

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



**CARACTERIZACIÓN DE ÁRIDOS DE LAS CANTERAS DE MAYOR PRODUCCIÓN  
(JURADO, REYES, SÁNCHEZ) EN EL MUNICIPIO DE YACUIBA PARA  
HORMIGONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Por:

**CARLOS RODRIGO FLORES DURAN**

**SEMESTRE I – 2023**

**TARIJA - BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

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

**CARACTERIZACIÓN DE ÁRIDOS DE LAS CANTERAS DE MAYOR PRODUCCIÓN  
(JURADO, REYES, SÁNCHEZ) EN EL MUNICIPIO DE YACUIBA PARA  
HORMIGONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Por:

**CARLOS RODRIGO FLORES DURAN**

Proyecto Elaborado en la Asignatura CIV502

**SEMESTRE I – 2023**

**TARIJA - BOLIVIA**

.....  
M. Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

.....  
M. Sc. Lic. Clovis Gustavo Succi Aguirre  
**VICEDECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

**TRIBUNALES:**

.....  
M. Sc. Ing. Moisés Díaz Ayarde

.....  
Ph. D. Ing. Fabián Cabrera Exeni

.....  
M. Sc. Ing. Armando Almendras Saravia

### **ADVERTENCIA**

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

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado con todo el amor a mi familia, especialmente a mi esposa e hijos, por motivarme a superarme y salir adelante a pesar de todas las adversidades, que hoy se refleja en la culminación de este difícil objetivo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme guiado y acompañado en los momentos más difíciles de la vida.

A mi familia, por brindarme todo el apoyo y fortaleza que me permitió lograr este gran objetivo.

A mis grandes amigos con los que pude compartir en la universidad.

A los docentes que me brindaron su apoyo, su tiempo, su experiencia y sus consejos para concluir este trabajo.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.Introducción.....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.2.1. Formulación del Problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. General .....	3
1.3.2. Específicos .....	3
1.4. Justificación de la Investigación.....	4
1.5. Alcance .....	4

### CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.Marco Teórico .....	6
2.1. Definición de Concreto .....	6
2.2. Materias Primas del Concreto .....	6
2.2.1. Agua .....	6
2.2.2. Cemento.....	7
2.2.3. Agregados.....	9
2.2.3.1. Agregado grueso (Grava).....	9
2.2.3.2. Agregado fino (Arena) .....	10
2.2.4. Obtención de los Agregados Naturales .....	11
2.3. Propiedades Físicas de los Agregados.....	11
2.3.1. Granulometría.....	11
2.3.1.1. Curvas granulométricas.....	12
2.3.2. Tamaño Máximo Nominal del Agregado.....	13
2.3.3. Módulo de Finura (M.F.).....	13
2.3.4. Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del agregado (ASTM C127 Y ASTM C128).....	14
2.3.5. Densidad Aparente (Peso Unitario) (ASTM C-29).....	17
2.4. Propiedades Mecánicas de los Agregados.....	17

2.4.1. Método de Ensayo Normalizado para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la Máquina Los Ángeles (ASTM C 131).....	17
2.4.2. Método de Ensayo Normalizado para la determinación de la desintegración de los áridos mediante el método de los sulfatos de sodio o sulfato de magnesio (ASTM C 88) .....	19
2.5. Método para Elaboración Mezclas de Concreto - Método Según Norma 211.1 de la A. C. I. (American Concrete Institute) .....	20
2.5.1. Criterios para el Proporcionamiento de Mezclas de Concreto de Peso Normal.....	20
2.5.2. Consideraciones Básicas .....	20
2.5.2.1. Economía.....	20
2.5.2.2. Trabajabilidad.....	21
2.5.3. Información Requerida para el Diseño de Mezclas de Concreto.....	22
2.5.4. Pasos para el Proporcionamiento .....	23
2.5.5. Elección de la Resistencia Promedio ( $f_{cr}'$ ).....	23
2.5.6. Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida .....	25
2.5.7. Elección del Asentamiento (Slump).....	26
2.5.8. Selección de Tamaño Máximo Nominal del Agregado.- .....	27
2.5.9. Estimación del Agua de Mezclado y Contenido de Aire .....	27
2.5.10. Elección de la Relación Agua/Cemento ( $a/c$ ) .....	29
2.5.11. Cálculo del Contenido de Cemento.....	30
2.5.12. Estimación del Contenido de Agregado Grueso y Agregado Fino .....	31
2.5.13. Ajustes por Humedad y Absorción .....	32
2.5.14. Cálculo de las Proporciones en Volumen .....	33
2.6. Control para Concreto Fresco.....	33
2.6.1. Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico (ASTM C143).....	34
2.6.2. Práctica estándar para hacer y curar especímenes de prueba de concreto en el laboratorio (ASTM C192). .....	34



2.7.	Control Concreto Endurecido.....	36
2.7.1.	Refrentado de Cilindros de Concreto (ASTM C617).....	36
2.7.2.	Método de Prueba Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto (ASTM C39).....	37
2.7.3.	Método Estándar de Ensayo para Resistencia a la Flexión Del Concreto (Usando viga simple con carga a los tercios del claro) (ASTM C78).....	38
2.7.4.	Correlaciones entre la Resistencia a la Flexión y las Resistencias a la Compresión.....	39

### CAPÍTULO III: INGENIERIA DEL PROYECTO

3.	Ingeniería del Proyecto.....	40
3.1.	Diseño de Hormigón Normal por el Método A.C.I. 211.1-91.....	40
3.1.1.	Cemento.....	40
3.1.2.	Procedencia del Agregado.....	41
3.1.3.	Caracterización de los Agregados.....	45
3.2.	Elaboración Mezclas de Hormigón Método según Norma 211.1 de la A. C. I. (American Concrete Institute).....	50
3.2.1.	Dosificación 1 de 6 - Datos Cantera Jurado – Caiza.....	50
3.2.2.	Dosificación 2 de 6 - Datos Cantera Reyes – Caiza.....	51
3.2.3.	Dosificación 3 de 6 - Datos Cantera Sánchez – Caiza.....	51
3.2.4.	Dosificación 4 de 6 - Datos Combinación 35% Cantera Jurado 65% Cantera Brañez.....	52
3.2.5.	Dosificación 5 de 6 - Datos Combinación 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez.....	52
3.2.6.	Dosificación 6 de 6 - Datos Combinación 0% Cantera Jurado- 100% Cantera Brañez.....	53
3.3.	Control del Hormigón Fresco.....	53
3.3.1.	Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico (ASTM C143).....	53
3.3.2.	Práctica estándar para hacer y curar especímenes de prueba de concreto en el laboratorio (ASTM C192).....	53
3.4.	Control del Concreto Endurecido.....	55

3.4.1. Práctica estándar para hacer y curar especímenes de prueba de Concreto en el Laboratorio (ASTM C192).....	55
3.4.2. Peso Unitario Concreto Endurecido .....	56
3.4.3. Método de Prueba Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto (ASTM C39) .....	57
3.4.4. Método Estándar de Ensayo para Resistencia a la Flexión Del Concreto (Usando viga simple con carga a los tercios del claro) (ASTM C78) .....	58

#### CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

4.Evaluación de Resultados del Hormigón Endurecido .....	59
4.1. Análisis de Muestras .....	59
4.2. Análisis de Cilindros Ensayados a Compresión.....	59
4.3. Análisis de la Desviación Estándar de los Cilindros Ensayados a Compresión.....	61
4.4. Análisis de Vigas Ensayadas a Flexo-Tracción.....	68
4.5. Análisis de la Desviación Estándar de las Vigas Ensayadas a Flexión .....	70
4.3. Comparación entre el Módulo de Rotura teórico y las Resistencias a la Compresión .....	76

#### CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y Recomendaciones .....	77
5.1. Conclusiones.- .....	77
5.2. Recomendaciones.-.....	79

#### BIBLIOGRAFIA

Bibliografía.....	80
-------------------	----

#### ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diferentes de marcas de Cemento elaborado por SOBOCE.....	9
Figura 2 Agregados y gradaciones .....	12
Figura 3 Estado de saturación del agregado .....	15
Figura 4 Máquina de Abrasión de los Ángeles .....	18
Figura 5 Agregado fino sumergido en Sulfato de Sodio .....	19
Figura 6 Cono de Abrams.....	34
Figura 7 Cilindro para Concreto.....	35
Figura 8 Viga para Concreto .....	35
Figura 9 Refrentado de Cilindros Concreto.....	36
Figura 10 Compresión de Cilindros Concreto.....	37
Figura 11 Flexión de las Vigas de Concreto.....	38
Figura 12 Flexión de las Vigas de Concreto.....	38
Figura 13 Cemento El Puente IP30 .....	40
Figura 14 Cantera Jurado.....	41
Figura 15 Cantera Jurado.....	41
Figura 16 Cantera Reyes.....	42
Figura 17 Cantera Reyes.....	42
Figura 18 Cantera Sánchez .....	43
Figura 19 Cantera Sánchez .....	43
Figura 20 Cantera Brañez .....	44
Figura 21 Cantera Brañez .....	44
Figura 22 Elaboración de Cilindros de Concreto .....	54
Figura 23 Elaboración de Vigas de Concreto .....	55
Figura 24 Curado de Cilindros y Vigas de Concreto .....	56
Figura 25 Cilindro ya ensayado a compresión con su respectivo refrentado. ....	57
Figura 26 Viga ensayada a flexo-tracción. ....	58
Figura 27 Gráfico de Comparación de la Resistencia a Compresión de las Canteras.....	60
Figura 28 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Compresión – Cantera Jurado .....	62

Figura 29 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Compresión – Cantera Reyes .....	63
Figura 30 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Compresión – Cantera Sánchez .....	64
Figura 31 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Compresión – Combinación: 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez .....	65
Figura 32 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Compresión – Combinación: 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez .....	66
Figura 33 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Compresión – Combinación: 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez .....	67
Figura 34 Gráfico de Comparación de la Resistencia a Flexo Tracción de las Canteras .....	69
Figura 35 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Flexión – Cantera Jurado...	70
Figura 36 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Flexión – Cantera Reyes....	71
Figura 37 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Flexión – Cantera Sánchez	72
Figura 38 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Flexión – Combinación: 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez.....	73
Figura 39 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Flexión – Combinación: 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez.....	74
Figura 40 Gráfico de Desviación Estándar de la Resistencia a Flexión – Combinación: 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez.....	75
Figura 41 Gráfico de Comparación de la Resistencia a Compresión VS Modulo de Rotura Teórico.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los Cementos Pórtland.....	8
Tabla 2 Clasificación y Composición de los Cementos en Bolivia.....	8
Tabla 3 Tipos de Cementos elaborados por las Empresas Productoras en Bolivia según la NB-011).....	9
Tabla 4 Límites para una gradación óptima para el agregado fino .....	13
Tabla 5 Límites para una gradación óptima para el agregado grueso .....	13
Tabla 6 Factores de Corrección.....	25
Tabla 7 Resistencia Promedio Requerida $f'_{cr}$ .....	26
Tabla 8 Consistencia y Asentamiento .....	26
Tabla 9 Asentamiento o Revenimiento recomendado Según los diferentes tipos de Construcción.....	26
Tabla 10 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados. ....	28
Tabla 11 Contenido de agua para la mezcla .....	29
Tabla 12 Relación agua cemento (a/c).....	30
Tabla 13 Máxima Relación agua cemento a/c para estructuras sometidas a condiciones extremas.....	30
Tabla 14 Volumen del agregado grueso para un metro cubico de Hormigón.....	31
Tabla 15 Resultados del Ensayo de Granulometría Agregado Grueso .....	45
Tabla 16 Resultados del Ensayo de Granulometría Agregado Fino.....	45
Tabla 17 Resultados del Ensayo de Densidad Aparente (Peso Unitario) Compactado y Suelto – Agregado Grueso.....	46
Tabla 18 Resultados del Ensayo de Pesos Unitarios Compactado y Suelto – Agregado Fino .....	46
Tabla 19 Resultados del Ensayo de Densidad Relativa (Gravedad Especifica) y Absorción – Agregado Grueso.....	47
Tabla 20 Resultados del Ensayo de Densidad Relativa (Gravedad Especifica) y Absorción – Agregado Fino .....	48
Tabla 21 Resultados del Ensayo de Desgaste mediante la Maquina de los Ángeles – Agregado Grueso.....	49

Tabla 22 Resultados del Ensayo para la determinación de la desintegración de los áridos mediante el método del Sulfato de Sodio – Agregado Fino .....	50
Tabla 23 Resultados de la Dosificación - Cantera Jurado .....	50
Tabla 24 Resultados de la Dosificación - Cantera Reyes.....	51
Tabla 25 Resultados de la Dosificación - Cantera Sánchez .....	51
Tabla 26 Resultados de la Dosificación – Combinación 65% Cantera Jurado + 35% Cantera Brañez .....	52
Tabla 27 Resultados de la Dosificación – Combinación 35% Cantera Jurado + 65% Cantera Brañez .....	52
Tabla 28 Resultados de la Dosificación – Combinación 0% Cantera Jurado + 100% Cantera Brañez.....	53
Tabla 29 Resumen de Roturas de Compresión y Flexo-Tracción .....	59
Tabla 30 Tabla comparativa de Roturas de Compresión.....	59
Tabla 31 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Cantera Jurado .....	62
Tabla 32 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Cantera Jurado .....	62
Tabla 33 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Cantera Reyes .....	63
Tabla 34 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Cantera Reyes).....	63
Tabla 35 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Cantera Sánchez.....	64
Tabla 36 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Cantera Sánchez.....	64
Tabla 37 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Combinación: 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez .....	65
Tabla 38 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Combinación: 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez .....	65
Tabla 39 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Combinación: 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez .....	66
Tabla 40 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Combinación: 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez .....	66
Tabla 41 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Combinación: 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez.....	67
Tabla 42 Desviación Estándar de Roturas de Compresión – Combinación: 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez.....	67

Tabla 43	Tabla comparativa de Roturas de Flexo-Tracción.....	68
Tabla 44	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Cantera Jurado.....	70
Tabla 45	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Cantera Jurado.....	70
Tabla 46	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Cantera Reyes.....	71
Tabla 47	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Cantera Reyes.....	71
Tabla 48	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Cantera Sánchez.....	72
Tabla 49	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Cantera Sánchez.....	72
Tabla 50	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Combinación: 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez .....	73
Tabla 51	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Combinación: 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez .....	73
Tabla 52	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Combinación: 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez .....	74
Tabla 53	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Combinación: 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez .....	74
Tabla 54	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Combinación: 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez .....	75
Tabla 55	Desviación Estándar de Roturas de Flexión – Combinación: 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez .....	75

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fórmulas para determinar el módulo de fineza, después del tamizado .....	14
Ecuación 2 Fórmulas para determinar el estado de los agregados partiendo desde el tipo I (Según Figura 3) .....	16
Ecuación 3 Fórmulas para determinar el estado de los agregados partiendo desde el tipo I (Según Figura 3) .....	16
Ecuación 4 Fórmula para determinar la Desviación Estándar.....	24
Ecuación 5 Fórmula para determinar la Desviación Estándar Promedio .....	24
Ecuación 6 Fórmulas para determinar la Resistencia Promedio Requerida .....	25
Ecuación 7 Fórmula para determinar el Volumen de Agua para 1m <sup>3</sup> de Concreto.....	29
Ecuación 8 Fórmula para determinar el Contenido de Cemento (kg) para 1m <sup>3</sup> de Concreto .....	31
Ecuación 9 Fórmula para determinar el Volumen de Cemento (m <sup>3</sup> ) .....	31
Ecuación 10 Fórmula para determinar el Peso seco de Agregado Grueso (kg/m <sup>3</sup> ).....	32
Ecuación 11 Fórmulas para determinar los Volúmenes de Agregados (m <sup>3</sup> ).....	32
Ecuación 12 Formula para determinar el Peso del agregado Fino (kg) para 1m <sup>3</sup> de concreto .....	32
Ecuación 13 Fórmulas para determinar el Peso del agregado húmedo .....	33
Ecuación 14 Fórmulas para determinar la Cantidad de Agua efectiva para 1m <sup>3</sup> de Concreto .....	33
Ecuación 15 Fórmulas para determinar la Proporciones en Volumen para 1m <sup>3</sup> de Concreto .....	33
Ecuación 16 Fórmula para determinar la Resistencia a Compresión .....	37
Ecuación 17 Fórmula para determinar la Modulo de Rotura. ....	39
Ecuación 18 Fórmula para determinar la Modulo de Rotura cuando no se dispone ensayos de flexión.....	39
Ecuación 19 Módulo de Rotura del Concreto .....	76



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I.- Especificaciones Técnicas del Cemento

Anexo II.-Ensayos para la Caracterización de los Agregados

- a. Cantera Jurado
- b. Cantera Reyes
- c. Cantera Sánchez
- d. Combinación 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez
- e. Combinación 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez
- f. Combinación 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez

Anexo III.-Elaboración Mezclas de Hormigón Método Según Norma 211.1, A. C. I.

- a. Dosificación Cantera Jurado – Caiza
- b. Dosificación Cantera Reyes – Caiza
- c. Dosificación Cantera Sánchez – Caiza
- d. Dosificación Combinación 65% Cantera Jurado - 35% Cantera Brañez
- e. Dosificación Combinación 35% Cantera Jurado - 65% Cantera Brañez
- f. Dosificación Combinación 0% Cantera Jurado - 100% Cantera Brañez

Anexo IV.-Planillas de Roturas a Compresión

Anexo V.-Planillas de Roturas a Flexo-Tracción

Anexo VI.-Informe Fotográfico

- a. Muestreo de los Agregados
- b. Granulometría de los agregados, ASTM C-136
- c. Ensayo de Desgaste mediante la Maquina de los Ángeles ASTM C131
- d. Desintegración de los áridos mediante el método el sulfato de sodio ASTM C-88
- e. Asentamiento del Hormigón Mediante el Cono de Abrams, ASTM, C-14327
- f. Moldeo De Cilindros, ASTM, C-192
- g. Moldeo de Vigas, ASTM, C-192
- h. Refrentado de Probetas, ASTM C-617
- i. Compresión de Cilindros de Concreto, ASTM C-39
- j. Flexo-Tracción de Vigas, ASTM C-78