



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: AGUAS BARRENO JAIME RODRIGO

TEMA: "HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA DE VIDRIO Y CUARZO

DIRECTOR: ING. RICARDO DURÁN CARRILLO

CODIRECTOR: ING. PABLO CAIZA SÁNCHEZ Ph.D

SANGOLQUÍ, 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
INGENIERÍA CIVIL

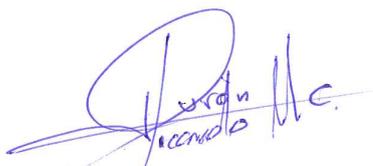
CERTIFICADO

Ing. Ricardo Durán Carrillo e Ing. Pablo Caiza Sánchez Ph.D

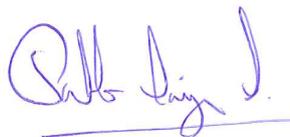
Certifican que el presente trabajo titulado **“HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA DE VIDRIO Y CUARZO”**, realizado por el Señor Jaime Rodrigo Aguas Barreno, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por el ESPE, en el Reglamento de Estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armada. El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato (PDF).

Autoriza el Señor Jaime Rodrigo Aguas Barreno que lo entreguen al Ing. Pablo Caiza Ph.D, en su calidad de Director de la Carrera.

Sangolquí, Abril 2015.



ING. RICARDO DURÁN CARRILLO
DIRECTOR



ING. PABLO CAIZA SÁNCHEZ. PH.D
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
INGENIERÍA CIVIL**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Jaime Rodrigo Aguas Barreno, certifico que el presente trabajo de investigación denominado **HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA DE VIDRIO Y CUARZO**”, es resultado de un arduo trabajo de investigación desarrollado en su totalidad por mi persona, respetando derechos de autor debidamente indicados en citas bibliográficas a lo largo de la presente publicación, sin constituir en ningún caso copia o plagio de algún trabajo existente, razón por la cual declaro que es un trabajo de mi exclusiva autoría.

Sangolquí, Abril 2015.

EL AUTOR



JAIME R. AGUAS B.

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, Jaime Rodrigo Aguas Barreno, autorizo la publicación en la biblioteca virtual de la institución del proyecto titulado: **“HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA DE VIDRIO Y CUARZO”**, la cual es de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, Abril 2015.

EL AUTOR



JAIME R. AGUAS. B

DECICATORIA

A mis padres por darme la oportunidad de desarrollar mis estudios, por el tiempo y el sacrificio que han dedicado para alcanzar mi meta.

A mi Padre por brindarme su apoyo, sus consejos, no hay duda que tienes un corazón noble, eres sabio y no habra mejor padre que tu mi querido viejo.

A mi Lupita, tu siempre creíste mí, me levantaste cuando lo necesitaba y me corregiste, me guiaste por el camino del bien, siempre has sido mi luz, mi guía y tu lucha incansable por cumplir mis objetivos me han formado como persona.

A mis hermanos Ariel y Paulina por toda la paciencia y el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida universitaria.

A Dios por bendecirme con una hermosa familia con la disfruto estar el día a día.

AGRADECIMIENTO

A mis Padres por todo el amor, apoyo y confianza que me han brindado incondicionalmente en cada momento de mi vida, me han formado para saber cómo luchar y salir victorioso ante las diversas adversidades de la vida.

Años después, sus enseñanzas no cesan, y aquí estoy, con un nuevo logro, una nueva meta cumplida, un sueño alcanzado, mi proyecto de tesis, quiero agradecerles por todo, no me alcanzan las palabras para expresar toda mi gratitud.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por brindarme la oportunidad de desarrollar mis estudios, a todos los ingenieros que me brindarán su apoyo y conocimiento a lo largo de la carrera.

A los amigos y compañeros, que estuvieron ahí en los momentos buenos y malos dentro y fuera de la institución.

A mi enamorada por brindarme su amor incondicional y apoyarme cuando más lo necesito.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1 CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Área de Influencia.....	5
1.3 Área de Influencia Directa	5
1.4 Área de Influencia Indirecta.....	6
1.5 Área de Influencia del medio físico.....	6
1.5.1 Ruido.	6
1.5.2 Suelos.....	7
1.6 Área de Influencia del medio socioeconómico.	7
1.7 Objetivos del proyecto	8
1.7.1 Objetivo General.....	8
1.7.2 Objetivos Específicos	8
1.8 Justificación e Importancia	8
2 CAPÍTULO 2	10
2.1 Metodología.....	10
2.1.1 Revisión bibliográfica:.....	10
2.1.2 Complemento teórico:.....	10
2.1.3 Fase experimental:	10
2.1.4 Análisis de resultados:.....	11
2.1.5 Conclusiones y recomendaciones:.....	11
2.2 Fase de Investigación Tecnológica y Desarrollo	13
2.3 El Método Científico	13
2.4 Los procesos: Científico y Tecnológico	14
2.4.1 Ciencia.....	14
2.4.2 Tecnología	15
2.4.3 La Técnica	16
2.5 Investigación Tecnológica	16
2.5.1 Investigar	17
2.6 Investigación Científica e Investigación Tecnológica	17
2.6.1 Variables Relevantes en la Investigación Tecnológica.....	18
2.6.2 Componentes en el proceso de Investigación Tecnológica	19
2.6.3 Las Etapas correspondientes a un proceso de Investigación Tecnológica.....	19
2.6.4 La ética de la investigación tecnológica	20
2.7 Recolección de Datos.....	20
2.7.1 Técnicas para la recolección de datos	20
2.8 La entrevista	21

2.8.1	Preparación de la Entrevista.....	21
2.8.2	Conducción de la Entrevista.....	22
2.8.3	Secuela de la Entrevista.....	22
2.8.4	Recabar datos mediante la Entrevista.....	22
2.8.5	Determinación del tipo de Entrevista.....	23
2.9	Encuesta.....	24
2.10	La observación.....	24
2.11	Tipos de Observación.....	25
2.11.1	Preparación para la observación.....	25
2.11.2	Conducción de la observación.....	26
2.11.3	Secuela de la observación.....	26
3	CAPÍTULO 3.....	27
3.1	Marco Teórico.....	27
3.2	Historia del hormigón.....	29
3.3	Características y Comportamiento del hormigón.....	31
3.4	Características Mecánicas.....	31
3.5	Características Físicas.....	32
3.5.1	Las principales características físicas del hormigón son:.....	32
3.6	Fraguado y Endurecimiento.....	33
3.7	Resistencia.....	34
3.8	Módulo de Elasticidad.....	37
3.9	Consistencia.....	38
3.10	Durabilidad.....	39
3.11	Tipos de hormigón.....	40
3.12	Características de los componentes del hormigón.....	41
3.12.1	Cemento.....	41
3.12.2	Áridos.....	43
3.12.3	Agua.....	45
3.12.4	Conceptos generales del hormigón translúcido.....	45
3.13	Ilum.....	47
3.14	Litración.....	49
3.15	Normas a utilizarse.....	51
3.15.1	Muestreo del hormigón para preparación de probetas.....	51
3.15.2	Preparación de Especímenes o Probetas de Ensayo.....	52
3.15.3	Ensayo de las Probetas.....	52
3.15.4	Ensayos destructivos para ensayos a compresión:.....	52
3.16	Aceptabilidad del hormigón.....	53
3.16.1	Criterios preliminares.....	53
3.17	Ensayos no destructivos.....	55
3.18	Ensayo de transmisibilidad.....	55
4	CAPÍTULO 4.....	57
4.1	Estudio de materiales.....	57
4.2	Introducción.....	57
4.3	Es una roca o un mineral.....	57
4.4	Áridos.....	58
4.4.1	Áridos gruesos.....	58
4.4.2	Árido finos.....	60
4.5	Agua.....	61
4.6	Aditivos.....	62
4.7	Tipos de cemento portland:.....	63
4.8	Descripción los tipos de cemento portland.....	64
4.8.1	Tipo I:.....	64
4.8.2	Tipo II:.....	64

4.8.3	Tipo III.....	65
4.8.4	Tipo IV	65
4.8.5	Tipo V	66
4.9	Cemento blanco	66
4.9.1	Aplicación	67
4.9.2	Especificaciones técnicas.....	67
4.10	Silicatos.....	68
4.11	Cuarzo:.....	68
4.11.1	Etimología:.....	68
4.11.2	Origen del Cuarzo:	69
4.11.3	Características y propiedades del Cuarzo.....	73
4.11.4	Función en el Hormigón Translúcido.....	74
4.12	Arena Sílica	74
4.12.1	Función en el Hormigón Translúcido.....	75
4.13	Ácido bórico.....	75
4.13.1	Función en el Hormigón Translúcido.....	76
4.14	Fibra de vidrio.....	77
4.14.1	Definición:.....	77
4.14.2	Propiedades Químicas:	78
4.14.3	Propiedades Físicas:	78
4.14.4	Propiedades Mecánicas	79
4.14.5	Función en el Hormigón Translúcido.....	80
4.15	Nylon	80
4.15.1	Propiedades de los hilos de fibra de nylon.....	81
4.15.2	Resistencia química	81
4.15.3	Viscosidad	81
4.15.4	Rigidez.....	82
4.15.5	Resistencia	82
4.15.6	Punto de fusión y solubilidad.....	82
4.15.7	Función en el Hormigón Translúcido.....	82
4.16	Resina de poliéster.....	82
4.16.1	Formulación y procesos de fabricación de resinas poliéster.....	85
4.16.2	Glicoles.....	85
4.16.3	Monómero de enlace.....	87
4.16.4	El aditivo tixotrópico.....	88
4.16.5	El acelerador	88
4.16.6	El catalizador	89
5	CAPÍTULO 5.....	90
5.1	Normativa, Métodos y Técnicas Vigentes en el País.....	90
5.2	Ensayos de Caracterización.....	90
5.2.1	Análisis Granulométrico en los Áridos Fino y Grueso(INEN 696)	90
5.2.2	Gravedad específica para el agregado Grueso(INEN 857).....	95
5.2.3	Ensayo de Abrasión(INEN 860).....	99
5.2.4	Ensayo de Contenido de Humedad(INEN 690).....	103
5.2.5	Gravedad específica para el agregado fino INEN(856).....	105
5.3	Dosificación del Hormigón.....	108
5.3.1	Consistencia y Plasticidad	109
5.3.2	Resistencia	110
5.4	Dosificación del hormigón	110
5.5	Dosificación de la Resina	112
5.6	Equipos Utilizados	112
5.7	Realización de Probetas para ensayos	115
5.8	Proceso de Fabricación:.....	115
5.8.1	Curado:.....	119
5.9	Hormigón con Fibras Nylon	119
5.10	Hormigón Translúcido Modificado con Resina.....	122

5.11	Ensayos sometidos al hormigón.....	127
5.12	Ensayos destructivos para ensayos a compresión	128
5.13	Equipos a utilizar	129
5.14	Datos Experimentales	130
5.14.1	Hormigón con Fibras Nylon	130
5.14.2	Hormigón Translúcido modificado con Resina.....	142
6	CAPÍTULO 6.....	153
6.1	Análisis de Resultados	153
6.2	Evaluación de Ensayos a compresión.....	153
6.3	Hormigón modificado con fibras nylon	153
6.3.1	Módulo de elasticidad:.....	154
6.4	Hormigón Translúcido modificado con Resina	157
6.4.1	Módulo de Elasticidad.....	157
6.5	Verificación de Propiedades Ópticas.....	160
6.5.1	Reflexión.....	160
6.5.2	Absorción.....	160
6.5.3	Transmitancia	160
6.6	Hormigón con Fibras de Nylon	161
6.7	Hormigón Translúcido modificado con Resina.....	162
6.8	Comparación de Elementos Estructurales	162
6.8.1	Bloques Huecos de hormigón.....	162
6.8.2	Ladrillos	166
6.8.3	Hormigón con Fibras Nylon	170
6.9	Ventajas y Desventajas	171
6.9.1	Ventajas.....	172
6.9.2	Desventajas	173
6.10	Costos	173
7	CAPÍTULO 7.....	184
7.1	Conclusiones y Recomendaciones	184
7.2	Conclusiones	184
7.3	Recomendaciones.....	186

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1: RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN	34
TABLA 2: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE HORMIGONES	38
TABLA 3: CONSISTENCIA DE LOS HORMIGONES FRESCOS	39
TABLA 4: TIPOS DE HORMIGÓN.....	40
TABLA 5: MALLA DE LOS TAMICES	59
TABLA 6: MALLA DE LOS TAMICES (FINOS).....	61
TABLA 7: TIPOS DE CEMENTO PORTLAND	63
TABLA 8: RESISTENCIA DEL CEMENTO BLANCO	67
TABLA 9: CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL CUARZO.....	73
TABLA 10: TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO DEL ÁRIDO GRUESO	91
TABLA 11: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (CUARZO).....	93
TABLA 12: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (SÍLICE)	94
TABLA 13: MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO	96
TABLA 14: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	98
TABLA 15: ESPECIFICACIÓN PARA LA CARGA.....	100
TABLA 16: GRADACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO	100
TABLA 17: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE ABRASIÓN EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	102
TABLA 18: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA	103
TABLA 19: RESULTADOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD INEN 690	104
TABLA 20: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO PARA PESO ESPECÍFICO (ARENA SÍCA).....	108
TABLA 21: ASENTAMIENTO RECOMENDADO PARA CONCRETOS DE DIFERENTES GRADOS DE MANEJABILIDAD.....	110
TABLA 22: TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADOS SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN	111
TABLA 23: AGUA EN KILOGRAMOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO INDICADOS (MM)	111
TABLA 24: COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA DIFERENTES CONTROLES.....	112
TABLA 25: DOSIFICACIÓN PARA EL HORMIGÓN	116
TABLA 26: DOSIFICACIÓN PARA EL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO.....	119
TABLA 27: DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA	123
TABLA 28: DOSIFICACIÓN PARA EL HORMIGÓN CON FIBRAS DE VIDRIO.....	130
TABLA 29: DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS DE VIDRIO	131
TABLA 30: RESISTENCIA DEL HORMIGÓN INCORPORADO FIBRAS DE VIDRIO A LOS 7 DÍAS	132
TABLA 31: DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN INCORPORADO RESINA VINIL ACRÍLICA Y ARENA SÍLICA BLANCA EN MOLDES PREFABRICADOS	133
TABLA 32: DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN INCORPORADO RESINA VINIL ACRÍLICA EN MOLDES PREFABRICADOS.....	134
TABLA 33: DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN INCORPORADO EMULSIÓN FIJADORA + SÍLICE BLANCO EN MOLDES PREFABRICADOS	135
TABLA 34: DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN INCORPORADO EMULSIÓN FIJADORA EN MOLDES PREFABRICADOS	137
TABLA 35: REACCIÓN QUÍMICA ENTRE RESINA VINIL ACRÍLICA Y AGREGADO GRUESO	138
TABLA 36: HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON.....	139
TABLA 37: DOSIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DE UN HORMIGÓN INCORPORADO A UN MALLADO DE FIBRAS DE NYLON	140
TABLA 38: ESFUERZO PROMEDIO DE UN HORMIGÓN INCORPORADO A UN MALLADO DE NYLON.....	141
TABLA 39: DOSIFICACIÓN PARA UN HORMIGÓN CON RESINA ADICIONADO UN 10% DE CEMENTO	142
TABLA 40: ESFUERZO DE LA RESINA ADICIONADA UN 10% DE CEMENTO BLANCO	143
TABLA 41: DOSIFICACIÓN DE LA RESINA AGREGADO CON 1% DE CEMENTO BLANCO	144
TABLA 42: ESFUERZOS DE LA RESINA AGREGADO UN 1% DE CEMENTO BLANCO A LA MEZCLA	144
TABLA 43: DOSIFICACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA POR 0,5% DE CEMENTO	145
TABLA 44: DOSIFICACIÓN PARA LA RESINA PARA ENSAYOS DE EXUDACIÓN CON FONDO DE AGUA	146
TABLA 45: TIEMPO DE DURACIÓN DEL ENSAYO Y TEMPERATURAS MÁXIMAS DE FRAGUADO.....	147
TABLA 46: DOSIFICACIÓN DE LA RESINA PARA ENSAYOS DE EXUDACIÓN DE CALOR SIN FONDO DE AGUA	149
TABLA 47: TEMPERATURAS MÁXIMAS DE LA RESINA SIN FONDO	150

TABLA 48: DOSIFICACIÓN DE LA RESINA UTILIZADA PARA ESFUERZO PATRÓN.	151
TABLA 49: RESULTADOS DE LA RESINA COMO ESFUERZO PATRÓN.	151
TABLA 50: DOSIFICACIÓN PARA UN HORMIGÓN INCORPORADO ÁCIDO BÓRICO COMO RETARDANTE	152
TABLA 51: ESFUERZOS CARACTERÍSTICOS DE UN HORMIGÓN INCORPORADO FIBRAS NYLON A LA EDAD DE 28 DÍAS.	154
TABLA 52: DEFORMACIÓN DEL HORMIGÓN INCORPORADO FIBRAS NYLON	155
TABLA 53: TABLA DE RESULTADOS DE DEFORMACIÓN EN HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON.....	156
TABLA 54: DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA.	158
TABLA 55: TIPOS DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN Y SUS USOS.....	163
TABLA 56: DIMENSIONES DE LOS BLOQUES.....	163
TABLA 57: CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE LOS LOTES DE INSPECCIÓN.	164
TABLA 58: RESISTENCIA CARACTERÍSTICOS DE LADRILLOS SOMETIDOS A ESFUERZOS DE COMPRESIÓN	165
TABLA 59: REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN QUE DEBEN CUMPLIR LOS BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN.	165
TABLA 60: CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO DE LOS LOTES DE INSPECCIÓN.	166
TABLA 61: DIMENSIONES DE LADRILLOS CERÁMICOS EN CM	167
TABLA 62: RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LADRILLOS SOMETIDOS A ESFUERZOS DE COMPRESIÓN.....	168
TABLA 63: REQUISITOS DE LADRILLO CERÁMICOS PARA EL USO EN CONSTRUCCIÓN.	169
TABLA 64: RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO SOMETIDO A ESFUERZOS DE COMPRESIÓN.	170
TABLA 65: COMPARACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	171
TABLA 66: COSTO DE MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON	174
TABLA 67: COSTO DE MTRIALES PARA LA FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA.....	174
TABLA 68: A.P.U. DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUE HUECO DE HORMIGÓN	176
TABLA 69: A.P.U. BLOQUE HUECO DE HORMIGÓN	177
TABLA 70: A.P.U. DE MAMPOSTERÍA CON LADRILLO	178
TABLA 71: A.P.U. DE LADRILLO	179
TABLA 72: A.P.U. DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN MODIFICADO CON FIBRAS NYLON E=7CM.....	180
TABLA 73: A.P.U. DE HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON E=7CM.....	181
TABLA 74:A.P.U. DE MAMPOSTERÍA CON HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA E=3CM	182
TABLA 75: A.P.U. DE MAMPOSTERÍA CON HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA E=3CM	183
TABLA 76: DOSIFICACIÓN PARA EL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA.	184
TABLA 77: DOSIFICACIÓN PARA EL HORMIGÓN MODIFICADO FIBRAS NYLON	184
TABLA 78: RESISTENCIAS DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO.	185
TABLA 79: PORCENTAJES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LOS MATERIALES EN EL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA	186

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: REPRESENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	12
ILUSTRACIÓN 2: PROCESO DE CIENCIA	14
ILUSTRACIÓN 3: PROCESO DE TECNOLOGÍA	15
ILUSTRACIÓN 4: INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA	16
ILUSTRACIÓN 5: PROCESO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA Y DESARROLLO	17
ILUSTRACIÓN 6: DIAGRAMA DE RESISTENCIA.....	34
ILUSTRACIÓN 7: COMPRESIÓN CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN.	35
ILUSTRACIÓN 8: RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN	36
ILUSTRACIÓN 9: DUCTILIDAD DEL HORMIGÓN.....	37
ILUSTRACIÓN 10: HORMIGÓN TRANSLÚCIDO	46
ILUSTRACIÓN 11: ILUM.....	47
ILUSTRACIÓN 12: ILUM.....	49
ILUSTRACIÓN 13: LITRACÓN	50
ILUSTRACIÓN 14: ENSAYO DE CONO DE ABRAMS.....	51
ILUSTRACIÓN 15: PROBETAS CILÍNDRICAS	53
ILUSTRACIÓN 16: DESVIACIÓN ESTÁNDAR	54
ILUSTRACIÓN 17: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.	55
ILUSTRACIÓN 18: MODELO DE FIBRAS NYLON	56
ILUSTRACIÓN 19: UBICACIÓN DEL CUARZO	69
ILUSTRACIÓN 20: PUENTE SOBRE EL RÍO CHOTA.....	69
ILUSTRACIÓN 21: RÍO CHOTA.....	70
ILUSTRACIÓN 22: EMPRESA IMBAVÍAL.....	71
ILUSTRACIÓN 23: TRITURACIÓN DE CUARZO.....	71
ILUSTRACIÓN 24: EMPRESA VACA-CALDERÓN	72
ILUSTRACIÓN 25: CUARZO TRITURADO.....	72
ILUSTRACIÓN 26: CUARZO LECHOSO.	73
ILUSTRACIÓN 27: ÁCIDO BÓRICO	76
ILUSTRACIÓN 28: ESPINERETTE	77
ILUSTRACIÓN 29: FIBRAS DE VIDRIO	77
ILUSTRACIÓN 30: TABLA DE CARACTERÍSTICAS.....	80
ILUSTRACIÓN 31: NYLON.....	81
ILUSTRACIÓN 32: RESINA POLIÉSTER.....	83
ILUSTRACIÓN 33: REACCIÓN EXOTÉRMICA.....	84
ILUSTRACIÓN 34: FIBRAS DE VIDRIO	84
ILUSTRACIÓN 35: GLICOLES	86
ILUSTRACIÓN 36: BISFENOL A PROPOXILADO	87
ILUSTRACIÓN 37: SÍLICE.....	88
ILUSTRACIÓN 38: COBALTO.....	89
ILUSTRACIÓN 39: PERÓXIDO DE MEK.....	89
ILUSTRACIÓN 40: AGREGADO GRUESO	91
ILUSTRACIÓN 41: TAMIZADOR VIBRATORIO ELÉCTRICO	92
ILUSTRACIÓN 42: CURVA GRANULOMÉTRICA CUARZO	93
ILUSTRACIÓN 43: CURVA GRANULOMÉTRICA SÍLICE	94
ILUSTRACIÓN 44: MUESTRA SECADA AL HORNO	96
ILUSTRACIÓN 45: MUESTRA SUMERGIDA	97
ILUSTRACIÓN 46: PAÑO ABSORBENTE DE AGUA.....	97
ILUSTRACIÓN 47: ÁRIDO SUMERGIDO EN AGUA.....	98
ILUSTRACIÓN 48: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	99
ILUSTRACIÓN 49: BOLAS DE ACERO.....	100
ILUSTRACIÓN 50: MASA POR TAMAÑOS INDICADA (G).....	101
ILUSTRACIÓN 51: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES + MATERIAL + ESFERAS	101
ILUSTRACIÓN 52: GRADACIÓN DEL CUARZO	102
ILUSTRACIÓN 53: MUESTRA HÚMEDA	104
ILUSTRACIÓN 54: AGREGADO FINO SECADO	106
ILUSTRACIÓN 55: PESO DEL PICNÓMETRO SIN AGUA DESTILADA.....	106
ILUSTRACIÓN 56: PESO DEL PICNÓMETRO CON AGUA DESTILADA	107

ILUSTRACIÓN 57: EXTRACCIÓN DE BURBUJAS DE AIRE DEL PICNÓMETRO CON LA MUESTRA.....	107
ILUSTRACIÓN 58: MOLDE CILÍNDRICO	113
ILUSTRACIÓN 59: MOLDES DE COBRE	113
ILUSTRACIÓN 60: BARRA DE ACERO	113
ILUSTRACIÓN 61: CUCHARÓN.....	114
ILUSTRACIÓN 62: MARTILLO DE GOMA.....	114
ILUSTRACIÓN 63: CARRETILLA	114
ILUSTRACIÓN 64: MOLDES TIPO CAJÓN.....	115
ILUSTRACIÓN 65: CAPAS DEL HORMIGÓN.....	117
ILUSTRACIÓN 66: PROBETAS DE HORMIGÓN.....	118
ILUSTRACIÓN 67: BATIDORA.....	120
ILUSTRACIÓN 68: MALLADO DE FIBRAS NYLON.....	121
ILUSTRACIÓN 69: PROBETA METÁLICA + FIBRAS NYLON	121
ILUSTRACIÓN 70: HORMIGÓN CON FIBRA NYLON	122
ILUSTRACIÓN 71: ELEMENTOS DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA	123
ILUSTRACIÓN 72: RESINA POLIÉSTER.....	124
ILUSTRACIÓN 73: RESINA + ARENA SILÍCEA	124
ILUSTRACIÓN 74: COLOCACIÓN DEL COBALTO.....	124
ILUSTRACIÓN 75: COBALTO MEZCLADO.....	125
ILUSTRACIÓN 76: FIBRAS DE VIDRIO EN EL HORMIGÓN.....	126
ILUSTRACIÓN 77: ÁCIDO BÓRICO + RESINA	126
ILUSTRACIÓN 78: HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA.....	127
ILUSTRACIÓN 79: HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA.....	127
ILUSTRACIÓN 80: PROBETAS CILÍNDRICAS	128
ILUSTRACIÓN 81: MÁQUINA A COMPRESIÓN.....	129
ILUSTRACIÓN 82: MUESTRA FALLIDA DEL HORMIGÓN COMPUESTO CON FIBRAS DE VIDRIO.....	131
ILUSTRACIÓN 83: PROBETAS CILÍNDRICAS CON HORMIGÓN INCORPORADO FIBRAS DE VIDRIO.....	132
ILUSTRACIÓN 84: ROTURA DE LA PROBETA EN MÁQUINA DE COMPRESIÓN.....	133
ILUSTRACIÓN 85: HORMIGÓN INCORPORADO RESINA VINIL ACRÍLICA Y ARENA SÍLICA BLANCA	134
ILUSTRACIÓN 86: HORMIGÓN INCORPORADO RESINA VINIL ACRÍLICA EN MOLDES PREFABRICADOS	135
ILUSTRACIÓN 87: HORMIGÓN INCORPORADO EMULSIÓN FIJADORA Y ARENA SILÍCEA BLANCA	136
ILUSTRACIÓN 88: HORMIGÓN INCORPORADO EMULSIÓN FIJADORA.....	137
ILUSTRACIÓN 89: DESPRENDIMIENTO DE RESINA DEL MOLDE	138
ILUSTRACIÓN 90: VERIFICACIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS.....	139
ILUSTRACIÓN 91: PROBETA DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON SEPARACIÓN MÁS UNIDA.....	140
ILUSTRACIÓN 92: RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL HORMIGÓN A LOS 28 DÍAS.....	141
ILUSTRACIÓN 93: RESINA + 10% DE CEMENTO.....	143
ILUSTRACIÓN 94: RESINA AGREGADA EL 1% DE CEMENTO BLANCO.....	145
ILUSTRACIÓN 95: HORMIGÓN TRANSLÚCIDO EN PROCESO DE FRAGUADO CON FONDO DE AGUA.....	147
ILUSTRACIÓN 96: TEMPERATURA MÁXIMA DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN CON FONDO DE AGUA	148
ILUSTRACIÓN 97: RESINA SIN FONDO DE AGUA.....	149
ILUSTRACIÓN 98: PROBETA CON MEDIDORES DE DEFORMACIÓN VERTICAL.....	155
ILUSTRACIÓN 99: GRÁFICO ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON.....	156
ILUSTRACIÓN 100: DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA EN MÁQUINA DE COMPRESIÓN CON MEDIDORES DE DEFORMACIÓN.....	157
ILUSTRACIÓN 101: GRÁFICO ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA.....	159
ILUSTRACIÓN 102: VERIFICACIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS EN HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON	161
ILUSTRACIÓN 103: VERIFICACIÓN DEL PASO DE LA LUZ EN UN HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON PREVIAMENTE ENSAYADO.....	161
ILUSTRACIÓN 104: VERIFICACIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS EN HORMIGÓN MODIFICADO CON RESINA.....	162
ILUSTRACIÓN 105: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN BLOQUE HUECO	164
ILUSTRACIÓN 106: MODELO DE FALLA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES HUECOS.....	166
ILUSTRACIÓN 107: ENSAYO DE LADRILLOS EN LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN.....	167
ILUSTRACIÓN 108: MODELO DE FALLA DEL LADRILLO SOMETIDO A ENSAYOS DE COMPRESIÓN.....	169
ILUSTRACIÓN 109: ENSAYO A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NYLON	170
ILUSTRACIÓN 110: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	185

RESUMEN

Este proyecto, está enfocado a la investigación de un hormigón que permita el paso de la luz y su aplicación como mampostería en los diferentes tipos de construcciones en el Ecuador.

Inicialmente, se trabajó con un material compuesto por cemento blanco, sílice, cuarzo, agua y fibras nylon obteniendo como resultado un hormigón capaz de transferir la luz por medio de las fibras nylon que se ubican transversalmente dentro de los moldes prefabricados para el hormigón. Un segundo material se obtuvo al sustituir el conglomerante cemento por resina, en este caso la capacidad de transmitir la luz fue mayor. Nótese que los parámetros más importantes para medir las propiedades ópticas fueron: reflexión, absorción y transmitancia mediante la utilización de luz artificial directamente aplicada.

Una de las conclusiones más relevantes que se obtuvieron es que el hormigón realizado a base de resina poliéster insaturada presenta ventajas tales como el ser liviano, alta resistencia a la compresión, libre de ataque de sales para su uso en la construcción en el país. Sin embargo tiene un elevado costo.

Palabras Claves:

- **HORMIGÓN TRANSLÚCIDO**
- **RESINA**
- **POLIÉSTER INSATURADO**
- **FIBRAS NYLON.**

ABSTRACT

This project is focused on the investigation of a concrete that allows the passage of light and its application as masonry in different types of constructions in Ecuador.

Initially, it is worked with a material composed of white cement, silica, quartz, water and nylon fibers resulting in a concrete capable of transferring light through the nylon fibers transversely located within the prefabricated concrete molds. A second material was obtained by replacing the cement binder resin. A better ability to transmit light was obtained. Note that the most important parameters to measure the optical properties were: reflection, absorption and transmission measurement using artificial light directly applied.

One of the most important conclusions obtained is that concrete with unsaturade resin has advantages such as being lightweight, high compressive strength, free of salt attack for use in home construction. However it is expensive.

Keywords:

- **TRANSLUCENT CONCRETE**
- **UNSATURADE POLYESTER**
- **RESIN**
- **NYLON FIBERS**

1 CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

La ingeniería ha recorrido un largo camino en el campo de la construcción. En la actualidad el aumento de los niveles de contaminación en los ríos y en los suelos por la explotación inadecuada de las minas de materiales de construcción, el ruido de la maquinaria en las obras civiles, el proceso altamente contaminante de fabricación del cemento obliga a buscar alternativas que reduzcan los niveles de contaminación tales como la construcción de “edificios verdes”. Así nace la idea de investigar nuevos materiales que se puedan adaptar a la construcción con propiedades únicas.

Una manera de reducir los impactos contaminantes, por uso excesivo de los recursos físicos, es la de crear elementos nuevos tales como el hormigón translúcido que permite el paso de la luz, y por lo tanto la luz natural. Materiales alternativos adecuados son la fibra de vidrio y las fibras nylon. Sin embargo también deben aportar a la resistencia del hormigón, contribuyendo a mantener o mejorar las características de consistencia de las edificaciones.

Los hormigones translúcidos permiten una construcción con estética y originalidad; Algunas de la propiedades son:

- Resistencias a la compresión de mínimo 450 kg/cm².
- Peso volumétrico hasta un 30% menor al de un hormigón tradicional.
- Nula absorción al agua.
- Translúcido hasta los dos metros de espesor.
- Permite el paso de la luz a través de él sin distorsión.
- Resistente a la corrosión.

Los parámetros para determinar la capacidad del paso de la luz son:

Reflexión:

Es la relación que existe entre la intensidad de luz reflejada y luz incidente.

El modelo experimental se presentará mediante fuentes de luz LED de alta eficacia y será aplicada directamente en el bloque de hormigón, iluminación que se presentará uniforme en todo su alcance y longitud de onda de luz blanca.

Absorción:

Es la capacidad de absorción de luz de un material y reflejarla al otro lado. Esta propiedad se midió con bloques de hormigón translúcidos expuestos a luz directamente aplicada, a ciertas distancias y observando siluetas a través del hormigón translúcido.

Transmitancia:

Cuando la luz transmitida al material es reflejada en su cara opuesta, a esto se llama intensidad transmitida.

Esto indicará el porcentaje de luz que dejará pasar el Hormigón Translúcido a ciertas distancias y que sea visible al ojo humano, mediante probetas de hormigón y fibras nylon ubicadas transversalmente en el hormigón.

En la Universidad Autónoma de México, dos estudiantes de ingeniería civil, Joel Sosa y Sergio Galván, en el 2005 crearon un hormigón que deja pasar la luz, en este caso se trata de un polímero a base de cemento Portland, al igual que un hormigón tradicional, pero con un elemento nuevo llamado Ilum, que es el que le confiere propiedades de translucidez.

ELEMENTOS QUE PERMITEN EL PASO DE LA LUZ

ILUM

El aditivo "ILUM" es único en el mundo, ya que confiere al hormigón 15 veces más resistencia, es decir alrededor de unos 4500kg/cm² con nula absorción de agua y que permite el paso de la luz, es translúcido, y tiene un peso volumétrico 30% inferior al tradicional.

Los agregados utilizados en la fabricación y formulación fueron fibras de vidrio, sílice, sílice sol coloidal y fibras ópticas, también pueden utilizarse elementos pétreos como agregados, como gravas (Fluorita) y arenas.

El epóxico utilizado para la formulación de este hormigón, es el éter diglicídico del bisfenol A, que es deshidratado al vacío a 80° durante 8 horas antes de su empleo.

El endurecedor utilizado es dietilentriamina (DETA), que debe ser deshidratada sobre tamices moleculares antes de su empleo. Se debe aclarar que el costo de este material es el doble de la resina poliéster insaturada.

Tiene resistencias a la compresión de mínimo 450 kg/cm², un peso volumétrico hasta un 30% menor al de un concreto tradicional. Nula absorción al agua, puede ser descimbrado a las 48 horas luego de su colocación. Translúcido hasta los dos metros de espesor, permite el paso de la luz a través de él sin distorsión y resistente a la corrosión.

El arquitecto Aron Losonczy ha desarrollado un nuevo tipo de material traslúcido que crea bellos juegos de luces y formas.

Es un hormigón tradicional con un arreglo tridimensional de fibras ópticas, para formarlo se utilizan miles de fibras ópticas con diámetros que van de dos micrones a dos milímetros, las cuales se ordenan en capas o celdas

LITRACON.

Litracon es una combinación de fibras ópticas que puede ser producido en bloques y paneles prefabricados, la mezcla de fibras crea una especie de cristal fino dentro de los bloques que permite el paso de la luz a través del molde, creando efectos muy interesantes.

Una pared realizada con Litracón tiene solidez y resistencia a diferencia del hormigón tradicional. Además gracias a las fibras de cristal que se le han incorporado, tiene la posibilidad de permitir visualizar siluetas.

Debido a los miles de fibras ópticas paralelas, la imagen del lado más claro de la pared aparece en el lado más oscuro sin ningún cambio.

Luego de revisar los artículos bibliográficos, se presento La metodología que se utilizó en este proyecto.

1. Revisión del Estado del arte en hormigones translúcidos
2. Presentación de una hipótesis (idea sustentable)
3. Experimentación
4. Conclusiones y Recomendaciones

La idea sustentada se basa en la revisión bibliográfica del hormigón translúcido, determinando la viabilidad del proyecto, mediante el estudio de antecedentes y componiendo un marco teórico con la información proporcionada.

En la fase experimental del proyecto se estudiaron los materiales involucrados en el proyecto. Se determinaron propiedades, características y beneficios que aportan para el hormigón translúcido. Se aplican la normativa vigente en el país la cual garantiza la adecuada ejecución en los ensayos en el laboratorio.

Con los diferentes ensayos realizados al hormigón, se determinó en laboratorio la dosificación base del hormigón translúcido. Luego se realizó un análisis de resultados el cual se presenta por medios de tablas, gráficos y fotografías para confirmar su validez y mostrar conclusiones y recomendaciones sobre el hormigón translúcido.

1.2 Área de Influencia

La investigación pretende obtener un nuevo material, que se utilizará en el sistema constructivo del país, a nivel local, por las cámaras de la construcción y los constructores privados.

La determinación de las áreas de influencia, tanto directa e indirecta, para cualquier proyecto de ingeniería está marcada por el alcance geográfico y por los impactos.

Por sus características especiales, se espera motivar a los diseñadores, para que en sus proyectos utilicen este material.

Por lo tanto el área de influencia está en todos los profesionales que se dediquen a la construcción.

1.3 Área de Influencia Directa

Para establecer el área de influencia directa, se utilizan ponderaciones geográficas como sitios dentro del área que son afectados directamente, para definir esta área se puede tomar herramientas como empresas, ferreterías o franquiciados que distribuyan el hormigón dentro de las ciudades.

En el área directa corresponde a todos aquellos espacios físicos donde los impactos se presentan de forma evidente, entendiéndose como impacto a los cambios que inciden de forma directa y que son implementadas en la estructura de la empresa, ferretería o franquiciados.

En la parte física, para el componente proveniente del suelo; áridos gruesos, se afectará con movimientos de tierra y minería artesanal, los terreno y áreas que contengan dicho material.

Por estas razones, la investigación de un hormigón que deje pasar la luz, se ha establecido en una influencia de forma directa a todas aquellas personas que serán beneficiarias en el sector de la construcción, diseño de proyectos y público en general

1.4 Área de Influencia Indirecta

Se conoce como área de influencia indirecta aquellas zonas que son impactadas indirectamente por las actividades del proyecto, estas zonas pueden definirse como zonas de impacto.

Para la parte física, está constituida por paisajes de la zona, suelos y geomorfología.

Para el comportamiento social, el área de influencia está determinado por el radio de acción de la investigación, demandas de productos, personas, maquinaria, ruido de la maquinaria, vehículos.

1.5 Área de Influencia del medio físico

1.5.1 Ruido.

Para determinar el área de influencia directa, se considera los elementos de ruido y emisiones.

Para el ruido, se determinó de conformidad con la maquinaria utilizada e instalada en los lugares de trabajo e investigación del proyecto.

Se considera como área de influencia aquellas áreas del proyecto donde los ruidos ambientales superan los límites requeridos por la ley, como aquel ruido constante presente o al ser generado por la trituradora del lugar para la producción de material pétreo.

Por estas razones se debe considerar la instalación de maquinaria pesada y talleres fuera del alcance de las ciudades.

1.5.2 Suelos

La remoción de las capas superficiales de suelo, se han llevado a cabo en una fase de minería artesanal, donde no presentan varios cambios o alteraciones de las capas del suelo.

La profundidad de remoción del material será variable y estará en función de la factibilidad de remoción del mismo de la capa terrestre, la geología, la pendiente, humedad natural y riesgos de estabilidad, los niveles varían entre el metro de profundidad en zonas de montañas y 50cm de la orilla del río, la mayoría de los materiales fueron extraídos de tal manera de no afectar el suelo.

1.6 Área de Influencia del medio socioeconómico.

Corresponde al área de influencia directa del proyecto, donde se benefician con la fabricación del hormigón translúcido las personas, los servicios de ferreterías y actividades relacionadas con la construcción.

En otras palabras, se determina por la proyección que sufre un determinado sector, por las actividades del proyecto.

1.7 Objetivos del proyecto

1.7.1 Objetivo General

- ✓ Diseñar un hormigón translúcido modificado con fibras y Cuarzo.

1.7.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los componentes del hormigón translúcido.
- ✓ Definir la dosificación de la mezcla.
- ✓ Realizar modelos de prueba.
- ✓ Efectuar los ensayos cumpliendo las normas.

1.8 Justificación e Importancia

En este aspecto la investigación de este trabajo de grado pretende desarrollar materiales innovadores en el sistema constructivo del país, como una alternativa válida a los ya existentes.

Se espera que este material sea más liviano que el hormigón tradicional producido en el país, además que su resistencia sea mejor o igual al hormigón actual, y como característica especial e innovadora la de ser translúcido, esta propiedad permitiría, eliminar el enlucido y la pintura en las mamposterías, y consecuentemente disminuir los costos de construcción, también la de producir materiales de diferentes colores, permitiría diseñar elementos con menores espesores a los existentes en el mercado, alcanzaría el 70% de su resistencia a las 24 horas de ser fundido, se espera tener un material 100% impermeable y resistente al ataque de sales, y que además soportaría altas temperaturas sin deformarse.

Estas propiedades motivarán a los proyectistas a considerar nuevas propuestas de diseño en sus proyectos constructivos.

Estas características adicionalmente hacen que el proyecto de innovación tecnológica sea único en el Ecuador.

Como se puede concluir el material presenta varias características relacionadas con los aspectos técnicos y económicos; entre las técnicas: su alta resistencia, durabilidad, su aspecto uniforme, su capacidad de adquirir altas resistencias en muy poco tiempo, la propiedad de dejar pasar la luz, sus diferentes colores, etc.

Entre las ventajas de tipo económico se pueden indicar: disminuye los gastos en el pago de energía eléctrica produciendo viviendas que utilizan iluminación natural, se puede disponer con distintos tipos de acabados y con una amplia variedad de colores, utilizados en la decoración interior y exterior, sus dimensiones pueden fácilmente adaptarse a las necesidades del cliente, entre otras.

2 CAPÍTULO 2

2.1 Metodología

“La investigación tecnológica y de desarrollo, la cual se apoya en las teorías y los conocimientos de la ciencia para aplicarlos a las transformaciones de bienes y servicios útiles a la sociedad; con su aplicación es posible innovar métodos, técnicas y conocimientos para el desarrollo científico y tecnológico de la sociedad, las empresas y la población en general” (Munoz, 2000).

La metodología en el desarrollo del proyecto constará de las siguientes fases:

2.1.1 Revisión bibliográfica:

Esta fase corresponde a la investigación documental, sobre la producción del hormigón translúcido, desde el punto de vista de la información existente, es decir, el marco teórico, en el cual se apoyará para el desarrollo del presente proyecto.

2.1.2 Complemento teórico:

Con el marco teórico estudiado se propone realizar un diseño del material que esté compuesto por cemento, minerales (Cuarzo), fibras ópticas y fibras de vidrio, que den forma a un nuevo material que tenga propiedades únicas, además que permita el paso de la luz.

2.1.3 Fase experimental:

En esta fase se presentara un diseño del nuevo material con los componentes seleccionados, en las proporciones definidas de acuerdo al marco teórico, para luego realizar los ensayos en el laboratorio, siguiendo los métodos y normas recomendadas.

Los ensayos no destructivos, destructivos y de medición de propiedades ópticas, cumpliendo con las normas ASTM e INEN vigentes en el País, las cuales se detallarán en el marco teórico (INECYC, 2009).

2.1.4 Análisis de resultados:

Los resultados obtenidos en las pruebas experimentales se presentarán en tablas, gráficos, diapositivas, fotografías, textos y videos las cuales se discutirán para verificar su validez y posterior aplicación en la construcción.

2.1.5 Conclusiones y recomendaciones:

Por último, en esta fase se presentará las conclusiones obtenidas, luego de los diferentes ensayos de laboratorio, así como se presentará las recomendaciones para futuros desarrollos del tema relacionados con hormigones translucidos, de ser el caso.

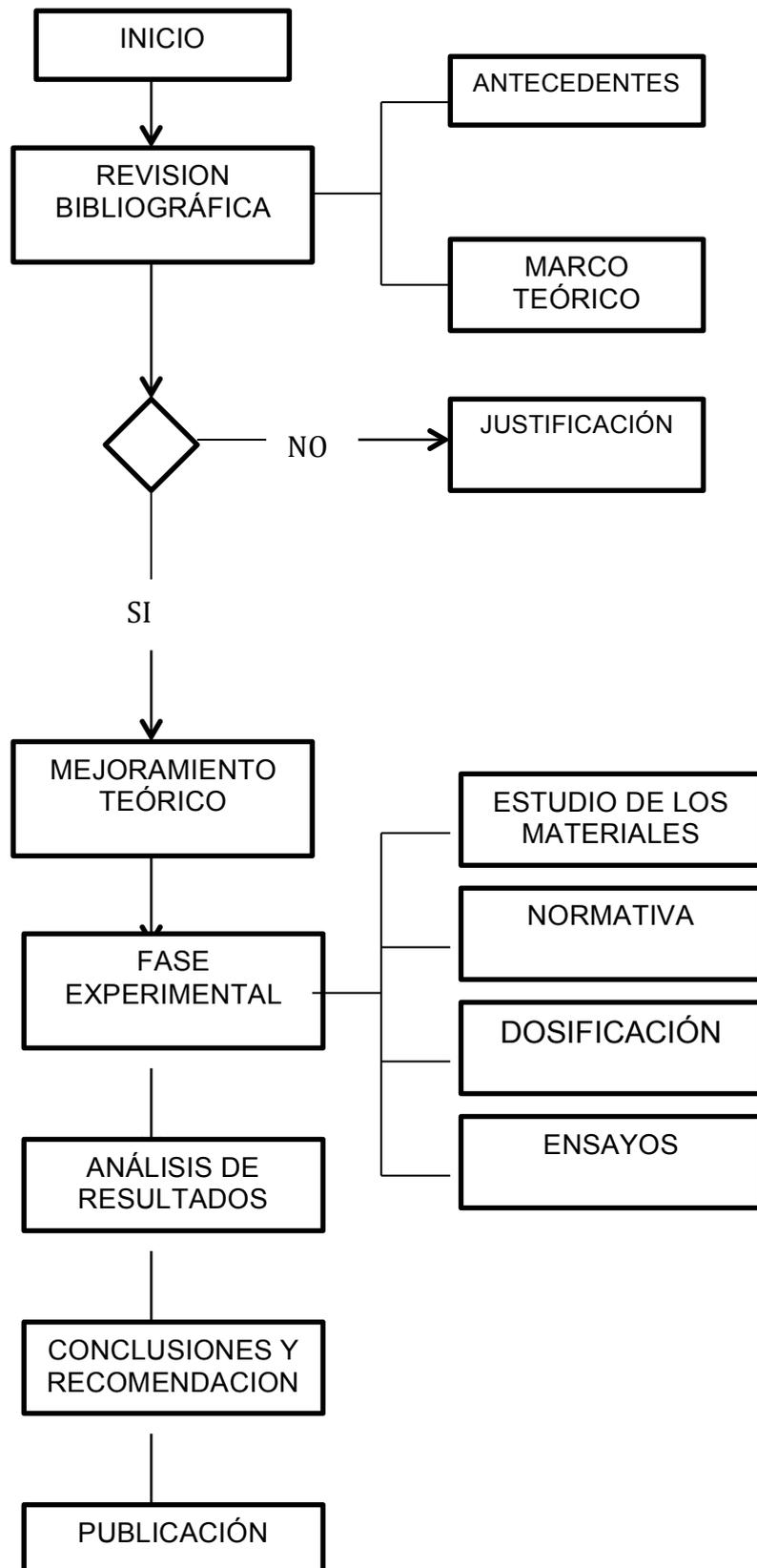


Ilustración 1: Representación de metodología de la investigación

2.2 Fase de Investigación Tecnológica y Desarrollo

En el estado actual que se encuentra el país, se requiere juiciosas y profundas transformaciones, ante esta situación es imperioso incrementar la eficiencia en el empleo de tecnología, para lo cual se requiere de profesionales que aporten conocimientos, ideas, inventos e innovaciones.

La adopción de la tecnología en nuestro país y los modelos de desarrollo, en muchos casos, no satisfacen plenamente las expectativas en cuanto a los beneficios de su aplicación y las respuestas no son efectivas, es por eso que debemos recurrir a la investigación tecnológica.

Indagar en tecnología es determinar el qué, cómo y para que se proporciona un “conocimiento”, con nuestros recursos para obtener la transformación y generar beneficios.

La ciencia es un saber inconcluso, en constante progreso y corrección, aun así hemos reconocido logros tecnológicos obtenidos por el hombre en la conquista y transformación de su medio, estos se deben en gran parte a las leyes, teorías, explicaciones y hasta hipótesis que el mundo científico ha suministrado.

Cuando se trabaja en pro de la ciencia, en base con la tecnología, podremos solucionar problemas y llegar a la meta del desarrollo.

2.3 El Método Científico

El método científico es un procedimiento que utiliza la ciencia para lograr un conocimiento, que obedece a la investigación, de pensar y descubrir un propósito para llegar a entender el funcionamiento del mundo.

2.4 Los procesos: Científico y Tecnológico

La ciencia es equiparable a la tecnología en cuanto que ambas son formas organizadas del conocimiento, aunque sus fines son distintos.

2.4.1 Ciencia

Anhela comprender y explicar la realidad

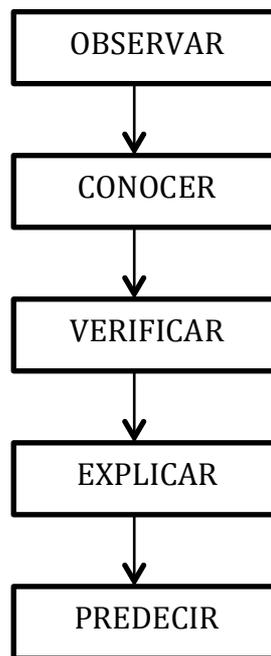


Ilustración 2: Proceso de Ciencia

2.4.2 Tecnología

Pretende saber cómo actuar y proveer soluciones prácticas.

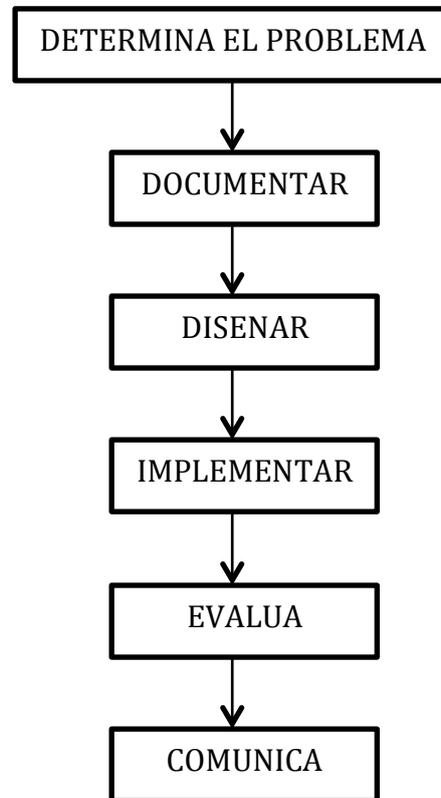


Ilustración 3: Proceso de Tecnología

La tecnología es producto de la metodología científica y ha surgido como consecuencia de la necesidad de solucionar los problemas prácticos del hombre.

Generar tecnología es diseñar y elaborar tareas que posibilitan transformar una realidad presente en una realidad deseada, es producir artefactos o conocimiento.

2.4.3 La Técnica

La técnica es un recurso operativo, manual o intelectual de actividades concretas y que no necesariamente posee explicaciones, es un haber sin respuesta a un por qué.

La técnica a diferencia de la Tecnología es un conocimiento empírico, común y primitivo.

2.5 Investigación Tecnológica

Es un proceso de conocimiento planeado, racional y crítico a través del cual los seres humanos diseñan herramientas, máquinas y procesos para incrementar su control y comprensión del entorno.

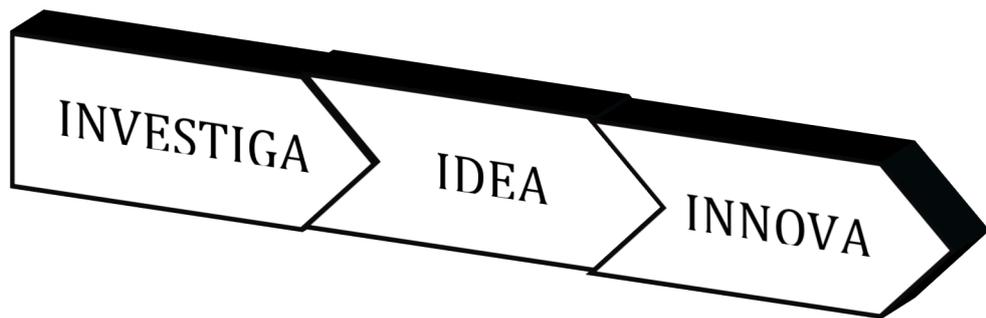


Ilustración 4: Investigación Tecnológica

Como resultado de la investigación tecnológica se obtienen conocimientos que establecen con detalle:

Acciones, requisitos, características, materiales, costos, métodos y demás circunstancias que describen el qué y el cómo, con lo que se promueve el logro de objetivos.

El fruto de la investigación tecnológica se alcanza en un plazo fijo y constituye un conocimiento utilizable de manera inmediata.

2.5.1 Investigar

Es un proceso de conocimiento planeado, consciente, racional y crítico que se puede resumir en el siguiente cuadro.

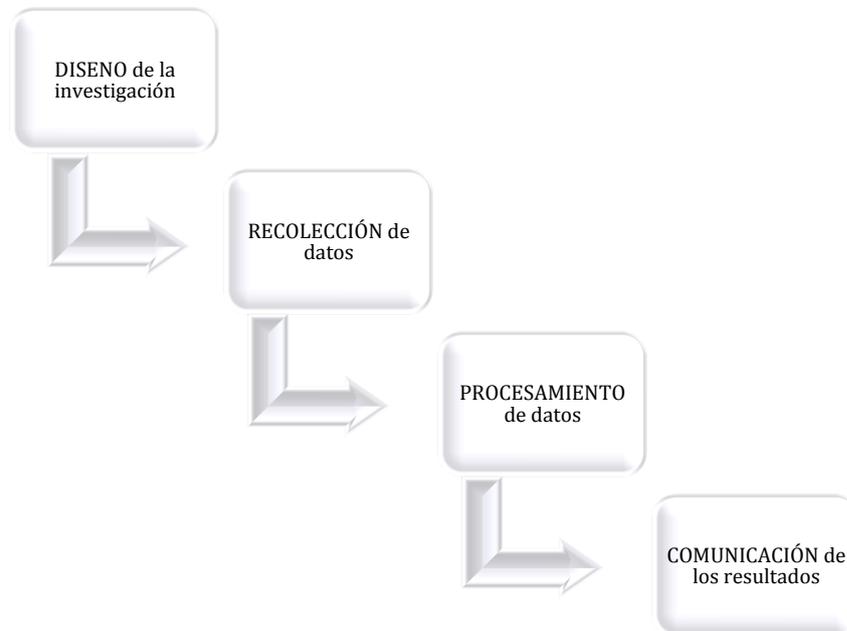


Ilustración 5: Proceso de Investigación Tecnológica y Desarrollo

2.6 Investigación Científica e Investigación Tecnológica

La investigación científica se ubica en el extremo correspondiente a la acción de indagar, con el propósito de conocer y explicar en forma objetiva y suficiente el objeto en estudio.

La investigación tecnológica, por su parte es un proceso que comprende ambas acciones, de investigar y transformar pero con mayor énfasis en transformar, cuya finalidad es ir de las ideas a las acciones para generar bienes o servicios y facilitar la vida del hombre.

2.6.1 Variables Relevantes en la Investigación Tecnológica

En la investigación tecnológica surgen condiciones que afectan ciertos los procesos como se detalla a continuación.

✓ Tiempo

Las soluciones se requieren con extrema urgencia, por la amenaza de la competencia.

✓ Costo

A mayor costo, menos eficiente es la solución, las acciones muy costosas reducen rentabilidad y competitividad y la tecnología es primordial.

✓ Cliente

La investigación se vincula con usuarios, empresas y constructoras que, desde la perspectiva de otros, se den pasos firmes y decisivos.

✓ Acceso a la información

La investigación tecnológica requiere de datos que no son de fácil acceso, por considerarse confidenciales o estar patentados, entonces la demanda de un pensamiento que haga uso del ingenio y la creatividad en el estudio del ejercicio tecnológico.

✓ Calidad

Actualmente solucionar un problema o satisfacer una necesidad demanda métodos competitivos, procurando que las acciones cumplan con un mínimo de calidad, si se va a afectar algo, lo mejor es que sea con calidad, caso contrario es preferible no pensarlo y menos proponerlo.

✓ Cambio

No percatarse del constante cambio, creer que la realidad es estática y que todo habrá de esperar tiempo, es un preciso error; Esto obliga a no esperar la solución final, sino, optar por soluciones parciales, para contribuir gradualmente a la solución.

2.6.2 Componentes en el proceso de Investigación Tecnológica

En los procesos de investigación científica se involucran tres componentes.

- ✓ Teórico
- ✓ Experimental
- ✓ Practico

Su objetivo se enfoca a conocer al objeto en su entorno y al mismo tiempo innova y determina la forma en que ha de proceder con el objeto.

Su carácter es más creativo que cognoscitivo, esto es más ingenieril y menos descriptivo, explicativo y cientifista.

2.6.3 Las Etapas correspondientes a un proceso de Investigación Tecnológica

- ✓ Observar
- ✓ Determinar el Problema
- ✓ Fundamentar
- ✓ Reflexionar
- ✓ Elaborar el proyecto de investigación
- ✓ Valorar el proyecto
- ✓ Comunicar
- ✓ Implementar
- ✓ Dar seguimiento
- ✓ Evaluar la investigación

2.6.4 La ética de la investigación tecnológica

La tecnología puede significar el bienestar o el malestar, depende de la prudencia del ser humano.

Al realizar una investigación tecnológica, esta con lleva un riesgo, no llevar a cabo con éxito la investigación los efectos serán identificados en el tiempo.

2.7 Recolección de Datos

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el investigador para desarrollar sistemas de información, los cuales pueden ser entrevistas, encuestas y la observación.

Todos estos instrumentos se aplicarán en un momento en particular, con la finalidad de buscar información que será útil a una investigación.

La presente investigación trata con detalle los pasos que se debe seguir en el proceso de recolección de datos, con las técnicas ya antes mencionadas.

2.7.1 Técnicas para la recolección de datos

Los investigadores utilizan una variedad de métodos a fin de recopilar los datos sobre una situación existente, como entrevistas, encuestas, y la observación.

Cada uno tiene ventajas y desventajas y generalmente, se utilizan dos o tres para complementar trabajo de cada una y ayudar a asegurar una investigación completa.

2.8 La entrevista

Las entrevistas se utilizan para recabar información en forma verbal, a través de preguntas que propone el investigador y quienes responden pueden ser gerentes o empleados, usuarios potenciales beneficiarios del sistema propuesto o aquellos que proporcionarán datos.

El investigador puede entrevistar al personal en forma individual o en grupos y algunos investigadores prefieren este método a las otras técnicas.

Dentro de una organización, la entrevista es la técnica más significativa y productiva de que dispone el investigador para recabar datos.

Por otra parte, la entrevista ofrece al investigador una excelente oportunidad para establecer una corriente de simpatía con el personal, lo cual es fundamental en el transcurso de la investigación.

2.8.1 Preparación de la Entrevista

- ✓ Determinar la jerarquía que ocupa dentro de la organización el futuro entrevistado, sus responsabilidades básicas, actividades, etc.
- ✓ Preparar las preguntas que van a plantearse, y los documentos necesarios.
- ✓ Fijar un límite de tiempo y preparar la agenda para la entrevista.
- ✓ Elegir un lugar donde se puede conducir la entrevista con la mayor comodidad.
- ✓ Hacer la cita con la debida anticipación.

2.8.2 Conducción de la Entrevista

- ✓ Explicar con toda amplitud el propósito y alcance de la investigación.
- ✓ Expresar la función como investigador y la función que se espera conferir al entrevistado.
- ✓ Hacer preguntas específicas para obtener respuestas concretas.
- ✓ Evitar las preguntas que exijan opiniones interesadas, subjetividad y actitudes similares.
- ✓ Evitar el balbuceo y las frases carentes de sentido.
- ✓ Ser cortés y comedido, absteniéndose de emitir juicios de valores.
- ✓ Conservar el control de la entrevista, evitando las divagaciones y los comentarios al margen de la cuestión.
- ✓ Escuchar atentamente lo que se dice, guardándose de anticiparse a las respuestas.

2.8.3 Secuela de la Entrevista

- ✓ Escribir los resultados.
- ✓ Entregar una copia al entrevistado.
- ✓ Archivar los resultados de la entrevista para referencia y análisis posteriores.

2.8.4 Recabar datos mediante la Entrevista

La entrevista es una forma de conversación, no de interrogación, al analizar las características de los sistemas con personal seleccionado cuidadosamente por sus conocimientos sobre el sistema, el investigador puede conocer los datos que no están disponibles en ninguna otra forma.

En las investigaciones de sistema, las formas cualitativas y cuantitativas de la información importante, la información cualitativa está relacionada con opinión, política y descripciones narrativas de actividades o problemas, mientras que las descripciones cuantitativas tratan con números o cantidades.

A menudo las entrevistas pueden ser la mejor fuente de información cualitativas, los otros métodos tiende a ser más útiles en la recabación de datos cuantitativos.

2.8.5 Determinación del tipo de Entrevista

La estructura de la entrevista varia, si el objetivo de la entrevista radica en adquirir información general, es conveniente elaborar una serie de preguntas sin estructura, con una sesión de preguntas y respuesta libres.

Las entrevistas estructuradas utilizan preguntas estandarizadas y el formato de respuestas para las preguntas pueden ser abierto o cerrado; las preguntas para respuestas abiertas permiten a los entrevistados dar cualquier respuesta que parezca apropiado.

Pueden contestar por completo con sus propias palabras o con las preguntas para respuestas cerradas se proporcionan al usuario un conjunto de respuestas que se pueda seleccionar.

Todas las personas que responden se basan en un mismo conjunto de posibles respuestas.

El investigador también debe dividir el tiempo entre desarrollar preguntas para entrevistas y analizar respuesta.

La entrevista no estructurada no requiere menos tiempos de preparación, porque no necesitan tener por anticipado las palabras precisas de las preguntas.

2.9 Encuesta

Hoy en día la palabra "encuesta" se usa más frecuentemente para describir un método de obtener información de una muestra de individuos.

Esta "muestra" es usualmente sólo una fracción de la población bajo estudio.

Las encuestas tienen una gran variedad de propósitos, también pueden conducirse de muchas maneras, incluyendo por teléfono, por correo o en persona.

Aun así, todas las encuestas tienen algunas características en común.

A diferencia de un censo, donde todos los miembros de la población son estudiados, las encuestas recogen información de una porción de la población de interés, dependiendo el tamaño de la muestra en el propósito del estudio.

De esta manera los resultados pueden ser proyectados con seguridad de la muestra a la población mayor.

Todos los resultados de las encuesta deben presentarse en resúmenes completamente anónimos, tal como tablas y gráficas estadísticas.

2.10 La observación

Otra técnica útil para el investigador en su proyecto, consiste en observar a las personas cuando efectúan su trabajo.

Como técnica de investigación, la observación tiene amplia aceptación científica.

Los sociólogos, psicólogos e ingenieros utilizan extensamente ésta técnica con el fin de estudiar a las personas en sus actividades de grupo y como miembros de la organización.

El propósito de la organización es múltiple: permite al investigador determinar que se está haciendo, como se está haciendo, quien lo hace, cuando se lleva a cabo, cuanto tiempo toma, dónde se hace y por qué se hace.

2.11 Tipos de Observación

El investigador puede observar de tres maneras básicas.

Primero, puede observar a una persona o actitud sin que el observado se dé cuenta y su interacción por aparte del propio investigador.

Quizá esta alternativa tenga poca importancia para el investigador, puesto que resulta casi imposible reunir las condiciones necesarias.

Segundo, el investigador puede observar una operación sin intervenir para nada, pero estando la persona observada enteramente consciente de la observación.

Por último, puede observar y a la vez estar en contacto con las personas observas.

La interacción puede consistir simplemente en preguntar respecto a una tarea específica, pedir una explicación, etc.

2.11.1 Preparación para la observación

- ✓ Determinar y definir a quien se va a observar.
- ✓ Definir el tiempo necesario de observación.
- ✓ Obtener la autorización de la gerencia para llevar a cabo la observación.
- ✓ Explicar a las personas que van a ser observadas lo que se va a hacer y las razones para ello.

2.11.2 Conducción de la observación

- ✓ Familiarizarse con los componentes físicos del área inmediata de observación.
- ✓ Mientras se observa, medir el tiempo en forma periódica.
- ✓ Anotar lo que se observa lo más específicamente posible, evitando las generalidades y las descripciones vagas.
- ✓ Si se está en contacto con las personas observadas, es necesario abstenerse de hacer comentarios cualitativos o que impliquen un juicio de valor.
- ✓ Observar las reglas de seguridad.

2.11.3 Secuela de la observación

- ✓ Documentar y organizar formalmente las observaciones.
- ✓ Revisar los resultados y conclusiones junto con la persona observada, el supervisor inmediato.

3 CAPÍTULO 3

3.1 Marco Teórico

El hormigón es el material de construcción más común y más utilizado, un compuesto empleado particularmente en construcción, formado por un aglomerante al que se le añade partículas que se las conoce como agregados, agua y aditivos si es necesario (HOLCIM, Hormigón).

La composición del aglomerante en la mayoría de las ocasiones es mezclando cemento (Portland), más una adecuada proporción de agua para generar una reacción química y obtener una apropiada hidratación del hormigón.

Los agregados fundamentalmente dependen de su diámetro y en que estos se los pueda clasificar en: Grava, Gravilla y Arena.

La sola mezcla entre el cemento, arena y agua se denomina mortero, y aquí no existe participación alguna de los agregados.

El cemento es un material que por sí solo no es aglomerante, al momento de mezclarlo con agua, se hidrata y se convierte en una pasta homogénea que fácilmente es moldeable y tiene propiedades adherentes; fragua, endurece y toma un cuerpo consistente.

Tanto aglomerante como conglomerante son materiales que tienen la propiedad de adherirse, pegarse y unirse a otros, empleándose para unir materiales generalmente pétreos, como las gravas, las arenas, etc., para formar y construir diferentes elementos (Escobar).

El cemento es un material polvoriento de una mezcla de caliza, arcilla y yeso di hidratado ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) (Escobar).

El hormigón tradicional, normalmente es utilizado en pavimentos, edificios y otras estructuras, y tienen características singulares como densidad, peso volumétrico y masa unitaria.

La densidad suele estar comprendida entre 2-3g/cm³, en la densidad van a fluir los minerales integrantes del material así como el % del volumen de vacíos (Escobar).

La densidad del hormigón varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado (Cuarzo), % de vacíos, la cantidad de cemento y agua, por otro lado el tamaño máximo de los agregados influye en la relación agua-cemento, al reducirse la relación agua-cemento y aumentando la cantidad de agregados, aumenta su densidad.

La principal característica y propiedades del hormigón se detallan a continuación (Escobar).

En estado fresco, el hormigón deberá presentar características como:

- ✓ Docilidad o trabajabilidad: Es la facultad de ser manejado, transportado y colocado sin que pierda homogeneidad.
- ✓ Consistencia: Facilidad para deformarse.
- ✓ Homogeneidad: Es la cualidad por la cual los diferentes componentes del hormigón o del mortero aparecen regularmente distribuidos por toda su masa, por encontrarse correctamente amasado, cuidadosamente transportado y adecuadamente colocado en obra.
- ✓ Peso específico: Es el cociente entre el peso y el volumen que ocupa el mortero fresco o el hormigón cuando se introduce y compacta en un recipiente de una capacidad dada.
- ✓ Contenido de Aire: Es la cantidad de aire contenida en un volumen determinado, expresado en %.

En estado endurecido:

- ✓ Durabilidad: Es el tiempo durante el cual el mortero u hormigón cumple con la función para la que fue colocado, en definitiva es su vida útil.

- ✓ Compacidad: EL nivel de unión o apretamiento de los componentes con la menor cantidad de poros.
- ✓ Peso específico: En los morteros varía entre 1,75-2,25 t/m³, mientras que en el hormigón en masa tiene un valor de 2,2 t/m³, y en los hormigones armados y pretensados unas 2,5 t/m³.
- ✓ Permeabilidad al agua y absorción de agua: La permeabilidad es la propiedad que permite la entrada dentro del material de agua o líquidos. Un mortero u hormigón es permeable cuando se producen micro poros en su masa, debidos a una pérdida de agua de forma indebida durante el amasado o cuando no tiene la compactación adecuada.
- ✓ Características mecánicas. Resistencia a tracción y compresión: Son variables dependiendo de los tipos de morteros y hormigones, por lo general, elevadas resistencias mecánicas indican una buena calidad. La resistencia a la compresión de los morteros es variable, el hormigón por sí solo, resiste muy bien a compresión, y es la característica más importante del hormigón endurecido, en cambio, por sí solo, resiste muy poco a la tracción y por ello se arma con armaduras.

La técnica del hormigón ha avanzado en lo últimos años, permitiendo soluciones muy complejas a problemas particulares, mediante el uso de moldes rígidos denominados encofrados, y su principal empleo es en obras de ingeniería como puentes, canales, túneles, edificios, presas, etc.

3.2 Historia del hormigón

La historia del hormigón constituye un capítulo fundamental de la construcción, cuando se optó por levantar edificaciones utilizando materiales arcillosos o pétreos, surgió la necesidad de obtener pastas o morteros que permitan adherir dichos compuestos para conformar estructuras estables.

Inicialmente se emplearon pastas elaboradas con arcilla, yeso o cal, pero se afectaban rápidamente ante las inclemencias atmosféricas.

Surgieron numerosas soluciones, mezclando agua con rocas y minerales triturados, para conseguir mezclas que no se degradasen fácilmente, así en el antiguo Egipto se utilizaron diversas pastas obtenidas de las mezclas de yeso y caliza, todas disueltas en agua, para unir sólidamente los materiales.

Los griegos, hace más de 2.300 años, utilizaron como aglomerante, tierra volcánica que extrajeron de la isla de Santorín, también existen indicios para decir que utilizaron caliza calcinada que mezclaron con arcilla cocida y agua.

El pueblo romano también usó hormigón en sus construcciones, para lo cual utilizaron cal como aglomerante, se puede mencionar la construcción del alcantarillado de Roma, hace 2.300 años.

Ellos elaboraban sus fábricas (opus caementicium) con una mezcla de guijarros (caementa) y aglomerante de cal y puzolana. La palabra pasó de la piedra al aglomerante, de ahí “cemento”

Joseph Aspdin y James Parker patentaron en 1824 el Portland Cement, obtenido de caliza arcillosa y carbón calcinados a alta temperatura, denominado así por su color gris verdoso oscuro, muy similar a la piedra de la isla de Portland.

Isaac Johnson obtiene en 1845 el prototipo del cemento moderno elaborado de una mezcla de caliza y arcilla calcinada a alta temperatura, hasta la formación del Clinker, el proceso de industrialización y la introducción de hornos rotatorios propiciaron su uso para gran variedad de aplicaciones, hacia finales del siglo XIX.

3.3 Características y Comportamiento del hormigón

El hormigón es el material resultante de unir áridos con la pasta que se obtiene al añadir agua a un conglomerante, el conglomerante puede ser cualquiera, pero cuando nos referimos a hormigón, generalmente es un cemento artificial, y entre estos últimos el más importante y habitual es el cemento portland.

Los áridos proceden de la desintegración o trituración, natural o artificial de las rocas y según la naturaleza de las mismas, reciben el nombre de áridos silíceos, calizos y graníticos.

El árido cuyo tamaño sea superior a 5mm se llama árido grueso o grava, mientras que el menor a 5mm se llama árido fino o arena.

3.4 Características Mecánicas

Para el diseño de estructuras de hormigón simple, de hormigón armado, de hormigón pres forzado, de hormigón con perfiles laminados en caliente, etc., se utilizan las propiedades mecánicas del hormigón endurecido, entre las más importantes se tiene:

- ✓ Resistencia a la Compresión
- ✓ Módulo de Elasticidad
- ✓ Ductilidad
- ✓ Flujo Plástico
- ✓ Resistencia a la tracción
- ✓ Resistencia al corte

La principal característica estructural del hormigón es resistir muy bien los esfuerzos de compresión, sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo de corte son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tracción o corte sean bajas.

Para superar este inconveniente se lo arma introduciendo barras de acero, conocido como “hormigón armado”, permitiendo así soportar esfuerzos de cortante y de tracción.

Los aditivos son sustancias o productos, en estado líquido o sólido, que incorporadas al mortero antes de, o durante el amasado(o durante un amasado adicional), en una proporción inferior al 5% del peso del conglomerado, producen la modificación deseada, en estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, propiedades habituales o comportamiento (Escobar).

Los aditivos permiten obtener hormigones de alta resistencia; cuando se proyecta un elemento de hormigón armado se establecen las dimensiones, el tipo de hormigón, la cantidad, calidad, aditivos, adiciones y disposición del acero que hay que aportar en función los esfuerzos que deberá resistir cada elemento.

3.5 Características Físicas

3.5.1 Las principales características físicas del hormigón son:

- ✓ Densidad : 2350 kg/m^3
- ✓ Resistencia a la compresión: Varía entre los 150 a 500 kg/cm^2 para el hormigón tradicional, existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2000 kg/cm^2 .
- ✓ Resistencia a la tracción: Relativamente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- ✓ Tiempo de fraguado: Dos horas aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- ✓ Tiempo de endurecimiento: Es progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros.

- ✓ De 24 a 48 horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana $3/4$ partes, y en 4 semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.

3.6 Fraguado y Endurecimiento

El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los resultados componentes del cemento, la fase inicial de hidratación se llama fraguado y se caracteriza por el paso de la mezcla del estado fluido al estado sólido.

Esto se observa de forma sencilla por simple presión de un dedo en la superficie del hormigón.

Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provocan en endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencia mecánica.

El fraguado y endurecimiento se realiza en un solo proceso continuo de hidratación.

En condiciones normales un hormigón portland normal comienza a fraguar entre 30 y 45 minutos después de que ha quedado en reposo en los encofrados y termina el fraguado trascurridas sobre 10 ó 12 horas.

Después comienza en endurecimiento que lleva un ritmo rápido en los primeros días hasta llegar al primer mes, para después aumentar más lentamente hasta llegar al año donde prácticamente se estabiliza.

En el siguiente cuadro se observa la evolución de la resistencia a compresión de un hormigón tomando como unidad de resistencia a 28 días.

Tabla 1:

Resistencia a compresión del hormigón

Resistencia a compresión de un Hormigón Portland normal.					
Edad del hormigón en días	3	7	28	90	360
Resistencia a compresión	0,4	0,65	1	1,2	1,35

Fuente: (Romo, 2010)

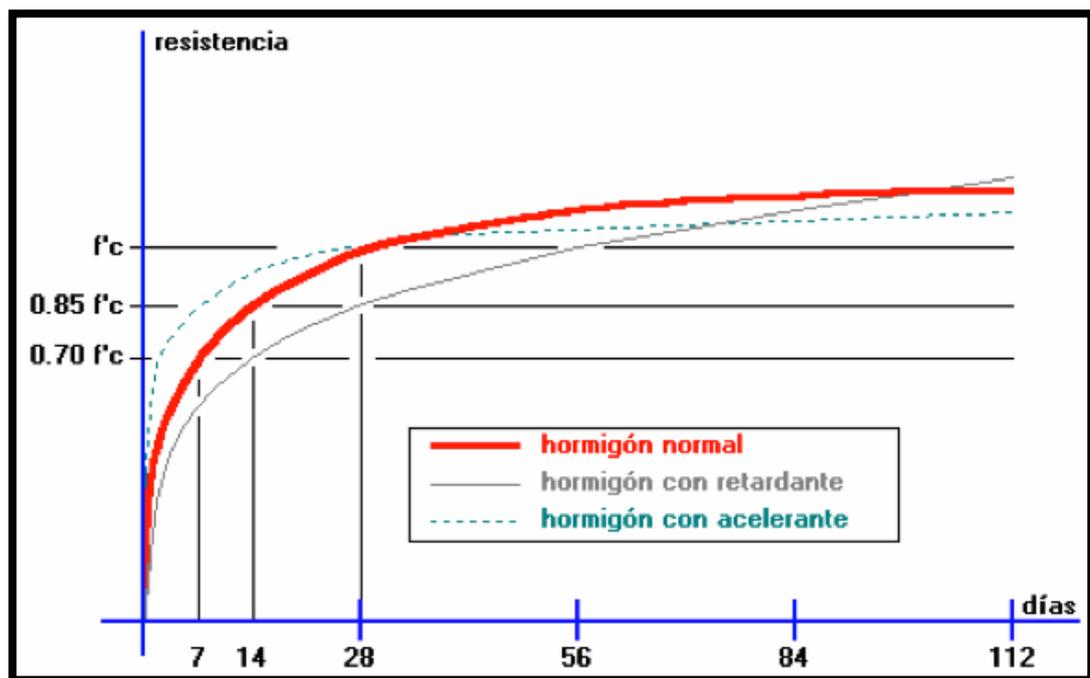


Ilustración 6: Diagrama de Resistencia

FUENTE: (Romo, 2010)

3.7 Resistencia

La resistencia a la compresión del hormigón normalmente se la cuantifica a los 28 días de fundido el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a esos 28 días (Romo, 2010).

La resistencia del hormigón se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas.



Ilustración 7: Compresión característica del hormigón.

FUENTE: (Romo, 2010)

La resistencia característica a la compresión de un hormigón (f_c), utilizada en diseño estructural, se mide en términos probabilísticos, definiéndose que solamente un pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 5%) puedan tener resistencias inferiores a la especificada, lo que da lugar a que la resistencia media de las muestras (f_m) siempre sea mayor que la resistencia característica (Romo, 2010).

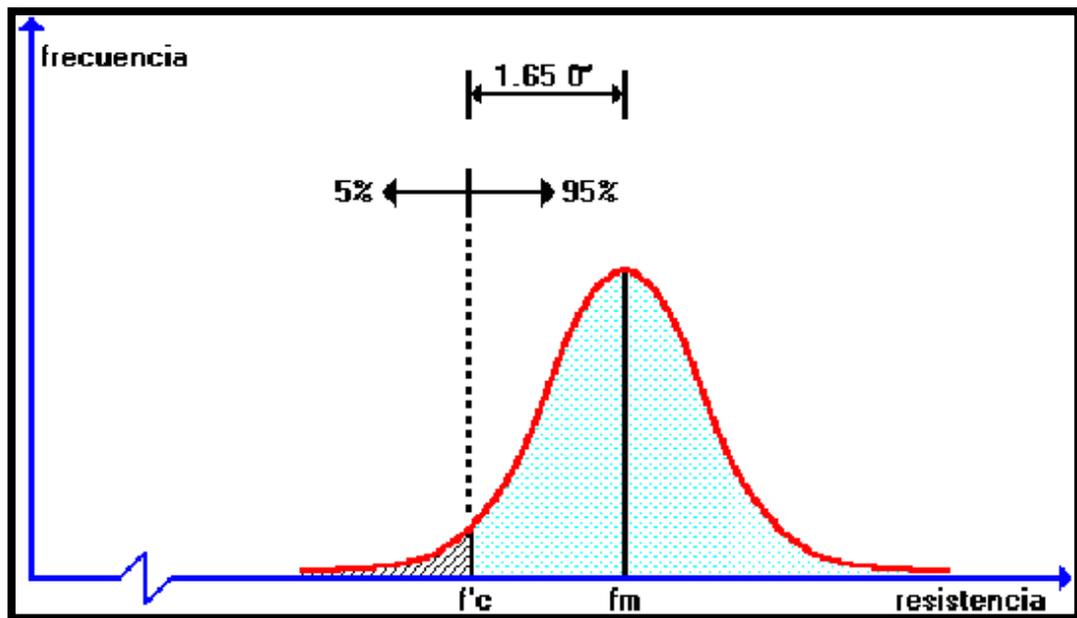


Ilustración 8: Resistencia Característica del hormigón

FUENTE: (Romo, 2010)

Si se asume una distribución normalizada (campana de Gauss) de los ensayos de rotura de cilindros de hormigón, la resistencia característica puede calcularse a partir de la resistencia media y la desviación estándar (s), mediante la siguiente expresión:

$$f'c = fm - 1.65s$$

La resistencia a la compresión de hormigones normales (210 - 280 Kg/cm²) y de mediana resistencia (350-420 Kg/cm²) está dominada por la relación agua/cemento (a menor relación agua/cemento mayor resistencia) y por el nivel de compactación (a mayor compactación mayor resistencia), pero también son factores importantes la cantidad de cemento (a mayor cantidad de cemento mayor resistencia) y la granulometría de los agregados (mejores granulometrías dan lugar a mayores resistencias) (Romo, 2010).

En hormigones de alta resistencia ($f'_c > 420 \text{ Kg/cm}^2$), a más de los factores antes mencionados, tiene especial importancia la resistencia del material constituyente de los agregados (roca de origen), pues este parámetro impone un tope máximo a la resistencia del concreto (el hormigón jamás podrá alcanzar una resistencia superior a la de la roca de origen del agregado grueso).

3.8 Módulo de Elasticidad

Cuando se dibujan las curvas Esfuerzo- Deformación de las muestras cilíndricas de hormigón, sometidas a compresión bajo el estándar ASTM, se obtienen diferentes tipos de gráficos que dependen fundamentalmente de la resistencia a la rotura del material, como se indica en la figura (Romo, 2010)

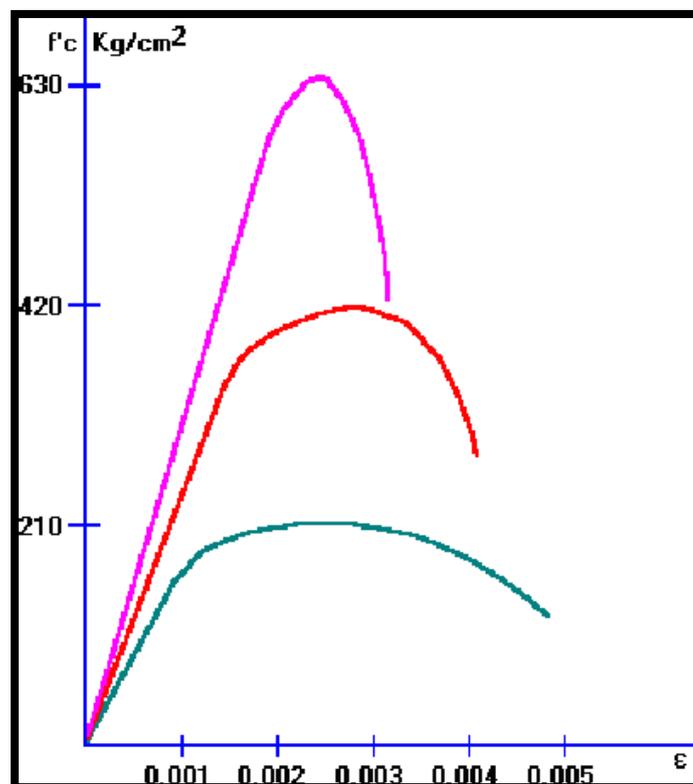


Ilustración 9: Ductilidad del Hormigón

FUENTE: (Romo, 2010)

Los hormigones de menor resistencia suelen mostrar una mayor capacidad de deformación que los hormigones más resistentes.

El módulo de elasticidad puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\xi_2 - \xi_1}$$

El módulo de elasticidad es diferente para distintas resistencias a la compresión de los hormigones, e incrementa en valor cuando la resistencia del concreto es mayor.

A continuación se presenta una tabla para hormigones con agregados de peso específico normal y resistencias normales y medias.

Tabla 2:

Módulos de Elasticidad de Hormigones.

Resistencia(Kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad(kg/cm ²)
210	217000
280	251000
350	281000
420	307000

FUENTE: (Romo, 2010)

3.9 Consistencia

La consistencia es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los vacíos del molde o encofrado.

Influyen en ella distintos factores, especialmente la cantidad de agua de amasado, pero también el tamaño máximo del árido, la forma de los áridos y su granulometría.

La consistencia se fija antes de la puesta en obra, analizando cual es la más adecuada para la colocación según los medios que se dispone de compactación, se trata de un parámetro fundamental en el hormigón fresco.

La pérdida de altura que se produce cuando se retira el molde, es la medida que define la consistencia, los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos y fluidos tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3:

Consistencia de los hormigones frescos

Consistencia de los hormigones frescos.		
Consistencia	Asentamiento	Compactación
Seca	0 – 2	Vibrado
Plástica	3 – 5	Vibrado
Blanda	6 – 9	Picado con barra
Fluida	10 – 15	Picado con barra
Líquida	16 – 20	Picado con barra

FUENTE: (UNIOVI)

3.10 Durabilidad

La durabilidad del hormigón se define como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura protegiendo también las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior.

Por tanto no solo hay que considerar los efectos provocados por las cargas y sollicitaciones, sino también las condiciones físicas y químicas a los que se exponen.

Por ello se considera el tipo de ambiente en que se va a encontrar la estructura y que puede afectar a la corrosión de las armaduras, ambientes químicos agresivos, zonas afectadas por ciclos de hielo-deshielo, etc.

Para garantizar la durabilidad del hormigón y la protección de las armaduras frente a la corrosión es importante realizar un hormigón con una permeabilidad reducida, realizando una mezcla con una relación agua/cemento baja, una compactación idónea, un peso en cemento adecuado y la hidratación suficiente de éste añadiendo agua de curado para completarlo.

3.11 Tipos de hormigón

Tabla 4:

Tipos de hormigón

Tipos de Hormigón	
Hormigón tradicional	También se suele referir a él denominándolo simplemente hormigón. Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos de varios tamaños, superiores e inferiores a 5 mm, es decir, con grava y arena.
Hormigón en masa	Es el hormigón que no contiene en su interior armaduras de acero. Este hormigón solo es apto para resistir esfuerzos de compresión.
Hormigón pretensado	Es el hormigón que tiene en su interior una armadura de acero especial sometida a tracción. Puede ser pre-tensado si la armadura se ha tensado antes de colocar el hormigón fresco o post-tensado si la armadura se tensa cuando el hormigón ha adquirido su resistencia.

CONTINÚA



Mortero	Es una mezcla de cemento, agua y arena (árido fino), es decir, un hormigón normal sin árido grueso.
Hormigón ciclópeo	Es el hormigón que tiene embebidos en su interior grandes piedras de dimensión no inferior a 30 cm.
Hormigón sin finos	Es aquel que sólo tiene árido grueso, es decir, no tiene arena (árido menor de 5 mm).
Hormigón celular	Se obtiene incorporando a la mezcla aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultando un hormigón baja densidad.

3.12 Características de los componentes del hormigón

3.12.1 Cemento

El cemento es el material ligante de los diferentes componentes del hormigón, el cemento para hormigones estructurales debe ser Portland (Neville, 2011).

Existen varios tipos de cemento Portland, entre los más importantes se pueden mencionar (UFA-ESPE, 2000) :

- ✓ Tipo I: Se lo conoce como cemento Portland ordinario, que es el de mayor utilización en el mercado. Se lo utiliza en hormigones normales que no estarán expuestos a sulfatos en el ambiente, en el suelo o en el agua del subsuelo.

- ✓ Tipo II: Son cementos con propiedades modificadas para cumplir propósitos especiales, como cementos anti-bacteriales que pueden usarse en piscinas; cementos hidrófobos que se deterioran muy poco en contacto con sustancias agresivas líquidas; cementos de albañilería que se los emplea en la colocación de mampostería; cementos impermeabilizantes que se los utiliza en elementos estructurales en que se desea evitar las filtraciones de agua u otros fluidos, etc.
- ✓ Tipo III: Son los cementos de fraguado rápido, que suelen utilizarse en obras de hormigón que están en contacto con flujos de agua durante su construcción o en obras que pueden inestabilizarse rápidamente durante la construcción.
- ✓ Tipo IV: Son los cementos de fraguado lento, que producen poco calor de hidratación. Se los emplea en obras que contienen grandes volúmenes continuos de hormigón como las presas, permitiendo controlar el calor emitido durante el proceso de fraguado.
- ✓ Tipo V: Son cementos resistentes a los sulfatos que pueden estar presentes en los agregados del hormigón o en el propio medio ambiente. La presencia de sulfatos junto con otros tipos de cementos provoca la desintegración progresiva del hormigón y la destrucción de la estructura interna del material compuesto.

En nuestro medio se dispone permanentemente de cemento Portland tipo I y ocasionalmente (cuando se ejecutan proyectos de uso masivo de hormigón como presas) de tipo IV. Otros tipos de cemento siempre requieren de importación.

El cemento utilizado en la fabricación de hormigón debe estar totalmente seco y suelto, y no debe presentar grumos de fraguado anticipado.

Para asegurar buenas condiciones en el cemento, debe ser almacenado en un sitio cubierto, seco, con ventilación apropiada que se puede conseguir mediante vigas de madera colocadas sobre el piso y un entablado superior que evite el contacto con el piso de los sacos de cemento colocados encima.

Los sacos de cemento no deben conformar pilas de más de 10 unidades de altura para evitar el fraguado por presión.

Deben proveerse mecanismos de almacenamiento que permitan la rotación adecuada del cemento, para conseguir que el producto más antiguo siempre esté accesible para su utilización inmediata, lo que se suele lograr mediante un apropiado diseño de la circulación dentro de la bodega.

3.12.2 Áridos

En el ámbito de la industria de la construcción y de la obra civil se denomina comúnmente árido a una roca que, tras un proceso de tratamiento industrial (simple clasificación por tamaños en el caso de los áridos naturales, o trituración, molienda y clasificación en el caso de los áridos de machaqueo), se emplean en la industria de la construcción en múltiples aplicaciones (UFA-ESPE, 2000).

Los áridos deben poseer por lo menos la misma resistencia y durabilidad que se exija al hormigón, no se deben emplear calizas blandas, feldespatos, yesos, piritas o rocas friables o porosas.

Para la durabilidad en medios agresivos serán mejores los áridos silíceos, los procedentes de la trituración de rocas volcánicas o los de calizas sanas y densas.

Con áridos naturales rodados, los hormigones son más trabajables y requieren menos agua para la mezcla que los áridos triturados, teniéndose además la garantía de que son piedras duras y limpias.

Los áridos triturados, al tener más caras de fractura cuesta más ponerlos en obra, pero se traban mejor y se refleja en una mayor resistencia.

Si los áridos rodados están contaminados o mezclados con arcilla, es imprescindible lavarlos para eliminar la camisa que envuelve los granos y que disminuiría su adherencia a la pasta de hormigón.

De igual manera los áridos triturados suelen estar rodeados de polvo que supone un incremento de finos al hormigón, precisa más agua en la mezcla y darán menores resistencias por lo que suelen lavarse.

En los hormigones estructurales, los áridos o agregados ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen total del hormigón; el volumen restante está constituido por pasta endurecida de cemento, agua sin combinar y burbujas de aire.

Mientras mayor sea el nivel de compactación del hormigón, mejor será su resistencia y más económica será su fabricación; por esta razón resulta importante cuidar la granulometría (tamaño de los granos y distribución estadística de esos tamaños de grano) de los áridos.

También es importante que las características mecánicas de los áridos sean adecuadas y que los áridos estén libres de impurezas.

Los áridos naturales se clasifican en finos y gruesos, los áridos finos o arenas pasan por el tamiz # 4 (UFA-ESPE, 2000).

Los áridos gruesos no atraviesan el tamiz # 4 y se conocen como gravas (ripió en nuestro medio).

Los áridos gruesos presentan mejores propiedades de adherencia con la pasta de cemento cuando son triturados, lo que les dota de aristas (los áridos con superficie redondeada tienen menor adherencia).

3.12.3 Agua

El agua para la mezcla interviene en las reacciones de hidratación del cemento, la cantidad de la misma debe ser la estrictamente necesaria, pues la sobrante que no interviene en la hidratación del cemento se evaporará y creará huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo.

Puede estimarse que cada litro de agua para la mezcla de exceso supone anular dos kilos de cemento en la mezcla, sin embargo una reducción excesiva de agua originaría una mezcla seca, poco manejable y muy difícil de colocar en obra, por ello es un dato muy importante fijar adecuadamente la cantidad de agua.

Durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón se añade el agua de curado para evitar la desecación y mejorar la hidratación del cemento.

Ambas, el agua destinada a la mezcla, como la destinada al curado deben ser aptas para cumplir su función, el agua de curado es muy importante que sea apta pues puede afectar más negativamente a las reacciones químicas cuando se está endureciendo el hormigón.

Normalmente el agua apta suele coincidir con la potable y están normalizados una serie de parámetros que debe cumplir, así en la normativa está limitado el pH, el contenido en sulfatos, en ion cloro y los hidratos de carbono.

Cuando una masa es excesivamente fluida o muy seca hay peligro de que se produzca el fenómeno de la segregación (separación del hormigón en sus componentes: áridos, cemento y agua).

3.12.4 Conceptos generales del hormigón translúcido

La historia de este novedoso material comienza hace ya 15 años, cuando en 1999 el arquitecto estadounidense Bill Price creó la primera muestra de hormigón translúcido, esta fue la primera muestra creada a base de pedazos de vidrio y plástico translúcido.

A pesar de lo novedoso de la propuesta de Price, surgieron algunos problemas que ponían en duda la posibilidad real de obtener un material con estas características.

Seguidamente, en otras partes del mundo otros investigadores trabajaban bajo esta información, crear un material sólido transparente para la construcción y que sea capaz de resistir los mismos esfuerzos que los hormigones tradicionales.

La invención del hormigón translúcido se lo atribuye a un joven arquitecto húngaro, Aaron Losonczy, que consiguió patentar el producto en 2002 y crear su propia compañía, en la patente de Aaron Losonczy fueron utilizados fibras ópticas embebidas en el hormigón.

En 2002, se diseñó para un concurso de pavimentos iluminados en la plaza de Estocolmo, durante el día las baldosas de la plaza tienen el aspecto normal, pero al caer la noche se iluminan dando a la plaza un aspecto singular.



Ilustración 10: Hormigón Translúcido

Fuente: (Construnario, 2014)

En la Universidad Autónoma de México, dos estudiantes de ingeniería civil, Joel Sosa y Sergio Galván, en el 2005 crearon un hormigón que deja pasar la luz, en este caso se trata de un polímero a base de cemento Portland, al igual que un hormigón tradicional, pero con un elemento nuevo llamado Ilum, que es el que le confiere propiedades de translucidez.



Ilustración 11: ILUM

Fuente: (Arquitectura, 2014)

En la actualidad se está investigando sobre el tema, ya que es un material del cual se posee muy poca información, y que aún se encuentra en fase de estudio.

3.13 Ilum

La fabricación es igual a la de un hormigón tradicional, para ello se emplea cemento blanco, agregados finos, agregado gruesos, fibras de vidrio, agua y algunos aditivos extras.

El aditivo "Illum" es único en el mundo, ya que confiere al hormigón 15 veces más resistencia, es decir alrededor de unos 4500kg/cm² con nula absorción de agua y que permite el paso de la luz, es translúcido, y tiene un peso volumétrico 30% inferior al tradicional.

Los agregados utilizados en la fabricación y formulación fueron fibras de vidrio, sílice, sílice sol coloidal y fibras ópticas, también pueden utilizarse elementos pétreos como agregados, como gravas y arenas.

El epoxico utilizado para la formulación de este hormigón, es el éter diglicidílico del bisfenol A, que es deshidratado al vacío a 80° durante 8 horas antes de su empleo.

El endurecedor utilizado es dietilentriamina (DETA), que debe ser deshidratada sobre tamices moleculares antes de su empleo.

Se utilizaron fibras de vidrio de hilos cortados, y fibras molidas de longitudes mayores a los 0.02mm, con la función de mejorar las resistencias a compresión, flexión, tensión y torsión.

Las fibras ópticas utilizadas en la formulación de este hormigón son, un fino hilo de vidrio o plástico que guía la luz, los tipos de fibras utilizadas son fibras mono modo y vírgenes, es decir, en su estado puro y sin recubrimientos cuya finalidad es hacer que transcurra más fácil la luz a través del hormigón.

Como aditivos se usan pigmentos, agentes antiestáticos para eliminar la electricidad estática, agentes de puente para favorecer la unión a la matriz y dar resistencia y protección contra el envejecimiento, agentes lubricantes para dar protección superficial y agentes fumógenos colantes para dar integridad, rigidez, protección e impregnación, sales metálicas, agentes tixotrópicos, agentes retardantes de llama y agentes de protección UV.

Sílica sol, también conocida como hidrosol de sílice, es una solución coloidal de alta hidratación molecular de partículas de sílice dispersas en agua, es inodoro, insípido y no tóxico, su fórmula química molecular es $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ y su función es servir como desecante, agente de vínculo, adhesivo y dispersante.

La sílice entre un 0.5 y un 10% del peso de la resina, deberá de utilizarse para que una vez fraguado, proporcione una mayor resistencia y dureza al hormigón.



Ilustración 12: ILUM
Fuente: (Arquitectura, 2014)

3.14 Litracón

El arquitecto Aron Losonczy ha desarrollado un nuevo tipo de material translúcido que crea bellos juegos de luces y formas.

Es un hormigón tradicional con un arreglo tridimensional de fibras ópticas y/o fibras de vidrio, para formarlo se utilizan miles de fibras ópticas con diámetros que van de dos micrones a dos milímetros, las cuales se ordenan en capas o celdas.

Litracón es una combinación de fibras ópticas que puede ser producido en bloques y paneles prefabricados, la mezcla de fibras crea una especie de cristal fino dentro de los bloques que permite el paso de la luz a través del molde, creando efectos muy interesantes.

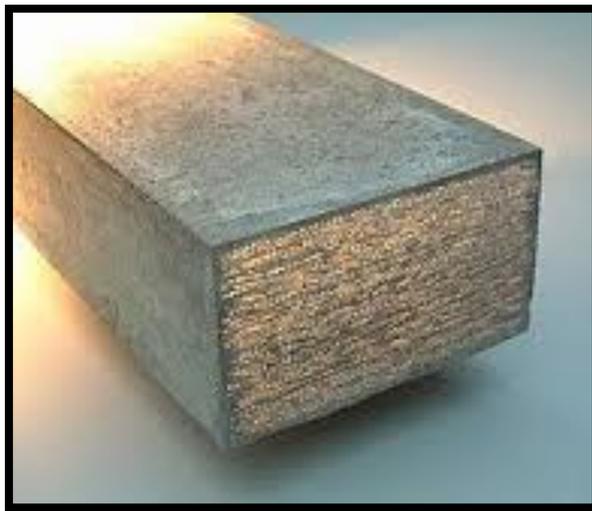


Ilustración 13: Litracón

Fuente: (Litracón, 2014)

Una pared realizada con Litracón tiene solidez y resistencia a diferencia del hormigón tradicional y además gracias a las fibras de cristal que se le han incorporado, tiene la posibilidad de permitir visualizar siluetas.

Miles de fibras ópticas forman una matriz y corren entre sí en forma paralela, entre las dos superficies principales de cada bloque.

Las fibras se integran en el hormigón como añadido y la superficie obtenida sigue recordando al hormigón homogéneo, el material es translúcido porque las fibras de vidrio conducen la luz en forma de pequeños puntos a partir de una cara iluminada a la cara del bloque opuesto.

Debido a los miles de fibras ópticas paralelas, la imagen del lado más claro de la pared aparece en el lado más oscuro sin ningún cambio.

3.15 Normas a utilizarse

Para el control de calidad por resistencia que se realizará al hormigón dependerá de las probetas con características para cada ensayo (INECYC, 2009).

3.15.1 Muestreo del hormigón para preparación de probetas.

Las muestras de hormigón a utilizarse para las probetas de ensayos de resistencia, deben tomarse de acuerdo con la norma ASTM C 172 (INEN 1763) Norma para Muestrear Hormigón Fresco.

De las muestras de hormigón obtenidas y como paso previo a preparar las probetas, debe determinarse su Revenimiento o Asentamiento, su Temperatura y su Contenido de Aire, anotando los valores correspondientes para cada ensayo.

Para asentamientos de entre 15 y 230 mm, puede usarse el cono de Abrams.

Para asentamientos menores que 15 mm debe usarse el Consistómetro de Beve, que mide el revenimiento en segundos Beve ASTM C 1170.

Para asentamientos mayores que 230 mm debe usarse la base para flujo ASTM C 1611.



Ilustración 14: Ensayo de cono de Abrams

Fuente: (INECYC, 2009)

3.15.2 Preparación de Especímenes o Probetas de Ensayo.

Las probetas para ensayos de resistencia deben prepararse y curarse de acuerdo con lo que indica la norma ASTM C 31M Norma para Preparar y Curar Especímenes de Ensayo de Hormigón en el Campo.

El curado debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM C 511 (INEN 2528), manteniendo las probetas, hasta la fecha de rotura programada, en una humedad constante de entre 95 y 100% y a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}$ C.

Puede hacerse en cámaras de curado o en piletas de inmersión con temperatura regulada.

3.15.3 Ensayo de las Probetas.

Las probetas cilíndricas deben ensayarse de acuerdo con la norma ASTM C 39M (INEN 1573) Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón; las probetas prismáticas o vigas para ensayos de resistencia a la tracción por flexión deben ensayarse de acuerdo con la norma ASTM C 78 Método de Ensayo de Resistencia a la Flexión Usando Viga Simple con Carga en los Tercios.

3.15.4 Ensayos destructivos para ensayos a compresión:

Para ensayos de resistencia a compresión se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro, o probetas cúbicas generalmente de 150 mm por lado.

Las probetas cilíndricas más comunes son las de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, pero con el uso cada vez más frecuente de hormigones de mayor resistencia, las probetas de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura son más convenientes por requerir menos espacio para su almacenamiento y menos esfuerzos en las prensas para su rotura.



Ilustración 15: Probetas Cilíndricas

Fuente: (INECYC, 2009)

3.16 Aceptabilidad del hormigón

3.16.1 Criterios preliminares.

Siendo el hormigón un material preparado con componentes heterogéneos y estando los ensayos sometidos a variaciones que no pueden ser totalmente controladas, no debe limitarse su aceptabilidad sólo para aquellos hormigones en los que todos sus ensayos arrojen valores iguales o superiores a las resistencias de diseño.

Por lo general la aceptabilidad del hormigón se basa en ensayos a los 28 días, pero puede especificarse para cualquier otra edad, más temprana o más tardía.

Los ensayos que se realizan sobre las muestras de hormigón a otras edades, diferentes de la especificada para la aceptación del hormigón, son útiles para conocer el desarrollo de su resistencia.

Ha sido necesario desarrollar un procedimiento de evaluación que permita establecer los límites de aceptabilidad en función, no sólo de los resultados de los ensayos de las probetas, sino de la posible regularidad de la producción del hormigón y de las exigencias, derivadas del tipo de obra, sobre los límites mínimos de esa aceptabilidad.

Este procedimiento, que ha sido recogido por el Comité 214 del ACI, aplicará el concepto estadístico de “Desviación Estándar” para normalizar las condiciones de aceptabilidad de los hormigones y parte de las siguientes consideraciones:

Contando con un cierto número de ensayos para una determinada clase de hormigón, al ubicarlos en un gráfico sobre la correspondiente resistencia señalada en el eje horizontal de la figura siguiente, se puede establecer que una determinada cantidad de ensayos tienen resistencias menores que el valor promedio, mientras que otros tienen valores mayores que el valor promedio.

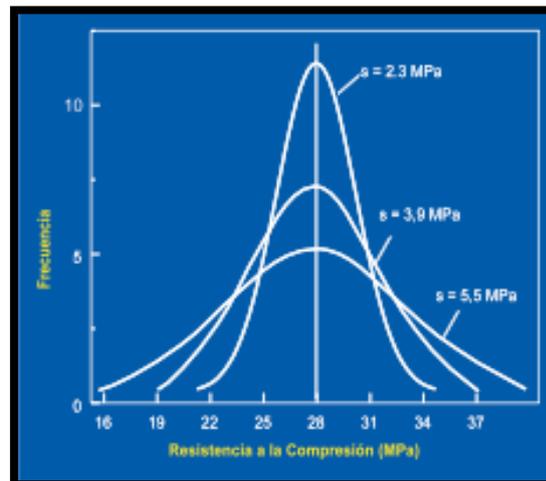


Ilustración 16: Desviación Estándar

Fuente: (INECYC, 2009)

La Desviación Estándar (S) se debe determinar aplicando esta ecuación del ACI 214 R:

$$S = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - nX^2}{n - 1}}$$

n = Número de Ensayos

Xi = Valores de cada uno de los n ensayos (promedio de dos probetas).

X = Promedio de los valores de los n ensayos.

3.17 Ensayos no destructivos



Ilustración 17: Ensayos no destructivos.

Fuente: (INECYC, 2009)

3.18 Ensayo de transmisibilidad

La medición de transmitancia, reflectancia y absorbancia en los morteros y pastas se regulará con las Normas ASTM E1175-09 y ASTM E971-11. El modelo experimental se presentará mediante 2 fuentes de luz LED de alta eficacia, iluminación uniforme en todo su alcance y longitud de onda de luz blanca.

Esto indicará el porcentaje de luz que dejará pasar el Hormigón Translúcido a ciertas distancias y que sea visible al ojo humano.

El modelo con el que se trabajó el hormigón translúcido con Fibras Nylon fue el siguiente:

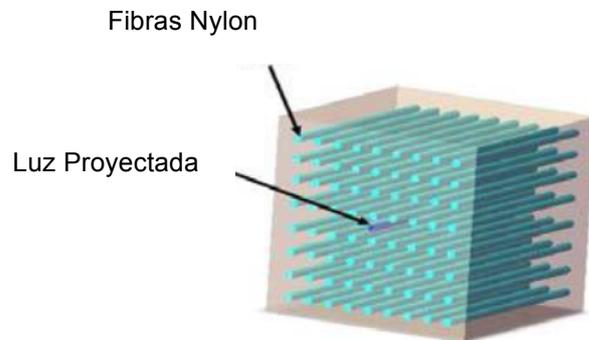


Ilustración 18: Modelo de Fibras Nylon

Los parámetros más importantes para medir las propiedades ópticas fueron: Reflexión, Absorción y Transmitancia mediante la utilización de luz artificial directamente aplicada.

Reflexión:

Es la relación que existe entre la intensidad de luz reflejada y luz incidente.

Absorción:

Es la capacidad de absorción de luz de un material y reflejarla al otro lado.

Transmitancia:

Cuando la luz transmitida al material es reflejada en su cara opuesta, a esto se llama intensidad transmitida.

4 CAPÍTULO 4

4.1 Estudio de materiales

Para poder escoger los materiales que utilizaremos para la fabricación del hormigón translúcido, debemos realizar un estudio previo sobre todas las posibilidades que disponemos, atendiendo a sus características, para posteriormente poder realizar la elección que permita que las especificaciones del hormigón a realizar sean las deseadas.

4.2 Introducción

Desde que comenzó el enfriamiento de la corteza terrestre, y esta pasó de ser una masa fundida a una forma sólida, las rocas han sido un elemento destacado del paisaje terrestre, a lo largo del tiempo geológico, los movimientos tectónicos las han cambiado de sitio en una serie inacabable de empujones y temblores.

Han sido plegadas hasta las profundidades y también levantadas en el aire hasta formar enormes cadenas montañosas, sin embargo, nada es para siempre, y la fuerza combinada de los elementos ha garantizado que, finalmente, esas estructuras físicas sean disgregadas de nuevo en pequeños fragmentos (Langostino, Rocas y Minerales, 2009).

4.3 Es una roca o un mineral

Existen reglas estrictas acerca de lo que es una roca y de lo que es un mineral, son las siguientes: en los minerales, la sustancia tiene que encontrarse de forma natural, ha de ser sólida y tener una estructura atómica uniforme, tiene que ser inorgánica, y su composición química, constante.

Las rocas son todos los materiales sólidos naturales que no cumplen los criterios de estructura y composición de los minerales, sin embargo, comprenden varias sustancias que proceden de seres vivos (Langostino, Rocas y Minerales, 2009).

4.4 Áridos

En el ámbito de la industria de la construcción y de la obra civil se denomina comúnmente árido a una roca que, tras un proceso de tratamiento industrial (simple clasificación por tamaños en el caso de los áridos naturales, o trituración, molienda y clasificación en el caso de los áridos de machaqueo), se emplean en la industria de la construcción en múltiples aplicaciones (INECYC, 2009).

Es un material granular (pequeños trozos de roca) que, en la mayoría de los casos, ha de tener una distribución granulométrica adecuada

Los áridos, tal y como se han definido, son conjuntos de granos rocosos de muy diversos tamaños que, en su uso normal, pueden estar comprendidos entre el polvo casi impalpable, de 60 micras de diámetro, y los fragmentos mayores, cuya dimensión máxima puede alcanzar varios centímetros.

4.4.1 Áridos gruesos

Una de las cosas que hay que tener en cuenta a la hora de fabricar un hormigón es la elección del árido grueso a emplear.

Dependiendo de su origen podemos encontrar:

Áridos naturales rodados:

Que nos proporcionan una mayor resistencia a compresión, mejor trabajabilidad, menos cantidad de agua y mayor limpieza.

Áridos naturales triturados:

Que nos proporcionan una mayor resistencia a tracción, mayor adherencia y menor trabajabilidad.

Áridos artificiales.

Para realizar la elección del árido hay que considerar también que debe asegurarse para el hormigón resultante una buena durabilidad, que sea estable y no se altere por el ambiente, una buena adherencia del árido a la pasta de cemento, facilidad de la puesta en obra del hormigón, y que no se produzca segregación.

También hay que fijarse en la granulometría, se debe asegurar una graduación de tamaños que reduzca los huecos, y una limitación de los finos que precisan un mayor aporte de agua.

La granulometría y la forma del árido deben mantenerse constantes durante la fabricación del hormigón, las granulometrías pueden ser, continuas, es decir, con todos los tamaños de áridos, que proporciona un hormigón más regular, compacto y resistente, o discontinuas, es decir, que faltan tamaños entre medias.

Malla de los tamices (Grava)

Tabla 5:

Malla de los Tamices

Tamiz	Tamiz mm
3"	76.2
2"	50.4
1 1/2"	38.1
1"	25
3/4"	19
3/8"	9.5

Fuente: (INEN, Análisis Granulométrico de agregados fino y grueso, 2011)

4.4.2 Árido finos

También es importante para la fabricación del hormigón los siguientes aspectos a destacar de la arena.

Se considera árido fino, cuando su tamaño es inferior a 4,75 mm, los áridos finos se pueden clasificar según su tamaño en:

Arena fina:

Sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son retenidas por otro de 0,25 mm.

Arena media:

Sus granos pasan por un tamiz de 2,5 mm y son retenidos por otro de 1 mm.

Arena gruesa:

Sus granos pasan por un tamiz de 5 mm y son retenidos por otro de 2,5 mm.

Las arenas de granos gruesos dan lugar a morteros más resistentes que al utilizar arenas finas, pero tienen el inconveniente de necesitar mucha más pasta de conglomerante para rellenar sus huecos.

Un agregado fino con partículas de forma redondeada y textura suave requiere menor cantidad de agua de mezclado.

Las experiencias indican que las arenas finas producen hormigones con consistencia pegajosa y de difícil compactibilidad. Las medias y las gruesas dan mejor resultado en cuanto a trabajabilidad y resistencia a compresión.

Malla de los Tamices (Arena)

Tabla 6:

Malla de los Tamices (Finos)

Tamiz	Tamiz mm
No 4	4.75
No 10	2
No 40	0.425
No 200	0.075

Fuente: (INEN, *Ánisis Granulométrico de agregados fino y grueso*, 2011)

4.5 Agua

El agua es el componente químico más abundante en la biosfera y quizá también el más importante en casi toda la vida de la tierra, incluso la humana, utiliza agua como medio fundamental para el funcionamiento metabólico.

La eliminación y dilución de la mayor parte de los desechos naturales y de origen humano están a cargo del agua casi en su totalidad, el agua posee varias propiedades físicas peculiares que son la causa directa de la evolución de nuestro ambiente y de la vida que funciona dentro de él (Henry & Heinke, 1999).

El agua desempeña uno de los papeles vitales en el hormigón. Es el componente que se combina químicamente con el cemento para producir la pasta que aglutina las partículas del árido, las mantiene unidas y colabora en gran medida con la resistencia y todas las propiedades mecánicas del hormigón.

El agua empleada en la mezcla debe estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser nocivas al hormigón o al acero de refuerzo.

El agua potable y casi cualquier agua natural que se pueda beber y que no tenga sabor u olor marcado, se pueden utilizar en la elaboración del hormigón (NEC, Cargas y Materiales, 2011).

El agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor).

La función del agua en la mezcla es conferir plasticidad para que el hormigón sea trabajable y provocar la reacción química que produce el fraguado

4.6 Aditivos

Se llama aditivo a aquellas sustancias o productos que, incorporados al hormigón antes o durante el mezclado y/o durante un mezclado suplementario, es una proporción no superior al 5% de la masa del cemento, producen la modificación deseada es estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento (Hormigón, 2007).

Los aditivos son materiales que se incorporan al hormigón para mejorar o modificar sus propiedades, pueden ser de varios tipos, ahora comentaré los más utilizados, y que serían útiles para las características que debe poseer nuestro tipo de hormigón.

4.7 Tipos de cemento portland:

Los cementos son conglomerantes hidráulicos, es decir, materiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente mezclado con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones químicas de sus constituyentes, tanto en el aire como bajo el agua, dando lugar a productos hidratados, mecánicamente resistentes y estables (Hormigón, 2007).

Existen varios tipos de cemento portland que serán descritos en la siguiente nota.

Tabla 7:

Tipos de Cemento Portland

Tipo I	Para ser utilizado cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
Tipo IA	Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo I, donde se desea incorporación de aire.
Tipo II	Para uso general, en especial cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo IIA	Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo II, donde se desea incorporación de aire.
Tipo II(MH)	Para uso general, en especial cuando se desea un moderado calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo II(MH)A	Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo II (MH), donde se desea incorporación de aire.
Tipo III	Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.
Tipo III A	Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo III, donde se desea incorporación de aire.
Tipo IV	Para ser utilizado cuando se desea bajo calor de hidratación.
Tipo V	Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Fuente: (INEN, Cemento Portland Requisitos, 2011).

4.8 Descripción los tipos de cemento portland.

4.8.1 Tipo I:

Este tipo de cemento es de uso general, y se emplea cuando no se requiere de propiedades y características especiales que lo protejan del ataque de factores agresivos como sulfatos, cloruros y temperaturas originadas por calor de hidratación (ARQUBA, 2014).

Entre los usos donde se emplea este tipo de cemento están: pisos, pavimentos, edificios, estructuras, elementos prefabricados.

4.8.2 Tipo II:

El cemento Portland tipo II se utiliza cuando es necesario la protección contra el ataque moderado de sulfatos, como por ejemplo en las tuberías de drenaje, siempre y cuando las concentraciones de sulfatos sean ligeramente superiores a lo normal, pero sin llegar a ser severas (En caso de presentarse concentraciones mayores se recomienda el uso de cemento Tipo V, el cual es altamente resistente al ataque de los sulfatos) (ARQUBA, 2014).

Genera normalmente menos calor que el cemento tipo I, y este requisito de moderado calor de hidratación puede especificarse a opción del comprador. En casos donde se especifican límites máximos para el calor de hidratación, puede emplearse en obras de gran volumen y particularmente en climas cálidos, en aplicaciones como muros de contención, pilas, presas, etc.

La Norma ASTM C 150 establece como requisito opcional un máximo de 70 cal/g a siete días para este tipo de cemento.

4.8.3 Tipo III

Este tipo de cemento desarrolla altas resistencias a edades tempranas, a 3 y 7 días (ARQUBA, 2014).

Esta propiedad se obtiene al molerse el cemento más finamente durante el proceso de molienda, su utilización se debe a necesidades específicas de la construcción, cuando es necesario retirar cimbras lo más pronto posible o cuando por requerimientos particulares, una obra tiene que ponerse en servicio muy rápidamente, como en el caso de carreteras y autopistas.

4.8.4 Tipo IV

El cemento Portland tipo IV se utiliza cuando por necesidades de la obra, se requiere que el calor generado por la hidratación sea mantenido a un mínimo, el desarrollo de resistencias de este tipo de cemento es muy lento en comparación con los otros tipos de cemento. Los usos y aplicaciones del cemento tipo IV están dirigidos a obras con estructuras de tipo masivo, como por ejemplo grandes presas (ARQUBA, 2014).

La hidratación inicia en el momento en que el cemento entra en contacto con el agua; el endurecimiento de la mezcla da principio generalmente a las tres horas, y el desarrollo de la resistencia se logra a lo largo de los primeros 30 días, aunque éste continúa aumentando muy lentamente por un período mayor de tiempo

En la fabricación del cemento se utilizan normalmente calizas de diferentes tipos, arcillas, aditivos -como el mineral de fierro cuando es necesario- y en ocasiones materiales silicosos y aluminosos, estos materiales son triturados y molidos finamente, para luego ser alimentados a un horno rotatorio a una temperatura de 1,400 grados centígrados y producir un material nodular de color verde oscuro denominado CLINKER.

4.8.5 Tipo V

Este tipo se usa en las estructuras expuestas a los sulfatos alcalinos del suelo o del agua, a los sulfatos de las aguas freáticas y para exposición al agua de mar (Civil, 2014).

4.9 Cemento blanco

Es un Cemento Tipo portland cuya característica definitiva es la blancura, como consecuencia de un esmerado proceso de fabricación y selección de materias primas, en las que la presencia de hierro y otros metales queda reducido a un mínimo (HOLCIM, Cemento Blanco).

Este cemento se produce de acuerdo con las especificaciones de la ASTM C 150, normalmente tipo I o tipo III, que fueron mencionadas anteriormente.

El proceso de producción se controla de tal manera que el producto final sea blanco, el cemento portland blanco se fabrica con materias primas seleccionadas que contienen cantidades insignificantes de óxidos de hierro y magnesio, pues son estas sustancias las que le dan el color gris al cemento.

El cemento portland blanco se usa principalmente con finalidades arquitectónicas en muros estructurales, concreto prefabricado (pre moldeado) y concreto reforzado con fibras de vidrio (CRFV), paneles de fachada, superficies de pavimento, estuco, pinturas en cemento, mortero para ladrillos y concreto decorativo.

El cemento blanco también se usa en la fabricación de cemento de albañilería (mampostería) blanco de acuerdo con la norma ASTM C91 y el cemento plástico blanco de acuerdo con la ASTM C 1328.

Aunque algunos piensan que los cementos blancos son más frágiles que los grises, en realidad tienen las mismas capacidades mecánicas y una elevada resistencia a la compresión.

Tabla 8:

Resistencia del Cemento Blanco

TABLA DE RESISTENCIAS		
Tiempo	Mínimo	Máximo
3 días	160 kg/cm ²	--
28 días	301 kg/cm ²	510kg/cm ²

Fuente: (HOLCIM, Cemento Blanco).

4.9.1 Aplicación

- ✓ Por sus características, y color, es usado en estructuras ornamentales y arquitectónicas.
- ✓ Fácil de pigmentar.
- ✓ Resistencia mayor a la de los cementos grises.
- ✓ Excelente acabado.
- ✓ Usado en todo tipo de obras tanto interiores como exteriores, por su alta resistencia mecánica a la compresión tiene los mismos usos estructurales que el cemento gris.

4.9.2 Especificaciones técnicas

- ✓ Fraguado inicial: 90 min.
- ✓ Fraguado final: 150 min.
- ✓ Resistencia 7 días: 216 a 320 kg/cm².
- ✓ Resistencia final: 301 a 500 kg/cm² (28 días).
- ✓ Porcentaje de Blancura: Superior al 90 %

4.10 Silicatos.

La clase de los silicatos es la mayor entre los ocho grupos principales. Aproximadamente el 90% de la corteza terrestre está formado por silicatos de un tipo u otro. Se dividen en seis subclases en función de su geometría interna.

Son los ciclosilicatos, los inosilicatos, los nesosilicatos, los fiosilicatos, los sorosilicatos y los tectosilicatos (Langostino, Rocas y Minerales, 2009).

4.11 Cuarzo:

4.11.1 Etimología:

Proviene de la palabra griega “kristallos” que significa hielo, en eslavo significa duro, se denominó de tal forma porque los antiguos griegos creían que se trataba de agua tan intensamente congelada que no podría ser descongelada.

El cuarzo, que es dióxido de silicio, se clasifica como un tectosilicato, es el mineral más común de la corteza terrestre y se puede encontrar en una amplia diversidad de variantes.

Se halla en formas masivas y cristalinas, estas últimas compuestas por prismas hexagonales que terminan en una pirámide de seis lados.

Se encuentra también incrustado como un revestimiento dentro de las cavidades de las rocas y geodas huecas., el cuarzo tiene diversos usos comerciales, entre los que figuran los componentes ópticos de instrumentación especializados, así como ingredientes de pinturas, vidrio y abrasivos (Langostino, Rocas y Minerales, 2009).

4.11.2 Origen del Cuarzo:

Con el propósito de conocer la existencia de Minas de Cuarzo en la Provincia de Imbabura, se visitó el departamento vial del Gobierno Provincial, en donde los funcionarios informaron la existencia de Minas en el Sector de Pimampiro, Valle del Chota y Cahuasqui (Cantón Urcuquí).

El cuarzo utilizado en la fabricación del hormigón translúcido es de dos tipos: “canto rodado”, dicho material se obtuvo de la Provincia de Imbabura, en el Sector del Valle del Chota, ubicado a 30 minutos de la Ciudad de Ibarra y del tipo angular extraído del Sector de Priorato.

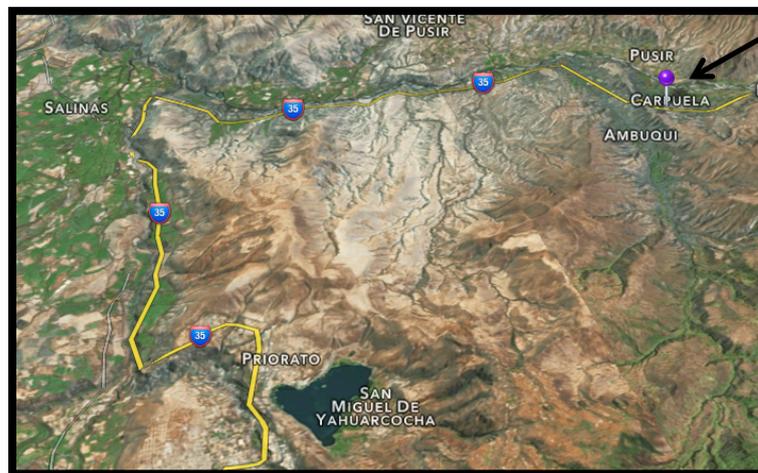


Ilustración 19: Ubicación del Cuarzo



Ilustración 20: Puente Sobre el Río Chota



Ilustración 21: Río Chota

Por la dificultad de no existir una minería organizada en el país, se realizó una minería artesanal en el sector, con la ayuda de pobladores de la comunidad, se procedió a recolectar el cuarzo de tipo lechoso, único en el sector.

En la parroquia Priorato del cantón Ibarra, existe una pequeña mina de Cuarzo, el cual se extraído utilizando herramientas manuales.

El material seleccionado en primera ocasión fue llevado a la trituradora de las Empresa Imbavíal, empresa pública del Gobierno Provincial de Imbabura, ubicada en el Sector de Palacara, en la vía Ibarra-San Lorenzo y otra ocasión las muestras se llevaron a la trituradora de propiedad de la empresa constructora Vaca-Calderón, ubicada en la ciudad de la Ibarra.



Ilustración 22: Empresa Imbavíal



Ilustración 23: Trituración de Cuarzo



Ilustración 24: Empresa Vaca-Calderón



Ilustración 25: Cuarzo Triturado

El cuarzo es el componente fundamental de gran número de tipos de rocas, especialmente de las rocas ígneas ácidas, de ahí que sea tan frecuente y abundante, pero también en rocas sedimentarias y metamórficas por ser al mismo tiempo muy resistente.



Ilustración 26: Cuarzo Lechoso.

Tabla 9:

4.11.3 Características y propiedades del Cuarzo

Clase Mineral del Cuarzo	Grupo IV Óxidos
Color del Cuarzo	Incoloro (cristal de roca)
Raya del Cuarzo	Blanca
Dureza del Cuarzo	7 Mohs
Densidad del Cuarzo	2,65 gr/cm ³
Exfoliación del Cuarzo	Ninguna
Fractura del Cuarzo	Concoidea, muy frágil
Cristalización del Cuarzo	Trigonal
Habito Cristalino del Cuarzo	Prismas hexagonales coronados en pirámide
Composición Química del Cuarzo	SiO ₂
Naturaleza Óptica del Cuarzo	Uniáxica
Signo Óptico del Cuarzo	Positivo
Transparencia del Cuarzo	Transparente
Brillo del Cuarzo	Vítreo intenso

Fuente: (Langostino, Rocas y Minerales, 2009)

4.11.4 Función en el Hormigón Translúcido

El cuarzo es un material silicio, granulométrico y su función en el hormigón Translúcido es de re-emplazar a los agregados gruesos (Gravas).

El cuarzo, el cual tiene una alta dureza aumenta la capacidad de resistencia del concreto translucido, gracias a su color transparente ayuda a que el paso de la luz sea más accesible, además posee la capacidad de resistir el ataque de las sales esto sería una contribución más a la formación del hormigón translúcido.

4.12 Arena Sílica

Es un compuesto resultante de la combinación del Sílice con el Oxígeno, su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable: Si O_2 (Camimex).

Los usos industriales del sílice derivan de sus importantes propiedades físicas y químicas, destacándose especialmente su dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia.

Es la materia prima fundamental para la fabricación del vidrio (aproximadamente el 70 % de su composición es de sílice) y de la porcelana.

Sus arenas son utilizadas especialmente como lecho filtrante para depuración y potabilización de las aguas (para la retención de los flóculos de tamaños muy pequeños que no son separados por decantación), y por su dureza son utilizados para la fabricación de lejías, abrasivos industriales y arenados.

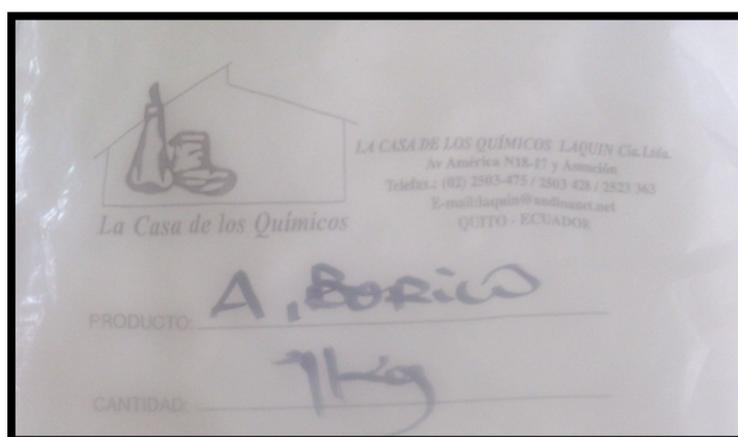
También es muy importante en la composición de las fórmulas de detergentes, pinturas, hormigones y morteros especiales, y constituyen la materia prima básica para la obtención del silicio, así mismo son la base para la fabricación de refractarios de Sílica y arenas de modelo, dado su alto punto de fusión.

4.12.1 Función en el Hormigón Translúcido

La arena Sílica tiene la misma composición del cuarzo (Dióxido de sílice), granulométrico y su función en el hormigón Translúcido es de reemplazar a los agregados finos.

4.13 Ácido bórico

El ácido bórico o ácido trioxobórico (III) es un compuesto químico, ligeramente ácido, es usado como antiséptico, insecticida, retardante de la llama y precursor de otros compuestos químicos (Ecured).



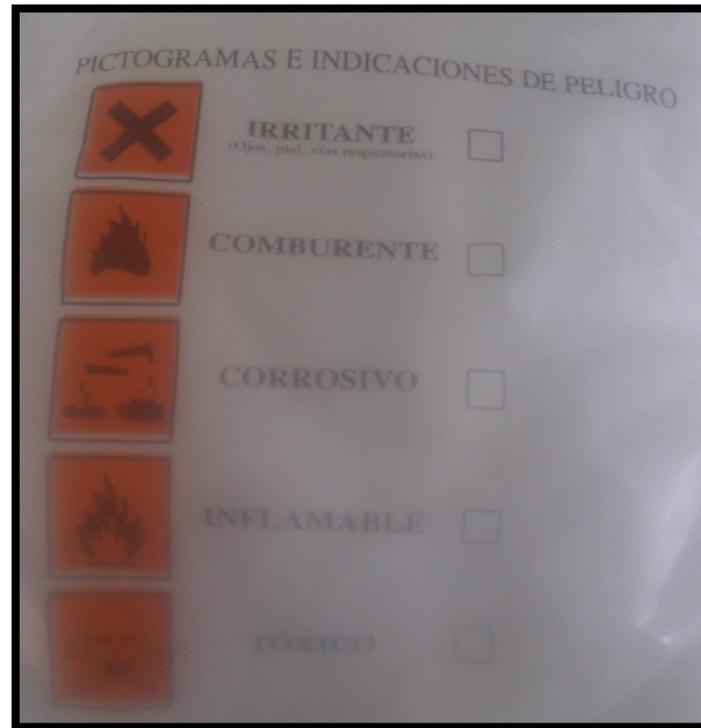


Ilustración 27: Ácido Bórico

Fuente: (Químicos, 2014)

4.13.1 Función en el Hormigón Translúcido

El ácido bórico cumple una función muy importante en el hormigón translúcido, es un retardante de llama, puesto que nuestro hormigón es propenso a inflamarse al contacto directo con el fuego.

4.14 Fibra de vidrio

4.14.1 Definición:

La fibra de vidrio son pequeños filamentos de vidrio, los hilos de vidrio se obtienen mediante el paso, en forma industrial, de vidrio líquido a través de una pieza resistente con pequeños orificios conocido como "espinerette".

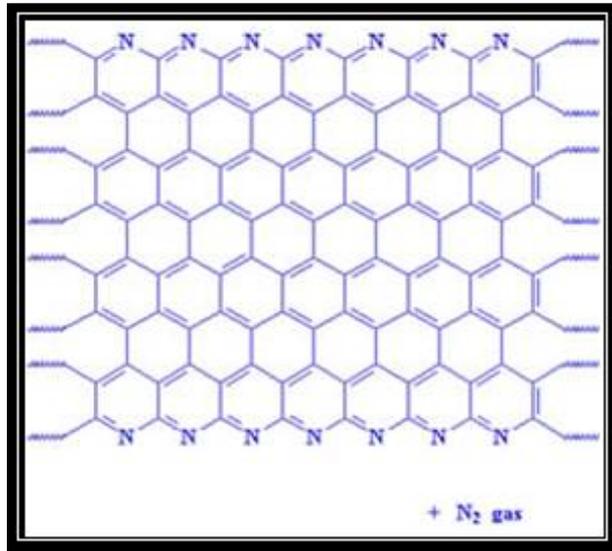


Ilustración 28: Espinerette

Fuente: (Wikipedia, Fibras de Vidrio, 2014)



Ilustración 29: Fibras de Vidrio

Fuente: (Fibrador, 2013)

4.14.2 Propiedades Químicas:

En su composición se encuentran el sílice (arena o cuarzo tienen gran cantidad de este material, su fórmula química es SiO_2 , carbonato de sodio (Na_2CO_3) y cal (CaCO_3).

El vidrio, bajo la forma de láminas tipo ventana, envases, artículos de bazar, etc., no posee ninguna característica mecánica extraordinaria, sino más bien una fragilidad que constituye tal vez su rasgo más típico: sin embargo, estirado en hilos delgados sus propiedades cambian considerablemente.

A medida que el diámetro de las fibras disminuye, el vidrio, antes rígido se vuelve flexible, y su resistencia muy escasa inicialmente aumenta con rapidez hasta sobrepasar a todas las demás fibras conocidas, siendo en esta forma que se usa como material de refuerzo.

4.14.3 Propiedades Físicas:

- ✓ Color : Transparente.
- ✓ Estado : Vítreo.
- ✓ Dureza : 4 en la es de Mohs.
- ✓ Densidad : 1,6 g/cm³

Otras:

- ✓ Mejora la resistencia a la compresión y al desgaste.
- ✓ Gran maleabilidad.
- ✓ Mejora la resistencia a la fricción en alta y baja temperatura.
- ✓ Altamente resistente a la tracción.
- ✓ Excelente estabilidad química, excepto fuertes álcalis y ácido fluorhídrico, es decir Inerte a muchas sustancias incluyendo los ácidos.

- ✓ Excelente aislante térmico, tiene mejor conductividad térmica y coeficiencia de fricción cuando es combinado con bisulfuro de molibdeno o con grafito.
- ✓ Soporta altas temperaturas.
- ✓ Tiene excelentes propiedades eléctricas.
- ✓ La resistencia a la tracción de las fibras de vidrio alcanza normalmente valores que superan los 350 Kg/mm².

4.14.4 Propiedades Mecánicas

Planchas de prfv

Los productos están hechos a partir de elementos de primera calidad de fibra de vidrio y resina (Fibrador, 2013).

Las principales características de los laminados de fibra de vidrio son su elasticidad y al mismo tiempo la alta resistencia mecánica y química, los detalles que hacen que estos productos sean superiores en comparación con otros laminados de plástico o de metal.

Tanto comercialmente y técnicamente, los productos de PRFV se caracterizan por el contenido de fibra de vidrio por metro cuadrado de laminado (por ejemplo, un 375 significa un producto con 375 g / m² de fibra de vidrio), un valor que, además de determinar la resistencia mecánica, también determina indirectamente el espesor del laminado.

Desde el punto de vista de la superficie del laminado, que puede ser con o sin recubrimiento de gel, brillante, mate, arenado o lijado, áspera o fibra para ver y, a petición, protegido con una película extraíble (película).

Serie	P	T
Presentación	Plano	Gelcoat
Espesor (mm)	1-10	1-10
Altura (mm)	max 3000	max 3000
Longitud (m)	max 13	max 13
Fibra de vidrio (g / m ²)	300-4500	300-4500
Fibra / resina (%)	20-40	20-40

Ilustración 30: Tabla de Características

Fuente: (Fibrador, 2013)

4.14.5 Función en el Hormigón Translúcido

La función principal en el hormigón translúcido es de reemplazar los agregados finos (Arenas), además de que guían el paso de la Luz a través del hormigón.

Los tipos de fibras utilizadas son fibras mono modo y vigentes, es decir, en su estado puro y sin recubrimientos cuya finalidad es la de hacer que transcurra más fácilmente la luz a través del concreto.

4.15 Nylon

El nylon es un polímero artificial que puede clasificarse en el grupo de las poliamidas, pues se genera formalmente por policondensación de un diácido con una diamina (Quiminet).

El nylon es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no precisa planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales, el nylon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos y peines.



Ilustración 31: Nylon

4.15.1 Propiedades de los hilos de fibra de nylon

Durante la fabricación del nylon, sus fibras son sometidas a extrusión, texturizado e hilado en frío hasta alcanzar 4 veces su longitud original, lo cual aumenta su cristalinidad, resistencia y tracción.

Los hilos de fibra de nylon cuentan con ciertas propiedades que se adaptan al proceso de fabricación o producto de cada industria, entre éstas podemos encontrar:

4.15.2 Resistencia química

Al contener alcoholes, cetonas e hidrocarburos aromáticos, el hilo de fibra de nylon presenta muy buena resistencia química.

4.15.3 Viscosidad

Su viscosidad de fundido es muy baja, lo cual puede acarrear dificultades en la transformación industrial, y su exposición a la intemperie puede causar una fragilización y un cambio de color salvo si hay estabilización o protección previa.

4.15.4 Rigidez

Al nylon se le puede agregar fibra de vidrio para proporcionar un incremento en la rigidez.

4.15.5 Resistencia

Es un polímero cristalino ya que se le da un tiempo para que se organice y se enfríe lentamente, siendo por esto muy resistente.

4.15.6 Punto de fusión y solubilidad

El nylon es soluble en fenol, cresol y ácido fórmico y su punto de fusión es de 263 °C.

4.15.7 Función en el Hormigón Translúcido

La función principal en el hormigón translúcido es guiar el paso de la luz por medio de estos filamentos, Además de mejorar su resistencia a la compresión.

4.16 Resina de poliéster

Las resinas, en general pueden ser clasificadas en termoplásticas y termofijas, las termoplásticas se presentan solidas a temperatura ambiente siendo procesadas por calentamiento, fusión y enfriamiento en un molde apropiado. Este proceso puede ser ejecutado más de una vez, de modo que estas resinas pueden ser recicladas, las resinas termofijas, una vez moldeadas no pueden ser reprocesadas (Plastiquímica).

Este tipo de resinas son liquidas y procesadas al adicionar substancias especiales (catalizadores y acelerantes) que las transforman en solidos a temperatura ambiente



Ilustración 32: Resina Poliéster

La transformación de estas resinas en un estado sólido se conoce como polimerización o curado, esta reacción no ocurre instantáneamente después de la adición de los promotores de curado; después de ser activadas, ellas también permanecen inalteradas durante algunos minutos (5, 10, 15 o más minutos, dependiendo de las cantidades de catalizador, acelerador y de las condiciones ambientales), luego pasan por una etapa gelatinosa antes de endurecer.

Para el caso específico de poliésteres y vinilésteres, el tiempo transcurrido entre la adición de los agentes promotores de polimerización y el inicio de la gelatinización es conocido como tiempo de gel, tiempo de gelatinización o “gel-time.

Una vez ocurrida la gelatinización el curado prosigue con gran desprendimiento de calor (reacción exotérmica) hasta que la resina presenta, después del enfriamiento, las características físicas de un sólido rígido que ya no puede ser transformado en líquido.



Ilustración 33: Reacción Exotérmica

La reacción de curado de los poliésteres es irreversible, esto es, una vez transformados de líquidos a sólidos, ya no pueden ser reprocesados de sólidos en líquidos, las fibras de vidrio son incorporadas a la resina, mientras que la resina permanece líquida, inmediatamente después de la adición del catalizador y el acelerador.

El material compuesto resultante de la combinación, después de completado el curado, es conocido como Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio.



Ilustración 34: Fibras de Vidrio

4.16.1 Formulación y procesos de fabricación de resinas poliéster.

Las resinas poliéster están formadas por una mezcla homogénea de una cadena polimérica central, en base a poliéster, que se encuentra disuelta en monómero de estireno, el cual además de ser usado como diluyente de la resina cumple una función estructural dentro del curado de la resina (Tecnoempol).

Dicha cadena está formada por distintos tipos de:

- ✓ Glicoles: Moléculas que tienen en su estructura dos grupos hidroxilo (OH)
- ✓ Ácidos saturados: Moléculas que en su estructura tienen grupos carboxilo (COOH)
- ✓ Ácidos insaturados: Moléculas que además de un grupo carboxilo tienen en su estructura insaturaciones, las cuales se presentan como uniones dobles entre carbono y carbono (C=C), estas uniones dobles son las que luego se van a unir con el monómero de estireno para producir la solidificación de la resina.

4.16.2 Glicoles

Existe una diversidad de glicoles cuyo uso depende de las características que se requiere que la resina tenga, los glicoles más comunes en las resinas poliéster son el etilenglicol, propilenglicol y neopentilglicol, cuyas estructuras se puede observar (Plastiquímica).

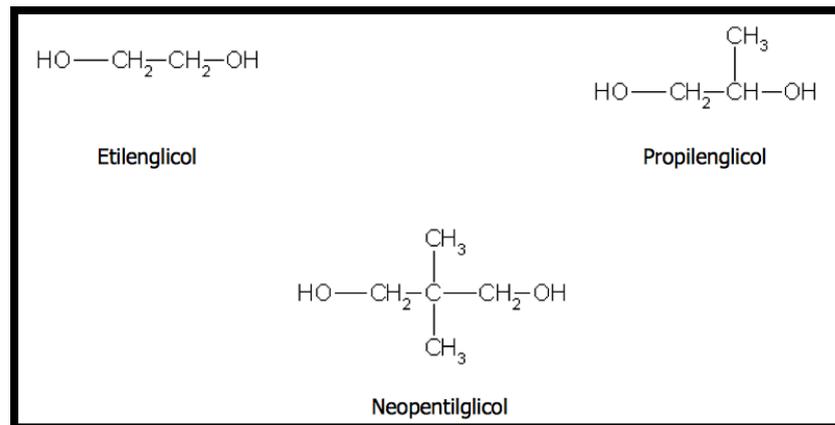


Ilustración 35: Glicoles

Fuente: (Plastiquímica).

Los glicoles dan características importantes a las resinas y ellos dependen:

- ✓ La flexibilidad
- ✓ La cristalinidad
- ✓ La sensibilidad al agua y al calor
- ✓ La resistencia química de la resina

El etilenglicol es el más simple de los glicoles pero produce resinas con una ligera tendencia a la cristalinización, por su costo y desempeño es el glicol más usado en la síntesis de las resinas poliéster.

El neopentilglicol (NPG), tiene dos grupos metilo que protegen a los grupos hidroxilo, esto le da a las resinas una buena resistencia a la intemperie, pequeña absorción de agua y excelente brillo.

Además de estos alcoholes, el Bis fenol A se aplica cuando se requieren grandes resistencias químicas de las resinas poliéster (resinas bisfenólicas) pero con una pequeña elongación a la ruptura, la forma más común de ocuparlo es propoxilado.

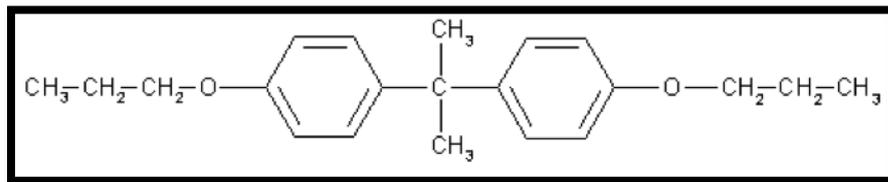


Ilustración 36: Bisfenol A Propoxilado

Fuente: (Plastiquimica).

4.16.3 Monómero de enlace

Los monómeros reactivos interligan los puntos de instauración presentes en las moléculas de poliéster, formando “puentes” entre ellas, estas copolimerizaciones transforman el poliéster líquido en sólido, liberando gran cantidad de calor, formando un retículo tridimensional insoluble e infusible (Tecnoempol).

Antes de la interligación (cura) el monómero sirve de solvente de la resina, permitiendo su procesamiento en estado líquido entre los varios monómeros reactivos disponibles para copolimerización con poliésteres, el estireno es el más usado.

Las resinas flexibles demandan mayor relación molar de estireno que las rígidas las éster vinílicas pueden curar así mismo sin estireno si el límite de concentración máxima de estireno fuera ultrapasado, el poliéster curado tendrá alguna de sus propiedades perjudicadas.

Por ejemplo:

- ✓ Exceso de estireno torna el poliéster quebradizo y sensible al calor.
- ✓ Los poliésteres con exceso de estireno no tienen buena resistencia a las intemperies los laminados con exceso de estireno son más susceptibles a presentar fisuramiento superficial cuando están expuestos al sol.

- ✓ Algunos poliésteres admiten hasta 50% (en peso) de estireno en forma general no es conveniente sobrepasar 45% en la Formulación, la adición de estireno a la resina es una práctica común, seguida por la mayoría de los fabricantes.

4.16.4 El aditivo tixotrópico

Espesa la resina con el fin de que esta no descuelgue, evita la mala impregnación y la concentración en el fondo del molde en aplicaciones sobre superficies no planas (verticales).

Generalmente polvos de sílice anhidra entre un 0,5 y un 5 %.

En la incorporación de colorantes impide la formación del efecto denominado “piel de naranja”.



Ilustración 37: Sílice

4.16.5 El acelerador

Las resinas de poliéster contienen un elemento químico que “acelera” su secado, este es el octoato de cobalto, un líquido rosáceo que le da la resina su color característico.

La resina de poliéster normalmente ya se vende acelerada (generalmente a una concentración del 2%), pero en el caso de que se hubiera adquirido por separado la resina y el acelerante, hay que tener en cuenta que este siempre debe ser mezclado con la resina antes de añadir el catalizador, y que la unión entre octoato de cobalto “puro”, sin estar añadido a la resina y el catalizador, es ALTAMENTE EXPLOSIVA.



Ilustración 38: Cobalto

4.16.6 El catalizador

El catalizador o Peróxido de Mek es el elemento que, añadido a la resina de poliéster o al Gel Coat provocará la reacción química antes aludida y, por tanto, su gelificación y endurecimiento final.

(El más usual es Peróxido de Metil Etil Cetona), como hemos indicado anteriormente, no debe ponerse en contacto con el acelerador ya que genera una exotérmica (desprendimiento de calor) con riesgo de incendio.

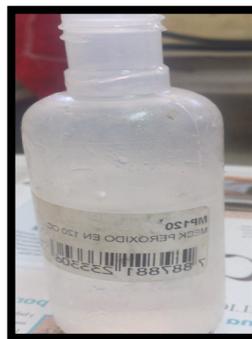


Ilustración 39: Peróxido de Mek

5 CAPÍTULO 5

5.1 Normativa, Métodos y Técnicas Vigentes en el País.

5.2 Ensayos de Caracterización

5.2.1 Análisis Granulométrico en los Áridos Fino y Grueso(INEN 696)

Alcance:

El presente método cubre la gradación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para el hormigón.

Equipos:

Horno: Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Agitador de Tamices Mecánico: Aparato diseñado para dividir la muestra original en partes representativas y reducir su tamaño a proporciones adecuadas.

Tamices: Tela de filamentos que se entrecruzan dejando huecos cuadrados, es importante que esos cuadrados tengan todos el mismo tamaño.

Balanza: Las Balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una precisión y exactitud para pesar los objetos.

Bandejas y Taras: Instrumentos auxiliares del laboratorio para la colocación del material.

Procedimiento para el análisis granulométrico:

Disponer de las muestras para el análisis por medio de cuarteo considerando la norma: INEN 696.

Tabla 10:

Tamaño de la muestra para el ensayo del árido grueso

Tamaño nominal máximo, Abertura cuadradas, en mm(pulgadas)	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: (INEN, Análisis Granulométrico de agregados fino y grueso, 2011).

Para un tamaño nominal de 1" pulgada se opta por seleccionar 10kg de material.

Luego de preparar la muestra para el ensayo, se lava el material para separar partículas gruesas de las finas que se encuentren pegadas, así también para remover materia orgánica que pueda alterar los resultados del ensayo.



Ilustración 40: Agregado Grueso

Esparcir el material lavado y secado en los diferentes tamices previamente acoplados y colocados de forma ascendente.

Emplear el tamizador eléctrico sobre los tamices colocados en forma vertical, se debe finalizar manualmente, dando por terminado cuando la masa del árido retenido en cada tamiz no varíe más del 1%.



Ilustración 41: Tamizador Vibratorio Eléctrico

Resultados Obtenidos:

Tabla 11:

Resultados obtenidos del ensayo de granulometría (Cuarzo)

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN					
INGENIERÍA CIVIL					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES					
ENSAYO:	GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO	PROYECTO:	TESIS DE GRADO		
MATERIAL:	CUARZO	REALIZO:	AGUAS JAIME		
UBICACIÓN:	CHOTA	REVISO:	ING. DURÁN R.		
GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS					
PESO INICIAL:	10000,1 gr				
Tamices	Tamices en (mm)	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulad o	% Pasa
2''	50,0	0	0,00	0,000	100,0
1 1/2''	38	0	0,00	0,000	100,0
1''	25	838,08	8,39	8,390	91,6
3/4''	19	2787,08	27,885	36,275	63,7
1/2''	12,7	2561,15	25,618	61,892	38,1
3/8''	9,5	1761,15	17,616	79,508	20,5
N° 4	4,75	2031,00	20,315	99,823	0,2
N° 8	2,36	2,90	0,029	99,852	0,1
Fondo		14,80	0,148	100,000	0,0
		9997,6	100		

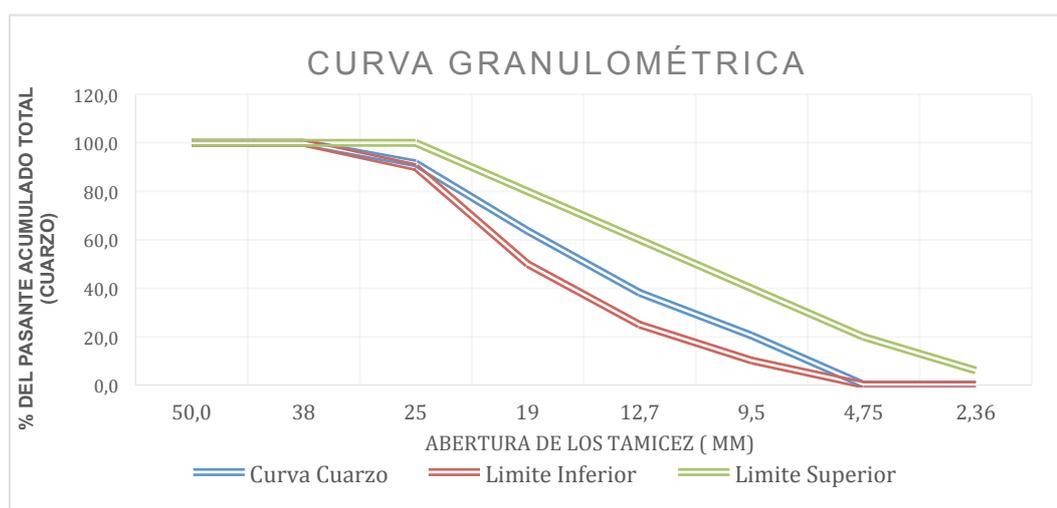


Ilustración 42: Curva Granulométrica Cuarzo

Se puede concluir, que el material grueso tiene un mínimo porcentaje de desprendimiento de partículas finas, lo cual a su vez permite que no afecte el diseño.

Tabla 12:

Resultados obtenidos del ensayo de granulometría (sílice)

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN					
INGENIERÍA CIVIL					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES					
ENSAYO:	GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO	PROYECTO:	TESIS DE GRADO		
MATERIAL:	SÍLICE	REALIZO:	AGUAS JAIME		
UBICACIÓN:	LA FARGE	REVISO:	ING. DURÁN R.		
GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS					
PESO INICIAL:	500,00 gr				
Tamices	Tamices en (mm)	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
3/8"	9,5	0	0,000	0,00	100,0
4	4,76	0	0,000	0,00	100,0
8	2,36	0	0,000	0,00	100,0
16	1,18	92,7	18,663	18,66	81,3
30	0,6	151,9	30,582	49,25	50,8
50	0,3	210	42,279	91,52	8,5
100	0,15	29,7	5,979	97,50	2,5
Fondo		12,4	2,496	100,00	0,0
		496,7	100,000		

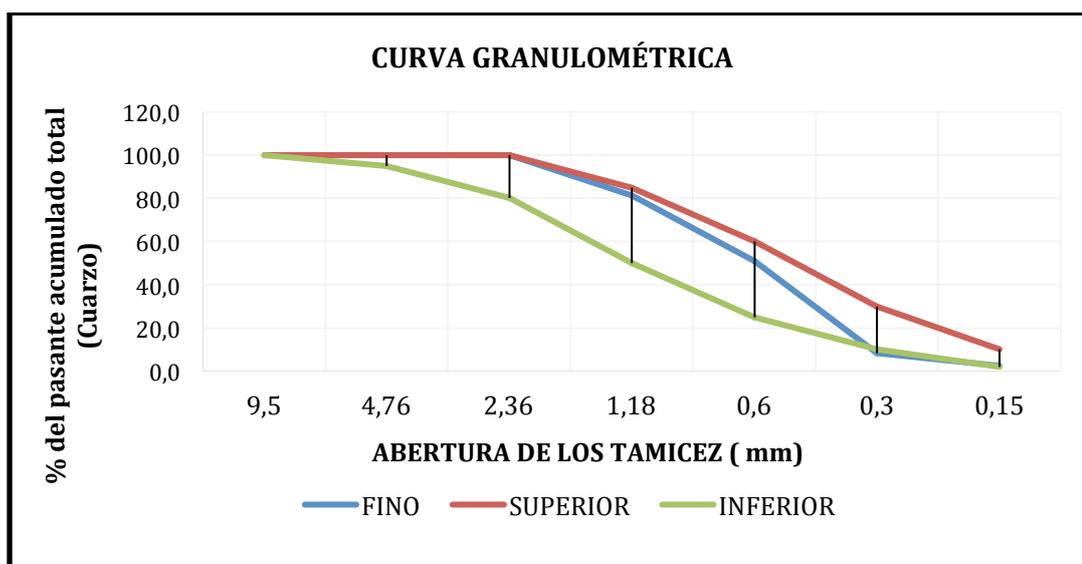


Ilustración 43: Curva Granulométrica Sílice

Dentro del análisis granulométrico del agregado fino, es importante tomar en consideración el módulo de finura, este se determina sumando los porcentajes acumulados en los tamices Números: N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo para 100, en este caso el módulo de finura es de $M.F=2.57$, lo que representa una arena muy fina.

5.2.2 Gravedad específica para el agregado Grueso(INEN 857)

Alcance:

El presente método cubre la determinación de la gravedad específica del agregado grueso, utilizando el procedimiento según la norma INEN 857.

Equipos:

Balanza: Las Balanzas utilizadas en el ensayo deben tener una precisión y exactitud para pesar el material y los recipientes utilizados.

Canasta: Recipiente de alambre metálico, con aberturas cuadradas, con una capacidad aproximada de 7 litros, y que evite la retención de aire cuando el material este sumergido.

Tanque de Agua: Depósito hermético, dentro el cual se coloca la canasta con la muestra mientras se suspende bajo el agua.

Horno: Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimiento para el análisis granulométrico:

Disponer de la muestra para el análisis de gravedad específica en el árido grueso por medio de la norma: INEN 857.

Tabla 13:

Masa mínima de la muestra de ensayo

Tamaño nominal máximo, Abertura cuadradas, en mm(pulgadas)	Masa mínima de la muestra para el ensayo, (kg)
12,5 o menor	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

Fuente: (INEN, Gravedad Específica del Árido Grueso, 2011)

Para un tamaño nominal de 1" pulgada se opta por seleccionar 4kg de material.

Luego de preparar la muestra para el ensayo, se lava el material para separar partículas gruesas de las finas que se encuentren pegadas, así también para remover materia orgánica que pueda alterar los resultados del ensayo.

Se seca el material al horno a una temperatura constante de 110 °C +/- 5°C, hasta conseguir una masa constante por 24 horas, y se enfría la muestra a temperatura ambiente hasta que el material se haya enfriado por completo.



Ilustración 44: Muestra Secada al Horno

Se sumerge el árido en agua a una temperatura ambiente durante un periodo de 24h.



Ilustración 45: Muestra sumergida

Se retira la muestra del agua, y se coloca sobre un paño absorbente y con el mismo se seca el material hasta eliminar cualquier lámina visible de agua.



Ilustración 46: Paño Absorbente de agua

Se coloca la muestra en un recipiente, se lo pesa para luego colocarlo en la canasta para su previa inmersión en el agua y determinación de la gravedad específica.



Ilustración 47: Árido sumergido en agua

Resultados Obtenidos:

Tabla 14:

Resultados obtenidos del ensayo de gravedad específica

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL	PROYECT	TESIS DE
	ÁRIDO GRUESO	O:	GRADO
MATERIAL:	CUARZO	REALIZO:	AGUAS JAIME
UBICACIÓN:	CHOTA	REVISO:	ING. DURÁN R.

Peso Tara (gr)=	239,5
Peso Muestra (gr)=	4003,7
Peso Bandeja (gr)=	2643
Peso Muestra Saturada (gr)(B)=	4016
Peso Muestra Sumergida (gr)(C)=	2484
Peso Muestra Seca (gr)(A)=	4246,2
Gravedad Específica SH =	2,770
Gravedad Específica SSS =	1,621
Gravedad relativa aparente SSS =	2,400

5.2.3 Ensayo de Abrasión(INEN 860)

Alcance: Este método, describe el procedimiento para determinar la resistencia al desgaste de agregado grueso, natural o triturado, más pequeño que 37.5mm, usando la máquina de los ángeles.

Equipo:

Máquina de los Ángeles: Equipada con un contador, consiste en un molde cilíndrico de acero hueco y cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior de 711.5mm y una longitud de interior de 508.5mm.



Ilustración 48: Máquina de los Ángeles

Balanza: Las Balanzas utilizadas en el ensayo deben tener una precisión y exactitud para pesar el material y los recipientes utilizados.

Horno: Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Carga: La carga consistirá de esferas de acero de aproximadamente 46.8mm de diámetro y una masa entre 390g y 455g, la cantidad de esferas viene dada por la siguiente tabla.

Tabla 15:

Especificación para la carga

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga(g)
A	12	5000 +/- 25
B	11	4584 +/- 25
C	8	3330 +/- 20
D	6	2500 +/- 15

Fuente: (INEN, Determinación de la degradación del árido grueso mediante la máquina de los ángeles., 2011).

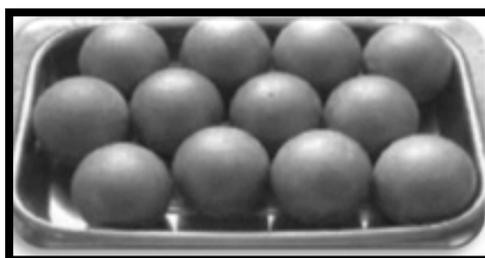


Ilustración 49: Bolas de Acero

Procedimiento: La muestra de ensayo consistirá en ubicar el material limpio, libre de impurezas y materia orgánica, secado en el horno, separada por fracciones de cada tamaño y combinada con una de las granulometrías descritas en la siguiente tabla:

Tabla 16:

Gradación de las muestras de ensayo.

Tamaño de las aberturas de tamiz (mm)		Masa por tamaños indicada(g)			
Pasante de	Retenido en	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25,0	1250 +/- 25			
25,0	19,0	1250 +/- 25			
19,0	12,5	1250 +/- 10	2500 +/- 10		
12,5	9,5	1250 +/- 10	2500 +/- 10		
9,5	6,3			2500 +/- 10	
6,3	4,75			2500 +/- 10	
4,75	2,36				5000 +/- 10
Total		5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10

Fuente: (INEN, Determinación de la degradación del árido grueso mediante la máquina de los ángeles., 2011).

De acuerdo con la granulometría previamente obtenida y de acuerdo al tamaño máximo nominal, se elige el número de esferas y el peso según la tabla 16.

Colocamos las esferas en la máquina de los ángeles junto al material.



Ilustración 50: Masa por tamaños indicada (g)



Ilustración 51: Máquina de los Ángeles + material + esferas

Conectamos la máquina para que gire 500 veces.

Realizado el procedimiento se procede a retirar el material de la máquina junto con las esferas.

Pasar por el tamiz #12, para obtener los resultados del ensayo.

Resultados Obtenidos:

Tabla 17:

Resultados obtenidos del ensayo de abrasión en la máquina de los ángeles

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN		
INGENIERÍA CIVIL		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES		
ENSAYO:	ABRASIÓN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	PROYECTO: TESIS DE GRADO
MATERIAL:	CUARZO	REALIZO: AGUAS JAIME
UBICACIÓN:	CHOTA	REVISO: ING. DURÁN R.
A	Peso del material antes del ensayo(gr)	5004,5
B	Peso del material no desgastado (gr)	3229
C=A-B	Perdida por desgaste(gr)	1775,5
$D=(C/A)*100$	Desgaste del Material (%)	35,48

El desgaste del agregado grueso es una de las principales características a tener en cuenta en las mezclas de hormigón, dando que la resistencia al desgaste y tiempo, depende de la dureza del mineral o roca.

El límite máximo de gradación de la muestra es de 45% según el INEN 860, en este caso el porcentaje de desgaste es de 35,48%, lo que representa un material resistente y con mediano desprendimiento de material fino.



Ilustración 52: Gradación del Cuarzo

5.2.4 Ensayo de Contenido de Humedad(INEN 690)

Alcance: Esta norma establece el método para determinar en el laboratorio el contenido de agua de los suelos mediante el secado al horno.

Equipo:

Horno: Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C +/- 5°C

Balanza: Las Balanzas utilizadas en el ensayo deben tener una precisión y exactitud para pesar el material y los recipientes utilizados.

Bandejas y Taras: Instrumentos auxiliares del laboratorio para la colocación del material.

Procedimiento: Disponer de la muestra para el análisis de contenido de humedad según la norma: INEN 690.

Tabla 18:

Cantidad mínima de muestra

Tamaño máximo de partículas, INEN (mm)	Masa mínima de la muestra(gr)
425um	25
2mm	50
4,75mm	200
9,5mm	300
13,2mm	350
19mm	500
26,5mm	600
37,5mm	1000
53mm	1200

Fuente: (INEN, Determinación del contenido de agua, método del secado al horno., 2011).

Para el tamaño nominal de 1"pulgada, obtenemos la muestra según la tabla 20, para su ensayo.



Ilustración 53: Muestra húmeda

Colocamos en un recipiente la muestra a ensayar, cuidando de que no existan partículas de suelo o material orgánico adherido en ellas.

Se coloca en el horno la muestra húmeda, manteniendo una temperatura constante hasta tener una masa uniforme.

Inmediatamente después de secar al horno, pesamos la muestra.

Resultados Obtenidos:

Tabla 19:

Resultados del ensayo de contenido de humedad INEN 690

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	PROYECTO:	TESIS DE GRADO
MATERIAL:	CUARZO	REALIZO:	AGUAS JAIME
UBICACIÓN:	CHOTA	REVISO:	ING. DURÁN R.
m1	Masa del recipiente(gr)		77,95
m2	Masa del recipiente y el suelo húmedo (gr)		878,25
m3	Masa del recipiente y el suelo seco(gr)		877,87
w	Contenido de agua (%)		0,05

5.2.5 Gravedad específica para el agregado fino INEN(856)

Alcance: Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de la gravedad específica, densidad, así como también la absorción de una muestra de árido fino después de 24 horas de saturado en agua.

Equipo:

Balanza: Que tenga una capacidad de 1kg o más, una sensibilidad de 0,1gr o menos y sea exacta dentro del 0,1% de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

Picnómetro: Es una probeta que dispone de un cuello alargado y un bulbo inferior, permite determinar la densidad del agregado, en referencia al a de un fluido de densidad conocida, por ejemplo el agua.

Agua destilada: El agua destilada es aquella cuya composición se basa en la unidad de moléculas de hidrógeno y oxígeno, es aquella a la que se le han eliminado las impurezas e iones mediante destilación.

Pipeta: Tubo de varias formas, cuyo orificio superior se tapa a fin que la presión atmosférica impida la salida del líquido, la pipeta es un utensilio de laboratorio, que sirve para hacer mezclas y transportar líquidos en poca cantidad. Suelen ser de vidrio o de plástico y está formada por un tubo transparente por el cual se puede ver la cantidad de líquido que se está cogiendo.

Bomba de Vacío: Una bomba de vacío extrae moléculas de gas de un volumen sellado para crear un vacío parcial. Su función principal dentro de este ensayo es retirar las burbujas de aire que ingresan dentro del picnómetro al introducir la muestra de agregado y el agua destilada.

Procedimiento:

La toma de muestra es de acuerdo a la norma INEN 856. Obtener aproximadamente 500gr de la muestra de agregado fino.

Secar la muestra en un recipiente adecuado o vasija en el horno hasta un peso constante a un temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se deja enfriar a temperatura ambiente y se cubre con agua sumergida por 24 horas.

Secar la muestra en un recipiente adecuado o vasija hasta un peso constante.



Ilustración 54: Agregado Fino secado

Registrar todas las determinaciones de pesos con una aproximación de 0.1 gr.

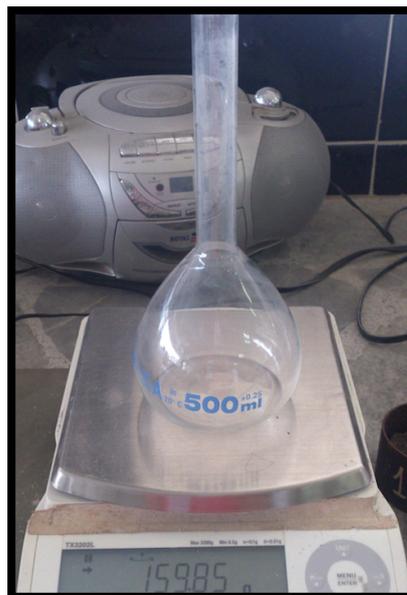


Ilustración 55: Peso del picnómetro sin agua destilada

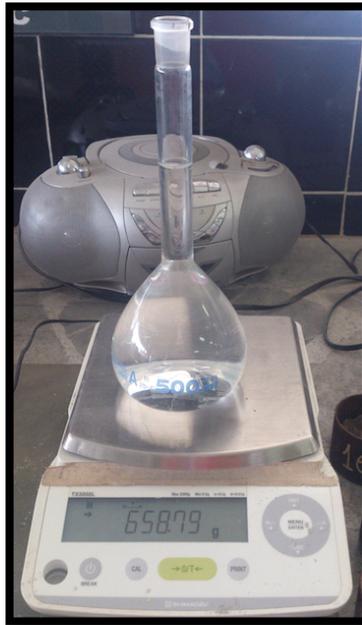


Ilustración 56: Peso del picnómetro con agua destilada

Introducir inmediatamente en el picnómetro aforado 500+/- 10gr de la muestra de árido fino preparada, y se añade agua destilada hasta aproximadamente un 90% de su capacidad o la marca del aforo.

Sacudir con la palma de la mano en la base del picnómetro para liberar las burbujas de aire y conectar la válvula de la bomba de vacíos con el picnómetro aproximadamente por 15 minutos.



Ilustración 57: Extracción de burbujas de aire del picnómetro con la muestra.

Llenar de agua destilada hasta la marca del picnómetro y tratar de que el mismo lave el cuello interno del instrumento, para en lo posterior pesar en la balanza de precisión.

Resultados Obtenidos:

Tabla 20:

Resultados obtenidos del ensayo para peso específico (arena Sílice)

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Gravedad específica	PROYECTO:	TESIS DE GRADO
MATERIAL:	Sílice	REALIZO:	AGUAS JAIME
UBICACIÓN:	CHOTA	REVISO:	ING. DURÁN R.
A	Masa de la muestra seca al horno(gr)		495,21
B	Masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración (gr)		658,8
C	Masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración(gr)		943,83
S	Masa de muestra saturada superficialmente seca(gr)		500,0
Gravedad Específica SH	$=A/(B+S-C)$		2,31
Gravedad Específica SSS	$=S/(B+S-C)$		2,32
Gravedad Específica Aparente	$=A/(B+A-C)$		2,35
% Absorción	$=(S-A)/A*100$		0,98

5.3 Dosificación del Hormigón

Como ya se ha indicado anteriormente, para una dosificación utilizaremos cemento, agregados finos, gruesos y agua, hasta tener una mezcla adecuada.

Para elaborar un hormigón, mortero o simplemente una pasta, es necesario dosificar sus componentes, o lo que es lo mismo, determinar el volumen o el peso de los componentes de la mezcla.

A la hora de establecer la dosificación apropiada para un mortero o una pasta, tendremos en cuenta el uso que le vamos a dar, y las características de textura, color, resistencia y facilidad de puesta en obra.

Es con estas premisas con lo que podemos decidir el tipo de cemento a utilizar, tipo de arena, y las cantidades que se aportarán de cada uno de los componentes (Juan José, 2011).

Antes de diseñar un hormigón hay que tener en cuenta que:

- ✓ Los áridos de forma angular, mejoran la adherencia de los agregados gruesos con la pasta de hormigón, haciéndola más consistente y resistente.
- ✓ Los áridos llamados “Cantos Rodados”, son más trabajables y con una mejor puesta en obra.
- ✓ El árido grueso, no debe presentar excesiva humedad, ya que puede afectar a la dosificación del hormigón.
- ✓ Los agregados finos y gruesos, no deben contener ninguna impureza o materia orgánica que afecten a la dosificación.
- ✓ Cuando se utiliza arena muy fina, la dosificación debe presentar una mayor cantidad de agua y cemento.

Cuando en la dosificación de un mortero se utiliza una cantidad reducida de conglomerante, se denomina mortero árido; en cambio, cuando cuenta con una alta dosificación de conglomerante, se conoce como mortero graso (Juan José, 2011).

Antes de diseñar una dosificación para un hormigón, debemos tener en cuenta las siguientes características:

5.3.1 Consistencia y Plasticidad

La plasticidad depende de la consistencia, por lo tanto de la facilidad de darle forma, de trabajarlo y de su puesta en obra (Juan José, 2011).

La plasticidad también está directamente relacionada con la cantidad de agua utilizada en el amasado y el contenido de finos (Juan José, 2011).

5.3.2 Resistencia

La resistencia de un hormigón o mortero, es la facultad de resistir los esfuerzos a los que se les somete sin desintegrarse.

5.4 Dosificación del hormigón

Para la dosificación se utilizó el método ACI, método en el cual se detallará a continuación y el cual fue aprendido en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Ingresar la Resistencia que se desee llegar, en kg/cm²

Tipificar en el programa las características de los agregados finos y gruesos, previa caracterización, como se indicó en el apéndice 5.1.1

Indicar que tipo de estructura se va a realizar, esta medida indicará que consistencia debe tomar el hormigón para su posterior medida de asentamiento, tabla 1 del método ACI.

Tabla 21:

Asentamiento Recomendado para concretos de diferentes grados de manejabilidad.

ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA CONCRETOS DE DIFERENTES GRADOS DE MANEJABILIDAD			
CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (cm)		TIPO DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN
Muy Seca	0,00	a 2,00	Pilotes o vigas prefabricadas de alta resistencia, con vibradores de formaleta
Seca	2,00	3,50	Pavimentos con máquina terminatoria vibratoria.
Semiseca	3,50	5,00	Pavimentos con vibradores normales. Fundaciones de concreto simple. Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración.
Media	5,00	10,00	Pavimentos compactados a mano. Losas medianamente reforzadas, con mediana compactación, columnas, vigas, fundaciones y muros reforzados, con vibración.
Húmeda	10,00	15,00	Revestimiento de túneles. Secciones con demasiado refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Normalmente no es apropiado para compactarlo con demasiada vibración.

Seleccionamos el tamaño máximo del agregado, según el tipo de construcción a realizarse, tabla 2, método ACI.

Tabla 22:

Tamaño máximo de agregados según el tipo de construcción.

TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN.				
DIMENSIÓN MÍNIMA DE LA SECCIÓN	TAMAÑO MÁXIMO EN plg. (mm)			
	1 MUROS REFORZADOS, VIGAS Y COLUMNAS.	2 MUROS SIN REFUERZO.	3 LOZAS MUY REFORZADAS.	4 LOZAS SIN REFUERZO O POCO REFORZADAS.
6 a 15	1/2"(12) - 3/4"(19)	3/4"(19)	3/4"(19)	3/4"(19) - 11/2"(38)
19 a 29	3/4"(19) - 11/2"(38)	11/2"(38)	11/2"(38)	11/2"(38) - 3"(76)
30 a 74	11/2"(38) - 3"(76)	3"(76)	11/2"(38) - 3"(76)	3"(76)
75 o más.	11/2"(38) - 3"(76)	6"(152)	11/2"(38) - 3"(76)	3"(76) - 6"(152)

El agua para la mezcla debe ser pura, libre de contaminantes y agentes que puedan alterar la resistencia de la dosificación, el método ACI determina la cantidad de agua de acuerdo al tamaño del agregado que se debe utilizar mediante la siguiente tabla.

Tabla 23:

Agua en kilogramos por metro cúbico de concreto para los tamaños máximos de agregado indicados (mm)

AGUA EN KILOGRAMOS POR METRO CUBICO DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO INDICADOS (mm)							
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO							
ASENTAMIENTO (cm)	10	13	20	25	40	50	75
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170
CONTENIDO DE AIRE POR CIENTO	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO							
ASENTAMIENTO (cm)	10	13	20	25	40	50	75
3 a 5	180	175	165	160	145	140	135
8 a 10	200	190	180	175	165	155	150
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160
CONTENIDO DE AIRE POR CIENTO	8	7	6	5	4,5	4	3,5

El método ACI, penaliza el grado de control, dependiendo del uso, es así que para cuando se realiza mediante laboratorio es más riguroso que cuando se realiza una consulta general, y no podemos constatar en la siguiente tabla.

Tabla 24:

Coefficiente de variación para diferentes controles

Coeficientes de variación para diferentes controles				
Clase de operación	Grado de control			
	Excelente	Bueno	Regular	Pobre
Construcción en general	10	15	20	20
Laboratorio	5	7	10	10

Explicado el método ACI, procedemos a ingresar los parámetros para obtener nuestra dosificación y ensayar las probetas.

5.5 Dosificación de la Resina

En este caso, como se estudió en el capítulo 4, los materiales; Resina, Acelerador, Catalizador, Cuarzo, Sílice, Fibra de Vidrio y Ácido Bórico, bajo un proceso de prueba y error, se logró obtener una dosificación que da como resultado un nuevo material que permite el paso de la luz.

Dicha dosificación es el resultado del proceso de investigación que se realizó durante el proyecto de grado.

5.6 Equipos Utilizados

Los moldes utilizados para la elaboración de las probetas deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no se mezcle con el cemento.

Deben ser muy resistentes como para soportar las condiciones del trabajo de moldeado y tener la forma de un cilindro recto de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de alto.

Los moldes cilíndricos servirán para obtener la resistencia del hormigón y determinar el módulo de elasticidad.

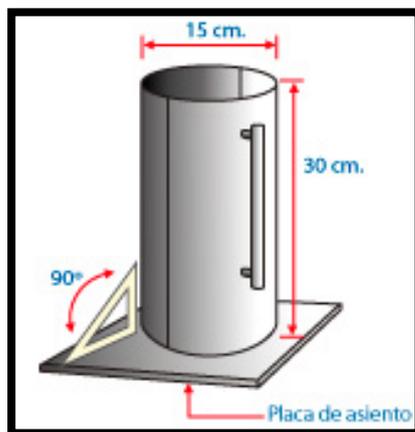


Ilustración 58: Molde Cilíndrico

Para la resina se utilizarán moldes de cobre, resistentes, no absorbentes, y que permita la trabajabilidad con la resina.

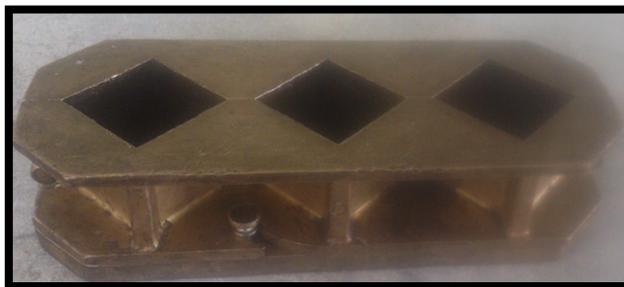


Ilustración 59: Moldes de Cobre

Para la compactación y moldeado se requiere de una barra de acero liso y circular, de 5/8" de diámetro y 60 cm. de longitud; uno de sus extremos debe ser redondeado.



Ilustración 60: Barra de Acero

Para poner el concreto dentro del molde es necesario un cucharón metálico.



Ilustración 61: Cucharón

Debe usarse un martillo con cabeza de goma con un peso aproximado de 600 gramos, para golpear el molde suavemente y liberar las burbujas de aire.



Ilustración 62: Martillo de Goma

Un recipiente metálico grueso de tamaño apropiado o una carretilla limpia de superficie no absorbente y con capacidad suficiente para la toma, traslado y remezclado de la muestra completa.



Ilustración 63: Carretilla

5.7 Realización de Probetas para ensayos

Las probetas se elaboró en perfil de acero laminado de dimensiones, 40cm de largo x 20 cm de alto y 7cm de espesor, en un número de 3 probetas y con dispositivos capaces de abrirse en los 4 lados, como se indica en la figura.

El objetivo fue utilizar los moldes para probar el paso de la luz en el material elaborado.



Ilustración 64: Moldes tipo Cajón

5.8 Proceso de Fabricación:

La dosificación es un proceso con el cual obtenemos una proporción óptima entre el cemento, áridos y agua, determinadas en el índice 5.2.3.

La dosificación del hormigón utilizada ha sido recomendada por el método ACI, y la hemos tomado como buena ya que se ha utilizado con anterioridad en otros estudios similares.

La dosificación para una resistencia de un hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el cual nos sirvió de guía para notar que resistencia lograríamos con los materiales en estudio, fue la siguiente:

Tabla 25:

Dosificación para el hormigón.

Tabla de proporciones para dosificación.			
Material	Proporciones	Pesos Secos	Pesos Húmedos
Cemento	1	6	6
Agregado Fino	3,08	18,49	18,86
Agregado Grueso	3,77	22,60	22,63
Agua	0,55	3,28	3,08

Una vez pesados todos los componentes, se pasa a la fase de la mezcla.

Primero introducimos el agua en la concreteira

Seguidamente se añade el árido grueso.

A continuación ponemos la arena silíceas dentro de la concreteira y se mezcla durante dos o tres minutos para obtener una pasta uniforme.

Para finalizar se añaden el cemento.

Se deja amasando la dosificación durante 2 o 3 minutos, al ser la concreteira bastante grande nos servimos también de la cuchara para ayudar al mezclado de todos los componentes.

Luego procedemos al vertido en los moldes, ya sean en una carretilla o en un molde lo suficientemente grande para colocar toda la mezcla.

Seleccionar un espacio apropiado en la obra para elaborar las probetas, este espacio debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Debe tener una superficie horizontal, plana y rígida.
- ✓ Debe estar libre de vibraciones.
- ✓ De preferencia, debe tener un techo a fin de moldear las probetas bajo sombra.

Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, verificar lo siguiente:

- ✓ Los dispositivos de cierre de los moldes (pernos), deben estar en perfectas condiciones.
- ✓ Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.
- ✓ La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento.
- ✓ La superficie interior de los moldes debe estar limpia.

Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.

Se toma la muestra de concreto en el recipiente metálico destinado para ese fin.

El moldeado de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 10 cm. de altura.

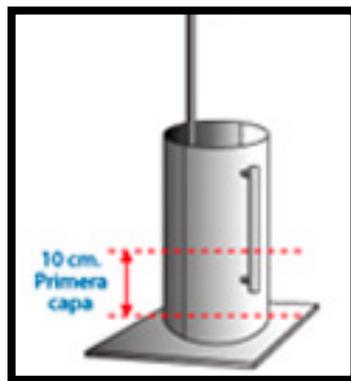


Ilustración 65: Capas del hormigón.

Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla, el extremo redondeado de la varilla va hacia abajo.

Una vez culminada la compactación de la primera capa, golpear suavemente alrededor del molde unas 12 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla.

Segunda Capa

Colocar la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón.

Compactar con 25 inserciones con la varilla lisa, la varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.

Luego golpear suavemente alrededor del molde unas 12 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire.

Tercera Capa

En esta última capa, agregar suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.

Compactar esta tercera capa también mediante 25 inserciones con la varilla lisa, teniendo cuidado que estén uniformes y distribuidas en toda la masa recién colocado, no olvidar que en cada inserción la varilla debe ingresar 1 pulgada en la segunda capa.

Culminada la compactación, golpear suavemente alrededor del molde unas 12 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire de la mezcla.

Dar un buen acabado para obtener una superficie lisa y plana.



Ilustración 66: Probetas de hormigón.

Después de su elaboración, las probetas deben transportarse inmediatamente y con mucho cuidado al lugar de almacenamiento.

Retirar el molde con mucho cuidado, esto se hace 24 horas después de su elaboración.

Posteriormente, toda la información deberá ser escrita sobre la probeta utilizando un marcador o corrector y cuidando de no malograr su superficie.

5.8.1 Curado:

Después de haber sido desmoldadas, curar las probetas inmediatamente, colocándolas en recipientes con agua potable, el agua debe cubrir completamente todas las caras de las probetas.

5.9 Hormigón con Fibras Nylon

La dosificación es un proceso con el cual obtenemos una proporción óptima entre el cemento, áridos y agua, determinadas en el índice 5.2.3.

La dosificación del hormigón utilizada ha sido recomendada por el método ACI, y la hemos tomado como buena ya que se ha utilizado con anterioridad en otros estudios similares.

Tabla 26:

Dosificación para el hormigón translúcido

Tabla de proporciones para dosificación.			
Material	Proporciones	Pesos Secos	Pesos Húmedos
Cemento	1	1,5	1,5
Agregado Fino	3,1	4,6	4,7
Agregado Grueso	3,8	5,7	5,7
Agua	0,6	0,8	0,8

Una vez pesados todos los componentes, se pasa a la fase de la mezcla.

Para la realización de este hormigón se procedió hacerlo de forma manual, con la ayuda de una batidora, con la cual se procedió a mezclar el árido fino, agua y cemento, para luego obtener una pasta uniforme que posteriormente será mezclada con el agregado grueso.

La pasta (agregado fino, agua y cemento) se deja amasando en la batidora durante 2 o 3 minutos.



Ilustración 67: Batidora

Luego procedemos al vertido en una bandeja lo suficientemente grande para colocar toda la pasta.

Como el hormigón se realizó de forma manual, se utilizó una malla cuadrada, de 3cm de separación entre filamentos de nylon, cuya propiedad es la de permitir el paso de la luz por medio de estos.

Los filamentos de nylon, a diferencia de otros materiales como las fibras ópticas, son más accesibles en el mercado, con muy buenas propiedades y una facilidad para el trabajo.

Para la realización de la malla de nylon nos ayudaremos de tablas de 3mm de espesor, cuyas aberturas permiten el paso del nylon, y así realizar el trabajo.



Ilustración 68: Mallado de Fibras Nylon



Ilustración 69: Probeta metálica + Fibras Nylon

Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, verificar lo siguiente:

- ✓ Los dispositivos de cierre del molde (pernos), deben estar en perfectas condiciones.
- ✓ Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.
- ✓ La superficie interior de los moldes debe estar limpia.
- ✓ Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.

Se toma la muestra de concreto en el recipiente metálico destinado para ese fin.

Resultados Obtenidos:



Ilustración 70: Hormigón con Fibra Nylon

5.10 Hormigón Translúcido Modificado con Resina.

Para encontrar un hormigón que permita el paso de la luz mediante el aglomerante “Resina”, se realizó dosificaciones por prueba y error, hasta encontrar una mezcla adecuada de los materiales.

La dosificación del hormigón utilizado, ha sido producto de la investigación del proyecto de grado, y la hemos tomado como aceptable, puesto que cumple con uno de los objetivos planteados, dicha dosificación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 27:

Dosificación para hormigón translúcido modificado con resina.

Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Resina=	0,450	Kg
Sílice=	0,009	Kg
Cuarzo=	0,023	Kg
Fibra=	0,009	Kg
Cobalto=	9,000	Gotas
Mek=	135,000	Gotas
Ácido Bórico=	0,005	kg

Una vez pesados todos los componentes, se pasa a la fase de la mezcla.



Ilustración 71: Elementos del hormigón Translúcido modificado con resina

Procedimiento:

Colocar en un recipiente la resina pesada con anterioridad, verificando que el recipiente este limpio y libre de impurezas, que puedan alterar a la resina.



Ilustración 72: Resina Poliéster

Procedemos a verter la arena sílicea dentro de la resina, mezclamos hasta obtener una pasta uniforme, libre de desperdicios.



Ilustración 73: Resina + Arena Sílicea

Se debe contar con el equipo adecuado para la colocación de las gotas de cobalto, pues dicho elemento es peligroso para la salud.

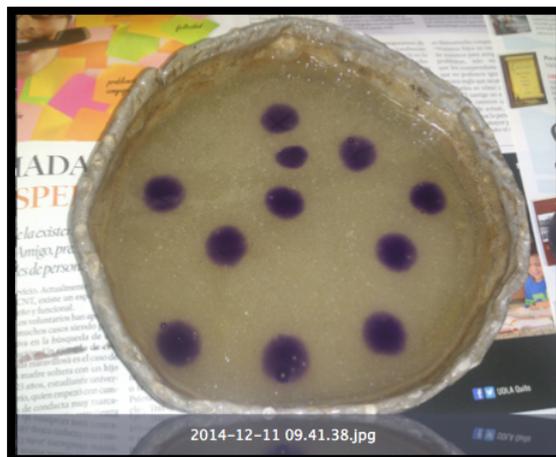


Ilustración 74: Colocación del Cobalto

Se mezcla el cobalto con la resina, el cobalto es un material que prepara la resina para su endurecimiento, además da el color a el hormigón, mientras menos gotas de cobalto se coloque más translúcido será el hormigón.



Ilustración 75: Cobalto Mezclado

Las fibras de vidrio incorporadas en la resina mejorar la capacidad resistente a la compresión y le dan a la resina cuerpo y consistencia.

Mezclamos las fibras con la resina, en este proceso hay que llevar puesto en todo momento un equipo adecuado, como mandil, guantes y un protector respiratorio, puesto que las fibras son altamente dañinas hacia nuestra integridad, además al contacto con la piel producen irritación.

Las fibras deben ser en su totalidad, cortadas en dimensiones adecuadas para su manipulación, entre más pequeñas sean las fibras, estas tendrán una mejor adaptación con la resina, si las fibras son muy grandes o alargadas, estas no podrán acoplarse con la resina y no quedarán esparcidas por toda la misma.



Ilustración 76: Fibras de Vidrio en el hormigón

Para evitar que el hormigón sea inflamable, colocamos ácido bórico junto con la mezcla, el ácido bórico es un retardante que permite que el hormigón (Resina), cuando este en contacto directo con el fuego, minimice el proceso de inflamación y el producto no se vea alterado ante la acción del fuego.



Ilustración 77: Ácido Bórico + Resina

Para obtener un producto resistente, de buena calidad, aceptable para el uso como mampostería que permita el paso de la luz, debemos adicionar el catalizador “MEK”, cuya finalidad es producir el fraguado del hormigón.

Si adicionamos el producto en una excesiva proporción, la resina fraguará en tiempos muy cortos, esto impide la trabajabilidad y puesta en los moldes.

Resultados Obtenidos:

Como resultado de esta dosificación, obtenemos un nuevo e innovador material que permite el paso de la luz.



Ilustración 78: Hormigón Translúcido modificado con Resina.



Ilustración 79: Hormigón Translúcido modificado con Resina.

5.11 Ensayos sometidos al hormigón

Para el control de calidad por resistencia que se realizará al hormigón dependerá de las probetas con características para cada ensayo (INECYC, 2009).

Las probetas cilíndricas deben ensayarse de acuerdo con la norma ASTM C 39M (INEN 1573), método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón.

5.12 Ensayos destructivos para ensayos a compresión

Para ensayos de resistencia a compresión se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro, o probetas cúbicas generalmente de 150 mm por lado.

Las probetas cilíndricas más comunes son las de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, pero con el uso cada vez más frecuente de hormigones de mayor resistencia, las probetas de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura son más convenientes por requerir menos espacio para su almacenamiento y menos esfuerzos en las prensas para su rotura.



Ilustración 80: Probetas Cilíndricas

Fuente: (INECYC, 2009)

5.13 Equipos a utilizar

La máquina para ensayos de compresión de concreto está compuesta por un equipo principal, una fuente hidráulica, un controlador y un sistema de control computarizado.

Además, ha sido especialmente diseñada para realizar pruebas o ensayos de compresión de concreto.

Su placa móvil es accionada por energía eléctrica, hasta lograr ajustar la zona de compresión deseada.

Por otra parte, esta máquina para ensayos de compresión se caracteriza por sus funciones de carga automática a velocidad constante, visualización de los valores de fuerza a través de su pantalla digital, procesamiento automático de los datos e impresión del reporte y la curva del ensayo.



Ilustración 81: Máquina a compresión.

5.14 Datos Experimentales

5.14.1 Hormigón con Fibras Nylon

En los siguientes apartados se resumirá la forma de obtención del hormigón translúcido a base de nylon, por ensayos de prueba y error.

Se comienza por elegir la dosificación del hormigón, y escoger cuidadosamente los materiales que utilizaríamos para su fabricación.

A continuación se realizan las probetas, variando diferentes parámetros para ver como afectaban a los resultados a los ensayos que se irían realizando.

Por último se estudiarían los resultados obtenidos en los ensayos y se extraerían las conclusiones.

Ensayo Número 1

Dosificación:

Tabla 28:

Dosificación para el Hormigón con Fibras de Vidrio

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Dosificación para el Hormigón Translúcido	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón con Fibras de Vidrio	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	10
Agregado Fino (kg)	29,09
Agregado Grueso (kg)	36,05
Agua (lt)	6,25

Resultados Obtenidos:



Ilustración 82: Muestra Fallida del Hormigón compuesto con fibras de vidrio.

Conclusiones:

Las fibras de vidrio deben tener un proceso más adecuado al momento de ser incorporadas al hormigón, más pequeñas, cortadas en una medida adecuada.

Ensayo Número 2

Dosificación:

Tabla 29:

Dosificación del hormigón con Fibras de vidrio

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Dosificación para el Hormigón Translúcido	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón con Fibras de Vidrio	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	6
Agregado Fino (kg)	14,68
Agregado Grueso (kg)	18,93
Agua (lt)	3,28

Resultados Obtenidos:



Ilustración 83: Probetas cilíndricas con hormigón incorporado fibras de vidrio

Tabla 30:

Resistencia del hormigón incorporado fibras de vidrio a los 7 días

Muestra	Peso de la Probeta	Dimensiones		Área de la Probeta	Carga	Resistencia a la compresión	Edad
		Altura	Diámetro				
No.	(g)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(Kg)	(Kg/cm ²)	(Días)
1	12013	30,5	15,0	457,5	28290,0	160,1	7
2	11927	30,6	15,1	462,1	30317,0	169,3	7
3	12035	30,6	15,4	471,2	28976,0	155,6	7
Promedio						161,7	



Ilustración 84: Rotura de la probeta en máquina de compresión.

Ensayo Número 3

Dosificación:

Tabla 31:

Dosificación de un hormigón incorporado resina vinil acrílica y arena Sílica blanca en moldes prefabricados

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Dosificación para el Hormigón Translúcido	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón + Resina + Sílice Blanco	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	0,5
Agregado Fino (kg)	1,22
Agregado Grueso (kg)	1,42
Agua (lt)	0,06
Fibra de Vidrio (kg)	0,02
Resina Vinil Acrílica (lt)	0,35

Resultados Obtenidos:



Ilustración 85: Hormigón incorporado Resina vinil acrílica y arena Sílica blanca

Conclusiones:

La resina vinil acrílica no cumple la función de cristalizarse, no permite el paso de la luz al momento de mezclarse con agua, no fragua en tiempos cortos, no existe ninguna reacción química con el cemento y los agregados son de difícil unión.

La resina vinil acrílica fragua en películas muy pequeñas, expuestas a condiciones ambientales controladas.

Ensayo Número 4

Dosificación:

Tabla 32:

Dosificación de hormigón incorporado resina vinil acrílica en moldes prefabricados.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Dosificación para el Hormigón Translúcido	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón + Resina	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	0,5
Agregado Fino (kg)	1,22
Agregado Grueso (kg)	1,42
Agua (lt)	0,06
Fibra de Vidrio (kg)	0,02
Resina Vinil Acrílica (lt)	0,35

Resultados Obtenidos:



Ilustración 86: Hormigón incorporado resina vinil acrílica en moldes prefabricados

Conclusiones:

La resina vinil acrílica no cumple la función de cristalizarse, no permite el paso de la luz al momento de mezclarse con agua, fragua en tiempos exageradamente largos.

La arena Sílica, por su tonalidad café, dificulta el paso de la luz y opaca en tu totalidad al cuarzo, que tiene propiedades de transmitir la luz.

Ensayo Número 5

Dosificación:

Tabla 33:

Dosificación del hormigón incorporado emulsión fijadora + Sílice Blanco en moldes prefabricados

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Dosificación para el Hormigón Translúcido	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón + Emulsión Fijadora	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

CONTINÚA



Material	Proporción Peso Seco
Cemento (kg)	0,5
Agregado Fino (kg)	1,22
Agregado Grueso (kg)	1,42
Agua (lt)	0,35
Fibra de Vidrio (kg)	0,02
Resina Vinil Acrílica (lt)	0,1

Resultados Obtenidos:

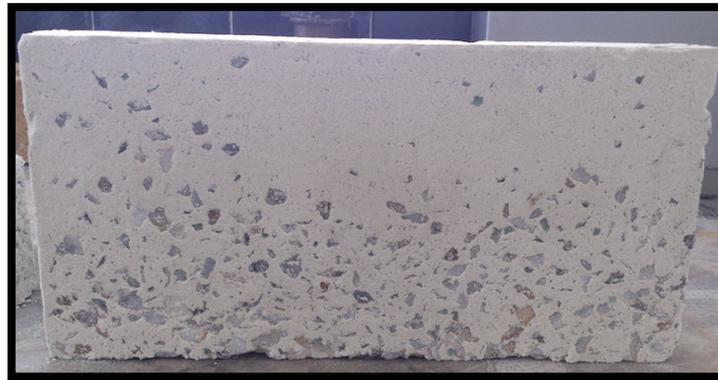


Ilustración 87: Hormigón incorporado emulsión fijadora y arena sílicea blanca

Conclusiones:

La emulsión fijadora da una mejor trabajabilidad, es más agradable a la vista, da una superficie lisa, no permite el paso de la luz al momento de mezclarse con agua, fragua en tiempos normales para un hormigón tradicional.

La arena Sílica y el cemento blanco por su tonalidad blanca, es de fácil pigmentación.

Ensayo Número 6

Dosificación:

Tabla 34:

Dosificación del hormigón incorporado emulsión fijadora en moldes prefabricados

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Dosificación para el Hormigón Translúcido	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón + Emulsión Fijadora	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	0,5
Agregado Fino (kg)	1,22
Agregado Grueso (kg)	1,42
Agua (lt)	0,35
Fibra de Vidrio (kg)	0,02
Resina Vinil Acrílica (lt)	0,1

Resultados Obtenidos:



Ilustración 88: Hormigón incorporado emulsión fijadora

Conclusiones:

Esta muestra presento más uniformidad entre los 4 casos, y parte de ella fue extraída para la realización de otros ensayos.

Ensayo Número 7

Dosificación:

Tabla 35:

Reacción química entre resina vinil acrílica y agregado grueso

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Reacción Química	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Cuarzo + Resina vinil acrílica	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Agregado Grueso (kg)	0,5
Resina Vinil Acrílica (lt)	0,3
Agua (lt)	0,75

Resultados Obtenidos:



Ilustración 89: Desprendimiento de resina del molde

Conclusiones:

La resina vinil acrílica muestra desprendimiento de los moldes cilíndricos, la reacción química agua – resina con el agregado grueso no existe.

Hay una pequeña película la cual fragua el resto del material no presenta ninguna reacción y se mantiene intacto.

Se opta por la investigación de otra resina que cumpla la función requerida para este proyecto.

Ensayo Número 8

Dosificación:

Tabla 36:

Hormigón con Fibras Nylon

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Verificación de paso de la Luz	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón con Fibras Nylon	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	1,75
Agregado Fino (kg)	4,54
Agregado Grueso (kg)	5,52
Agua (lt)	1,00

Resultados Obtenidos:

En este singular proceso encontramos la facilidad de realizar una dosificación que incorporado a una cuadrilla de fibras de nylon nos permite el paso de la luz.



Ilustración 90: Verificación de Propiedades ópticas

Conclusiones:

La incorporación de fibras de nylon en el hormigón (Figura 61), mediante su mallado permite al paso de la luz.

Este proceso es innovador y actúa de forma similar a las fibras ópticas utilizada por otros investigadores en el tema de hormigón translúcido.

Se realizó una segunda probeta en los moldes prefabricados, pigmentada y con una separación más unida de las fibras de nylon.

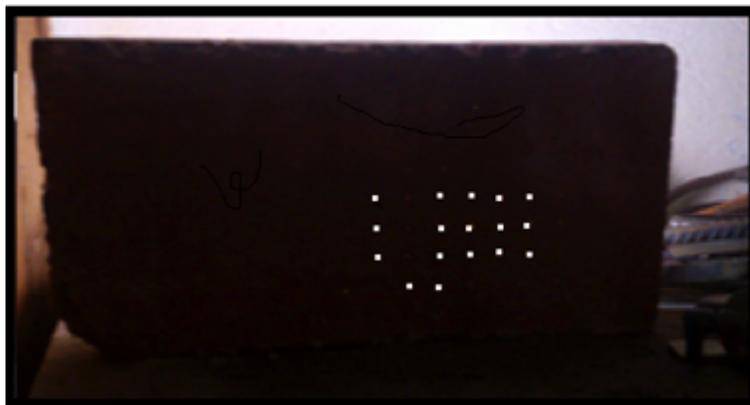


Ilustración 91: Probeta de hormigón translúcido con separación más unida.

Ensayo Número 9

Dosificación:

Tabla 37:

Dosificación para determinar la resistencia de un hormigón incorporado a un mallado de fibras de nylon

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Esfuerzo Característico	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Hormigón.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	7,00
Agregado Fino (kg)	18,15
Agregado Grueso (kg)	22,08
Agua (lt)	4,15

Resultados Obtenidos:

Tabla 38:

Esfuerzo promedio de un hormigón incorporado a un mallado de nylon

Muestra	Peso de la probeta	Dimensiones		Carga	Resistencia a la compresión	Edad
		Altura	Diámetro			
No.	(g)	(cm)	(cm)	(Kg)	(Kg/cm ²)	(Días)
1	12785	30,1	15,0	16850	277,1	28
2	11591	30,4	15,0	15438	281,1	28
3	12005	30,3	15,2	16213	265,7	28
Promedio					274,6	



Ilustración 92: Resistencia característica del hormigón a los 28 días.

Conclusiones:

La resistencia de un hormigón a los 28 días es la adecuada para un hormigón que será utilizado como mampostería.

5.14.2 Hormigón Translúcido modificado con Resina.

En los siguientes apartados se resumirá la forma de obtención del hormigón translúcido, por ensayos de prueba y error.

Se comienza por elegir la dosificación del hormigón (Índice 5.5.2), y escoger cuidadosamente los materiales que utilizaríamos para su fabricación.

A continuación se realizan las probetas, variando diferentes parámetros para ver como afectaban a los resultados a los ensayos que se irían realizando.

Por último se estudiarían los resultados obtenidos en los ensayos y se extraerían las conclusiones.

Ensayo Número 1

Dosificación:

Tabla 39:

Dosificación para un hormigón con resina adicionado un 10% de cemento.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Verificación del paso de la luz	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Resina.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Recina=	0,4347	Kg
Sílice=	0,043	Kg
Fibra=	0,04347	Kg
Cobalto=	9	Gotas
Mek=	152	Gotas
Cemento=	0,05	kg

Resultados Obtenidos:

Tabla 40:

Esfuerzo de la resina adicionada un 10% de Cemento Blanco

Muestra	Peso de la probeta	Dimensiones		Profundidad	Resistencia a la compresión	Carga
		Altura	Base			
No.	(g)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg/cm ²)	(Ton)
1	168	50	51	49	644,8	16,4
2	169,2	51	50	50	972,6	24,8
3	167,8	49	50	49	813,8	20,6
Promedio					811,3	



Ilustración 93: Resina + 10% de Cemento

Conclusiones:

No se puede utilizar el cemento blanco y la resina como aglutinantes en una sola mezcla o dosificación.

El cemento blanco utilizado en grandes cantidades (10%) afecta en la mezcla y no permite el paso de la luz.

Ensayo Número 2

Dosificación:

Tabla 41:

Dosificación de la resina agregado con 1% de cemento blanco

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Verificación del paso de la luz	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Resina.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Recina=	0,5	Kg
Cuarzo=	0,05	Kg
Fibra=	0,05	Kg
Cobalto=	10	Gotas
Mek=	150	Gotas
Cemento=	0,005	kg

Resultados Obtenidos:

Tabla 42:

Esfuerzos de la resina agregado un 1% de cemento blanco a la mezcla

Muestra	Peso de la probeta	Dimensiones		Profundidad	Resistencia a la compresión	Carga
		Altura	Base			
No.	(g)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg/cm ²)	(Ton)
1	160,3	50	49	51	870,7	21,3
2	158,2	50	51	49	1083,4	27,6
3	163,7	51	51	50	928,1	24,4
Promedio					960,7	



Ilustración 94: Resina agregada el 1% de cemento blanco

Conclusiones:

No se puede utilizar el cemento blanco (1%) por que opaca el paso de la luz.

Ensayo Número 3

Dosificación:

Tabla 43:

Dosificación de la Resina compuesta por 0,5% de cemento

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Verificación del paso de la luz	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Resina.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Recina=	0,45	Kg
Cuarzo=	0,045	Kg
Fibra=	0,045	Kg
Cobalto=	9	Gotas
Mek=	135	Gotas
Cemento=	0,0025	kg

Resultados Obtenidos:

Muestra	Peso de la probeta	Dimensiones		Profundidad	Resistencia a la compresión	Carga
		Altura	Base			
No.	(g)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg/cm ²)	(Ton)
1	159,4	50	50	51	807,0	20,2
2	156,1	50	49	49	690,3	17,0
3	157,2	51	50	50	784,3	20,0
Promedio					760,5	

Conclusiones:

Solo se realizará la dosificación con el aglutinante resina.

Ensayo Número 4

Dosificación:

Tabla 44:

Dosificación para la resina para ensayos de exudación con fondo de agua

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Exudación de Calor	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Resina.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

CONTINÚA



Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Recina=	0,45	Kg
Sílice=	0,023	Kg
Fibra=	0,023	Kg
Cobalto=	14	Gotas
Mek=	135	Gotas
Cuarzo=	0,045	kg

Resultados Obtenidos:



Ilustración 95: Hormigón Traslúcido en proceso de fraguado con fondo de agua

La dosificación del hormigón translúcido se realizará mediante los procesos antes mencionados y la dosificación (Figura 43), obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 45:

Tiempo de duración del ensayo y temperaturas máximas de fraguado

Intervalo de Tiempo	Temperatura (Celsius)
9:35	26
9:40	28,3
9:45	35,1
9:50	35,8
9:55	33,8
10:00	33,3
10:05	32
10:10	30
10:15	28,8
10:20	25,1
10:25	24,4
10:30	22,9
10:35	22,1

CONTINÚA →

10:40	20,5
10:45	19,8
10:50	18,1



Ilustración 96: Temperatura máxima de fraguado del hormigón con fondo de agua

Conclusiones:

La temperatura máxima de fraguado se presentó a los 15 min de iniciado del ensayo, luego de 60 min la resina se estabilizo a una temperatura ambiente.

Ensayo Número 5

Dosificación:

Tabla 46:

Dosificación de la Resina para ensayos de exudación de calor sin fondo de agua

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Exudación de Calor	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Resina.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Resina=	0,45	Kg
Sílice=	0,009	Kg
Fibra=	0,009	Kg
Cobalto=	14	Gotas
Mek=	135	Gotas
Cuarzo=	0,023	kg

Resultados Obtenidos:



Ilustración 97: Resina sin fondo de agua.

La dosificación del hormigón translúcido se realizará mediante los procesos antes mencionados y la dosificación (Figura 45), obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 47:

Temperaturas máximas de la resina sin fondo

Intervalo de Tiempo	Temperatura 1	Temperatura 2
10:45	31,2	32,7
10:50	37,7	38,4
10:55	39,2	41,9
11:00	38,1	43,3
11:05	31,6	35,2
11:10	35,7	36,5
11:15	33,4	47,4
11:20	32,2	30,1

Conclusiones:

No se encontró ningún patrón el cual nos indique que la resina se estabilizo en temperatura.

La resina se ubicó sin ningún fondo que presente alguna disipación de calor.

La resina de estabilizo después de 35min a temperatura ambiente.

Ensayo Número 6

Dosificación:

Tabla 48:

Dosificación de la resina utilizada para esfuerzo patrón.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Esfuerzo de la resina como muestra patrón.	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Resina.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Recina=	0,45	Kg
Cobalto=	14	Gotas
Mek=	135	Gotas

Resultados Obtenidos:

Tabla 49:

Resultados de la resina como esfuerzo patrón.

Muestra	Peso de la probeta	Dimensiones		Profundidad	Resistencia a la compresión	Carga
		Altura	Base			
No.	(g)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg/cm ²)	(Ton)
1	152,1	50	49	50	125,2	3,1
2	151,4	49	49	50	805,3	19,3
3	151,8	50	50	50	1100,1	27,7
4	150,8	49	50	49	1316,7	32,3
5	144,6	49	47	48	327,6	8,1
Promedio					735,0	

Conclusiones:

La resina cuando no se encuentra dosificada de manera adecuada presentará variaciones en cuanto al esfuerzo de su gelatinización.

Ensayo Número 7

Dosificación:

Tabla 50:

Dosificación para un hormigón incorporado ácido bórico como retardante

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
ENSAYO:	Esfuerzo de la resina como muestra patrón.	PROYECTO:	Tesis de grado
MATERIAL:	Resina.	REALIZO:	Aguas Jaime
UBICACIÓN:	Sangolquí.	REVISO:	Ing. Durán R.

Dosificación para Hormigón Translúcido:		
Resina=	0,45	Kg
Sílice=	0,009	Kg
Fibra=	0,009	Kg
Cobalto=	14	Gotas
Mek=	135	Gotas
Cuarzo=	0,023	kg
Ácido Bórico=	0,0045	kg

Resultados Obtenidos:

El ácido bórico funciona de manera adecuada como retardante del fuego, al momento de realizar el ensayo se observó que la probeta incorporada ácido bórico, tomó un tiempo más largo en inflamarse y quemarse en su totalidad.

6 CAPÍTULO 6

6.1 Análisis de Resultados

Con la finalidad de cumplir los objetivos planteados al inicio de la investigación, se recopiló la información de los ensayos realizados a nuestros hormigones.

Se presentarán los resultados en orden de las prácticas realizadas, se identificarán los errores y los beneficios encontrados de cada hormigón.

6.2 Evaluación de Ensayos a compresión

Para una mejor interpretación de los resultados realizados al hormigón, se obtuvo resistencias características y se presentará módulos de elasticidad tanto para el hormigón modificado con fibras nylon y para el hormigón translúcido.

6.3 Hormigón modificado con fibras nylon

Para un hormigón incorporado fibras nylon, se obtuvieron esfuerzos adecuados para un material no portante a la estructura (Mampostería) como se indica en la tabla para hormigones de edad igual a 28 días.

Tabla 51:

Esfuerzos característicos de un hormigón incorporado fibras nylon a la edad de 28 días.

Muestra	Peso de la probeta	Dimensiones		Carga	Resistencia a la compresión	Edad
		Altura	Diámetro			
No.	(g)	(cm)	(cm)	(Kg)	(Kg/cm ²)	(Días)
1	13230,3	30,0	15,2	48330	266,3	28
2	12787,4	30,1	15,1	45264	270,5	28
3	12895,3	30,2	15,0	37835	235,8	28
Promedio					257,6	

6.3.1 Módulo de elasticidad:

Para determinar el módulo de elasticidad debemos disponer de la siguiente información.

2 cilindros preparados adecuadamente, con la mezcla dosificada, fraguados y debidamente curados hasta los 28 días previa su rotura.

Medidores de deformación vertical.

Máquina de compresión sin ningún desperfecto y lista para ensayar los cilindros.



Ilustración 98: Probeta con medidores de deformación vertical

Resultados Obtenidos:

Tabla 52:

Deformación del hormigón incorporado fibras nylon

Deformación Vertical	vs	Carga(kg)
0		495
5		3320
10		5500
15		7929
20		10130
25		12650
30		14583
35		17213
40		18984
45		20869
50		22729

Tabla 53:

Tabla de resultados de deformación en hormigón con fibras nylon

DEFORMACIÓN	Carga	Esfuerzo	Deformaciones	e
1X10 ⁻⁴ "	KG	Mpa	mm	mm / mm
0	495	0,27	0	0,00000
5	3320	1,83	0,01270	0,00004
10	5500	3,03	0,02540	0,00008
15	7929	4,37	0,03810	0,00013
20	10130	5,58	0,05080	0,00017
25	12650	6,97	0,06350	0,00021
30	14583	8,04	0,07620	0,00025
35	17213	9,49	0,08890	0,00030
40	18984	10,46	0,10160	0,00034
45	20869	11,50	0,11430	0,00038
50	22729	12,53	0,12700	0,00042

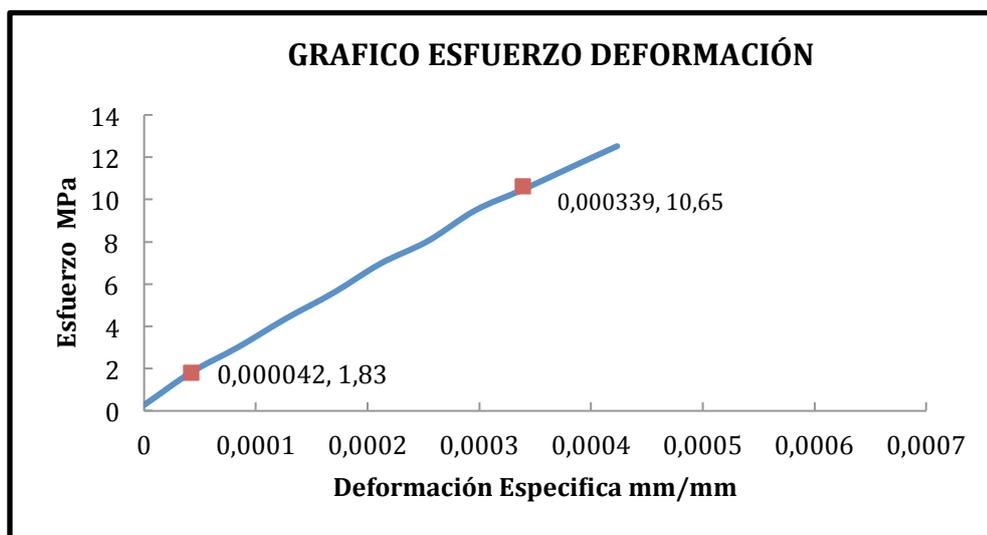


Ilustración 99: Gráfico Esfuerzo-Deformación del hormigón con fibras nylon

Se logró determinar el módulo de elasticidad del hormigón $E = 29777$ MPa y con un esfuerzo promedio de $257,55 \text{ kg/cm}^2$.

6.4 Hormigón Translúcido modificado con Resina

Para un hormigón translúcido que puede funcionar como material no portante con la estructura o material decorativo, se obtuvieron esfuerzos a la compresión muy buenos, ya que este nuevo material no necesario esperar 28 días para ensayarlo.

6.4.1 Módulo de Elasticidad

Para determinar el módulo de elasticidad del hormigón translúcido se realizaron 3 probetas cilíndricas pequeñas, con su dosificación previa el ensayo.

Una vez desencofradas se determinó el módulo de elasticidad, obteniendo resultados que se presentan a continuación.



Ilustración 100: Determinación de módulo de elasticidad del hormigón translúcido modificado con resina en máquina de compresión con medidores de deformación.

Tabla 54:

Determinación de módulo de elasticidad del hormigón translúcido modificado con resina.

DEFORMACIÓN	Carga	Esfuerzo	Deformaciones	e
1×10^{-4} "	KG	Mpa	mm	mm / mm
0	491	2,50	0	0,00000
5	736	3,75	0,01270	0,00013
10	758	3,86	0,02540	0,00025
15	772	3,93	0,03810	0,00038
20	787	4,01	0,05080	0,00050
25	800	4,07	0,06350	0,00063
30	825	4,20	0,07620	0,00075
35	850	4,33	0,08890	0,00088
40	876	4,46	0,10160	0,00101
45	901	4,59	0,11430	0,00113
50	932	4,75	0,12700	0,00126
60	1007	5,13	0,15240	0,00151
70	1083	5,52	0,17780	0,00176
80	1183	6,02	0,20320	0,00201
90	1219	6,21	0,22860	0,00226
100	1305	6,65	0,25400	0,00251
120	1432	7,29	0,30480	0,00302
140	1563	7,96	0,35560	0,00352
160	1737	8,85	0,40640	0,00402
180	1890	9,63	0,45720	0,00453
200	2070	10,54	0,50800	0,00503
220	2230	11,36	0,55880	0,00553
240	2375	12,10	0,60960	0,00604
260	2564	13,06	0,66040	0,00654
280	2737	13,94	0,71120	0,00704
300	2915	14,85	0,76200	0,00754
320	3082	15,70	0,81280	0,00805
340	3235	16,48	0,86360	0,00855
360	3353	17,08	0,91440	0,00905
380	3547	18,06	0,96520	0,00956
400	3748	19,09	1,01600	0,01006
420	3905	19,89	1,06680	0,01056
440	4069	20,72	1,11760	0,01107
460	4265	21,72	1,16840	0,01157
500	4641	23,64	1,27000	0,01257
520	4801	24,45	1,32080	0,01308
540	4979	25,36	1,37160	0,01358
560	5172	26,34	1,42240	0,01408
580	5353	27,26	1,47320	0,01459
600	5510	28,06	1,52400	0,01509
620	5682	28,94	1,57480	0,01559

CONTINÚA



640	5817	29,63	1,62560	0,01610
660	6009	30,60	1,67640	0,01660
680	6200	31,58	1,72720	0,01710
700	6365	32,42	1,77800	0,01760
760	6752	34,39	1,93040	0,01911
780	6880	35,04	1,98120	0,01962
800	7030	35,80	2,03200	0,02012
820	7160	36,47	2,08280	0,02062
840	7294	37,15	2,13360	0,02112

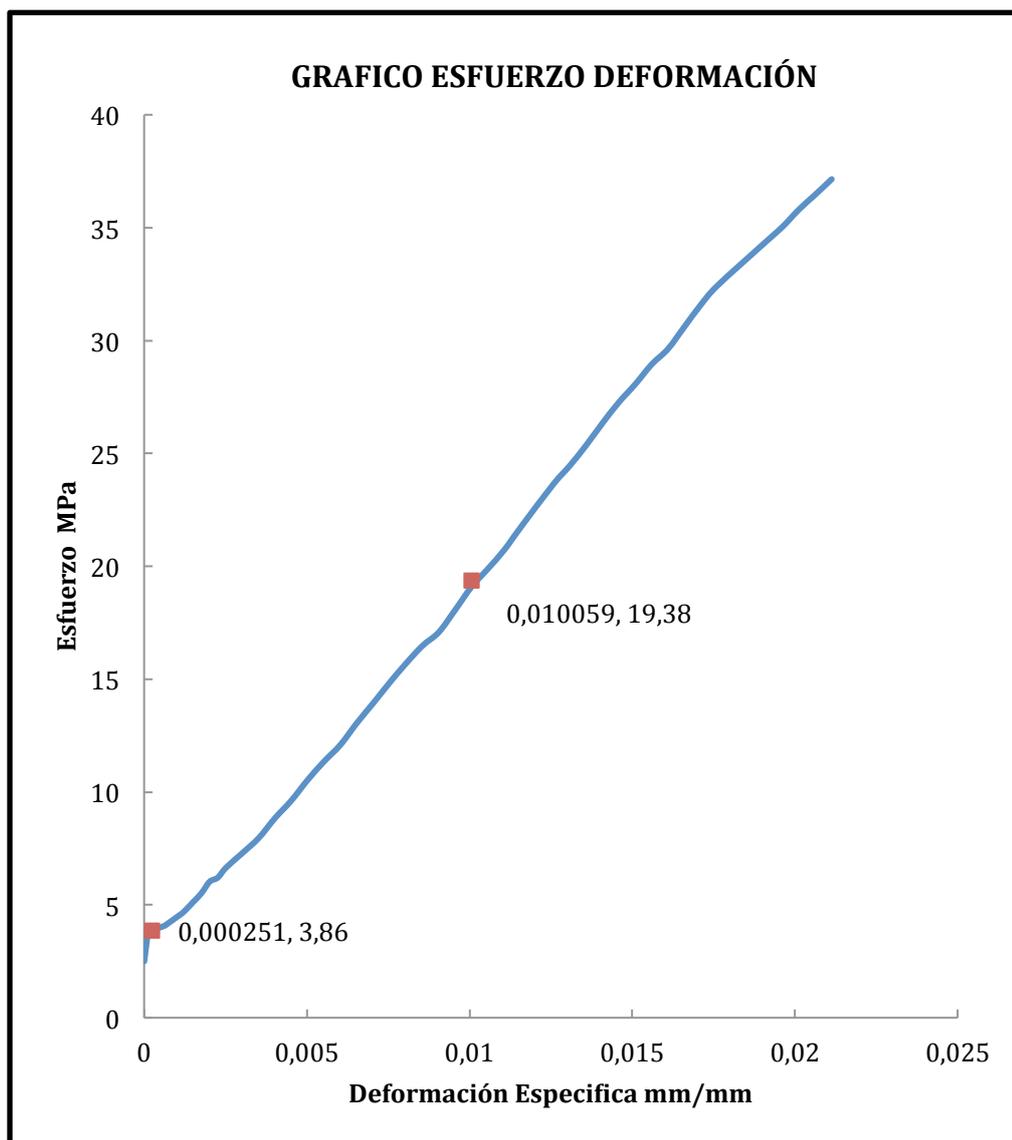


Ilustración 101: Gráfico Esfuerzo vs Deformación del hormigón translúcido modificado con resina.

El nuevo material cuenta con propiedades únicas como: Módulo de Elasticidad=1582 MPa, un esfuerzo promedio a la compresión de alrededor los 800 kg/cm², con la capacidad única de permitir el paso de la luz y ser muy liviano.

6.5 Verificación de Propiedades Ópticas

6.5.1 Reflexión

La relación que existe entre la intensidad de la luz reflejada y la luz incidente se en un material se denomina reflectancia.

6.5.2 Absorción

Si un reflejo de luz con una intensidad va por el aire y choca contra un prisma de mortero, se convierte en intensidad reflejada y parte de la energía se disipa por absorción al atravesar el material, llegando así a la cara opuesta del cuerpo o material atravesado con una intensidad.

6.5.3 Transmitancia

Cuando la luz pasa el material de nuevo al aire, parte de la energía se disipa por reflexión, la energía disipada en una de las caras de salida es igual a la energía disipada en la cara de entrada.

De manera que después de atravesar completamente el material, la luz sale con una intensidad reducida, a esto se llama intensidad transmitida.

Una vez estudiado las propiedades ópticas que deben cumplir el hormigón para verificar el paso de la luz, se procedió a realizar los ensayos en las diferentes probetas, obteniendo los siguientes resultados.

6.6 Hormigón con Fibras de Nylon

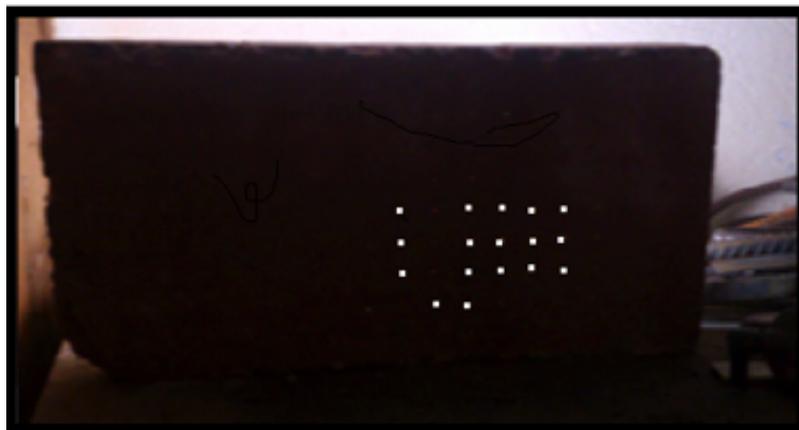


Ilustración 102: Verificación de Propiedades Ópticas en hormigón con fibras nylon



Ilustración 103: Verificación del paso de la luz en un hormigón con fibras nylon previamente ensayado.

6.7 Hormigón Translúcido modificado con Resina.



Ilustración 104: Verificación de propiedades ópticas en hormigón modificado con resina.

6.8 Comparación de Elementos Estructurales

La comparación de elementos estructurales no portantes, se realizará mediante tablas comparativas de esfuerzos, ventajas y desventajas que son de característica de cada material.

Se presentará las tablas respetando los códigos y normas vigentes en el país para cada ensayo de material.

6.8.1 Bloques Huecos de hormigón

Clasificación de los bloques INEN (638)

Alcance: Esta norma establece la clasificación y dimensiones características de los bloques huecos.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 638 para la clasificación y determinación de las dimensiones generales de un bloque.

Tabla 55:

Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos.

TIPO	USO
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento
E	Losas alivianadas de hormigón armado.

Fuente: (INEN, Definición, Clasificación y Condiciones Generales de Bloques Huecos, 1993)

Tabla 56:

Dimensiones de los bloques

TIPO	Dimensiones Nominales			Dimensiones Reales		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
A,B	40	20,15,10	20	39	19,14,09	19
C,D	40	10,15,20	20	39	09,14,19	19
E	40	10,15,20,25	20	39	09,14,19,24	19

Fuente: (INEN, Definición, Clasificación y Condiciones Generales de Bloques Huecos, 1993)

Muestreo, Inspección y Recepción INEN (639)

Alcance: Esta norma establece la recepción de bloques huecos de hormigón que se emplean en la construcción.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 639, muestreo, inspección y recepción de bloques huecos.

Tabla 57:

Criterio de Aceptación o rechazo de los lotes de inspección.

TAMANO DEL LOTE	MUESTRA	Ac1	Re1	Ac2	Re2
Hasta 1200	3	0	2	1	2
De 1200 a 35000	5	0	3	3	4
Más de 35000	8	1	4	4	5

Fuente: (INEN, Bloques Huecos de hormigón, Muestreo, Inspección y Recepción, 1993)

Determinación de la Resistencia a la Compresión INEN (640)

Alcance: Esta norma establece el método de ensayo de los bloques huecos de hormigón para determinar su resistencia a la compresión.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 640.



Ilustración 105: Ensayo de Resistencia a la Compresión de un bloque hueco

Tabla 58:

Resistencia característica de ladrillos sometidos a esfuerzos de compresión

Muestra	Peso de la probeta	Dimensiones			Carga	Resistencia la compresión
		Largo	Ancho	Alto		
No.	(Kg)	(cm)	(cm)	(cm)	(Ton)	(MPa)
1	10,0	39	14	19	4,6	0,8
2	9,6	39	14	19	3,8	0,6
3	10,6	39	14	19	8,8	1,5
					Promedio	1,0

Requisitos de los bloques huecos de hormigón INEN 643

Alcance: Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los bloques huecos de hormigón de cemento.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 643.

Tabla 59:

Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los bloques huecos de hormigón.

TIPO DE BLOQUE	Resistencia mínima a la compresión en MPa a los 28 días.
A	6
B	4
C	3
D	2,5
E	2

Fuente: (INEN, Requisitos de bloque huecos, 1993)



Ilustración 106: Modelo de falla a compresión de los bloques huecos.

6.8.2 Ladrillos

Muestreo de Ladrillos Cerámicos INEN (292)

Alcance: Esta norma corresponde a la inspección, nivel de calidad y muestreo de ladrillos cerámicos empleados en la construcción.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 292.

Tabla 60:

Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección.

Tamaño de lote	Unidades de muestreo	Ac1	Re1	Ac2	Re2
Hasta 1200	3	0	2	1	2
De 1201 hasta 35000	5	0	2	1	2
Mayor de 35000	8	0	3	3	4

Fuente: (INEN, Muestreo de Ladrillos Cerámicos, 1977)

Las muestras fueron escogidas aleatoriamente, de un lote de más de 1500 ladrillos extraídos y dispuestos para la realización de los ensayos.

Definición, Clasificación y Condiciones Generales INEN (293)

Alcance: Esta norma establece la clasificación, definición y condiciones generales del uso de los ladrillos empleados en la construcción.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 293.

Tabla 61:

Dimensiones de ladrillos cerámicos en cm

Tipo de Ladrillo	Largo	Ancho	Alto
	L	a	h
Común	39	19	9
De máquina	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
Hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Fuente: (INEN, Definición, clasificación y condiciones generales, 1977)
INEN 293

Determinación de la Resistencia a la Compresión INEN (294)

Alcance: Esta norma establece el método de ensayo de los ladrillos para determinar su resistencia a la compresión.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 294.



Ilustración 107: Ensayo de ladrillos en la máquina de compresión

Tabla 62:

Resistencia característica de ladrillos sometidos a esfuerzos de compresión.

Muestra No.	Peso de la probeta (Kg)	Dimensiones			Carga (Ton)	Resistencia la compresión (MPa)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)		
1	3,9	18	18	8,1	2,0	1,4
2	3,7	18,1	16,1	7,3	2,9	2,2
3	3,7	17,9	16	7,7	3,1	2,2
4	3,7	18,1	16,8	7,3	2,0	1,5
5	3,7	18,1	16,4	7,2	2,5	1,9
					Promedio	1,8

Requisitos de los ladrillos INEN 297

Alcance: Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos luego de ser ensayados a compresión.

Procedimiento: Disponer de la norma INEN 297.

Tabla 63:

Requisitos de ladrillo cerámicos para el uso en construcción.

Tipo de ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa		Resistencia mínima a la flexión MPa	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 Unidades	Individual	Promedio de 5 Unidades	Promedio de 5 unidades
Macizo tipo A	25	20	4	16
Macizo tipo B	16	14	3	18
Macizo tipo C	8	6	2	25
Hueco tipo D	6	5	4	16
Hueco tipo E	4	4	3	18
Hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296



Ilustración 108: Modelo de falla del ladrillo sometido a ensayos de compresión

6.8.3 Hormigón con Fibras Nylon

En el proceso de fabricación del hormigón incorporado fibras nylon, se realizaron 3 probetas tipo ladrillo (Figura 101), las cuales permiten el paso de la luz.

Siguiendo el proceso de fabricación tanto de los bloques y ladrillos según las normas INEN, alcanzamos resistencias adecuadas como indica las normas para elementos sometidos a compresión como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 64:

Resistencia característica del hormigón translúcido sometido a esfuerzos de compresión.

Muestra	Peso(kg)	Dimensiones.			Carga(Ton)	Resistencia(kg/m ²) a la compresión
		Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)		
1	9,9	40	20	5,6	27,6	106,3
2	10,9	40	20	6	28,1	126,8
3	8,8	38	19	5,8	22,4	98,6



Ilustración 109: Ensayo a compresión del hormigón con Fibras Nylon

6.9 Ventajas y Desventajas

En la siguiente tabla compararemos los diferentes elementos que se utilizan en la construcción con el innovador hormigón translúcido que se obtuvo en la investigación de proyecto de grado.

Tabla 65:

Comparación de elementos estructurales.

Elementos				
	Bloque Hueco	Ladrillo	Hormigón con Fibras Nylon	Hormigón Translúcido modificado con Resina
Resistencia a la compresión(kg/cm ²)	10	18	>250	>700
Componentes	Cemento, Arena, Áridos y Agua	Arcilla	Cemento Blanco, Agua, Sílice, Cuarzo y Nylon	Resina, Sílice, Cuarzo, fibras de vidrio y ácido bórico
Colores	Gris	Naranja	Blanco, Gris, Negro	Naranja, Violeta, Rosado
			Azul, etc.	
Tamaño	40x20x15	40x20x10	40x20x7	40x20x3
				20x20x3
Peso(kg)	10	7	10	4

6.9.1 Ventajas

Hormigón modificado con Fibras Nylon:

- ✓ Alta resistencia y durabilidad
- ✓ Presenta un aspecto uniforme
- ✓ Disminuye gastos de iluminación
- ✓ Fácil de pigmentar
- ✓ Apto para elementos estructurales y no portantes(Mampostería)
- ✓ Las fibras pueden ser fabricadas a gusto del usuario.
- ✓ Las dimensiones pueden adaptarse a la necesidad del proyecto
- ✓ Podemos prescindir de acabados y pintura

Hormigón Translúcido modificado con Resina:

- ✓ Peso volumétrico hasta un 40% menor al hormigón tradicional
- ✓ Nula absorción de agua
- ✓ Inmediato desencofrado para puesta en obra
- ✓ Adquiere un 90% de su resistencia en menos de 7 días
- ✓ Minimiza los costos de mantenimiento
- ✓ Gran Cohesividad
- ✓ Gran ahorro en gastos de iluminación
- ✓ Se maneja en distintos tipos de acabado
- ✓ Apto como mampostería o material decorativo que se reemplaza a las ventanas.
- ✓ Resistente a la corrosión y altas temperaturas.
- ✓ 10 veces más resistentes que el hormigón tradicional
- ✓ 100% impermeable
- ✓ Resiste el ataque de sales

6.9.2 Desventajas

Hormigón modificado con Fibras Nylon

- ✓ Se necesitan bloques prefabricados para el mallado de nylon
- ✓ Es un concreto difícil de demoler
- ✓ Aún no se encuentra normado como material estructural, por tal motivo su uso es netamente arquitectónico
- ✓ Al ser un concreto nuevo necesita difusión en el medio local
- ✓ La mano de obra debe ser calificada, por lo que las obras se hacen más costosas

Hormigón Translúcido Modificado con Resina:

- ✓ Un 50% más costoso que un hormigón tradicional

6.10 Costos

El hormigón tradicional está constituido por agregados finos y gruesos, así como también cemento, la proporción de estos determinará las características de la mezcla óptima.

Cada uno de estos materiales atribuye al producto final un costo los cuales deben ser analizados y determinados a fin de conseguir un producto que cubra todas las necesidades para las cuales fue diseñado al menor precio y que sea competitivo en el mercado.

En este capítulo se han fijado cantidades óptimas de agregados, así como también de resina que deben estar presentes en la mezcla a fin de que esta sea eficiente.

Tabla 66:

Costo de Materiales para la fabricación del hormigón con Fibras Nylon

Material	Unidad	Costo	Cantidad	Precio Total
Cuarzo	Saco	10	18	180
Cemento	Saco	7.9	3	23.6
Sílice	Saco	7.0	4.5	31.3
Fibras Nylon	Unidad	1.6	3	4.7
Fibra de Vidrio	Unidad	5.7	2	11.4
Moldes Metálicos	Unidad	50	3	150
Pigmento	Kg	5.3	2	10.6
			Σ	411.6

Tabla 67:

Costo de Matriales para la fabricación del hormigón translúcido modificado con Resina.

Material	Unidad	Costo	Cantidad	Precio Total
Resina Poliéster	Lt	4.1	13	52.9
Cobalto	Cc	1.5	2	3.0
Meck Peróxido	Cc	0.6	3	1.8
Sílice	Saco	7.0	0.5	3.5
Cuarzo	Saco	10	1	10
Fibra de Vidrio	Unidad	5.7	1	5.7
Ácido Bórico	kg	2.2	2	4.3
			Σ	81.2

A partir de estos valores se elaboran el análisis de precio unitario para el hormigón tomando en cuenta los valores de mano de obra, herramientas, equipo necesario para llevar a cabo su elaboración.

El A.P.U (Análisis de Precios Unitarios) es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio.

Tabla 68:

A.P.U. de mampostería con bloque hueco de hormigón

RUBRO:	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE 15x20x40			UNIDAD:	m2
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1,000	0,40	0,40	0,44	0,18
Modulo - Andamio (completo)	1,000	0,10	0,10	0,44	0,04
SUBTOTAL M					0,22
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	1,000	3,18	3,18	0,44	1,41
Albañil	0,500	3,22	1,61	0,44	0,72
Maestro de estructura mayor	0,100	3,57	0,36	0,44	0,16
SUBTOTAL N					2,29
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Mortero cemento arena 1:7	m3	0,05	63,39	3,17	
Bloque liviano de 15x20x40	u	8,00	0,47	3,76	
Estucado	m2	0,25	2,47	0,62	
Enlucido	m2	0,25	6,97	1,74	
Pintura	m2	0,50	6,21	3,11	
Agua	m3	0,5	0,29	0,15	
SUBTOTAL O					12,55
TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)					15,06
COSTO TOTAL DE RUBRO					15,06
VALOR OFERTADO					15,06

Tabla 69:

A.P.U. de bloque hueco de hormigón

RUBRO:	BLOQUE 15x20x40			UNIDAD:	u
DETALLE:					
EQUIPOS:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0,500	0,40	0,20	0,44	0,09
SUBTOTAL M					0,09
MANO DE OBRA:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	0,100	3,18	0,32	0,44	0,14
SUBTOTAL N					0,14
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Arena	m3	0,01	3,50	0,02	
Cemento portland Tipo I	50 kg	0,01	7,00	0,07	
Agua	m3	0,01	0,29	0,01	
SUBTOTAL O					0,1
TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)					0,33
COSTO TOTAL DE RUBRO					0,33
VALOR OFERTADO					0,33

Tabla 70:

A.P.U. de mampostería con ladrillo

RUBRO:		MAMPOSTERÍA CON LADRILLO			UNIDAD:	m2
DETALLE:						
EQUIPOS:						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta menor	1,000	0,40	0,40	0,44	0,18	
Modulo - Andamio (completo)	1,000	0,10	0,10	0,44	0,04	
SUBTOTAL M					0,22	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Peón	1,000	3,18	3,18	0,44	1,41	
Albañil	0,500	3,22	1,61	0,44	0,72	
Maestro de estructura mayor	0,100	3,57	0,36	0,44	0,16	
SUBTOTAL N					2,29	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Mortero cemento arena 1:7	m3	0,15	63,39	9,51		
Ladrillo mampostería	m2	20,00	0,23	4,60		
Estucado	m2	0,25	2,47	0,62		
Enlucido	m2	0,25	6,97	1,74		
Pintura	m2	0,50	6,21	3,11		
Agua	m3	0,5	0,29	0,15		
SUBTOTAL O					19,72	
TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)					22,23	
COSTO TOTAL DE RUBRO					22,23	
VALOR OFERTADO					22,23	

Tabla 71:

A.P.U. de ladrillo

RUBRO:		LADRILLO		UNIDAD: u	
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0,100	0,40	0,04	0,44	0,02
SUBTOTAL M					0,02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	0,100	3,18	0,32	0,44	0,14
SUBTOTAL N					0,14
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Arena	m3	0,01	4,00	0,02	
Aserrín	m3	0,00	120,00	0,01	
Ceniza	m3	0,01	1,00	0,01	
Tierra	m3	0,01	1,00	0,01	
Agua	m3	0,01	0,29	0,01	
SUBTOTAL O					0,06
TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)					0,22
COSTO TOTAL DE RUBRO					0,22
VALOR OFERTADO					0,22

Tabla 72:

A.P.U. de mampostería de hormigón modificado con fibras nylon e=7cm

RUBRO:	MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN MODIFICADO CON FIBRA NYLON E= 7CM				UNIDAD:	m2
DETALLE:						
EQUIPOS:						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta menor	1,000	0,40	0,40	0,44	0,18	
Modulo - Andamio (completo)	1,000	0,10	0,10	0,44	0,04	
					SUBTOTAL M	0,22
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Peón	1,000	3,18	3,18	0,44	1,41	
Albañil	0,500	3,22	1,61	0,44	0,72	
Maestro de estructura mayor	0,100	3,57	0,36	0,44	0,16	
					SUBTOTAL N	2,29
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Fibra Nylon(Rollo 15m)	u	1,00	1,55	1,55		
Hormigón simple 210 Kg/cm2	m3	0,10	129,54	12,95		
Tablero Metálico p/encofrado 40x20x7	u	8,00	0,25	2,00		
Agua	m3	0,5	0,29	0,15		
Mortero cemento arena 1:7	m3	0,15	63,39	9,51		
					SUBTOTAL O	26,16
					TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)	28,61
					COSTO TOTAL DE RUBRO	28,61
					VALOR OFERTADO	28,61

Tabla 73:

A.P.U. de hormigón con fibras nylon e=7cm

RUBRO:		hormigón con fibras nylon e=7cm		UNIDAD: u	
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1,000	0,40	0,40	0,44	0,18
Modulo - Andamio (completo)	1,000	0,10	0,10	0,44	0,04
SUBTOTAL M					0,22
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	0,250	3,18	0,80	0,44	0,35
SUBTOTAL N					0,35
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Fibra Nylon(Rollo 15m)	u	0,01	1,55	0,02	
Hormigón simple 210 Kg/cm2	m3	0,00	129,54	0,00	
Tablero Metálico p/encofrado 40x20x7	u	1,00	0,25	0,25	
Agua	m3	0,01	0,29	0,01	
SUBTOTAL O					0,28
TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)					0,85
COSTO TOTAL DE RUBRO					0,85
VALOR OFERTADO					0,85

Tabla 74:

A.P.U. de mampostería con hormigón translúcido modificado con resina
e=3cm

RUBRO:	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA E=3CM			UNIDAD:	u
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1,000	0,40	0,40	0,44	0,18
SUBTOTAL M					0,18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	1,000	3,18	3,18	0,44	1,41
Albañil	0,500	3,22	1,61	0,44	0,72
Maestro de estructura mayor	0,100	3,57	0,36	0,44	0,16
SUBTOTAL N					2,29
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Ácido Bórico	kg	0,03	2,16	0,05	
Tablero Metálico p/encofrado 40x20x7	u	1,00	0,25	0,25	
Fibras de Vidrio	u	0,05	5,71	0,29	
Silice	kg	0,05	6,96	0,35	
Meck Peróxido	cm3	0,10	0,60	0,06	
Resina	kg	2,50	3,97	9,93	
Cobalto	cm3	0,05	1,49	0,07	
Cuarzo	kg	0,13	10,00	1,25	
SUBTOTAL O					12,25
TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)					14,71
COSTO TOTAL DE RUBRO					14,71
VALOR OFERTADO					14,71

Tabla 75:

A.P.U. de mampostería con hormigón translúcido modificado con resina e=3cm

RUBRO:		MAMPOSTERÍA HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA E=3CM			UNIDAD:	m2
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta menor	1,000	0,40	0,40	0,44	0,178	
					SUBTOTAL M	0,178
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Peón	1,000	3,18	3,18	0,44	1,41	
Albañil	0,500	3,22	1,61	0,44	0,72	
Maestro de estructura mayor	0,100	3,57	0,36	0,44	0,16	
					SUBTOTAL N	2,29
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Ácido Bórico	kg	0,16	2,16	0,35		
Tablero Metálico p/encofrado 40x20x7	u	8,00	0,25	2,00		
Fibras de Vidrio	u	0,32	5,71	1,83		
Silice	kg	0,32	6,96	2,23		
Meck Peróxido	cm3	3,00	0,60	1,80		
Resina	kg	18,00	3,97	71,46		
Cobalto	cm3	1,00	1,49	1,49		
Cuarzo	kg	0,80	10,00	8,00		
					SUBTOTAL O	89,15
TOTAL COSTO DIRECTO(M+N+O)						91,62
COSTO TOTAL DE RUBRO						91,62
VALOR OFERTADO						91,62

7 CAPÍTULO 7

7.1 Conclusiones y Recomendaciones

7.2 Conclusiones

Una vez identificado los materiales se procedió a ensayar varios modelos en los cuales se varió el cuarzo, el sílice, la resina, el cobalto, el meck, hasta lograr los componentes en las cantidades que a continuación se detallan.

Tabla 76:

Dosificación para el hormigón translúcido modificado con Resina.

Dosificación para Hormigón Translúcido modificado con resina:		
Resina=	2,500	Kg
Sílice=	0,050	Kg
Cuarzo=	0,125	Kg
Fibra=	0,050	Kg
Cobalto=	3,750	cm3
Mek=	37,500	cm3
Ácido Bórico=	0,025	kg

Tabla 77:

Dosificación para el hormigón modificado fibras nylon

Material	Proporción en Peso Seco
Cemento (kg)	1,75
Agregado Fino (kg)	4,54
Agregado Grueso (kg)	5,52
Agua (lt)	1,00

Los costos para la elaboración del hormigón translúcido con fibras de nylon es de 29 dólares por metro cuadrado de construcción, por otro lado el costo del hormigón translúcido modificado con resina es de 92 dólares por metro cuadrado de construcción.

Debido a las variadas formas que puede llegar a tener el hormigón, este puede tener diversos usos en el sector de la construcción.

En la siguiente tabla se indicarán resultados comparativos del hormigón translúcido obtenido en el laboratorio.

Tabla 78:

Resistencias del hormigón translúcido.

HORMIGÓN TRANSLÚCIDO		
	H.T CON FIBRAS NYLON	H. MODIFICADO CON RESINA
Esfuerzos a la compresión	> 250 kg/cm ²	> 700 kg/cm ²
Translucidez	Entre un 30 y 60%	Hasta un 80%
Módulo de Elasticidad	29777 MPa	1582MPa
Costo(m2)	29 usd	92 usd
Uso	Material no portante	Decorativo

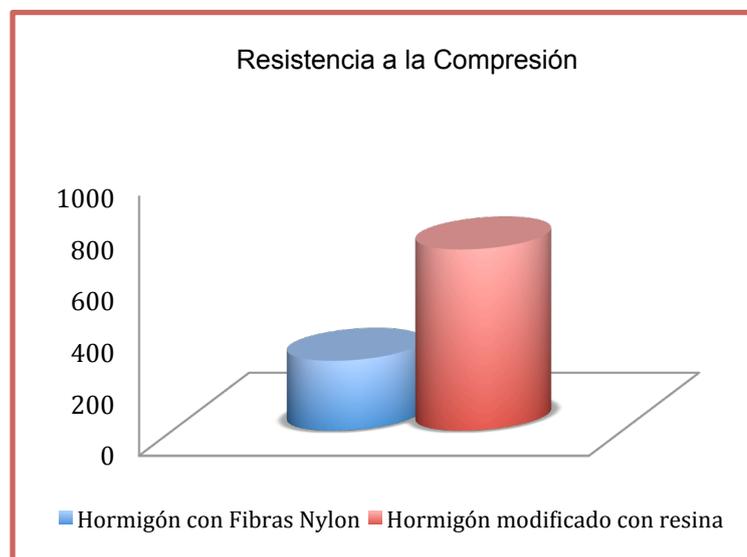


Ilustración 110: Resistencia a la Compresión

La luz natural es la mejor fuente de la luz que en realidad es libre de costo, con paredes de hormigón translúcido en una habitación sería iluminado y de buen aspecto para edificios ecológicos.

Tan funcional como un ladrillo o bloque y con mejores propiedades como de ser aislante del calor.

Debido a los componentes del hormigón se tiene altas resistencias y durabilidad, presenta un aspecto uniforme, fácil de pigmentar, 100% impermeable, nula absorción de agua, minimiza los costos de mantenimiento, resistente al ataque de sales y se puede prescindir de acabados de enlucido, masillado y pintura en las paredes.

7.3 Recomendaciones

El propósito de la investigación fue identificar los componentes del hormigón translúcido, durante este proceso se ha identificado una adecuada dosificación donde los materiales deben estar entre los siguientes límites.

Tabla 79:

Porcentajes mínimos y máximos de los materiales en el hormigón translúcido modificado con resina.

	Porcentaje mínimo(%)	Porcentaje máximo(%)
Cuarzo (kg)	5	10
Sílice (kg)	2	4
Cobalto (cm ³)	2	6
Ácido Bórico (kg)	1	3
Peróxido de Mek (cm ³)	30	40

Los porcentajes se toman en base al peso total de la resina poliéster insaturada para su posterior mezcla, se recomienda seguir los porcentajes obtenidos para la fabricación del hormigón, cualquier variación alteraría los resultados.

El principal inconveniente del material logrado en esta investigación es el costo elevado de la resina utilizada por lo que sería recomendable que en una próximo trabajo de grado se proponga la modificación de este componente o la búsqueda de otro material que permita sustituir la resina con igual o mejores resultados a los obtenidos.

Es posible también que en otra investigación se modifique los componentes como por ejemplo el cuarzo sustituir por la caliza u otros materiales semejantes que tengan similares características o mejores que puedan facilitar el paso de la luz sin disminuir la resistencia del material resultante.

Si bien en este trabajo se hicieron moldes que permitieron la producción de las probetas para los diferentes ensayos en la práctica sería recomendable que se industrialice la producción de este material utilizando máquinas previamente diseñadas para la producción en serie.

Bibliografía:

Langostino, J. (2009). Rocas y Minerales. Reino Unido: Parragón Books.

Hormigón, E. M. (2007). Consejos prácticos sobre el hormigón. Quito, Ecuador.

Munoz, C. (2000). Metodología de la Investigación.

INECYC. (2009). Instituto Ecuatoriano del Cemento y Concreto. Obtenido de Gonzales, G. (1993). Hormigón de alta resistencia. Madrid.

Neville, A. (2011). Properties of concrete.

UFA-ESPE. (2000). Hormigón 1. Publi- Espe .

Construnario. (2014). Noti-web el Cemento Transparente. Obtenido de www.construnario.com

Aquitectura, D. d. (2014). Noticias. Obtenido de www.noticias.arq.com.mx

Litración. (2014). Hormigón Translúcido. Obtenido de www.litracon.hu

NEVI. (2012). En N. E. Vial, Especificaciones Generales para la construcción de puentes y carreteras (Vol. 3, pág. 836). Quito, Ecuador.

Henry, J. G., & Heinke, G. W. (1999). Ingeniería Ambiental (Vol. Segunda Edición). (H. J. Escalona, Trad.) México: Prentice Hall.

NEC. (2011). Cargas y Materiales. Norma Ecuatoriana de la Construcción, Quito.

INEN. (2011). Cemento Portland Requisitos. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

ARQUBA. (2014). Monografías de Arquitectura. Obtenido de Cemento Portland usos y aplicaciones: www.arquba.com

Civil, A. I. (2014). Tipos de Cemento Portland. Obtenido de www.apuntesingenieriacivil.blogspot.com

Wikipedia. (2014). Fibras de Vidrio. Obtenido de www.wikipedia.com

Fibrador. (2013). Fibras de Vidrio. Guayaquil, Guayas.

HOLCIM. (s.f.). Hormigón. Obtenido de HOLCIM: <http://www.holcim.es/productos-y-servicios/hormigon/hormigon-que-es.html>

Escobar, S. C. *Materiales de la construcción para edificación y obra civil. (Vol. 1).* San Vicente, Alicante, España: Club Universitario.

Romo, M. (2010). *Temas de Hormigón Armado. Informe, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolquí.*

UNIOVI. (s.f.). *Medida de consistencia del hormigón. Recuperado el 31 de 12 de 2014, de Medida de consistencia del hormigón:*

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/MedidaConsistenciaHORMIGON.ConoABRAM.S.pdf>

HOLCIM. (s.f.). (Disensa, Productor) *Recuperado el 1 de 1 de 2015, de Cemento Blanco:* http://disensa.com/main/images/pdf/cemento_blanco.pdf

Camimex. (s.f.). *Arena Silica. Recuperado el 1 de 1 de 2015, de* <https://www.camimex.org.mx/index.php/secciones1/sala-de-presa/uso-de-los-metales/arena-silica/>

Ecured. (s.f.). *Ácido Bórico. Recuperado el 1 de 1 de 2015, de* http://www.ecured.cu/index.php/Ácido_bórico

Quiminet. (s.f.). *El hilo creado a base de la fibra de nylon. Recuperado el 1 de 1 de 2015, de* <http://www.quiminet.com/articulos/el-hilo-creado-a-base-de-la-fibra-de-nylon-2654214.htm>

Plastiquimica. (s.f.). *Resinas Poliester y Vinilester. Recuperado el 1 de 1 de 2015, de* http://www.plastiquimica.cl/pdf/Resinas_Poliester_y_Vinilester.pdf

Tecnoempol. (s.f.). *Resinas Poliester. Recuperado el 1 de 1 de 2015, de* http://www.tecnoempol.com/resinas_poliester.html

Químicos, C. d. (19 de 11 de 2014). *Ácido Bórico. Quito, Pichincha.*

Normalización, I. E. (2011). *Granulometría para áridos finos y gruesos. INEN, Quito.*

INEN. (2011). *Ánisis Granulométrico de agregados fino y grueso. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.*

INEN. (2011). *Gravedad Específica del Árido Grueso. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.*

INEN. (2011). *Determinación de la degradación del árido grueso mediante la máquina de los ángeles. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.*

INEN. (2011). *Determinación del contenido de agua, método del secado al horno. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.*

Juan José, T. C. (2011). Pastas, morteros, adhesivos y hormigones (Vol. 1). España: IC Editorial.

INEN. (1993). Definición, Clasificación y Condiciones Generales de Bloques Huecos. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.

INEN. (1993). Bloques Huecos de hormigón, Muestreo, Inspección y Recepción. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.

INEN. (1993). Requisitos de bloque huecos. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.

INEN. (1977). Muestreo de Ladrillos Cerámicos. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.

INEN. (1977). Definición, clasificación y condiciones generales. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.