

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO “

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



“ESTUDIO A COMPRESIÓN SIMPLE DEL HORMIGÓN LIGERO, UTILIZANDO RESIDUOS MODIFICADOS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD COMO AGREGADO”

Elaborado por:

BURGOS HUGO DANIEL

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA 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 INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO A COMPRESIÓN SIMPLE DEL HORMIGÓN LIGERO, UTILIZANDO RESIDUOS
MODIFICADOS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD COMO AGREGADO”**

Por:

BURGOS HUGO DANIEL

Tarija – Bolivia

V°B°

.....
Ing. David Zenteno
DOCENTE GUIA

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

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

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Víctor Mostajo Rojas

.....
Ing. Dimar Fernández Sulca

.....
Ing. Mabel Zambrana V.

El tribunal calificador del presente trabajo no se solidariza con la forma, términos y expresiones verticales en el mismo, siendo estas responsabilidades del autor.

Dedicatoria:

A mi querida madre que siempre me
acompañó en los malos y buenos
momentos Margot S. Burgos.

A mis queridos abuelos que velaron
cada paso y me dieron fuerzas

Candelaria León Solís

Santiago Arias y Reina Vega

A los docentes que me ayudaron con
ideas y soluciones Ing. Paul Carrasco

Agradecimiento:

Agradezco el apoyo brindado por :

los ayudantes del laboratorio de hormigón , quienes me apoyaron en la realización de los ensayos de laboratorio.

Al ingeniero Moisés Díaz quien fue generoso con su tiempo para corroborar en la realización de las prácticas de laboratorio.

Al ingeniero Víctor Mostajo quien me dedico su tiempo y amistad con la guía e ideas para emprender este trabajo.

A mi querida novia , quien me ayudo en la realización de las practicas. y sobre todo agradezco a Dios quien nunca me abandono y fue y seguirá siendo la luz que ilumina mi camino

La mente es igual que un paracaídas, solo funciona si se abre!
Albert Einstein

INDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

CAPITULO I

1. EL OBJETO DE CONOCIMIENTO.....	14
1.1 El problema.....	14
1.1.1 Antecedentes.....	14
1.1.2 Planteamiento.....	14
1.1.3 Formulación.....	15
1.1.4 Sistematización.....	15
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 General.....	17
1.2.2 Específicos.....	17
1.3 Justificación.....	18
1.3.1 Teórica.....	18
1.3.2 Metodológica.....	19
1.3.3 Practica.....	19
1.3.4 Social.....	19
1.3.5 Ambiental.....	19
1.4 Hipótesis.....	20
1.5 Alcance del estudio.....	20
1.5.1 Tipo de estudio.....	20
1.5.2 Aspectos metodológicos.....	21
1.5.2.1 Fuentes y técnicas para la recolección de información.....	21
1.5.2.2 Desarrollo de la experiencia.....	21
1.5.2.3 Consideraciones de diseño.....	21

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO.....	24
2.1 El hormigón.....	24
2.2 Recuento Histórico.....	31
2.3 Clasificación del hormigón.....	35
2.3.1 Por consistencia.....	35
2.3.2 Por resistencia.....	36
2.3.3 Por peso unitario.....	37
2.3.3.1 El hormigón Ligero.....	37
2.3.3.2.1 Origen e historia.....	38
2.3.3.2.2 Definición y clasificación.....	39
2.3.3.2.3 Tipos de hormigón liviano de acuerdo al tipo de producción.....	40
2.3.3.2.4 Características físicas y químicas.....	42
2.3.3.2.5 Uso y aplicación.....	43
2.4 Componentes del hormigón.....	44
2.4.1 Cemento.....	44
2.4.1.1 Cemento portland.....	45
2.4.1.2 Otros cementos.....	47
2.4.2 Áridos.....	48
2.4.3 Agua.....	49
2.5 Fabricación del hormigón.....	50
2.6 Curado del hormigón.....	51
2.7 Ensayos en el hormigón.....	52
2.8 El polietileno.....	54
2.8.1 El polietileno de baja densidad PEBD.....	55
2.8.1.1 Historia.....	55
2.8.2 Situación actual del uso del plástico.....	58
2.8.3 El PEBD como agregado en el hormigón.....	60
2.9 Estado de arte.....	60
2.9.1 estudios acerca del plástico reciclado.....	61

2.10 El baño María.....	63
2.10.1 Historia.....	64
2.10.2 aplicación.....	64

CAPITULO III

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.....	66
3.1 Resumen de la investigación.....	66
3.2 Preparación de la materia prima.....	67
3.2.1 Agregado grueso.....	67
3.2.2 Agregado fino.....	68
3.2.3 Cemento.....	68
3.2.4 Agregado de PEBD.....	69
3.3 Caracterización de la materia prima.....	74
3.3.1 Análisis granulométrico de los agregados para hormigones.....	74
3.3.2 Determinación del peso unitario de los agregados.....	78
3.3.3 Determinación del peso específico y absorción de los agregados.....	80
3.3.4 Determinación del porcentaje de desgaste del agregado PEBD por medio de la máquina de los ángeles.....	86
3.4 Diseños de mezclas.....	88
3.4.1 Dosificación de hormigones H-21(Método ACI-211).....	88
3.4.2 Alteración de la dosificación para el agregado grueso.....	90
3.5 Elaboración de las muestras.....	91
3.5.1 Hormigón simple.....	92
3.5.2 Hormigón ligero con PEBD.....	95
3.6 Curado de probetas.....	96
3.7 Pruebas aplicadas.....	97
3.7.1 Densidad o peso por unidad de volumen.....	97
3.7.2 Resistencia a compresión.....	98

CAPITULO IV

4. ANALISIS DE RESULTADOS	102
4.1 Ensayos realizados.....	102
4.1.1 Caracterización.....	102
4.1.2 Diseño de mezcla	108
4.1.3 Pruebas aplicadas.....	110
4.3 Contratación de hipótesis.....	118
4.4 Análisis del agregado PEBD respecto al fuego.....	120
4.5 Costo de elaboración del agregado PEBD.....	120
4.6 Conclusiones.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II

2.1 Consistencia para hormigones.....	36
2.2 Resistencia para hormigones.....	36
2.3 Clasificación del hormigón por peso unitario.....	37
2.4 Resistencia para el hormigón por tipo de cemento.....	53
2.5 Propiedades físicas del PEBD.....	56
2.6 Propiedades mecánicas del PEBD.....	57
2.7 Propiedades térmicas del PEBD.....	57
2.8 Resistencia química del PEBD.....	58

Capítulo III

3.1 Peso de las muestras según el TM del agregado	74
3.2 Requisitos de granulometría de la arena.....	74
3.3 Detalle de probetas.....	91

Capítulo IV

4.1 Granulometría del agregado grueso (grava).....	102
4.2 Granulometría del agregado fino.....	103
4.3 Granulometría del agregado PEBD.....	104
4.4 Peso específico del agregado grueso (grava).....	104
4.5 Peso específico del agregado fino.....	105
4.6 Peso unitario suelto agregado grueso.....	106
4.7 Peso unitario compactado agregado grueso.....	106
4.8 Peso unitario suelto agregado fino.....	106
4.9 Peso unitario compactado agregado fino.....	107
4.10 Peso unitario suelto agregado PEBD.....	107
4.11 Peso unitario compactado agregado PEBD.....	107
4.12 Características de los agregados.....	108
4.13 Pesos de los agregados método ACI-211.....	108
4.14 Proporciones de la mezcla.....	109
4.15 Pesos y volúmenes de los agregados.....	109
4.16 Peso y volumen de los agregados para 15 probetas.....	109

4.17	Detalle de pesos de probetas a diferente edad y %.....	111
4.18	Pesos unitarios promedios para cada % de agregado PEBD.....	112
4.19	Resistencias a compresión para 7 días de edad y porcentaje de PEBD.....	113
4.19.1	Valores de resistencias no tomados en cuenta.....	114
4.20	Resistencias a compresión para 14 días de edad y porcentaje de PEBD...	115
4.20.1	Valores de resistencias no tomados en cuenta.....	116
4.21	Resistencias a compresión para 14 días de edad y porcentaje de PEBD..	117
4.21.1	Valores de resistencias no tomados en cuenta.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo II

2.1 Agregado grueso arcilla expandida.....	41
2.2 Hormigón aireado.....	41
2.3 Cemento portland tipo IP-30.....	47
2.4 Simbología del PEBD.....	55
2.5 Estructura del PEBD.....	56
2.6 Usos del PEBD reciclado en Bolivia.....	59
2.7 Agregado plástico reciclado.....	61
2.8 Agregado plástico artificial.....	63

Capítulo III

3.1 Agregado grueso (grava).....	67
3.2 Lavado del agregado grueso.....	67
3.3 Agregado fino (arena).....	68
3.4 Desechos plásticos en campus universitario.....	69
3.5 Bolsas plásticas recicladas.....	69
3.6 Lavado y reciclado del PEBD.....	70
3.7 Aceite comestible reciclado.....	70
3.8 Moldes de cemento.....	71
3.9 Fabricación de los moldes.....	71
3.10 Moldes terminados.....	72
3.11 Baño María del PEBD en aceite.....	72
3.12 Agregado PEBD terminado.....	73
3.13 Agregado PEBD preparado para la mezcla.....	73
3.14 Juego de tamices en el vibrador.....	75
3.15 Agregado grueso tamizado.....	75
3.16 Agregado fino tamizado.....	77
3.17 Recipientes cilíndricos para Peso Unitario.....	78
3.18 Peso unitario suelto de los agregados.....	79
3.19 Peso unitario compactado de los agregados.....	79
3.20 Balanza para pesar el agregado grueso en el agua.....	81

3.21 Secado del agregado fino.....	83
3.22 Prueba del cono en el agregado fino.....	83
3.23 Matraz más agua y agregado fino.....	84
3.24 Agregado fino secado al horno.....	85
3.25 Máquina de desgaste de los ángeles.....	86
3.26 Agregado PEBD resultado de la máquina de desgaste de los A.....	87
3.27 Agregado PEBD flotando en el agua.....	87
3.28 Reemplazo del agregado grueso por agregado de PEBD.....	91
3.29 Lavado de los agregados.....	93
3.30 Preparación de la mezcla.....	94
3.31 Medición del asentamiento.....	94
3.32 Curado de probetas.....	96
3.33 Pesado de probetas en el laboratorio.....	97
3.34 Pantalla táctil de la prensa.....	98
3.35 Rotura de probetas.....	99
3.36 Fisuras de probetas.....	99
3.37 Distribución del PEBD en el volumen total de la probeta.....	100

Capítulo IV

4.1 Porcentaje de pérdida de pesos de las probetas.....	111
4.2 Peso unitario vs porcentaje de agregado PEBD.....	112
4.3 Disminución de peso unitario en función al % de agregado PEBD.....	113
4.4 Resistencia a la compresión vs porcentaje de agregado PEBD.....	114
4.5 Resistencia a la compresión vs porcentaje de agregado PEBD.....	116
4.6 Resistencia a la compresión vs porcentaje de agregado PEBD.....	117
4.7 Comportamiento de la resistencia para las 3 diferentes edades.....	118

ÍNDICE DE FORMULAS

Granulometría

3.1 Retenido acumulado.....	76
3.2 Porcentaje retenido acumulado.....	76
3.3 Porcentaje del total que pasa.....	76
3.4 Módulo de finura.....	76

Peso unitario

3.5 Peso unitario suelto.....	80
3.6 Peso unitario compactado.....	80

Peso específico de los agregados

Agregado grueso

3.7 Peso específico a granel.....	82
3.8 Peso específico saturado c/superficie seca.....	82
3.9 Peso específico aparente.....	82
3.10 Porcentaje de absorción.....	82

Agregado fino

3.11 Peso específico a granel.....	85
3.12 Peso específico saturado c/superficie seca.....	85
3.13 Peso específico aparente.....	85
3.14 Porcentaje de absorción.....	85

Desgaste de los ángeles

3.15 Porcentaje de desgaste	88
-----------------------------------	----

Método de dosificación ACI

3.16 Peso del agregado grueso.....	89
3.17 Peso del cemento.....	90
3.18 Volumen del agregado grueso.....	90
3.19 Volumen del cemento.....	90
3.20 Volumen del agregado fino.....	90
3.21 Peso del agregado fino.....	90
Correcciones por materiales húmedos	
3.22 Peso húmedo de la arena.....	90

3.23	Peso húmedo de la grava.....	90
3.24	Agua corregida de la grava.....	90
3.25	Agua corregida de la arena.....	90
3.26	Total de agua corregida.....	90

Formulas empíricas determinadas.

4.1	Peso unitario del H° en función del % de agregado PEBD.....	119
4.2	Resistencia a compresión del H°, en f. % de PEBD para 7 días de edad.....	119
4.3	Resistencia a compresión del H°, en f. % de PEBD para 14 días de edad.....	119
4.4	Resistencia a compresión del H°, en f. % de PEBD para 28 días de edad.....	119

ÍNDICE DE ANEXOS.

A-1 Caracterización de los agregados

A-2 Dosificación de hormigones ACI-211

A-3 Tablas del método ACI

A-4 Informes de roturas de probetas

A-5 Tablas de ensayos con agregados ligeros

A-6 Respaldo fotográfico