

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**



**“APLICACIÓN DE VINAZA COMO PLASTIFICANTE EN LA OBTENCIÓN DE  
HORMIGÓN TIPO A”**

***Por:***

**CARLA MARCELA RAMIREZ ARANDO**

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

***SEMESTRE I – 2019***

***TARIJA – BOLIVIA***

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

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS  
Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**

**“APLICACIÓN DE VINAZA COMO PLASTIFICANTE EN LA OBTENCIÓN DE  
HORMIGÓN TIPO A”**

**Por:**

**CARLA MARCELA RAMIREZ ARANDO**

**SEMESTRE I – 2019**  
**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

---

*M Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez*  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Y TECNOLOGÍA**

---

*M Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa*  
**VICEDECANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

---

*Ing. Javier Castellanos Vásquez*

---

*Ing. Carola Sánchez López*

---

*Ing. Mabel Zambrana Velasco*

***ADVERTENCIA***

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

***DEDICATORIA:***

*A mi familia en especial a mis padres Luis Ramirez e Isabel Arando, que en todo momento confiaron en mí, brindándome cariño, dedicación abnegada y apoyo incondicional, solo puedo decir desde el corazón gracias por su comprensión y por darme con su ejemplo de sacrificio y esfuerzo las herramientas necesarias para afrontar la vida, como mujer y ahora como profesional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, por regalarme la vida y haber guiado mis pasos a lo largo de estos años siendo mi fortaleza y esperanza.*

*A mis hermanos: Luis Fernando, Diana Antonieta y José Mauricio, por compartir conmigo las experiencias propias de hermanos, sé que sin importar las circunstancias siempre estarán a mi lado para apoyarme y yo a lado suyo.*

*A mi tutor Ing. Fernando Mur Lagraba por tener la paciencia y predisposición de colaborarme compartiendo conmigo su conocimiento durante todo el desarrollo del trabajo.*

*A mis amigos: Pathy, Lina, Josué y Erick, por acompañarme cada uno a su manera antes, durante y no dudo que después de alcanzar esta importante meta, su apoyo es invaluable gracias a ustedes no me di por vencida.*

*A los Ingenieros Wildo Castellanos y Félix Ventura por brindarme la oportunidad de aplicar en obra todos los conocimientos que adquirí en el desarrollo del trabajo y durante los años estudio.*

***PENSAMIENTOS***

*“Aprendí que el coraje no era la ausencia de miedo, sino el triunfo sobre él. El valiente no es quien no siente miedo, si no aquel que conquista ese miedo.”*

*“Todo parece imposible hasta que se hace.”*

***Nelson Mandela***

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I

1 OBJETO DEL CONOCIMIENTO.....	1
1.1    Introducción.....	1
1.2    El problema.....	2
1.2.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2.2 Formulación del problema .....	3
1.2.3 Hipótesis.....	3
1.2.4 Variables independientes .....	4
1.2.5 Variables dependientes .....	5
1.3    Objetivos .....	7
1.3.1 General.....	7
1.3.2 Específicos.....	7
1.4    Justificación .....	8
1.4.1 Teórica .....	8
1.4.2 Metodológica .....	8
1.4.3 Práctica.....	8
1.4.4 Ambiental.....	8
1.5    Alcance del estudio.....	9

## CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO .....	10
2.1    El hormigón .....	10
2.1.1 Características físicas y mecánicas del hormigón .....	11



2.1.2	Propiedades del hormigón fresco y hormigón endurecido .....	11
2.1.2.1	Hormigón fresco.....	11
2.1.2.2	Hormigón endurecido.....	15
2.2	Constituyentes del hormigón .....	16
2.2.1	Cemento.....	16
2.2.1.1	Tipos de cemento portland .....	16
2.2.1.2	Características del cemento.....	17
2.2.1.3	Composición química del cemento .....	18
2.2.2	Agregados .....	19
2.2.2.1	Agregado fino.....	19
2.2.2.2	Agregado grueso .....	20
2.2.2.3	Propiedades de los agregados.....	20
2.2.3	Agua.....	30
2.2.3.1	El agua en el concreto .....	30
2.2.3.2	Requisitos que debe cumplir .....	31
2.3	Vinaza .....	32
2.3.1	Producción de la vinaza .....	33
2.3.2	Caracterización de la vinaza .....	33
2.3.3	Composición química de la vinaza .....	34
2.3.4	Uso de la vinaza de caña azúcar en la actualidad .....	35
2.4	Diseño de mezclas.....	36
2.5	Dosificación aci-211 .....	36
2.5.1	Determinación de la razón agua/cemento .....	37
2.5.2	Determinación de la fluidez.....	37

2.5.3	Determinación de la dosis de agua.....	38
2.5.4	Determinación de la dosis de cemento.....	39
2.5.5	Determinación de la dosis de grava .....	39
2.5.6	Determinación de la dosis de arena .....	40
2.5.6.1	Método volumétrico .....	40
2.6	Elaboración de muestras .....	41
2.7	Curado del hormigón: .....	41
2.8	Fisuras .....	42
2.8.1	Tipos de fisuras.....	43

### CAPÍTULO III

3	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	44
3.1	Esquema de elaboración .....	44
3.2	Selección de materiales. ....	44
3.2.1	Agregados grueso y fino .....	45
3.2.2	Cemento.....	46
3.2.3	Vinaza .....	46
3.3	Caracterización de materiales.....	46
3.3.1	Caracterización de agregados (grueso y fino) .....	46
3.3.1.1	Granulometría agregado grueso .....	47
3.3.1.2	Peso específico agregado grueso .....	49
3.3.1.3	Peso unitario agregado grueso.....	52
3.3.1.4	Resistencia al desgaste .....	54
3.3.1.5	Granulometría agregado fino .....	56
3.3.1.6	Peso específico agregado fino .....	59

3.3.1.7	Peso unitario agregado fino.....	61
3.3.1.8	Peso específico cemento.....	62
3.3.1.9	Módulo de finura cemento .....	63
3.3.1.10	Análisis químico vinaza .....	64
3.4	Dosificación.....	64
3.4.1	Características agregados.....	65
3.4.2	Características del diseño .....	65
3.4.3	Datos de tablas.....	66
3.4.4	Pesos secos de los ingredientes.....	66
3.4.5	Proporciones de la mezcla .....	66
3.5	Elaboración de muestras en laboratorio.....	67
3.5.1	Hormigón patrón.....	67
3.5.2	Muestras con inclusión de vinaza .....	69
3.5.2.1	Hormigón 10% inclusión de vinaza .....	70
3.5.2.2	Hormigón 20% inclusión de vinaza .....	71
3.5.2.3	Hormigón 30% inclusión de vinaza .....	72
3.5.2.4	Hormigón 40% inclusión de vinaza .....	73
3.5.2.5	Hormigón 50% inclusión de vinaza .....	74
3.5.2.6	Hormigón 60% inclusión de vinaza .....	75
3.5.2.7	Hormigón 10% inclusión de vinaza .....	76
3.6	Resistencia a compresión de las muestras .....	77
3.6.1	Resultados prueba de resistencia a compresión.....	78
3.6.2	Resultados de peso específico muestras en laboratorio.....	80
3.6.3	Resultados de asentamiento muestras en laboratorio .....	80

3.7	Aplicación práctica .....	81
3.7.1	Vaciado de muestras en obra .....	81
3.7.1.1	Hormigón patrón 0% inclusión de vinaza .....	81
3.7.1.2	Hormigón 30% inclusión de vinaza .....	82
3.7.2	Vaciado piso de nivelación.....	83
3.7.3	Resultados de resistencia a los 7 y 28 días .....	84
3.7.4	Resultados peso específico a los 28 días .....	85
3.7.5	Monitoreo de fisuración .....	85
3.7.5.1	Monitoreo inicial.....	86
3.7.5.2	Monitoreo 7 días.....	87
3.7.5.3	Monitoreo 21 días.....	89
3.7.5.4	Monitoreo 35 días.....	91
3.7.5.5	Resultados monitoreo de fisuración .....	92

## CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	93
4.1	Resistencia a compresión.....	93
4.1.1	Resistencia a la compresión 7 días de edad .....	93
4.1.2	Resistencia a la compresión 28 días de edad .....	95
4.1.3	Comparación resistencia 7 días, proyección a los 28 días y resistencia a lo 28 días .....	97
4.2	Determinación relación agua/cemento.....	99
4.3	Peso específico.....	101
4.4	Asentamiento mediante cono de Abrams .....	102

4.5 Resistencias obtenidas en aplicación práctica a los 7 y 28 días hormigón patrón y hormigón con inclusión de vinaza al 30% .....	103
4.6 Monitoreo de fisuración.....	104
CONCLUSIONES.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Consistencia de los hormigones frescos .....	13
Tabla 2.2. Serie de tamices para concreto .....	22
Tabla 2.3. Granulometría de la norma ASTM C-33 para el agregado grueso.....	24
Tabla 2.4. Requisitos de la norma ASTM para el agregado fino .....	26
Tabla 2.5. Requisitos de la norma ASTM para el agregado fino .....	26
Tabla 2.6. Requisitos que debe cumplir el agua .....	31
Tabla 2.7. Características de la vinaza .....	33
Tabla 2.8. Composición química de la vinaza.....	34
Tabla 2.9. Determinación de la razón agua/cemento.....	37
Tabla 2.10. Determinación de la dosis de agua .....	38
Tabla 2.11 Determinación de la dosis de grava.....	39
Tabla 3.1. Granulometría de agregado grueso.....	48
Tabla 3.2. Resultados ensayo peso específico y % de absorción .....	51
Tabla 3.3. Resultados ensayo peso unitario agregado grueso .....	53
Tabla 3.4. Gradación y carga de desgaste .....	54
Tabla 3.5. Peso de la muestra según la gradación .....	55
Tabla 3.6 Porcentaje de desgaste .....	56

Tabla 3.7. Granulometría de agregado fino.....	58
Tabla 3.8. Resultados ensayo de peso específico y % de absorción agregado fino .....	60
Tabla 3.9. Resultados peso unitario suelto y compactado.....	62
Tabla 3.10. Peso específico del cemento.....	63
Tabla 3.11. Módulo de finura del cemento.....	64
Tabla 3.12. Análisis químico vinaza .....	64
Tabla 3.13. Características de los agregados .....	65
Tabla 3.14. Características de diseño .....	65
Tabla 3.15. Datos tablas .....	66
Tabla 3.16. Resultados en peso por metro cúbico de la dosificación .....	66
Tabla 3.17. Proporciones de la mezcla .....	66
Tabla 3.18. Pesos de los materiales para mezcla patrón.....	69
Tabla 3.19. Asentamiento mezcla patrón .....	69
Tabla 3.20. Pesos de los materiales para mezcla inclusión de vinaza 10% .....	70
Tabla 3.21. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 10% .....	70
Tabla 3.22. Pesos de los materiales para mezcla inclusión de vinaza 20% .....	71
Tabla 3.23. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 20% .....	71
Tabla 3.24. Pesos de los materiales para mezcla inclusión de vinaza 30% .....	72
Tabla 3.25. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 30% .....	72
Tabla 3.26. Pesos de los materiales para mezcla inclusión de vinaza 40% .....	73
Tabla 3.27. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 40% .....	73
Tabla 3.28. Pesos de los materiales para mezcla inclusión de vinaza 50% .....	74
Tabla 3.29. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 50% .....	74
Tabla 3.30. Pesos de los materiales para mezcla inclusión de vinaza 60% .....	75

Tabla 3.31. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 60% .....	75
Tabla 3.32. Pesos de los materiales para mezcla inclusión de vinaza 70% .....	76
Tabla 3.33. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 70% .....	76
Tabla 3.34. Pesos de los materiales para mezcla patrón aplicación práctica.....	81
Tabla 3.35. Asentamiento mezcla patrón aplicación práctica .....	81
Tabla 3.36. Pesos de los materiales mezcla inclusión de vinaza 30% aplicación práctica .	82
Tabla 3.37. Asentamiento mezcla inclusión de vinaza 30% aplicación práctica .....	82
Tabla 3.38. Resultados de fisuración 7, 21 y 35 días .....	92
Tabla 4.1. Resistencia a compresión a los 7 días.....	93
Tabla 4.2. Resistencia a compresión a los 28 días.....	95
Tabla 4.3. Diferencia resistencia proyectada a los 28 días vs resistencia a los 28 días .....	97
Tabla 4.4. Determinación relación agua /cemento .....	100
Tabla 4.5. Resultados peso específico .....	101
Tabla 4.6. Resultados de asentamiento.....	102
Tabla 4.7. Resultados de resistencia a la compresión .....	103

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Compuestos del cemento portland.....	18
Cuadro 2.2. Requisitos de la norma ASTM para el agregado grueso .....	23
Cuadro 2.3. Uso de efluentes agroindustriales de plantas de procesamiento de caña de azúcar .....	35
Cuadro 2.4. Asentamientos de cono para diferentes tipos de construcción .....	38

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1. Curva Granulométrica de agregado grueso .....	49
Gráfico 3.2. Curva Granulométrica de agregado fino .....	58
Gráfico 3.3. Resistencia a los 7 días vs % inclusión de vinaza .....	79
Gráfico 3.4. Resistencia a los 28 días vs % inclusión de vinaza .....	79
Gráfico 3.5. Peso específico a los 28 días por cada % de inclusión de vinaza.....	80
Gráfico 3.6. Asentamiento vs % de inclusión de vinaza .....	80
Gráfico 3.7. Resistencia a los 7 días 0% y 30% de vinaza aplicación práctica.....	84
Gráfico 3.8. Resistencia a los 28 días 0% y 30% de vinaza aplicación práctica.....	85
Gráfico 3.9. Peso específico a los 28 días 0% y 30% de vinaza aplicación práctica.....	85
Gráfico 4.1. Resistencia a compresión a los 7 días VS % de inclusión de vinaza .....	94
Gráfico 4.2. Resistencia a compresión a los 28 días VS % de inclusión de vinaza .....	96
Gráfico 4.3. Superposición de curvas resistencias a los 7 días, proyección a los 28 días y resistencia a los 28 días vs % de inclusión de vinaza .....	97
Gráfico 4.4. Curvas de calibración proyección de resistencia a los 28 días de 10 a 30 % de inclusión de vinaza .....	98
Gráfico 4.5. Curvas de calibración proyección de resistencia a los 28 días de 40 a 70 % de inclusión de vinaza .....	99
Gráfico 4.6. Peso específico vs % de inclusión de vinaza.....	101
Gráfico 4.7. Asentamiento vs % de inclusión de vinaza .....	102
Gráfico 4.8. Comparación resistencia a compresión hormigón patrón vs. hormigón inclusión de vinaza al 30%, 7 y 28 días.....	103



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ensayo de asentamiento (dimensiones cono de Abrams) .....	12
Figura 2.2. Acopio de arena clasificada .....	19
Figura 2.3. Acopio de grava clasificada .....	20
Figura 2.4. Condiciones de humedad de los agregados.....	29
Figura 2.5. Vinaza de caña de azúcar .....	32
Figura 2.6. Proceso de producción de la vinaza de caña de azúcar.....	33
Figura 2.7. Vinaza desechada en un afluente de agua.....	34
Figura 3.1. Clasificadora “C. Presa Sella Rumicancha Fase I” agregado grueso.....	45
Figura 3.2. Clasificadora Construcción Presa Sella Rumicancha Fase I Agregado grueso y fino.....	45
Figura 3.3. Industrias Agrícolas de Bermejo I.A.B. S.A. ....	46
Figura 3.4. Tanque de almacenamiento de vinaza.....	46
Figura 3.5. Tamizado mecánico .....	48
Figura 3.6. Muestras de grava lavadas .....	50
Figura 3.7. Muestra de grava sumergida .....	50
Figura 3.8. Equipo para el pesado de la muestra sumergida .....	51
Figura 3.9. Obtención peso sumergido de la muestra.....	51
Figura 3.10. Llenado del molde con muestra suelta.....	52
Figura 3.11. Enrasado muestra suelta.....	52
Figura 3.12. Apisonado con varilla 2da capa .....	53
Figura 3.13. Obtención peso compactado de la muestra .....	53
Figura 3.14. Máquina de los Ángeles .....	54
Figura 3.15. Muestra dentro de la Máquina de los Ángeles .....	56

Figura 3.16. Juego de tamices granulometría agregado fino .....	57
Figura 3.17. Secado de la arena.....	59
Figura 3.18. Muestra húmeda.....	59
Figura 3.19. Pesado de matraz con arena sumergida en agua .....	60
Figura 3.20. Molde cilíndrico.....	61
Figura 3.21. Llenado muestra suelta.....	61
Figura 3.22. Apisonado 2da capa .....	62
Figura 3.23. Enrasado de muestra compactada .....	62
Figura 3.24. Materiales para el vaciado de las muestras patrón .....	67
Figura 3.25. Vertido de agregado fino en la mezcladora.....	68
Figura 3.26. Asentamiento ensayo cono de Abrams .....	68
Figura 3.27. Enrasado muestra patrón.....	68
Figura 3.28. Volumen de vinaza incluida en la mezcla.....	70
Figura 3.29. Materiales para el vaciado con % de vinaza .....	70
Figura 3.30. Prensa digital - Laboratorio “U.A.J.M.S.” .....	78
Figura 3.31. Prensa SOCOTEC – Lab. “Construcción Presa Sella Rumicancha fase I” ....	78
Figura 3.32. Asentamiento hormigón con 30% de vinaza.....	83
Figura 3.33. Elaboración de muestras .....	83
Figura 3.34. Vaciado piso de nivelación .....	84
Figura 3.35. Piso de nivelación, hormigón con vinaza.....	84
Figura 3.36. Secciones de monitoreo a 4 hrs. despues del hormigonado, sección 1 hormigón H-21; sección 2 hormigón 30% inclusión de vinaza.....	86
Figura 3.37. Sección 1: Monitoreo inicial .....	87
Figura 3.38. Sección 2: Monitoreo inicial .....	87
Figura 3.39. Fisuras sección 1: Monitoreo 7 días.....	88

Figura 3.40. Fisuras sección 1: Monitoreo 7 días.....	88
Figura 3.41. Sección 2: Monitoreo 7 días.....	89
Figura 3.42. Fisura sección 1: Monitoreo 21 días .....	89
Figura 3.43. Fisuras sección 1: Monitoreo 21 días.....	90
Figura 3.44. Sección 2: Monitoreo 21 días.....	90
Figura 3.45. Sección 1: Fisura de corte 35 días.....	91
Figura 3.43. Sección 2: sin fisuras 30 días .....	91
Figura 3.44. Sección 2: sin fisuras 35 días .....	91

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXO A Caracterización de materiales

- A 1 Caracterización agregado grueso
- A 2 Caracterización agregado fino
- A 3 Caracterización de cemento
- A 4 Caracterización agregados aplicación práctica

### ANEXO B Análisis químico de la vinaza

- B 1 Análisis químico de la vinaza

### ANEXO C Dosificación y tablas de dosificación ACI-211

- C 1 Dosificación
- C 2 Tablas de dosificación ACI-211
- C 3 Dosificación aplicación práctica

### ANEXO D Ensayos en el hormigón

- D 1 Peso específico de las muestras
- D 2 Rotura de probetas 7 y 28 días en laboratorio
- D 3 Rotura de probetas 7 y 28 días en aplicación práctica

### ANEXO E Análisis de precios unitarios

- E 1 Análisis de precios unitarios
- E 2 Análisis de precios unitarios aplicación práctica

### ANEXO F Reporte fotográfico

- F 1 Reporte fotográfico