

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



**“ADICIÓN DE LA CÁSCARA DE ARROZ COMO AGREGADO
EN LA OBTENCIÓN DE BLOQUES DE MORTERO”**

Por:

AVILIA ROBLES QUISPE

Trabajo de grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Septiembre de 2014

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIAS:

El presente trabajo está dedicado con mucho cariño a mis padres; Justo Robles Rojas y Justina Quispe de Robles por su sacrificio, su presencia, apoyo y amor. A mi hermanas; Teresa, Julia, Andrea e Ines, por su cariño y apoyo incondicional. A mis hermanos; Francisco y Nelson, por su apoyo. A mis amigas a quienes llevo en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios por ayudarme a culminar esta etapa de mi vida, a mis padres por su paciencia, a mis hermanas por su ayuda, a mis docentes y a mis tribunales por el apoyo prestado y sus consejos.

Un especial agradecimiento a: Marisol Rodríguez, Eliana Calderón, Nélide Camata y Carla Condori, quiénes fueron mis amigas y compañeras de carrera, con las que realice mis ensayos en el laboratorio, gracias por su ayuda y colaboración, sólo me resta decir que; “lo más valioso en la vida no es lo que tenemos, sino a quiénes tenemos, luchan para alcanzar lo que quieren y encuentren la felicidad en todo lo que hagan”, les deseo prosperidad y que Dios las bendiga.

PENSAMIENTO:

“No permitas que tus heridas te transformen
en alguien que no eres”

(Aleph, Paulo Coelho)

ÍNDICE

RESUMEN

	Pág.
1. ANTECEDENTES.-	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 General.....	3
1.3.2 Específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.5 Alcance.....	4
2. MARCO TEÓRICO.-	
2.1 Introducción.....	5
2.2 Cáscara de arroz.....	7
2.2.1 Definición.....	7
2.2.2 Generalidades.....	7
2.2.3 Sobre la producción de arroz en Bolivia.....	8
2.2.4 Descripción de la cáscara de arroz.....	11
2.3 Morteros.....	12
2.3.1 Definición.....	13
2.3.2 Morteros para mampostería estructural.....	13
2.3.2.1 Clasificación de los morteros de mampostería.....	13

	Pág.
2.3.3 Composición del mortero.....	14
2.3.3.1 Componentes tradicionales.....	14
2.3.4 Características del mortero.....	15
2.3.4.1 Estado fresco.....	16
2.3.4.2 Estado endurecido.....	17
2.4 Aprovechamiento de la cáscara de arroz.....	18
2.4.1 Material de construcción derivado de la cáscara de arroz.....	18
2.4.2 Tratamiento de la cáscara de arroz.....	18

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.-

3.1 Características de los materiales que componen la mezcla de mortero.....	20
3.1.1 Cemento.....	20
3.1.1.1 Finura del cemento.....	21
3.1.2 Agregado fino (cáscara de arroz).....	22
3.1.2.1 Mineralización (Tratamiento de la cáscara de arroz).....	23
3.1.2.2 Granulometría (cáscara de arroz natural y cáscara de arroz tratada).....	23
3.1.2.3 Peso específico y porcentaje de absorción (cáscara de arroz natural).....	25
3.1.2.4 Peso unitario (cáscara de arroz natural y cáscara de arroz tratada).....	27
3.1.3 Agregado fino (Arena de Río).....	29
3.1.3.1 Granulometría.....	29
3.1.3.2 Peso específico y porcentaje de absorción.....	31
3.1.3.3 Peso unitario.....	33
3.1.4 Agua.....	34
3.1.4.1 características del agua.....	35

	Pág.
3.2 Metodología y procedimiento para la investigación.....	35
3.2.1 Dosificación de la mezcla (patrón).....	35
3.2.2 Dosificación de la mezcla (cáscara de arroz y cáscara de arroz tratada).....	36
3.2.3 Preparación del mortero en el laboratorio para los ensayos a compresión.....	37
3.2.3.1 Preparación de los materiales y equipo.....	37
3.2.3.2 Número de probetas.....	38
3.2.3.3 Forma y dimensiones de la probeta.....	38
3.2.3.4 Mezclado del mortero.....	39
3.2.3.5 Consistencia del mortero (patrón, con cáscara de arroz y con cáscara de arroz tratada).....	41
3.2.3.6 Procedimiento de vaciado.....	41
3.2.3.7 Ensayo de rotura de las probetas.....	42
3.2.4 Elaboración de los bloques.....	43
3.2.4.1 Preparación de los materiales y equipo.....	43
3.2.4.2 Forma y dimensiones del bloque.....	44
3.2.4.3 Mezclado del mortero con cáscara de arroz.....	44
3.2.4.4 Procedimiento de colocado a los moldes.....	44
3.2.4.5 Ensayo de compresión de los bloques en estudio.....	45
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.-	
4.1 Características físicas y mecánicas de los agregados.....	47
4.2 Análisis de resistencias en el mortero con cáscara de arroz (natural y tratada).....	52
4.2.1 Coeficiente de determinación (R^2).....	52
4.2.2 Evaluación de las resistencias a compresión.....	52

	Pág.
4.2.3 Determinación de curvas de resistencia a compresión vs. porcentaje de cáscara de arroz (estado natural y tratada).....	53
4.3 Peso de las probetas con cáscara de arroz (estado natural y tratada).....	56
4.4 Cantidad de agua para cada una de las dosificaciones utilizadas.....	57
4.5 Evaluación de las resistencias a compresión de los bloques.....	58
4.6 Diferencia entre los resultados obtenidos y los resultados esperados.....	59
4.7 Análisis de la trabajabilidad en morteros con cáscara de arroz (estado natural y tratada) y su homogeneidad.....	60
4.8 Conclusiones.....	62
4.9 Recomendaciones.....	63

BIBLIOGRAFÍA.-

Bibliografía.....	64
-------------------	----

ANEXOS.-

A.1 Dosificación de la probeta patrón.....	67
A.2 Granulometría de la cáscara de arroz.....	68
A.3 Peso unitario de la cáscara de arroz.....	69
A.4 Peso unitario de la cáscara de arroz tratada.....	70
A.5 Peso específico de la cáscara de arroz.....	71
A.6 Granulometría del agregado fino (arena).....	72
A.7 Peso unitario del agregado fino.....	73
A.8 Peso específico del agregado fino.....	74
A.9 Finura del cemento.....	75

	Pág.
A.10 Dosificación de probetas con un 20% de cáscara de arroz.....	76
A.11 Dosificación de probetas con un 40% de cáscara de arroz.....	78
A.12 Dosificación de probetas con un 60% de cáscara de arroz.....	80
A.13 Dosificación de probetas con un 80% de cáscara de arroz.....	82
A.14 Dosificación de probetas con un 20% de cáscara de arroz tratada.....	84
A.15 Dosificación de probetas con un 40% de cáscara de arroz tratada.....	86
A.16 Dosificación de probetas con un 60% de cáscara de arroz tratada.....	88
A.17 Dosificación de probetas con un 80% de cáscara de arroz tratada.....	90
A.18 Resistencia a compresión de la probeta patrón.....	92
A.19 Resistencia a compresión de las probetas con 20% de cáscara de arroz tratada.....	93
A.20 Resistencia a compresión de las probetas con 40% de cáscara de arroz tratada.....	94
A.21 Resistencia a compresión de las probetas con 60% de cáscara de arroz tratada.....	95
A.22 Resistencia a compresión de las probetas con 80% de cáscara de arroz tratada.....	92
A.23 Resistencia a compresión de las probetas con 20% de cáscara de arroz.....	97
A.24 Resistencia a compresión de las probetas con 40% de cáscara de arroz.....	98
A.25 Resistencia a compresión de las probetas con 60% de cáscara de arroz.....	99
A.26 Resistencia a compresión de las probetas con 80% de cáscara de arroz.....	100
A.27 Resistencia a compresión del bloque patrón.....	101
A.28 Resistencia a compresión del bloque con 60% de cáscara de arroz tratada.....	102
A.29 Precio unitario (bloque patrón).....	103
A.30 Precio unitario (bloque con cáscara de arroz tratada).....	104
A.31 Gráfico de resistencia a la compresión vs la adición de cáscara de arroz al mortero en diferentes proporciones.....	105

	Pág.
A.32 Gráfico de resistencia a la compresión vs la adición de cáscara de arroz tratado al mortero en diferentes proporciones.....	106
A.33 Gráfico comparando las resistencias a compresión de las probetas con cáscara de arroz y cáscara de arroz tratada.....	107
A.34 Ensayo: Granulometría (arena de río).....	108
A.35 Ensayo: Peso específico y porcentaje de absorción (arena de río).....	109
A.36 Ensayo: peso unitario suelto y compactado (arena de río).....	110
A.37 Ensayo: Granulometría (cáscara de arroz).....	112
A.38 Ensayo: Peso específico y porcentaje de absorción (cáscara de arroz).....	113
A.39 Ensayo: Peso unitario suelto y compactado (cáscara de arroz).....	115
A.40 Ensayo: Mineralización de la cáscara de arroz.....	117
A.41 Ensayo: Finura del cemento.....	119
A.42 Mezclado del mortero con cáscara de arroz tratada.....	120
A.43 Procedimiento de elaboración de los bloques.....	121
A.44 Ensayo: Consistencia del mortero.....	123
A.45 Procedimiento de vaciado y curado de las probetas.....	124
A.46 Equipo utilizado para el ensayo de compresión.....	125
A.47 Ensayo: Ruptura de las probetas y bloques.....	126
A.48 Bloques con 60% de cáscara de arroz tratada.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
2.1 Rendimiento del arroz.....	10
2.2 Evolución de la producción de arroz con cáscara en Bolivia.....	10
2.3 Clasificación de los morteros.....	14
3.1 Propiedades del cemento “El Puente”.....	20
3.2 Análisis físico – químicos del agua potable en la ciudad de Tarija.....	35
3.3 Dosificación para la mezcla patrón.....	36
4.1 Características físicas y mecánicas de la arena.....	47
4.2 Características físicas y mecánicas de la cáscara de arroz.....	51
4.3 Resistencia a compresión a los 28 días (CA).....	53
4.4 Resistencia a compresión a los 28 días (CAT).....	53
4.5 Comparación de pesos de la probeta patrón y la probeta con cáscara de arroz.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
2.1 Superficie cultivada y producción de arroz (2005-2011).....	6
4.1 Curva granulométrica de la arena de río.....	48
4.2 Peso unitario suelto y compactado.....	49
4.3 Peso específico aparente.....	50
4.4 Porcentaje de absorción.....	50
4.5 Curva granulométrica de la cáscara de arroz.....	51
4.6 Resistencia del mortero con cáscara de arroz tratada en diferentes proporciones (28días).....	54
4.7 Resistencia del mortero con cáscara de arroz en diferentes proporciones (28días).....	54
4.8 Comparación de las resistencias (Kg/cm^2) del mortero con cáscara de arroz (estado natural y tratado) en diferentes proporciones.....	55
4.9 Comparación de pesos en porcentaje de la probeta patrón y las probetas en estudio.....	56
4.10 Cantidad de agua necesaria para 1m^3 de mortero con Cáscara de Arroz.....	57
4.11 Cantidad de agua necesaria para 1m^3 de mortero con Cáscara de Arroz Tratada.....	58
4.12 Resistencia a compresión.....	59
4.13 Peso de los bloques.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
2.1 Quema de la cascarilla de arroz.....	5
2.2 Apariencia de la cáscara de arroz.....	7
2.3 Zonas productoras de arroz en Bolivia.....	9
2.4 Grano de arroz.....	11
2.5 Acumulación de la cáscara de arroz.....	12
2.6 Bloque con cascarilla de arroz.....	18
4.1 Agregados del mortero.....	47
4.2 Homogeneidad de los materiales.....	60