

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



“HORMIGÓN LIGERO A BASE DE PAPEL MACHÉ”

Por:

IGOR MARCELO APARICIO LEAÑO

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

TARIJA – BOLIVIA

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

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
Y CIENCIA DE LOS MATERIALES

“HORMIGÓN LIGERO A BASE DE PAPEL MACHÉ”

Por:

IGOR MARCELO APARICIO LEAÑO

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

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

.....
Ing. Ernesto Álvarez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGIA

.....
Ing. Silvana Paz
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGIA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing Alberto Benítez

.....
Ing. Lowrence Farfán

.....
Ing. Carola Sánchez

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

Este trabajo lo dedico:

A mis amados padres Eustaquio Aparicio y Hortencia Leño, por su apoyo, esfuerzo y sacrificio.

A mi motorcito de motivación la reina de la casa Estefanía Aparicio Montero.

A mi amada esposa Carmiña Montero por su apoyo y comprensión.

A mis madres menores mis dos amadas hermanas María Eugenia y Pamela Aparicio.

A mi hermosa abuelita Fanny Chumacero.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por las bendiciones durante este periodo de estudio, a mis docentes, amigos, a todas las personas que me apoyaron en la elaboración de este trabajo, al Ing. Arturo Dubravcic, por su guía, su amistad y su tiempo. Al Ing. Moisés Días, por sus excelentes consejos. Al laboratorista Tec. Carlos Súbia por su completo apoyo en los ensayos de laboratorio, a la fábrica artesanal de papel maché “mi amada madre”, a mi amada esposa por su valioso y significativo aporte en cuanto a la forma del documento, a todos ustedes muchas gracias por su voto de confianza y hacer posible la materialización de este trabajo de investigación. Que Dios los bendiga siempre.

Si lo puedes soñar, lo puedes lograr.

WALT DISNEY

INDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

CAPITULO I

	Página
1. EL OBJETO DE CONOCIMIENTO.....	1
1.1. El problema.....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Planteamiento.	1
1.1.4. Sistematización.	2
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. General.	4
1.2.2. Específicos.....	5
1.3. Justificación.	6
1.3.1. Teórica.....	6
1.3.2. Metodológica.	6
1.3.3. Práctica.	6
1.4. Hipótesis.	6
1.5. Alcance del estudio.	7
1.5.1. Tipo de estudio.	7
1.5.2. Aspectos metodológicos.....	8
1.5.3. Tratamiento de la información.....	10
1.6. Estado del arte.....	11
1.6.1. Uso histórico del papel en materiales compuestos.	15

CAPITULO II

	Pagina
2. MARCO TEORICO.....	18
2.1. El hormigón.	18
2.1.1. Etimología.	19
2.1.2. Recuento histórico.	20
2.1.3. Clasificación del hormigón.....	22
2.1.3.1. Por consistencia.	22
2.1.3.2. Por resistencia.	24
2.1.3.3. Por peso unitario (peso por unidad de volumen)	24
2.1.4. Contradicción de clasificación.....	25
2.2. El papel maché.....	29
2.2.1. Etimología.	30
2.2.2. Recuento histórico.	30
2.2.3. Elaboración del papel maché.	37
2.3. Consideraciones teóricas sobre los materiales compuestos.....	40
2.4. Comportamiento mecánico de los materiales.	42
2.5. Características físicas de los materiales.	43
2.6. Materias primas.....	44
2.6.1. Fibras de celulosa.....	44
2.6.2. Cemento portland.....	45
2.6.3. Agregados pétreos.....	47
2.6.4. Agua.	50

CAPITULO III

	Pagina
3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.1. Resumen de la investigación.	53
3.2. Preparación de la materia prima.	55
3.2.1. Papel maché.....	55
3.2.2. Agregado grueso.....	61
3.2.3. Agregado fino.	64
3.2.4. Cemento.....	66
3.2.5. Agua.	67
3.3. Caracterización de la materia prima.....	67
3.3.1. Análisis granulométrico de los agregados para hormigones.	67
3.3.2. Determinación del peso unitario de los agregados.	73
3.3.3. Determinación del peso específico y absorción de los agregados.	75
3.4. Diseño de mezclas.....	80
3.4.1. Dosificación de hormigones H-21 / (Método ACI-211).....	80
3.4.2. Alteración de la dosificación para el agregado grueso.....	83
3.5. Elaboración de las muestras.	88
3.5.1. Hormigón Simple.....	88
3.5.2. Hormigón maché.....	92
3.6. Curado de las probetas.	95
3.7. Pruebas aplicadas.	96
3.7.1. Densidad o peso por unidad de volumen.	97
3.7.2. Resistencia a la compresión.....	98

CAPITULO IV

	Pagina
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	99
4.1. Datos obtenidos.....	99
4.1.1. Caracterización.	99
4.1.2. Diseño de mezcla.	106
4.1.3. Pruebas aplicadas.	108
4.2. Resultados obtenidos.....	110
4.3. Contrastación de hipótesis.	119
4.4. Conclusiones y recomendaciones.	120

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1.1 Ejemplo del tratamiento de la información % Papel Vs. Resistencia	10
Figura 1.2 Ejemplo del tratamiento de la información % Papel Vs. P.U.....	11
Figura 2.1 Lámpara ESCOCESA 1729.....	31
Figura 2.2 Mini estatuas moldeadas a mano – arte Japonés.....	32
Figura 2.3 Ornamento de papel maché – cultura China	33
Figura 2.4 Vajillas de papel maché – laqueado Japonés	34
Figura 3.1 Diagrama del experimento.....	54
Figura 3.2 Banco de papel periódico de desperdicio	55
Figura 3.3 Papel periódico adquirido	56
Figura 3.4 Papel periódico sometido a saturación	56
Figura 3.5 Elaboración de la pulpa de papel maché	57
Figura 3.6 Pulpa de papel, luego de retirar el exceso de agua.....	58
Figura 3.7 Masa de papel maché lista para ser moldeada	59
Figura 3.8 Moldeado de las partículas de papel maché.....	59
Figura 3.9 Secado de las partículas de papel maché	60
Figura 3.10 Baño de impermeabilización.....	61
Figura 3.11 Apariencia del agregado grueso artificial ligero – Papel maché.....	61
Figura 3.12 Banco de extracción de áridos – Grava	62
Figura 3.13 Cuarteo del agregado grueso.....	63
Figura 3.14 Almacenamiento aislado de arcillas, limos y humedad.....	63
Figura 3.15 Banco de extracción de áridos – Arena	64
Figura 3.16 Lavado del agregado fino	65
Figura 3.17 Cuarteo del agregado fino	65
Figura 3.18 Almacenamiento aislado de arcillas, limos y humedad.....	66
Figura 3.19 Cemento I-30 adquirido de un distribuidor comercial	67
Figura 3.20 Juego de tamices o mallas estándar para hormigones	69
Figura 3.21 Hormigonera o mezcladora en proceso de producción de hormigón	88
Figura 3.22 Ensayo de consistencia del hormigón.....	90
Figura 3.23 Desplazamiento de cono	91
Figura 3.24 Vaciado de probetas de hormigón en moldes cilíndrico.....	91
Figura 3.25 Enrazado y fraguado de las probetas cilíndricas	92
Figura 3.26 Traslado de los moldes para el enrazado	94
Figura 3.27 Enrazado y fraguado de las probetas de hormigón.....	94
Figura 3.28 Curado de las probetas – tratamiento ideal.....	96
Figura 3.29 Curado de las probetas – similar a obra.....	96
Figura 3.30 Prueba de densidad – o peso volumétrico.....	97

Figura 3.31 Rotura a compresión	98
Figura 4.1 Porcentaje de papel maché Vs Resistencia a compresión a los 7 días	111
Figura 4.2 Porcentaje de papel maché Vs Resistencia a compresión a los 28 días ..	113
Figura 4.3 Comportamiento de la resistencia proyectada 7- 28	114
Figura 4.4 Evolución de resistencia del hormigón maché 7 a 28 días	115
Figura 4.5 Evolución de resistencia del hormigón maché 7 a 28 días	115

INDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla 2.1 Clasificación del hormigón por su consistencia	23
Tabla 2.2 Identificación del hormigón por clase	26
Tabla 2.3 Propiedades características de los diferentes tipos de concretos ligeros	28
Tabla 2.4 Estado de equilibrio químico del cemento	47
Tabla 2.5 Limites de granulometría según el ASTM C33.....	49
Tabla 3.1 Granulometría agregado fino	68
Tabla 3.2 Peso de la muestra según tamaño máximo nominal	72
Tabla 3.3 Granulometría agregado grueso	72
Tabla 3.4 Equivalencia de papel maché por volumen desplazado de grava	83
Tabla 4.1 Datos granulométricos del agregado grueso	100
Tabla 4.2 Datos del contenido de humedad del agregado grueso	100
Tabla 4.3 Datos granulométricos del agregado fino	101
Tabla 4.4 Datos del contenido de humedad del agregado fino	102
Tabla 4.5 Datos granulométricos del papel maché	102
Tabla 4.6 Datos del contenido de humedad del agregado grueso artificial papel	103
Tabla 4.7 Datos del peso específico del agregado grueso natural	103
Tabla 4.8 Datos del peso específico del agregado fino	104
Tabla 4.9 Datos del peso específico del agregado grueso artificial	104
Tabla 4.10 Datos del peso por unidad de volumen, del agregado grueso	105
Tabla 4.11 Datos del peso por unidad de volumen, del agregado fino	106
Tabla 4.12 Datos del peso por unidad de volumen, del agregado grueso artificial ..	106
Tabla 4.13 Datos obtenidos de la caracterización de los agregados	107
Tabla 4.14 Proporción de mezcla en peso para un metro cúbico.....	107
Tabla 4.15 Relación de mezcla	107
Tabla 4.16 Porcentaje ocupacional de grava y papel maché	108
Tabla 4.17 Datos promedio de peso y resistencia a los 7 días de edad	109
Tabla 4.18 Datos promedio de peso y resistencia a los 28 días de edad	109
Tabla 4.19 Resistencia a compresión los 7 días de edad.....	110
Tabla 4.20 Datos promedio de peso y resistencia a los 28 días de edad	112
Tabla 4.21 Geometría de las probetas de hormigón.....	116
Tabla 4.22 Peso por unidad de volumen a los 7 días	117
Tabla 4.23 Peso por unidad de volumen a los 28 días	118

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Respaldo económico de la materia prima.....	
Anexo 2 – Proporciones en la elaboración de papel maché.....	
Anexo 3 – Costo del hormigón maché sujeto a hipótesis 40% de papel maché.....	
Anexo 4 – Requerimiento de granulometría de los agregados gruesos ASTM C33.....	
Anexo 5 – Procedimiento y tablas de dosificación ACI-211.....	
Anexo 6 – Datos obtenidos, informe de caracterización y dosificación.....	
Anexo 7 – Informe de laboratorio rotura de probetas.....	
Anexo 8 – Informe fotográfico.....	