2) Análisis económico de revoque fino de mortero con pigmento sintético.

Tabla 9_CapIV: Análisis económico de revoque fino de mortero con pigmento sintético.

RUBRO: Revoque: mortero con pigmento sintético					UNIDAD:	m ²
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR (5%M.O.)					0,20	
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL CONFORME AL RUBRO	1,00	0,05	0,05	0,6000	0,03	
ANDAMIOS	1,00	0,70	0,70	0,6000	0,42	
SUBTOTAL M					0,65	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEÓN DE ALBAÑIL	1,00	3,18	3,18	0,6000	1,91	
ALBAÑIL	1,00	3,22	3,22	0,6000	1,93	
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	0,0600	0,21	
SUBTOTAL N					4,05	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
		A	B	C=A*B		
CEMENTO PORTLAND BLANCO	Kg.	7,6	0,30	2,28		
ARENA SÍLICA	Kg.	15,2	0,114	1,73		
AGUA	m ³ .	0,0032	2,50	0,01		
PIGMENTO SINTÉTICO, (pigmento color amarillo, industria Mathiesen del Ecuador, Mathecu S.A.)	g.	226,796	0,0033	0,75		
ADITIVO DE ADHERENCIA	l.	0,06	2,50	0,15		
SUBTOTAL O				4,92		
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)			0,65 + 4,05 + 4,92		9,62	
INDIRECTOS %			8,0%		0,77	
UTILIDAD %			6,0%		0,58	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10,97	

4.5.3) Análisis económico de revoque fino de mortero sin pigmento con material gris y pintura interior.

Tabla 10_CapIV: Análisis económico de revoque fino de mortero sin pigmento con material gris.

RUBRO: Revoque: mortero sin pigmento con material gris.					UNIDAD: m ²	
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO(\$)	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR (5%M.O.)					0,20	
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL CONFORME AL RUBRO	1,00	0,05	0,05	0,6000	0,03	
ANDAMIOS	1,00	0,70	0,70	0,6000	0,42	
SUBTOTAL M					0,65	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO(\$)	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEÓN DE ALBAÑIL	1,00	3,18	3,18	0,6000	1,91	
ALBAÑIL	1,00	3,22	3,22	0,6000	1,93	
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	0,0600	0,21	
SUBTOTAL N					4,05	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO(\$)		
		A	B	C=A*B		
CEMENTO PORTLAND GRIS	Kg.	7,6	0,15	1,14		
ARENA FINA	Kg.	10	0,02	0,20		
AGUA	m ³	0,0032	2,50	0,01		
ADITIVO DE ADHERENCIA (sikalatex, aditivo para mejorar adherencia en morteros)	l.	0,06	2,50	0,15		
SUBTOTAL O				1,5		
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)			0,65 + 4,05 + 1,5		6,20	
INDIRECTOS %			8,0%		0,50	
UTILIDAD %			6,0%		0,37	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7,07	

Tabla 11_CapIV: Análisis económico de pintura interior.

RUBRO: Pintura interior 2 manos					UNIDAD:	m ²
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO(\$)	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR (5%M.O.)	1,00	0,05	0,05	0,3000	0,10	
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL CONFORME AL RUBRO	1,00	0,70	0,70	0,3000	0,21	
ANDAMIOS					0,21	
SUBTOTAL M					0,33	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO(\$)	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEÓN DE ALBAÑIL	1,00	3,18	3,18	0,3000	0,95	
PINTOR	1,00	3,22	3,22	0,3000	0,97	
MAESTRO DE OBRA	1,00	3,57	3,57	0,0300	0,11	
SUBTOTAL N					2,03	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO(\$)		
		A	B	C=A*B		
AGUA	m ³ .	0,01	2,50	0,02		
YESO	Kg.	0,05	0,40	0,02		
LIJA	Hoja	0,05	0,50	0,02		
PINTURA SATINADA	gl	0,06	15,00	0,90		
SUBTOTAL O				0,96		
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)			0,33 + 2,03 + 0,96		3,32	
INDIRECTOS %			8,0%		0,26	
UTILIDAD %			6,0%		0,20	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,78	

Aquí se suma el total del revoque de mortero sin pigmento con material gris más el total de pintura interior, porque al ser el revoque un material grisáceo necesita una terminación en pintura en este caso. El resultado de esta suma es el gasto al utilizar revoque con material gris.

Revoque con material gris + pintura interior = 7,07 + 3,78 = **10,85** (total al utilizar un revoque que necesita terminación).

4.5.4) Resumen de análisis económico

Tabla 12_CapIV: Resumen de análisis económico.

RESUMEN DE ANÁLISIS ECONÓMICO			
RUBRO	COSTO	TERMINACIÓN (en este caso pintura)	TOTAL
	\$	\$	\$
Revoque: mortero con pigmento natural	10,45	0	10,45
Revoque: mortero con pigmento sintético	10,97	0	10,97
Revoque: mortero con material gris sin pigmento	7,07	3,78	10,85

4.5.5) Conclusiones generales del análisis económico

Ventajas:

- a) El revestimiento con pigmento natural es amigable con el medio ambiente.
- b) La producción de mortero con pigmento natural como revoque está reportando que tiene un precio menos elevado que el mortero con pigmento sintético.
- c) Aunque el revoque de “mortero con pigmento natural” tenga un precio más elevado que el revoque con mortero gris, es rentable porque este ya es un acabado final por su color. En cambio el revoque con mortero gris necesita terminación y en este caso al sumar el precio del revoque de mortero gris más el rubro de terminación tenemos un costo más elevado con respecto al revestimiento con pigmento natural.

Desventajas:

- d) El revoque con pigmento sintético puede ser utilizado en cualquier ambiente interior y exterior y esto hace que tenga más beneficios y le da una desventaja al revoque con pigmento natural.
- e) La producción de mortero con pigmento natural como revoque está reportando que tiene un precio más elevado que el revoque con mortero gris.

Similitudes:

- f) De los tres revocos observamos que el revoque de mortero con pigmento natural es el más económico y el de pigmento sintético es el que tiene el precio más elevado.
- g) Pero tanto el revoque con pigmento natural como el revoque con pigmento sintético son rentables porque ya dan un acabado final por su color. En cambio el mortero con material gris sin pigmento natural necesita terminación, la misma que varía de precio dependiendo del material que se utilizó.

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Al inicio de la investigación se planteó como hipótesis: “**Aplicando pigmento natural en hormigones y morteros, se puede alcanzar un elemento con resistencias mecánicas adecuadas y a bajo costo**”, la misma que se cumple parcialmente.

Los resultados obtenidos de la aplicación de pigmento natural en hormigones dieron a conocer que no se puede fijar el color en el material. Por lo expuesto en este caso no se llegó a confirmar la hipótesis.

En cambio los resultados obtenidos de la aplicación de pigmento natural en morteros dieron a conocer que si se puede fijar el color y las pruebas de laboratorio revelaron que las muestras que llevan fluidificante (C10, A10, Y10) cumplen con las normas establecidas y con el CTE “código técnico de la edificación”.

Y los morteros obtenidos tienen características adecuadas para ser utilizados como mortero categoría CSI, destinados al uso interior, que son morteros menos cohesionados, no adecuados para soportar cambios ambientales bruscos o extremos.

Al tener un material con resistencias mecánicas adecuadas se lo aplico como “revoque de mortero con pigmento natural” en paredes de ladrillo y bloque de hormigón.

Finalmente se hizo un análisis económico de un revoque de mortero con: pigmento natural, con pigmento sintético y sin pigmento con material gris, que dio a conocer que al utilizar el mortero con pigmento natural se tiene un ahorro, frente a los otros materiales.

Por lo expuesto en el caso del mortero con pigmento natural se llegó a confirmar la hipótesis, ya que se obtuvo un material con resistencias mecánicas adecuadas y a bajo costo.

CONCLUSIONES

En este capítulo se exponen las conclusiones que se derivan del análisis de los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo. Estos responden al cumplimiento de los objetivos principales que han guiado el desarrollo de este trabajo, dirigido fundamentalmente a la fabricación de hormigones y morteros con pigmento natural.

- a) Una vez realizados los estudios convenientes, se puede concluir que la elaboración de hormigón con pigmento natural no es factible porque no se puede fijar el color en el material.
- b) Una vez realizados los estudios convenientes, se puede concluir que la elaboración de los morteros con pigmento natural seleccionados es factible; tanto por sus adecuadas resistencias mecánicas como por su coloración.
- a) En cuanto a los diferentes ambientes de exposición, el ambiente interior es el más adecuado para la utilización de morteros coloreados con pigmentos naturales; mientras que el ambiente corrosivo es inadecuado para la exposición de morteros coloreados con pigmento natural ya que por naturaleza carecen de la resistencia química a los ataques propios de la atmósfera. Y esta carencia de resistencia química hace que el mortero coloreado con pigmento natural pierda color, resistencia, y se dañe.
- b) Además se tomó en cuenta el medio ambiente, pues la producción de un mortero con pigmento natural tiene un bajo impacto en el ecosistema en donde se lo vaya a elaborar, ya que consta de pigmentos extraídos de la naturaleza. Los pigmentos utilizados en este estudio fueron facilitados por la comunidad del Kiim que se localiza al sur del Ecuador. La comunidad Shuar nos proporcionó la materia prima, ya que en su comunidad poseen estas especies de gran colorido, las cuales fueron de gran ayuda en beneficio de la ciencia.
- c) Finalmente al realizar un estudio económico se puede concluir que la producción de revoque de mortero con pigmento natural está reportando un ahorro con respecto a la utilización del revoque con mortero gris por cuestiones de acabado; y con el revoque de pigmento sintético tanto por cuestiones de ahorro como por reducción de materiales tóxicos.

RECOMENDACIONES

- a) La presente investigación se centra en la fabricación de hormigón y mortero con pigmento natural, sin embargo se pueden utilizar pigmentos sintéticos que tienen más beneficios en cuanto a resistencia y durabilidad pero no son beneficiosos para el medio ambiente. Esto hace que el mortero con pigmento natural sea un tema importante de estudio para poder encontrar formas más amigables con nuestro planeta.
- b) Este trabajo está sujeto a mejoras, si bien se ha trabajado conforme a los resultados de ensayos de laboratorio, pero siempre se puede ir por diferentes caminos y encontrar mejores soluciones.
- c) Es importante recomendar que durante el proceso de elaboración, prácticas de laboratorio como de aplicación, tanto del hormigón como del mortero con pigmento natural, las personas involucradas deban utilizar todas las medidas que involucran equipos y normas de seguridad, para de esta manera prever y solucionar cualquier accidente que se pudiera presentar.
- d) Y la recomendación más importante radica en demostrar que no hemos de descartar al pigmento natural como sustituto de pigmentos artificiales para morteros.

LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Ya que los pigmentos estudiados pierden coloración porque tienen una baja resistencia química en el ambiente, para una mejor coloración se deberían realizar una serie de estudios, enfocados en métodos adecuados para evitar la pérdida de color.

Así tenemos el estudio del Ultramarine Blue (azul ultramarino) que es un pigmento inorgánico ampliamente utilizado. El Ultramarine Blue convencional no es utilizado con seguridad en el cemento ya que su resistencia química en el ambiente no es satisfactoria lo que lleva a una pérdida rápida de color. Sin embargo, el Ultramarine Blue encapsulado puede ser utilizado de forma segura, ya que su formulación correcta hace que el color no se pierda.

Este ejemplo podría ser utilizado como una guía para poder aprovechar de mejor manera los pigmentos estudiados en este trabajo y que se puedan exponer en el ambiente exterior donde se requiere una mayor resistencia química, o sacar una gama de colores a partir de la aplicación de diferentes porcentajes de pigmento natural en morteros.

Las líneas futuras de trabajo quedan como una posibilidad de estudio con relación a los pigmentos naturales estudiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libro:

- Instituto del Concreto. (1997). *Tecnología y Propiedades* (2da ed., Vols. 958 - 96709-1-1). Colombia: Printed in Colombia.
- Perles, P. (2011). *Hormigón armado* (1ra ed.). Bogota: Nobuko S.A.
- R. Arnheim, E. L. (1978). *La forma visual de la arquitectura*. España: Barcelona : Gili, 1978.

Material Electrónico:

Enciclopedia en línea:

- Pigmento*. (s.f.). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 21:20, junio 10, 2015.
(s.f.). Obtenido de desde
<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Pigmento&oldid=89768448>.
- Sistema Internacional de Unidades. (s.f.). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 13:06, julio 12, 2016 desde
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_Internacional_de_Unidades&oldid=92108035

Documentos versión electrónica:

Con autor.

- Acosta, D. (13 de 04 de 2010). *Arquitectura y construcción sostenible*. Obtenido de
http://dearquitectura.uniandes.edu.co/sites/default/files/articles/attachments/DeArq_04_-_Acosta_0.pdf
- Aguado, D. D. (19 de 04 de 2004). *AENORNet División de Normalización AENOR*. Obtenido de
de La Normalizacion:
[oe.uvigo.es/asignaturas/gestioncalidad/LaNormalizacion\(AENORNet\).pdf](http://oe.uvigo.es/asignaturas/gestioncalidad/LaNormalizacion(AENORNet).pdf)
- Castro, M. (septiembre de 2005). “ *hormigón con pigmentos de color*”. Recuperado el 04 de
Enero de 2014, de
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcic355h/doc/bmfcic355h.pdf>
- Deza, K. (2016). *Esfuerzo de Compresion*. Recuperado el 2 de 01 de 2016, de
https://www.academia.edu/8708490/Esfuerzo_de_compresion
- Emilio. (29 de 08 de 2013). *practica8 - Capilaridad - Fundamentos de Materiales, Practicas de Laboratorio*. Obtenido de <http://www.ual.es>:
<http://www.ual.es/~mjgarcia/practica8.pdf>

- Macía, M. J. (2003). *Renalmia Alpinia (Rottb.) MAAS (Zingibera CEAE)*. S.A. 1 - Sika , Colombia. (23 de 05 de 2012). *Sika Informaciones Técnicas - Curado del Concreto*. Obtenido de Curado del Concreto.pdf: <https://col.sika.com/dms/...get/.../Curado%20del%20Concreto.pdf>
- Pineda, J. E., & Saldarriaga, L. (16 de septiembre de 2002). *Planta piloto para obtener colorante de la semilla del achiote (Bixa orella)*. Recuperado el 2015, de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/899>
- Autor Corporativo.*
- Academia, (s.d.). Mimeógrafo N°148. Recuperado el 2015, de http://www.academia.edu/6160856/Mime%C3%B3grafo_No_148
- ColorHexa. (2012-2016). *ColorHexa*. Recuperado el 11 de 2015, de ColorHexa.com: Color Hex: www.colorhexa.com/
- Color - Explicación y definición de color. (s.f.)*. Recuperado el 18 de septiembre 2015, de www.quees.info/que-es-el-color.html.
- G&C Colors, S.A. (2013, julio). Pigmentación de Morteros y Hormigones. Cemento Hormigón. Recuperado de <http://www.gc-colors.es/descargas/docdow.php?id=145>
- Kaolink S.A.S. (27 de 01 de 2011). *Koiba205_fino Caolines*. Obtenido de <http://kaolink.com.co/>: http://kaolink.com.co/Docs/KOIBA205_FINO.pdf
- Ladyverd. (5 de Enero de 2010). *Lo que esconden las pinturas convencionales*. Obtenido de www.ladyverd.com/lo-que-esconden-las-pinturas-convencionales/
- Loja. Municipio de Loja. (s.f.). *GeoLOJA Loja Perspectivas del Medio Ambiente Urbano*. Recuperado el 2015, de Geo Loja.pdf: <http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo%20Loja.pdf>
- Real academia española. (octubre de 2014). *Diccionario de la lengua española, vigesimotercera. (A. d. (ASALE), Productor)* Recuperado el 01 de 2016, de <http://dle.rae.es/?w=diccionario:dle.rae.es/?id=A3SRmHJ>
- Unión Cementera Nacional, UCEM C.E.M. (s.f.). *GUAPAN Construimos progreso*. Obtenido de Unión Cementera Nacional compañía de economía mixta: <http://www.industriasguapan.com.ec/la-empresa>
- UTPL (Loja). (2014). *Obras pictóricas con pigmentos naturales*. Recuperado de <http://www.utpl.edu.ec/sites/default/files/proyectos/divulgativo.pdf>
- Sika®. (08 de 06 de 2015). *Sika ® Acelerante*. Recuperado el 15 de 10 de 15, de Hoja Técnica: bol.sika.com/.../3.1.%20HT%20Sika%20Acelerante%20REV.%2004.0.

Sin autor.

Cuarzo (o cristal de Roca). (29 de julio de 2015). Obtenido de <http://pueblarevista.blogspot.com>: <http://pueblarevista.blogspot.com/2015/07/de-la-biblia-de-las-piedras-cuarzo-o.html>

Cemento Pórtland. (10 de 09 de 2010). *pub/quimica/cemento Cemento Pórtland.* Obtenido de <http://www.ing.unne.edu.ar/>: <http://ing.unne.edu.ar/pub/quimica/cemento.pdf>

Janne Rojas, M. V. (2012). *Revisión bibliográfica sobre la composición química y actividades farmacológicas del género Vismia (Guttiferae).* Obtenido de <http://www.journals.usach.cl/ojs/index.php/blacpma/article/view/504>

Hormigones, P. d. (29 de 07 de 2013). *colors/ Pigmentación de Morteros y Hormigones.* Obtenido de G&C Colors, S.A: <http://www.gc-colors.es/descargas/docdow.php?id=145>

Piedra pomez polvo. (21 de 03 de 2014). *Piedra pomez polvo.* Obtenido de <http://www.guinama.com/>: http://www.guinama.com/media/tecnico/82781_FT%20Piedra%20pomez%20polvo%20v01.pdf

Pigmentos. ((s.f.)). *SlideShare "Pigmentos".* Obtenido de es.slideshare.net: <http://es.slideshare.net/redondus/tema-12-pigmentos>

s.a. (s.f.). *Capitulo VII. hormigon coloreado.* Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcim288h/xhtml/TH.8.xml>

Tesis:

Alcaraz, J. (2010). *Proyecto Final de Carrera: Microestructura del Hormigón.* Recuperado el 2015, de Universidad politécnica de Cartagena: repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/2863/1/pfc4481.pdf

Gabalec, M. (2008). *Tesis . Tiempo de fraguado del hormigón.* Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.)

Lluch, J. S. (2010). *Tesis Doctoral online.* Recuperado el 12 de 10 de 2015, de Color en la Arquitectura de las Vanguardias: juaserl1.blogs.upv.es/.../cuando-color-en-la-historia-de-la-arquitectura/

Serra, J. (2010). *Tesis Doctoral online.* Recuperado el 12 de 10 de 2015, de Color en la Arquitectura de las Vanguardias: juaserl1.blogs.upv.es/.../cuando-color-en-la-historia-de-la-arquitectura/

Revista:

Gutiérrez, A. L. (13 de 04 de 2005). *article Normalización general y documental: concepto, historia e instituciones*. *Revistas Científicas Complutenses* <https://revistas.ucm.es/>. Recuperado de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_bdbSye7bG0J:https://revistas.ucm.es/index.php/DCIN/article/viewFile/D

Blogs:

Arias, J. A. (28 de 05 de 2009). *concreto-disifacion-en-obra*. Obtenido de <http://elconcreto.blogspot.com>: <http://elconcreto.blogspot.com/2009/05/concreto-disifacion-en-obra.html>

Rave, M. G. (viernes de octubre de 2008). *blogspot La Normalización*. Obtenido de blog de gae: gaenormalizacion.blogspot.com/2008/10/definicin.html

Congreso:

Adriana Suan, J. R. (20 de 02 de 2014). *Congreso colombiano de fitoquímica, xii congreso colombiano de fitoquímica*. Obtenido de <https://www.pronatplus.com/congresofitoquimica/index.php/fitoXII/fitoXII/paper/viewPaper/50>

Páginas web:

www.aenor.es. (s.f.). *aenor Leccion 4.- Clasificación de los cementos. tipos*. Obtenido de <http://www.aenor.es/aenor/normas/>

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.TiposCEMENTOS.pdf>

www.ficem.org. (s.f.). *Plantas de cemento en la Región*. Recuperado el 2015, de Federación interamericana de cemento: <http://www.ficem.org/cemento/produccion-de-cemento/plantas-de-cemento-en-la-region.html>

www.industrias.gob.ec/inen. (s.f.). *INEN, más de 40 años impulsando producción de bienes y servicios de calidad*. Obtenido de Ministerio de Industrias y Productividad: www.industrias.gob.ec/inen

www.industriasguapan.com.ec. (s.f.). *Union Cementera Nacional Compañía de Economía Mixta, La empresa*. Obtenido de <http://www.industriasguapan.com.ec/la-empresa>

www.quees.info/que-es-el-color.html. (s.f.). *Color - Explicación y definición de color*. Recuperado el 09 de 2015, de ¿Qué es el color?: www.quees.info/que-es-el-color.html

ANEXOS

1) ANEXO Nº 1

1.1) Dosificación del pigmento.

La dosificación de los pigmentos en este estudio se lo realizó de la siguiente forma: Se determinó la cantidad de pigmento en polvo, para esto se realizó la pulverización o deshidratación del pigmento líquido (unión de agua y pigmento), proceso en el cual el agua que contiene el pigmento es evaporada.

1.1.1) Determinación de cantidad de pigmento en polvo.

En este caso se utilizó 50 ml de cada pigmento natural líquido (unión de agua + pigmento).

1.1.1.1) Materiales, herramientas y equipos.

Tabla 1_Anejos: Materiales, herramientas y equipos.

MATERIAL		CANTIDAD	
Pigmento natural líquido de “cumbiá”		50ml	
Pigmento natural líquido de “achotillo”		50ml	
Pigmento natural líquido de “yamakay”		50ml	
Pigmento natural líquido de “achiote”		50ml	
“Cumbiá”	“Achotillo”	“Yamakay”	“Achiote”
			
HERRAMIENTA Y EQUIPO			
Fuego, 1 recipiente, 1 balanza, vaso de precipitado.			

1.1.1.2) Desarrollo de pulverización del pigmento líquido.

1. Medir en un vaso precipitado 50ml de pigmento líquido.
2. Colocar el pigmento líquido en un recipiente.
3. Hervir el pigmento líquido durante 8min a fuego lento hasta deshidratarlo (ósea hasta que solo se vea polvo en el recipiente). Una vez obtenido el pigmento en polvo lo pesamos en una balanza.

1.1.1.3) Resultado.

Se obtuvo los siguientes resultados en gramos y en porcentaje del pigmento en polvo (el porcentaje se lo calcula con respecto al pigmento líquido):

Tabla 2_Anexos: Porcentaje de pigmentos.

NOMBRE COMÚN	"Cumbiá"	"Achotillo"	"Yamakay"	"Achiote"
CÓDIGO	C	A	Y	E
PIGMENTO EN POLVO (g)	0,3	0,4	0,5	0,6
PIGMENTO EN POLVO (%)	0,6	0,8	1	1,2

1.1.1.4) Conclusiones.

Por lo tanto la dosificación de los pigmentos se hará tomando en cuenta los datos del porcentaje del pigmento en polvo para los ensayos.

2) ANEXO Nº 2

2.1) Codificación utilizada en trabajo experimental

Código: El termino código tiene diferentes usos y acepciones. Para este caso es un sistema de signos y de reglas que permite formular y comprender mensajes secretos (Real academia española, 2014).

Codificación de probetas: Cada lote tiene un número determinado de muestras, cada conjunto de muestras tiene un número determinado de probetas las mismas que tienen su código que las diferencia de las demás. Este código tiene relación con la estructura de la probeta con sus componentes.

2.1.1) Simbología de dosificación: hormigón.

Tabla 3_Anexos: Simbología de dosificación del hormigón.

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN	SIMBOLOGÍA UTILIZADA
1:2:2	-
1:2:3	(a)

2.1.2) Simbología de dosificación: mortero.

Tabla 4_Anexos: Simbología de dosificación de mortero.

DOSIFICACIÓN DEL MORTERO	SIMBOLOGÍA UTILIZADA
1:1	(b)
1:2	(c)

2.1.3) Simbología para diferenciación de pigmentos

Tabla 5_Anexos: Simbología de pigmentos naturales.

NOMBRE COMÚN	"Cumbiá"	"Achotillo"	"Yamakay"	"Achiote"
NOMBRE CIENT.	Renalmia alpinia	Vismia confertiflora	Picramnia sellowii	Bixa orellana
CÓDIGO	C	A	Y	E

2.1.4) Simbología de adiciones.

Tabla 6_Anexos: Simbología de adiciones.

Acelerante	Fluidificante	Sílice (cuarzo)	Piedra pómez	Caolín	Microsílica
a	f	s	Pp	lín	m

2.1.5) Codificación utilizada en los lotes de hormigón con y sin pigmento natural.

Tabla 7_Anexos: Codificación utilizada en lotes de hormigón con pigmento natural.

LOTES	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE CÓDIGO
Lote 01	H01	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua; dosificación 1:2:2
	H01 _a	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua; dosificación 1:2:3
Lote 02	H02	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua; dosificación 1:2:2
	H02 _a	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua; dosificación 1:2:3
Lote 03	CH03	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "cumbiá"; 1:2:2
	AH03	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "achotillo"; 1:2:2
	YH03	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "yamakay"; 1:2:2
	EH03	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "achiote"; 1:2:2
	CH03 _a	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "cumbiá"; 1:2:3
	AH03 _a	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "achotillo"; 1:2:3
	YH03 _a	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "yamakay"; 1:2:3
	EH03 _a	cemento, agregado grueso de color gris (grava), agregado fino de color gris (arena) más agua con pigmento "achiote"; 1:2:3
Lote 04	CH04	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento "cumbiá"; 1:2:2
	AH04	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento "achotillo"; 1:2:2
	YH04	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento "yamakay"; 1:2:2
	EH04	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento "achiote"; 1:2:2

	CH04 _a	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento “cumbiá”; 1:2:3
	AH04 _a	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento “achotillo”; 1:2:3
	YH04 _a	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento “yamakay”; 1:2:3
	EH04 _a	cemento, agregado grueso de color claro (grava), agregado fino de color claro (arena sílica) más agua con pigmento “achiote”; 1:2:3

2.1.6) Codificación utilizada en los lotes de mortero con y sin pigmento natural.

Tabla 8_Anexos: Codificación utilizada en lotes de mortero con pigmento natural.

LOTES	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE CÓDIGO
Lote 01	M01 _b	cemento, agregado fino (arena sílica), agua; 1:1
	M01 _c	cemento, agregado fino (arena sílica), agua; 1:2
Lote 02	CM02 _b ,	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”; 1:1
	AM02 _b	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”; 1:1
	YM02 _b	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”; 1:1
	EM02 _b ;	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”; 1:1
	CM02 _c	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”; 1:2
	AM02 _c	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”; 1:2
	YM02 _c	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”; 1:2
	EM02 _c	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”; 1:2
La dosificación de los siguientes lotes es 1:2		
Lote 03	M03 _{1,2,3}	cemento, agregado fino (arena sílica), agua

Lote 04	C04 _{1,2,3} – 1	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”
	A04 _{1,2,3} – 2	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”
	Y04 _{1,2,3} – 3	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”
	E04 _{1,2,3} – 4	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”
Lote 05	C05 _{1,2,3} – 1+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, acelerante
	A05 _{1,2,3} – 2+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, acelerante
	Y05 _{1,2,3} – 3+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, acelerante
	E05 _{1,2,3} – 4+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, acelerante
Lote 06	C06 _{1,2,3} – 1+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, fluidificante reductor de agua
	A06 _{1,2,3} – 2+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, fluidificante reductor de agua
	Y06 _{1,2,3} – 3+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, fluidificante reductor de agua
	E06 _{1,2,3} – 4+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, fluidificante reductor de agua
Lote 07	C07 _{1,2,3} – 1+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, sílice (cuarzo)
	A07 _{1,2,3} – 2+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, sílice (cuarzo)
	Y07 _{1,2,3} – 3+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, sílice (cuarzo)
	E07 _{1,2,3} – 4+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, sílice (cuarzo)

Lote 08	C08 _{1,2,3} – C	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”; <a/c
	A08 _{1,2,3} – A	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”; <a/c
	Y08 _{1,2,3} – Y	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”; <a/c
	E08 _{1,2,3} – E	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”; <a/c
Lote 09	C09 _{1,2,3} – C+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, acelerante; <a/c.
	A09 _{1,2,3} – A+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, acelerante; <a/c
	Y09 _{1,2,3} – Y+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, acelerante; <a/c
	E09 _{1,2,3} – E+a	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, acelerante; <a/c
Lote 10	C10 _{1,2,3} – C+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, fluidificante reductor de agua; <a/c.
	A10 _{1,2,3} – A+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, fluidificante reductor de agua; <a/c.
	Y10 _{1,2,3} – Y+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, fluidificante reductor de agua; <a/c.
	E10 _{1,2,3} – E+f	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, fluidificante reductor de agua; <a/c.
Lote 11	C11 _{1,2,3} – C+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, fluidificante, sílice (cuarzo); <a/c.
	A11 _{1,2,3} – A+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, fluidificante, sílice (cuarzo); <a/c.
	Y11 _{1,2,3} – Y+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, fluidificante, sílice (cuarzo); <a/c.
	E11 _{1,2,3} – E+s	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, fluidificante, sílice (cuarzo); <a/c.

Lote 12	C12 _{1,2,3} – C+Pp	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, fluidificante, piedra pómez
	A12 _{1,2,3} – A+Pp	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, fluidificante, piedra pómez
	Y12 _{1,2,3} – Y+Pp	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, fluidificante, piedra pómez
	E12 _{1,2,3} – E+Pp	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, fluidificante, piedra pómez
Lote 13	C13 _{1,2,3} – C+lín	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, fluidificante, caolín
	A13 _{1,2,3} – A+lín	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, fluidificante, caolín
	Y13 _{1,2,3} – Y+lín	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, fluidificante, caolín
	E13 _{1,2,3} – E+lín	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, fluidificante, caolín
Lote 14	C14 _{1,2,3} – C+m	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “cumbiá”, fluidificante, microsíllica.
	A14 _{1,2,3} – A+m	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achotillo”, fluidificante, microsíllica.
	Y14 _{1,2,3} – Y+m	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “yamakay”, fluidificante, microsíllica.
	E14 _{1,2,3} – E+m	cemento, agregado fino (arena sílica), agua con pigmento “achiote”, fluidificante, microsíllica.

3) ANEXO N°3

3.1) Estudio técnico de la arena sílica

3.1.1) Estudio técnico de granulometría de partículas.

Tabla 9_Anexos: Estudio técnico de granulometría de partículas (arena sílica).

TAMIZ	TAMIZ +MUESTRA (g)	PESO TAMIZ (g)	DETENIDO (g)	DETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO
Nro. 40 425 µm (micras)	597,8	577,41	20,39	5,52934158 a	5,529341577 a+b
Nro. 100 150 µm (micras)	569,77	342	227,77	61,7664606 b	67,29580215 a+b+c
Nro. 200 75 µm (micras)	392,52	301,4	91,12	24,7098384 c	92,00564053 a+b+c+d
Desclasificados	396,48	367	29,48	7,99435947 d	100
Σ			368,76		

DETENIDO (%)	TAMIZ (µm)	DETENIDO X TAMIZ
5,529341577	425	2349,97017
61,76646057	150	9264,969086
24,70983838	75	1853,237878
7,994359475	37,5	299,7884803
Σ		13767,96561
$\Sigma/100$		137,6796561
TAMAÑO MEDIO		138 µm

Gráfica: curva granulométrica de partículas

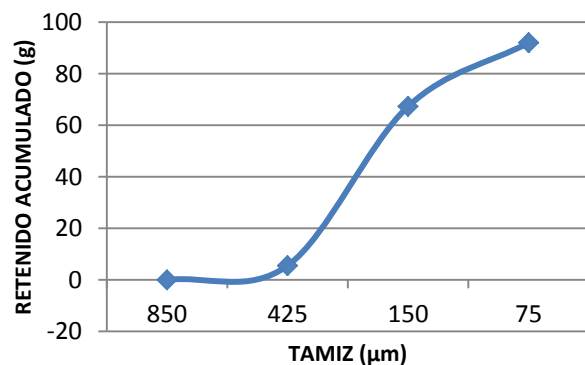


Fig. 1_Anexos: Gráfica – curva granulometría de partículas (arena sílica).

4) ANEXO N°4

4.1) Información de unidades de medida

Tabla 10_Anejos: Información de unidades de medida.

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
Longitud	metro	m
	centímetro	cm
	milímetro	mm
	micra	μm
Masa	Kilogramo	Kg
	gramo	g
	libra	lb
	tonelada	t
Tiempo	segundo	s
Superficie	metro cuadrado	m^2
Volumen	Metro cúbico	m^3
Densidad de masa (densidad)	Kilogramo por metro cúbico	Kg/m^3
Volumen específico	Metro cúbico por kilogramo	m^3/kg
tiempo	minuto	min
	hora	h
	día	d
Volumen	litro	L ó l
	mililitro	ml
	galón	gl
Unidad de fuerza	newton	N