

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR CON LA FINALIDAD DE MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, USANDO LOS AGREGADOS DE LA CANTERA FIGUEROA – HUÁNUCO – 2018”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

ELABORADO POR : BACH. CHAVEZ NAVARRO, JONATAN EMANUEL

ASESOR : ING. JORGE ZEVALLOS HUARANGA

HUÁNUCO – PERÚ

2019

Dedicatoria

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado fuerza, salud e inspiración para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Virginia, Por darme la vida y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Felipe, Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A todos mis hermanos, en especial a mi hermano Carlos por ser el ejemplo de un hermano mayor y que siempre estuvo ahí presto para ayudarme y aconsejarme cuando yo necesitaba.

A mis amigos Franklin y Brus, quienes me han apoyado a realizar este trabajo y con quienes comparto buenos y malos momentos.

Resumen

La presente tesis tuvo por objeto analizar la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar al concreto, para determinar si esta produce un incremento en la resistencia a la compresión.

Esta investigación se basó en la elaboración de probetas de concreto, los cuales fueron elaborados con cemento Portland Tipo I de la marca Andino, agregado fino y agregado grueso de la cantera de Figueroa, la ceniza de bagazo de caña de azúcar fue extraído del Fundo Pacán, de la ciudad de Huánuco; el diseño de mezclas para el concreto patrón y el concreto adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar se realizó mediante el método de Modulo de Fineza.

Las probetas diseñadas en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al peso del cemento, fueron ensayados 7, 14, 21 y 28 días de edad para así poder medir los parámetros de resistencia a la compresión, luego fueron comparadas dichas adiciones con un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0% de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Partiendo de los resultados, se obtuvieron conclusiones entre las que destacan que:

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 7 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 10.47%, y una disminución de -9.71%, -20.51% y -27.60%, respectivamente con respecto al concreto patrón.

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 14 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 6.08%, y una disminución de -8.58%, -21.68% y -26.68%, respectivamente con respecto al concreto patrón.

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 21 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 8.72%, y una disminución de -9.62%, -20.03% y -22.84%, respectivamente con respecto al concreto patrón.

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 28 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 7.96%, y una disminución de -7.45%, -19.86% y -21.51%, respectivamente con respecto al concreto patrón.

PALABRAS CLAVES: Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar, Resistencia del Concreto y Agregados.

Summary

The purpose of this thesis was to analyze the addition of bagasse ash from sugarcane to concrete, to determine if it produces an increase in compressive strength.

This investigation was based on the preparation of concrete specimens, which were made with Type I Portland cement from the Andino brand, fine aggregate and coarse aggregate from the Figueroa quarry, sugarcane bagasse ash was extracted from the Fundo Pacán, from the city of Huánuco; The design of mixtures for the concrete standard and the concrete added with bagasse ash from sugarcane was done by the Fineness Module method.

The test pieces designed in proportions of 5%, 10%, 15% and 20% sugarcane bagasse ash with respect to the weight of the cement, were tested 7, 14, 21 and 28 days of age in order to measure the parameters of compressive strength, then these additions were compared with a concrete $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ with 0% sugarcane bagasse ash.

Based on the results, conclusions were obtained among which stand out that:

The substitution of 5%, 10%, 15% and 20% of sugarcane bagasse ash by weight of cement tested at 7 days for the compressive strength, an increase of 10.47%, and a decrease of -9.71%, -20.51%, -27.60%, was obtained respectively with respect to the concrete pattern.

The substitution of 5%, 10%, 15% and 20% of sugarcane bagasse ash in weight of cement tested at 14 days for the compression resistance, an increase of 6.08%, and a decrease of -8.58%, -21.68%, -26.68%, was obtained respectively with respect to the concrete pattern.

The substitution of 5%, 10%, 15% and 20% of sugarcane bagasse ash by weight of cement tested at 21 days for the compressive strength, an increase of 8.72%, and a decrease of -9.62%, -20.03%, -22.84%, was obtained respectively with respect to the concrete pattern.

The substitution of 5%, 10%, 15% and 20% of sugarcane bagasse ash by weight of cement tested at 28 days for the compressive strength, an increase of 7.96%, and a decrease of -7.45%, -19.86%, -21.51%, was obtained respectively with respect to the concrete pattern.

KEYWORDS: Sugarcane Bagasse Ash, Concrete Resistance and Aggregates.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	i
Resumen.....	ii
Summary.....	iv
Introducción.....	xxvi
Capítulo I: Marco Teórico.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Investigación Bibliográfica.....	5
1.2.1 Concreto.....	5
1.2.1.1 Definición.....	5
1.2.1.2 Componentes Del Concreto.....	5
1.2.1.2.1 Cemento.....	6
1.2.1.2.1.1 Cemento Portland.....	6
1.2.1.2.1.2 Fabricación Del Cemento Portland.....	7
1.2.1.2.1.3 Tipos De Cemento Portland.....	8
1.2.1.2.1.4 Hidratación Del Cemento.....	8
1.2.1.2.1.4.1 Estado Plástico.....	9
1.2.1.2.1.4.2 Fraguado Inicial.....	9
1.2.1.2.1.4.3 Fraguado Final.....	9
1.2.1.2.1.4.4 Endurecimiento.....	9
1.2.1.2.2 Agregados.....	10
1.2.1.2.2.1 Clasificación De Los Agregados.....	11

1.2.1.2.2.1.1 Clasificación Por Su Origen.	11
1.2.1.2.2.1.1.1 Agregado Natural.....	11
1.2.1.2.2.1.1.2 Agregado Artificial.....	11
1.2.1.2.2.1.2 Clasificación Por Su Tamaño.	11
1.2.1.2.2.1.2.1 Agregado Fino.....	12
1.2.1.2.2.1.2.2 Agregado Grueso.	12
1.2.1.2.2.2 Características físicas.	12
1.2.1.2.2.2.1 Granulometría.	12
1.2.1.2.2.2.1.1 Granulometría Agregado Grueso.....	15
1.2.1.2.2.2.1.2 Granulometría Agregado Fino.	16
1.2.1.2.2.2.2 Modulo De Fineza Del Agregado Fino.	16
1.2.1.2.2.2.2.1 Modulo De Fineza Del Agregado Combinado.	17
1.2.1.2.2.2.3 Tamaño Máximo Del Agregado Grueso.	18
1.2.1.2.2.2.4 Tamaño Máximo Nominal Del Agregado Grueso.	18
1.2.1.2.2.2.5 Peso Específico.	18
1.2.1.2.2.2.6 Peso Unitario.....	19
1.2.1.2.2.2.7 Porcentaje De Vacíos.	20
1.2.1.2.2.2.8 Absorción.	20
1.2.1.2.2.2.9 Peso Específico De Masa (PEM).	21
1.2.1.2.2.2.10 Peso Específico De Masa Saturado Superficialmente Seco (SSS).	21
1.2.1.2.2.2.11 Peso Específico Aparente (Pea).	22

1.2.1.2.2.2.12 Porosidad.....	23
1.2.1.2.2.2.13 Contenido De Humedad.	23
1.2.1.2.2.3 Características Resistentes.	23
1.2.1.2.2.3.1 Resistencia.....	24
1.2.1.2.2.3.2 Tenacidad.	24
1.2.1.2.2.3.3 Dureza.	24
1.2.1.2.2.4 Agregado Grueso.....	24
1.2.1.2.2.4.1 Datos A Considerar Del Agregado Grueso.	26
1.2.1.2.2.5 Agregado Fino.	27
1.2.1.2.2.5.1 Requisitos De Uso.....	28
1.2.1.2.2.6 Funciones Del Agregado En El Concreto.	29
1.2.1.2.3 Agua.	31
1.2.1.2.3.1 Agua De Mezcla.	31
1.2.1.2.3.2 Consideraciones De Agua De Mezcla.....	32
1.2.1.2.3.3 Agua Para Curado.	33
1.2.1.2.3.4 Métodos De Curado.....	33
1.2.1.2.3.4.1 Curado Con Agua.....	33
1.2.1.3 Propiedades del concreto	35
1.2.1.3.1 Propiedades En Estado Plástico.	35
1.2.1.3.1.1 Trabajabilidad.....	35
1.2.1.3.1.2 Consistencia.....	35

1.2.1.3.1.3 Exudación.	36
1.2.1.3.1.4 Segregación.	36
1.2.1.3.1.5 Peso Unitario.	36
1.2.1.3.2 Propiedades En Estado Endurecido.....	36
1.2.1.3.2.1 Resistencia.....	36
1.2.1.3.2.2 Durabilidad.....	36
1.2.1.3.2.3 Impermeabilidad.....	37
1.2.2 Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).	37
1.2.2.1 Definición.	37
1.2.2.2 La Caña De Azúcar En El Perú.	37
1.2.2.3 Proceso Industrial De La Obtención De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar (CBCA).	38
1.2.2.4 La Ceniza De Caña De Azúcar (CBCA) Como Material Puzolánico.	39
1.2.3 Resistencia A La Compresión.	41
1.2.3.1 Ensayo De Resistencia A La Compresión.	42
1.2.4 Diseño De Mezclas Del Concreto	43
1.2.4.1 Método De Modulo De Fineza.	43
1.3 Hipótesis.....	47
1.3.1 Hipótesis General.	47
1.3.2 Hipótesis Específicas.....	47
1.4 Variables e Indicadores	48
1.4.1 Variable Dependiente.	48

1.4.2 Variable Independiente.	48
1.4.3 Tabla De Operacionalización De Variables.....	48
1.5 Objetivos.....	48
1.5.1 Objetivo General.....	48
1.5.2 Objetivos Específicos.....	49
1.6 Población y Muestra	49
1.6.1. Población.....	49
1.6.1.1. Descripción de la población.....	49
1.6.1.1.1. Los Agregados.	49
1.6.1.1.2. Agua.	50
1.6.1.1.3. Cemento.	50
1.6.1.1.4. Ceniza de bagazo de caña de Azúcar.	50
1.6.1.2. Cuantificación de la Población.	50
1.6.2. Muestra.....	50
1.6.2.1. Descripción de la muestra.....	50
1.6.2.2. Cuantificación de la Muestra.....	51
1.6.2.3. Método de Muestreo.....	51
1.6.2.4. Criterios de evaluación de la muestra.....	51
1.6.2.4.1. Resistencia A La Compresión.....	52
Capitulo II: Marco Metodológico	53
2.1 Metodología de Investigación	53

2.1.1 Tipos de Investigación.....	53
2.1.1.1 De acuerdo al tipo de fin que se persigue.	53
2.1.1.2 De acuerdo a los tipos de datos analizados.....	53
2.1.1.3 De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis.	53
2.1.2 Método de la investigación.....	53
2.2 Diseño de la investigación.....	54
2.2.1 Diseño metodológico.....	54
2.2.2 Diseño de ingeniería.....	54
2.3. Instrumentos	56
2.3.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	56
2.3.1.1 Hoja de cálculo para gravedad específica y porcentaje de absorción.....	56
2.3.1.2. Hoja de cálculo para porcentaje de humedad.	57
2.3.1.3. Hoja de cálculo para el p. e. de los agregados.....	57
2.3.1.4. Hoja De Cálculo Para Granulometría De Agregados.	58
2.3.1.5. Hoja De Cálculo Para Resistencia A La Compresión.....	60
2.3.2 Instrumentos De Ingeniería.	60
2.3.2.1 Granulometría de los agregados finos.	60
2.3.2.2 Granulometría Del Agregado Grueso.	60
2.3.2.3 Peso específico de los agregados gruesos y finos.....	60
2.3.2.3.1 Para el agregado fino.....	60
2.3.2.3.2 Para el agregado grueso.....	61

2.3.2.4	Peso Unitario De Los Agregados.....	61
2.4.	Procedimiento De Recolección De Datos	61
2.4.1.	Proceso De Obtención De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar.....	61
2.4.2.	Muestreo Del Agregado Fino.	62
2.4.2.1.	Equipos Y Materiales.....	62
2.4.2.2.	Procedimiento.	63
2.4.3.	Granulometría Del Agregado Fino.	64
2.4.3.1.	Equipos Y Materiales.....	64
2.4.3.2.	Procedimiento.	64
2.4.3.3.	Toma de datos.	65
2.4.4	Peso unitario del agregado fino.	65
2.4.4.1	Equipos y materiales.....	65
2.4.4.2	Procedimiento.	65
2.4.4.3	Toma De Datos.	67
2.4.5	Peso específico y absorción del agregado fino.	68
2.4.5.1	Equipos y materiales.....	68
2.4.5.2	Procedimiento.	68
2.4.5.3.	Toma de datos.	70
2.4.6.	Contenido de humedad del agregado fino.	71
2.4.6.1.	Equipos Y Materiales.....	71
2.4.6.2.	Procedimiento.	71

2.4.6.3. Toma De Datos.....	72
2.4.7 Muestreo del agregado grueso.....	72
2.4.7.1. Equipos y materiales.....	72
2.4.7.2. Procedimiento.....	72
2.4.8. Granulometría del agregado grueso.....	73
2.4.8.1. Equipos Y Materiales.....	73
2.4.8.2 Procedimiento.....	74
2.4.8.3. Toma de datos.....	75
2.4.9. Peso unitario del agregado grueso.....	75
2.4.9.1. Equipos Y Materiales.....	75
2.4.9.2. Procedimiento.....	75
2.4.9.3. Toma de datos.....	77
2.4.10. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	78
2.4.10.1. Equipos y materiales.....	78
2.4.10.2. Procedimiento.....	78
2.4.10.3. Toma de datos.....	80
2.4.11. Contenido de humedad del agregado grueso.....	80
2.4.11.1. Equipos y materiales.....	80
2.4.11.2. Procedimiento.....	80
2.4.11.3. Toma de datos.....	81
2.4.12. Consistencia del concreto (NTP. 339.045).....	81

2.4.12.1. Procedimiento.	81
2.4.12.2. Toma de datos.	83
2.4.13. Elaboración de probetas de concreto.	83
2.4.13.1. Elaboración de probetas de concreto tradicional y con ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%.....	83
2.4.13.1.1. Procedimiento.	83
2.4.13.2. Ensayo de compresión uniaxial.	87
2.4.13.2.1. Procedimiento.	87
2.4.13.2.2. Toma de datos.	88
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	95
2.5.1. Granulometría del agregado fino.	95
2.5.1.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.....	95
2.5.1.2 Análisis de la prueba.....	95
2.5.1.3. Diagramas y tablas.....	96
2.5.2. Módulo de finura del agregado fino.	97
2.5.2.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.....	97
2.5.2.2. Análisis de la prueba.....	97
2.5.2.3. Diagramas y tablas.....	97
2.5.3. Granulometría del agregado grueso.....	98
2.5.3.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.....	98
2.5.3.2. Análisis de la prueba.....	98
2.5.3.3. Diagramas y tablas.....	98

2.5.4. Porcentaje de humedad del agregado fino.	99
2.5.4.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.	99
2.5.4.2. Diagramas y tablas.	99
2.5.4.3. Análisis de la prueba.	100
2.5.5. Porcentaje de humedad del agregado grueso.	100
2.5.5.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.	100
2.5.5.2. Análisis de la prueba.	100
2.5.5.3. Diagramas y tablas.	100
2.5.6. Peso específico y absorción del agregado fino.	100
2.5.6.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.	100
2.5.6.2. Análisis de la prueba.	101
2.5.6.3. Diagramas y tablas.	101
2.5.7. Peso específico y absorción del agregado grueso.	101
2.5.7.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.	101
2.5.7.2. Análisis de la prueba.	102
2.5.7.3. Diagramas y tablas.	102
2.5.8. Peso unitario del agregado fino.	103
2.5.8.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.	103
2.5.8.2. Análisis de la prueba.	103
2.5.8.3. Diagramas y tablas.	103
2.5.9. Peso unitario del agregado grueso.	104

2.5.9.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.....	104
2.5.9.2. Análisis de la prueba.....	104
2.5.9.3. Diagramas y tablas.....	104
2.5.10. Diseño de mezclas del concreto.....	105
2.5.10.1. Características físicas y mecánicas de los componentes del concreto.	105
2.5.10.2. Pasos del diseño de mezclas.	105
2.5.10.2.1 Método ACI.	105
2.5.10.2.2 Método Walker.....	109
2.5.9.2.3 Método Fuller.....	111
2.5.10.2.4 Método módulo de fineza de la combinación de agregados.	112
2.5.11. Análisis del revenimiento del concreto.	114
2.5.12. Análisis de la resistencia a la compresión.	115
2.5.12.1 Resistencia promedio del concreto patrón a los 7 días.....	115
2.5.12.2 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 7 días.	115
2.5.12.3 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 7 días	116
2.5.12.4 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 7 días.	116
2.5.12.5 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 7 días.	117
2.5.12.6 Resistencia promedio del concreto patrón a los 14 días.....	117

2.5.12.7 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 14 días.	118
2.5.12.8 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 14 días.	118
2.5.12.9 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 14 días.	119
2.5.12.10 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 14 días.	119
2.5.12.11 Resistencia promedio del concreto patrón a los 21 días	120
2.5.12.12 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 21 días.	120
2.5.12.13 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 21 días.	121
2.5.12.14 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 21 días.	121
2.5.12.15 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 21 días.	122
2.5.12.16 Resistencia promedio del concreto patrón a los 28 días.	122
2.5.12.17 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 28 días.	123
2.5.12.18 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 28 días.	123

2.5.12.19 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 28 días.	124
2.5.12.20 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 28 días.	124
Capitulo III: Discusión de Resultados	125
3.1. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 días.....	125
3.2. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 14 días.....	126
3.3. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 21 días.....	127
3.4. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días.....	128
3.5. Comparación de la evolución de la resistencia del concreto patrón y del concreto con ceniza de bagazo de la caña de azúcar. al 5%, 10%, 15% y 20%.....	129
Conclusiones	131
Sugerencias	133
Bibliografía	134
Anexos	136
Panel fotográfico.....	136
Certificado de calibración de la maquina de ensayos a compresión	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tamices ASTM	14
Figura 2: Requisitos Granulométricos De Agregado Grueso NTP 400.037.....	15
Figura 3: Agregado Grueso.....	25
Figura 4: Agregado Fino	28
Figura 5: Muestras Cilíndricas De Concreto Para Ensayos De Compresión.....	42
Figura 6: Modulo de fineza de la combinación de agregados.....	45
Figura 7: Diseño de Ingeniería.....	55
Figura 8: Bagazo de Caña de Azúcar en proceso de Calcinación.....	62
Figura 9: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	62
Figura 10: Muestreo del Agregado Fino.	63
Figura 11: Ensayo de Granulometría.	64
Figura 12: Ensayo de Peso Unitario del Agregado Fino.....	66
Figura 13: Ensayo Peso Unitario Compactado Agregado Fino	67
Figura 14: Ensayo de Absorción del Agregado Fino.	69
Figura 15: Ensayo de Peso Específico del Agregado Fino	70
Figura 16: Puesta al horno de la muestra	71
Figura 17: Muestreo del Agregado Grueso.....	73
Figura 18: Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso.	74
Figura 19: Ensayo de Peso Unitario del Agregado Grueso	76
Figura 20: Ensayo de Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso	77
Figura 21: Ensayo de Absorción del Agregado Grueso.....	79
Figura 22: Ensayo de Peso Específico del Agregado Grueso	79
Figura 23: Muestra de Agregado Grueso de la Cantera Figueroa.....	81
Figura 24: Verificación del SLUMP en la mezcla	82

Figura 25: Moldes de las Probetas Cilíndricas.....	83
Figura 26: Vaciado de Materiales a la Mezcladora de Concreto	84
Figura 27: Proceso de Mezclado del Concreto.	84
Figura 28: Medición del Revenimiento del concreto.	85
Figura 29: Enrase y alisamiento de superficie de probetas	85
Figura 30: Probetas de Concreto listas para ser almacenadas	86
Figura 31: Desmoldado de Probetas	86
Figura 32: Probetas siendo curadas en las piscinas de inmersión	87
Figura 33: Realización del ensayo de Compresión Uniaxial	88
Figura 34: Curva Granulométrica del Agregado Fino.	96
Figura 35: Curva Granulométrica del Agregado Grueso	99
Figura 36: Agua de Diseño, Método ACI.	106
Figura 37: Aire atrapado, Método ACI.	106
Figura 38: Relación a/c de diseño en peso, Método ACI.....	107
Figura 39: Volumen del agregado grueso, seco y compactado de diseño, Método ACI.	108
Figura 40: Porcentaje del volumen del agregado fino de diseño, Método ACI.	110
Figura 41: Módulo de fineza de la combinación de agregados para obtener mejores condiciones de trabajabilidad.....	113
Figura 42: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 7 días.....	125
Figura 43: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 14 días.....	126
Figura 44: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 21 días.....	127

Figura 45: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 28 días.....128

Figura 46: Comparación Entre Adiciones De CBCA Y Porcentajes De Crecimiento De Acuerdo Con Su Edad129

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamices Standart ASTM	14
Tabla 2: Requisitos Granulométricas De Agregado Fino Según NTP 400.037.....	16
Tabla 3: Requisitos Granulométricos Para Agregado Grueso Y Fino.	27
Tabla 4: Modificaciones del Bagazo de Caña de Azúcar a través de la Calcinación.	40
Tabla 5: Operacionalización de Variables	48
Tabla 6: Total de Probetas a realizar.....	51
Tabla 7: Hoja de Cálculo para Gravedad Especifica y Porcentaje de Absorción en agregado fino.	56
Tabla 8: Hoja de Cálculo para Gravedad Especifica y Porcentaje de Absorción en agregado Grueso.	56
Tabla 9: Hoja de Cálculo para Porcentaje de Humedad.	57
Tabla 10: Hoja de Cálculo para el Peso Específico de los Agregados.	57
Tabla 11: Hoja de Cálculo para Granulometría de Agregado Fino.	58
Tabla 12: Hoja de Cálculo para Granulometría de Agregado Grueso.	59
Tabla 13: Hoja De Cálculo Para Resistencia A La Compresión A Los 7, 14, 21 Y 28 Días ..	60
Tabla 14: Datos de Granulometría Agregado Fino	65
Tabla 15: Datos de P.U.S. y P.U.C. del Agregado Fino	67
Tabla 16: Datos de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	70
Tabla 17: Datos de Contenido de Humedad.	72
Tabla 18: Datos de Granulometría del Agregado Grueso	75
Tabla 19: Datos del P.U.S Y P.U.C. del Agregado Grueso	77
Tabla 20: Datos de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	80
Tabla 21: Datos de Contenido de Humedad del Agregado Grueso	81
Tabla 22: Datos de SLUMP de las Mezclas	83

Tabla 23: Datos Concreto Patrón a los 7 días.	88
Tabla 24: Datos Concreto Adicionado con 5% de CBCA, 7 días.	89
Tabla 25: Datos Concreto Adicionado con 10% de CBCA, 7 días.	89
Tabla 26: Datos Concreto Adicionado con 15% de CBCA, 7 días.	89
Tabla 27: Datos Concreto Adicionado con 20% de CBCA, 7 días.	90
Tabla 28: Datos Concreto Patrón a los 14 días.	90
Tabla 29: Datos Concreto Adicionado con 5% CBCA, 14 días.	90
Tabla 30: Datos Concreto Adicionado con 10% CBCA, 14 días.	91
Tabla 31: Datos Concreto Adicionado con 15% CBCA, 14 días.	91
Tabla 32: Datos Concreto Adicionado con 20% CBCA, 14 días.	91
Tabla 33: Datos Concreto Patrón a los 21 días.	92
Tabla 34: Datos Concreto Adicionado con 5% CBCA, 21 días.	92
Tabla 35: Datos Concreto Adicionado con 10% CBCA, 21 días.	92
Tabla 36: Datos Concreto Adicionado con 15% CBCA, 21 días.	93
Tabla 37: Datos Concreto Adicionado con 20% CBCA, 21 días.	93
Tabla 38: Datos Concreto Patrón a los 28 días.	93
Tabla 39: Datos Concreto Adicionado con 5% CBCA, 28 días.	94
Tabla 40: Datos Concreto Adicionado con 10% CBCA, 28 días.	94
Tabla 41: Datos Concreto Adicionado con 15% CBCA, 28 días.	94
Tabla 42: Datos Concreto Adicionado con 20% CBCA, 28 días.	95
Tabla 43: Análisis Granulométrico del Agregado Fino	96
Tabla 44: Datos para obtener el Módulo de Fineza.	97
Tabla 45: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.	98
Tabla 46: Contenido de Humedad en el Agregado Fino.	99
Tabla 47: Contenido de Humedad en el Agregado Grueso.	100

Tabla 48: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino.....	101
Tabla 49: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso.	102
Tabla 50: Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino.	103
Tabla 51: Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso.	104
Tabla 52: Cantidad de Materiales para el Concreto Patrón	114
Tabla 53: SLUMP de las cinco mezclas de Concreto.	114
Tabla 54: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 7 días.....	115
Tabla 55: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 7 días...	115
Tabla 56: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 7 días.	116
Tabla 57: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 7 días.	116
Tabla 58: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 7 días.	117
Tabla 59: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 14 días.....	117
Tabla 60: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 14 días.	118
Tabla 61: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 14 días	118
Tabla 62: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 14 días	119
Tabla 63: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 14 días	119
Tabla 64: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 21 días.....	120
Tabla 65: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 21 días.	120
Tabla 66: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 21 días	121
Tabla 67: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 21 días	121

Tabla 68: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 21 días	122
Tabla 69: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 28 días.....	122
Tabla 70: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 28 días.	123
Tabla 71: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 28 días	123
Tabla 72: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 28 días	124
Tabla 73: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 28 días	124
Tabla 74: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 7 días.....	125
Tabla 75: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 14 días.....	126
Tabla 76: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 21 días.....	127
Tabla 77: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 28 días.....	128
Tabla 78: Comparación Entre Adiciones De CBCA Y Porcentajes De Crecimiento De Acuerdo Con Su Edad	129

Introducción

En la ciudad de Huánuco no existen estudios sobre la adición de la ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar, por ello surge la idea de adicionar ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar al concreto con la finalidad de incrementar su resistencia a la compresión.

La ceniza es conocida por sus beneficios en términos de resistencia en mezclas de concreto; la ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar es considerada también como un material puzolánico; debido a que posee un alto contenido de óxido de sílice y óxido de aluminio, los cuales junto con el hidróxido de calcio generan un material cementante.

La presente investigación estudió los valores de resistencia a la compresión de concreto adicionado con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar; con la finalidad de realizar un análisis comparativo del concreto adicionado con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar, en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% frente a con un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, determinando la variación de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto.

Para la elaboración se utilizó agregado fino y grueso de la cantera de Figueroa, se realizó la toma de datos de cada uno de los ensayos físicos y/o mecánicos para los agregados, así mismo el Bagazo de Caña de Azúcar extraído del Fundo Pacán, de la ciudad de Huánuco, cemento Andino Tipo I y Agua potable. Se realizó el diseño de mezclas por el método de Modulo de Fineza.

La investigación compone la recolección de un marco teórico que consta en el capítulo I de la presente tesis, en el capítulo II encontramos el marco metodológico y finalmente en el capítulo III se realiza la discusión de resultados.

Capítulo I: Marco Teórico

1.1 Antecedentes

El estudio realizado por Jara & Palacios (2015), analizó las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto elaborados artesanalmente en Nuevo Chimbote. Ellos fabricaron ladrillos de concreto con porcentajes de 10%, 20% y 30% de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto del cemento Portland Tipo I y han demostrado que las unidades de albañilería con el 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar presentaron un mejor comportamiento mecánico a los ensayos para determinar los esfuerzos admisibles de la albañilería, como el ensayo de compresión axial y el ensayo de compresión diagonal a la edad de 28 días.

En la tesis Comportamiento De La Resistencia Mecánica Del Concreto Con Fibra De Bagazo De Caña De Azúcar del año 2015, hecho por Tarrillo, se elaboró un material compuesto por Fibra de Bagazo de Caña (FBCA) y Concreto Patrón (CP), dichas fibras poseían una longitud entre 3 cm a 5 cm y diámetros de 0.1 mm hasta 3 mm. Este estudio encontró que, al ensayar a compresión los compuestos CP (210 kg/cm), CP con 0.5% FBCA, CP con 1% FBCA, y CP con 1.5% FBCA se obtuvieron los siguientes resultados 227.61 kg/cm², 186.70 kg/cm², 152.52 kg/cm² y 149.04 kg/cm², Observándose que el que mejor resistencia luego del CP es el compuesto con 0.5% FBCA. Así mismo cuando se efectuó el ensayo a flexión de los compuestos CP (210 kg/cm), CP con 0.5% FBCA, CP con 1% FBCA, y CP con 1.5% FBCA se obtuvieron los siguientes resultados 31.90 kg/cm², 41.91 kg/cm², 44.93 kg/cm² y 45.63 kg/cm², observándose que el compuesto con 1.5% FBCA obtuvo la mejor resistencia.

Para un concreto CP (280 kg/cm), CP con 0.5% FBCA, CP con 1% FBCA, y CP con 1.5% FBCA ensayados a compresión, se obtuvieron resultados de 289.45 kg/cm², 192.58 kg/cm², 120.26 kg/cm² y 96.25% kg/cm² y a flexión, los resultados fueron 32.62 kg/cm²,

35.62 kg/cm², 35.81 kg/cm² y 35.88 kg/cm² siguiendo la misma tendencia del concreto patrón de 210 kg/cm.

Coyasamin (2016), menciona en su tesis titulada “Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión Del Hormigón Tradicional, Con Hormigón Adicionado Con Cenizas De Cáscara De Arroz (CCA) Y Hormigón Adicionado Con Cenizas De Bagazo De Caña De Azúcar (CBC)” que su investigación consistió en realizar sustituciones parciales de cemento con dos nuevos materiales de desecho agrícola, (CCA) la ceniza de cascarilla de arroz y (CBC) la ceniza de bagazo de caña de azúcar, dichos materiales fueron reemplazados en porcentajes de 15% y el 30% en mezclas para hormigones, los cuales fueron ensayados a compresión a las edades de los 14 y 28 días. El mejor resultado se dio con el 15% de la sustitución parcial del cemento por las dos cenizas, esta mezcla es la que más se aproximó a la resistencia establecida para un hormigón común de 240kg/cm² también hace acotación que con el 30% de la sustitución parcial del cemento por las dos cenizas se obtiene una resistencia igual o de mayor valor en un 2% que la del hormigón normal.

Apaza (2018) en su investigación “Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento portland, ante agentes agresivos”, afirma que su investigación es acerca de la producción de concreto mejorado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), el investigador realizó ensayos de propiedades físicas de los agregados y recolectó la ceniza de bagazo de caña de azúcar de la empresa Agroindustria Paramonga, con los datos obtenidos realizó el diseño de mezcla de acuerdo al método del comité 211 del ACI procedió a realizar las probetas cilíndricas de 6” x 12” de concreto sin ceniza y con porcentajes de 5%, 10% y 15% como sustitutos del agregado fino respecto al volumen las cuales fueron ensayadas a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días dando como resultado un incremento de la resistencia a compresión del concreto con CBCA respecto al concreto patrón donde los porcentajes de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo en el concreto

fueron directamente proporcionales al incremento de sus resistencia a la compresión., también elaboró cubos de concreto de 3.5 cm x 5 cm para el ensayo de durabilidad, durante el cual fueron sometidos a ataques acelerados de sulfato así como a ciclos de inmersión y secado.

Pérez (2014) en sus tesis nos muestra el efecto que tiene la adición de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión. Los resultados muestran que a los 28 días la resistencia a la compresión de las probetas con 05%, 10%, 15% y 20% de ceniza de cáscara de arroz con respecto al peso del cemento aumentan en 57.64Kg/cm², 77.29 Kg/cm², 96.68 Kg/cm² y 76.20 Kg/cm² respectivamente llegando a la conclusión de que el concreto adicionado con CCA (ceniza de cáscara de arroz) obtiene resistencias superiores con respecto al concreto patrón en sus diferentes edades de curado, siendo el 15% el porcentaje óptimo de adición.

Un estudio similar se realizó en el año 2017 en la ciudad de Cajamarca, en dicha tesis Chávez (2017) nos menciona que el bagazo de caña de azúcar es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar, y que uno de sus usos es servir como combustible para calentar las calderas durante el proceso de obtención de la azúcar. Aunque en su investigación se utilizó como agregado fino, el autor indica que debido a su gran cantidad de sílice en su composición puede ser usado también como material cementante.

El autor nos indica que el objetivo principal de su investigación fue “determinar la influencia que presenta la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar a un concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ y encontrar su dosificación óptima, para ello realizo tres diseños de mezcla con dosificación de 1%, 3% y 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar por volumen absoluto de agregado fino y una mezcla patrón”.

El autor concluyo que la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar incrementa en un 21.88%, y que la dosificación óptima encontrada es de 3.24% del volumen absoluto de agregado fino.

En la investigación de Ganoza & Maceda (2017). Se evaluó la influencia del porcentaje de Ceniza Volante Clase C respecto al Potencial de Corrosión del Acero A615 embebido en concreto fabricado con Cemento Portland Tipo I. Los porcentajes de ceniza volante estudiados fueron de 5, 10 y 15 % en remplazo del cemento. Con relación $a/c = 0.50, 0.55$ y 0.60 .

Se prepararon probetas de 4x8 pulgadas, que en su interior se introdujo una barra de acero de refuerzo de 5/8 de pulgada de diámetro, con una longitud de 25cm, para evaluar el Potencial de Corrosión de acuerdo con la norma ASTM C876. Se ensayaron las probetas durante nueve semanas y los mejores resultados se obtuvieron con el reemplazo al 5% de ceniza para todas las relaciones a/c .

Así mismo se prepararon probetas de 15x30 cm para el ensayo de resistencia a la compresión teniendo como resultados para la relación $a/c = 0.50$, una resistencia aceptable al 5% de reemplazo de ceniza volante en la estructura del concreto con una resistencia de 292.23 kg/cm², similar a la mezcla de control con 294.10 kg/cm², siendo la variación menor al 1%, para la relación $a/c = 0.55$, resistencia aceptable al 5% de reemplazo de ceniza volante en el concreto con un valor de 245.80 Kg/cm² a los 28 días; Para la relación $a/c = 0.60$, una resistencia que desciende razonablemente al 5% de reemplazo de ceniza volante en la estructura del concreto con un valor de 206.50 Kg/cm² a los 28 días.

La investigación realizada por Calderón & Martínez (2017). Evaluó la influencia del tamaño de partícula y el porcentaje de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) por cemento portland tipo I sobre la resistencia a la compresión, llegando a la conclusión de que en un mortero con 20% de CBCA de reemplazo y un tamaño de partícula de 48 μm , se origina mayor resistencia a la compresión que es 110.07 Kg/cm² y un mayor porcentaje de la actividad puzolánica con un tamaño de partícula de 75 μm que es 32.48%; la reactividad álcali – sílice aumento un máximo de 0.093% de manera proporcional al incremento de porcentaje de reemplazo de CBCA y el tamaño de partícula.

De los resultados obtenidos se establece que cuando aumenta el porcentaje de reemplazo de CBCA por cemento, así como el aumento de tamaño de partícula, la resistencia a la compresión y la actividad puzolánica incrementan moderadamente, en lo que concierne a la reactividad álcali – sílice esta propiedad tiene una relación directa con el incremento en el porcentaje de reemplazo y el tamaño de partícula.

1.2 Investigación Bibliográfica

1.2.1 Concreto.

1.2.1.1 Definición.

El concreto es el material constituido por la mezcla, en ciertas proporciones, de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción, adicional a esto Pasquel citado por Galicia & Velásquez, (2016) menciona que:

El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas. La mezcla de estos compuestos produce una masa plástica que puede ser moldeada pero cuanto más pasa el tiempo esta pierde esa característica y se vuelve cada vez más rígida.

El concreto en la construcción es ampliamente utilizado a nivel mundial ya que es resistente, brinda además de sus características como elemento estructural razón por la cual es el material más empleado en la ingeniería civil.

1.2.1.2 Componentes Del Concreto.

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados, y aditivos como elementos activos y el aire

como elemento pasivo, asimismo Pasquel citado por Galicia & Velásquez, (2016) afirma que:

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por tanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento.

1.2.1.2.1 Cemento.

Definición

Se define como cementos a los materiales pulverizados que por adición de una cantidad conveniente de agua forman una pasta aglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire y formar compuestos estables.

“Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas de calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 11).

1.2.1.2.1.1 Cemento Portland.

Es un cemento hidráulico producido por la pulverización de Clinker, el cual está compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos, conteniendo, además, una o más formas de sulfato de calcio, como un añadido en la etapa de molienda.

Todo cemento Portland que se utilice para su elaboración de concretos, debe cumplir con la norma ASTM C150 "Estándar Specification for Portland Cement", que las clasifica de la siguiente manera:

Silicato Tricálcico (C3S)

Silicato Bicálcico (C2S)

Aluminato Tricálcico (C3A)

Ferro-Aluminato Tetracálcico (C4AF)

Normalmente el Clinker contiene entre 70 y 75% de los primeros, entre 7 y 15% del Aluminato tricálcico y el resto lo conforma el ferro-aluminato tricálcico y los compuestos secundarios como el Mg O y el SO₃.

1.2.1.2.1.2 Fabricación Del Cemento Portland.

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta el principio de la fusión (1400-1900°C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 metros de longitud y 5.50 metros de diámetro, Abanto citado por Galicia & Velásquez (2016), nos dice que:

Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina "Clinker" (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños). El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 a 4%), para regular la fragua del cemento.

1.2.1.2.1.3 Tipos De Cemento Portland.

Los tipos de cemento portland se clasifican de la siguiente manera según Pasquel (1998):

Tipo I: Destinado a obras en general que le exigen propiedades especiales.

Tipo II: Destinado a obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación.

Tipo III: Desarrolla altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Desarrolla bajo calor de hidratación.

Tipo V: Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.

1.2.1.2.1.4 Hidratación Del Cemento.

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente en el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener.

Contrariamente a los que se creía hace años, la reacción con el agua no une las partículas de cemento, sino que cada partícula se dispersa en millones de partículas de productos de hidratación desapareciendo los constituyentes iniciales, el proceso es exotérmico generando un flujo de calor hacia el exterior denominado calor de hidratación.

Dependiendo de las temperaturas, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes

estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación (Galicia & Velásquez, 2016, p. 16).

1.2.1.2.1.4.1 Estado Plástico.

Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable. Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación es mucho más resistente. (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 16).

1.2.1.2.1.4.2 Fraguado Inicial.

Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 17).

1.2.1.2.1.4.3 Fraguado Final.

“Se obtiene el término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 17).

1.2.1.2.1.4.4 Endurecimiento.

Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción

predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continua de manera indefinida.

En el estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento. Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo agua (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 17).

1.2.1.2.2 Agregados.

Definición

Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementante, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011 (Galicia & Velásquez, 2016, p. 17).

“Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 17).

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características de este. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones (Galicia & Velásquez, 2016, p. 17).

La pasta cementante (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa de concreto y como tal es en gran medida responsable de la

resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del concreto. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí (Galicia & Velásquez, 2016, p. 18).

“Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales e inertes como grava, arena, piedra chancada” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 18).

1.2.1.2.2.1 Clasificación De Los Agregados.

1.2.1.2.2.1.1 Clasificación Por Su Origen.

Por su origen los agregados se clasifican en Agregados Naturales y Agregados Artificiales. Se considera como:

1.2.1.2.2.1.1.1 Agregado Natural.

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 18).

1.2.1.2.2.1.1.2 Agregado Artificial.

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 18).

1.2.1.2.2.1.2 Clasificación Por Su Tamaño.

De acuerdo con su tamaño los agregados se clasifican en: Agregado Fino y Agregado Grueso.

1.2.1.2.2.1.2.1 Agregado Fino.

“Es aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200” (Rivva citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 18).

1.2.1.2.2.1.2.2 Agregado Grueso.

“Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz 4.75 mm y que cumple con los límites establecidos en las normas ITINTEC 400.037 ó ASTM C 33” (Rivva citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 18).

1.2.1.2.2.2 Características físicas.

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra a denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos de las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 19).

1.2.1.2.2.2.1 Granulometría.

La medición del volumen de los tamaños de diferentes tamaños de partículas sería muy difícil su realización, es por ello que se realiza la medición de estas de forma indirecta, el cual es tamizándolas por medio de una serie de mallas de aberturas conocidas y pesando los materiales

retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 19).

“A esto es lo que se denomina análisis granulométrico o granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 19).

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración del concreto (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 19).

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene abertura igual a la mitad de la anterior. A partir de la malla 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 20).

“El significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto tanto fresco como endurecido, por lo que interviene como elemento

indispensable en todos los métodos de diseño de mezclas” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 20).



Figura 1: Tamices ASTM

Fuente: Propia

Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular. En cuanto a granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de las normas y que den curvas granulométricas suaves (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 20).

Tabla 1: Tamices Standart ASTM

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000

3/8"	0.3750	9.5000
Nro. 4	0.1870	4.7500
Nro. 8	0.0937	2.3600
Nro. 16	0.0469	1.1800
Nro. 30	0.0234	0.5900
Nro. 50	0.0117	0.2950
Nro. 100	0.0059	0.1475
Nro. 200	0.0029	0.0737

Fuente: Rivva López Enrique, Diseño de Mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

1.2.1.2.2.1.1 Granulometría Agregado Grueso.

“El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33, los cuales están indicados en la siguiente tabla” (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 21).

HUSO	TAMAÑO MAXIMO MINIMAL	REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GRUESO PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMCEN NORMALIZADOS													
		100 mm 4 pulg	90 mm 3 1/2 pulg	75 mm 3 pulg	63 mm 2 1/2 pulg	50 mm 2 pulg	37.5 mm 1 1/2 pulg	25.0 mm 1 pulg	19.0 mm 3/4 pulg	12.5 mm 1/2 pulg	9.5 mm 3/8 pulg	4.75 mm N° 4	2.36 mm N° 8	1.18 mm N° 16	300µm N° 50
1	90mm a 37.5mm	100	90 a 100	—	25 a 60	—	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	—	—
2	63mm a 37.5mm	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—	—
3	50mm a 25.0mm	—	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	—
357	50mm a 4.75mm	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	—	0 a 5	—	—	—
4	37.5mm a 19.0mm	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	—	0 a 5	—	—	—	—
467	37.5mm a 4.75mm	—	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	0 a 5	—	—	—
5	25mm a 9.5mm	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	—	—	—	—	—
56	25mm a 9.5mm	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	—	—	—	—	—
57	25mm a 4.75mm	—	—	—	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	—	—	—	—
6	19mm a 9.5mm	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	—	—	—
67	19mm a 4.75mm	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	—
7	12.5mm a 4.75mm	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	—	—
8	9.5mm a 2.36mm	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	—
89	9.5mm a 1.18mm	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	25 a 65	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75mm a 1.18mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Figura 2: Requisitos Granulométricos De Agregado Grueso NTP 400.037.

Fuente: Rivva López Enrique, Diseño de Mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

1.2.1.2.2.2.1.2 Granulometría Agregado Fino.

Agregado fino se le denomina aquel agregado que pasa la malla 3/8 y el N° 4 y es retenido casi completamente en la malla N°200 y que cumple con los requisitos establecidos en la norma. En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites (Rivva citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 21).

Tabla 2: Requisitos Granulométricas De Agregado Fino Según NTP 400.037.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8	100%
Nro. 4	95 – 100 %
Nro. 8	80 – 100 %
Nro. 16	50 – 85 %
Nro. 30	25 – 60 %
Nro. 50	10 – 30 %
Nro. 100	2 – 10 %

Fuente: Rivva López Enrique, Diseño de Mezcla

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes.

1.2.1.2.2.2.2 Modulo De Fineza Del Agregado Fino.

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de estos (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 22).

“El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de las mallas estándar: 3", 1 3/8", N°4, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100” (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 22).

Según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1 y se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 22).

1.2.1.2.2.2.1 Modulo De Fineza Del Agregado Combinado.

Cuando se combinan materiales de diferentes dimensiones como arena y grava, el procedimiento a seguir para determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados es el siguiente:

Se calcula el módulo de fineza de cada uno de los agregados por separado

Se calcula el factor en cada uno de ellos entra en la combinación

El módulo de fineza de la combinación de agregados será igual a la suma de los productos de los factores indicados por el módulo de fineza de cada agregado.

$$mc = \frac{Vol. Abs. A. Fino}{Vol. Abs. Agregados} \cdot mf + \frac{Vol. Abs. A. Grueso}{Vol. Abs. Agregados} \cdot mg$$

$$rf = \frac{Vol. Abs. A. Fino}{Vol. Abs. Agregados}$$

$$rg = \frac{Vol. Abs. A. Grueso}{Vol. Abs. Agregados}$$

$$mc = rf . mf + rg . mg$$

Donde:

mc: Modulo de fineza Combinado

mf: Modulo de fineza del Agregado Fino

mg: Modulo de fineza del Agregado Grueso

rf: Factor del agregado Fino

rg: Factor del agregado Grueso

1.2.1.2.2.2.3 Tamaño Máximo Del Agregado Grueso.

“Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso” (INDECOPI, NTP. 400.012, 2001).

1.2.1.2.2.2.4 Tamaño Máximo Nominal Del Agregado Grueso.

“Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido” (INDECOPI, NTP. 400.012, 2001).

1.2.1.2.2.2.5 Peso Específico.

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de estas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas NTP 400.021 (ASTM C-127) y NTP 400.022 (ASTM C-128) establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. Hay que tener en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para

obtener el parámetro a usar en los cálculos. (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 23).

1.2.1.2.2.2.6 Peso Unitario.

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo (Galicia & Velásquez, 2016, p. 24).

La norma NTP 400.017 (ASTM C-29) define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezcla para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 24).

En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas. Algunas personas aplican el mismo ensayo, pero sin compactar el agregado para determinar el "peso unitario suelto" sin embargo, este valor tampoco es necesariamente el del material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones

de diseños peso a volumen (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 24).

1.2.1.2.2.2.7 Porcentaje De Vacíos.

“Es la medida del volumen expresada en porcentaje de espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 24).

1.2.1.2.2.2.8 Absorción.

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar. (INDECOPI, NTP. 300.078, 2002)

“Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 25).

“Tiene importancia, pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 25).

Las normas NTP 400.021 (ASTM C-127) y NTP 400.022 (ASTM C-128), ya mencionadas, establecen la metodología para su determinación en agregados gruesos expresada en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{\text{Peso Saturado Superficialmente} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

1.2.1.2.2.9 *Peso Específico De Masa (PEM).*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (INDECOPI, NTP 400.022, 2002).

El peso específico de masa (Pem) se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$Pem = \frac{W_o}{V - V_a} \times 100$$

Dónde:

Pem = Peso específico de masa,

Wo = Peso del aire en la muestra secada en el horno (Gramos),

V = Volumen del frasco en cm³

Va = Peso en gramos o volumen cm³ de agua añadida al frasco.

1.2.1.2.2.10 *Peso Específico De Masa Saturado Superficialmente Seco (SSS).*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas),

comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas. (INDECOPI, NTP 400.022, 2002).

El peso específico de masa saturada superficialmente seco (SSS) se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$PeSSS = \frac{500}{V - Va} \times 100$$

Dónde:

PeSSS = Peso específico de masa saturada

V = Volumen del frasco en cm³

Va = Peso en gramos o volumen cm³ de agua añadida al frasco.

1.2.1.2.2.2.11 *Peso Específico Aparente (PEA).*

“Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas” (INDECOPI, NTP 400.022, 2002).

El peso específico aparente (Pea) se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$Pea = \frac{Wo}{(V - Va)(500 - Wo)} \times 100$$

Dónde:

Pea = Peso específico aparente,

Wo = Peso del aire en la muestra secada en el horno (Gramos),

V = Volumen del frasco en cm³

V_a = Peso en gramos o volumen cm³ de agua añadida al frasco.

1.2.1.2.2.2.12 Porosidad.

“Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 26).

1.2.1.2.2.2.13 Contenido De Humedad.

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 27).

La humedad se expresa de la siguiente manera según la norma NTP 339-185 (ASTM C-566):

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso Original de la Muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

1.2.1.2.2.3 Características Resistentes.

Galicia & Velásquez, (2016) dicen que están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos. Las principales son:

1.2.1.2.2.3.1 Resistencia.

Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 27).

1.2.1.2.2.3.2 Tenacidad.

“Se denomina así en general a la resistencia al impacto y está más relacionada con la sollicitación en flexión que en compresión, así como con la angularidad y aspereza de la superficie” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 27).

“Tiene trascendencia en las propiedades del concreto ante impactos, que son importantes en términos prácticos, al momento de evaluar las dificultades en el procesamiento por chancado del material. Su estimación es más cualitativa que cuantitativa” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 27).

1.2.1.2.2.3.3 Dureza.

“Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras o por los agentes externos” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 27).

1.2.1.2.2.4 Agregado Grueso.

“El agregado grueso es aquel que es retenido en la malla N°4 proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca” (INDECOPI, NTP 400.037, 2002).

El agregado grueso podrá consistir en grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial. El agregado grueso de preferencia deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil perfectamente angular o semi angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa. El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la Norma NTP 400.037. (Rivva citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 28)



Figura 3: Agregado Grueso.

Fuente: Propia

1.2.1.2.2.4.1 Datos A Considerar Del Agregado Grueso.

“Las fuerzas de vínculo dependen de la forma y textura superficial del agregado grueso, de la reacción química entre los componentes de la pasta de cemento y los agregados” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 28).

“Se ha demostrado que la grava triturada produce resistencias mayores que la redondeada. Esto se debe a la trabazón mecánica que se desarrolla en las partículas angulosas” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 28).

“Sin embargo, se debe evitar una angulosidad excesiva debido al aumento en el requerimiento de agua y disminución de la trabajabilidad a que esto conlleva” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 28).

“El agregado ideal debe ser limpio, cúbico, anguloso, triturado 100%, con un mínimo de partículas planas y elongadas” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 28).

“Para una resistencia a la compresión alta con un elevado contenido de cemento y baja relación agua-cemento el tamaño máximo de agregado debe mantenerse en el mínimo posible de 12,7 a 9,5mm” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 28).

Tabla 3: Requisitos Granulométricos Para Agregado Grueso Y Fino.

REQUISITOS GRANULOMETRICOS PARA AGREGADO FINO Y LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN AGREGADO FINO Y GRUESO SEGÚN ASTM C-33				
REQUISITOS GRANULOMETRICOS		LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN AGREGADO GRUESO Y FINO		
TAMIZ ESTANDAR (ABERTURA CUADRADA)	LIMITES TOTALES % PASANTE	DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
3/8"	100	1) Lentas de Arcilla y Partículas Desmenuzables	3.0%	(c) 2.0% a 10.0
N° 4	95 – 100	2) Material menor que la malla N° 200	(a) 3.0% a 5.0	(*) 1.0%
N° 8	80 – 100	3) Carbón y Lignito	(b) 0.5% a 1.0	(d) 0.5% a 1.0
N° 16	50 – 85	4) Partículas Ligeras (G<2.4)	-	(e) 3.0% a 10.0
N° 30	25 - 60	5) Suma de 1), 3) y 4)	-	(f) 3.0% a 10.0
N° 50	10 – 30	6) Abrasión	-	50.0%
N° 100	2 – 10	7) Desgaste con Sulfato de Sodio	10%	12.0%
OBSERVACIONES		8) Desgaste con Sulfato de Magnesio	15%	18.0%
<p>a) 3% para concretos sujetos a abrasión y 5% para los demás.</p> <p>b) 1% para elementos interiores 0.5% para los demás.</p> <p>c) 2% y 3% para concreto estructural en clima severo y moderado, 3% para losas y pavimentos expuestos a humedecimiento, 5% en estructuras interiores y 10% en zapatas y columnas interiores.</p> <p>d) 0.5% en concreto exterior, 1% en el resto.</p> <p>e) 3% en concreto arquitectónico 5% en concreto a la intemperie 8% en el resto.</p> <p>f) 3% y 5% para concreto estructural en clima severo y moderado 7% en concreto a la intemperie, 10% en el resto.</p> <p>(*) Este límite puede incrementarse a 1.5%, si el material < Malla 200 no es arcilla ó si el agregado fino tiene un % <Malla 200 inferior al límite permisible en cuyo caso, el límite para el agregado grueso se calculara con la formula $L=1 + [(P)(100-P)] \times (t.A)$ donde L es un nuevo límite, P es el % de arena con respecto al total de agregados T es el límite de la tabla para la arena y a es el % de Material < Malla 200 existente en la arena.</p>				

Fuente: ASTM-C33

1.2.1.2.2.5 Agregado Fino.

El agregado fino puede ser arena natural o triturada también se considera como la mezcla de estas dos, sus partículas deben ser limpias y libres de todo tipo de impurezas como es el polvo, terrones, materia orgánica, etc. Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial

de las rocas, que pasa al tamiz NTP 9.5 mm (3/8) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 (Galicía & Velásquez, 2016, p. 29).

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la norma NTP 400.037.



Figura 4: Agregado Fino

Fuente: Propia

1.2.1.2.2.5.1 Requisitos De Uso.

El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes (Galicía & Velásquez, 2016, p. 30).

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales y otras sustancias perjudiciales (Galicía & Velásquez, 2016, p. 30).

Galicia & Velásquez (2016) nos dicen que debe cumplir las normas sobre su granulometría y se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes):

Partículas deleznales: 3%

Material más fino que la malla N°200: 5%

1.2.1.2.2.6 Funciones Del Agregado En El Concreto.

Los agregados en el concreto cumplen una de su principal función que es la resistencia que ofrece los agregados en la mezcla que es el concreto, y también reducen el contenido de cemento en la mezcla y esto hace que sea menos costosa (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 30).

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

“Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 30).

“Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 30).

“Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 30).

“Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las

proporciones de la mezcla y en la economía” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 30).

“El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementante y además económicos. Por lo tanto, conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico” (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 30).

Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del concreto (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es "áspero", "pedregoso" y "poco dócil" (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta cementante tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena) (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Los agregados de menor tamaño demandan mayor cantidad de pasta, por lo tanto, conviene poner mayor cantidad de agregado grueso para lograr un concreto resistente, pero al incorporar mayor cantidad de agregado grueso este será menos trabajable y se producirá la segregación, llegando al caso de ser un concreto áspero pedregoso y poco dócil. (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

1.2.1.2.3 Agua.

Siendo el agua un elemento indispensable para el proceso de hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. Por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales, si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

1.2.1.2.3.1 Agua De Mezcla.

El agua de mezcla en el concreto tiene como funciones las siguientes:

Reaccionar con el cemento para hidratarlo.

Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad de la mezcla.

Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

Para la utilización del agua de mezcla nos basamos en obra la utilización del agua potable, apta para consumo humano, que siendo en Perú muy pocas de estas cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos. (Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

“Hay que destacar que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para la elaboración de mortero y concreto, siendo el tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 31).

1.2.1.2.3.2 Consideraciones De Agua De Mezcla.

“El agua no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado del cemento” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 32).

“Las aguas muy puras (lluvia) son ácidas si el $\text{Ph} < 7$ ” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 32).

“El Agua potable es incolora, inodora, insípida, fresca y no contiene materia orgánica” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 32).

“Los mayores problemas del concreto provenientes del agua están relacionados con la cantidad y no con calidad” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 32).

“Cuando se sospecha de la calidad del agua lo mejor es hacer ensayos comparativos de cementación, resistencia mecánica y estabilidad del volumen” (Galicia & Velásquez, 2016, p. 32).

1.2.1.2.3.3 Agua Para Curado.

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en obras es usual el empleo de la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado (Pasquel citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 33).

El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo el concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (Hidratación del Cemento). El concreto alcanza el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del vaciado. La resistencia final del concreto depende en gran manera de las condiciones de humedad y temperatura durante este periodo inicial. El 30% o más de la resistencia, puede perderse por un secado prematuro del concreto si la temperatura baja a 5°C o menos durante los primeros días, a menos que se mantenga el concreto continuamente húmedo durante un largo tiempo después del descenso de temperatura. La congelación del concreto fresco puede reducir su resistencia hasta el 50% (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 33).

1.2.1.2.3.4 Métodos De Curado.

1.2.1.2.3.4.1 Curado Con Agua.

El método elegido debe proporcionar una cubierta de agua continua y completa libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas o de otras que

ataquen, manche, o decoloren el concreto. Se debe evitar el impacto térmico debido al empleo de agua fría (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 33).

Inmersión: Se emplea cuando se trata de losas como pisos de puentes, pavimentos, techos planos, es decir cualquier lugar donde sea posible crear un charco de agua mediante un bordo o dique de tierra u otro material en el borde de una losa. Debe evitarse los daños provocados por la liberación prematura; el agua de curado no debe de ser de 11°C más fría que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos de temperatura en la superficie puede causar agrietamiento (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 34).

Aspersión: La aspersión o rociado intermitentes no son recomendables si permiten que se seque la superficie del concreto; El rociado de niebla o aspersión mediante boquillas o aspersores proporciona un curado excelente, cuando la temperatura es bastante superior a la congelación (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 34).

Costales, carpetas de algodón y alfombras: Los costales, carpetas de algodón, alfombras y otras cubiertas de material absorbente retendrán agua sobre la superficie del concreto, sea esta horizontal o vertical (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 34).

Curado con tierra: El curado con tierra mojada se emplea con éxito en losas y pisos pequeños. Lo principal es que la tierra esté libre de partículas mayores de 1" (25mm) y que no contenga cantidades peligrosas de materia orgánica (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 34).

Arena y Aserrín: La arena limpia y el aserrín mojados se emplean para el curado de la misma forma que la tierra. El aserrín no debe contener cantidades excesivas de ácido tánico (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 34).

Paja o Heno: Pueden emplearse la paja o el heno mojados, pero se corre el riesgo de que el viento los levante, a menos que se cubran con tela de alambre. También existe el peligro de incendio si se dejan secar. Se utiliza una capa de 15 cm de espesor (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 34).

1.2.1.3 Propiedades del concreto

1.2.1.3.1 Propiedades En Estado Plástico.

El concreto en estado fresco debe permitir que se llenen adecuadamente las formas y espacios alrededor de cualquier elemento estructural con acero de refuerzo así también obtener una masa homogénea sin aire atrapado ni vacío. (Rivva, 2000).

1.2.1.3.1.1 Trabajabilidad.

Propiedad del concreto para ser mezclado con facilidad, brindando un material homogéneo y capaz de ser transportado, colocado en su posición final con pérdida mínima. (Galicia & Velásquez, 2016, p. 35).

En la actualidad no se conoce prueba alguna que permita medir esta propiedad cuantitativamente, por eso es que la trabajabilidad se aprecia en base a los resultados de ensayos de consistencia (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 34).

1.2.1.3.1.2 Consistencia.

“Es el grado de humedecimiento de la mezcla y existen diversos métodos para su determinación como son la prueba de revenimiento o slump, esta prueba

es la más difundida universalmente y mide solo la consistencia del concreto” (NTP 339.035, 1999).

1.2.1.3.1.3 Exudación.

Propiedad que se define como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie. Este ensayo se rige en base a la NTP 339.077, 1999

1.2.1.3.1.4 Segregación.

“Está definida como la separación de los componentes del concreto debido al tamaño de sus partículas que actúan por gravedad y dosificación, generando en algunos casos las cangrejeras (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 35).

1.2.1.3.1.5 Peso Unitario.

“El concreto convencional normalmente usado en pavimentos, edificaciones y otras estructuras, tiene un peso específico, densidad, peso volumétrico, masa unitaria” (NTP 339.046, 1999).

1.2.1.3.2 Propiedades En Estado Endurecido.

1.2.1.3.2.1 Resistencia.

La resistencia es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta del cemento. Los ensayos se realizan según la NTP 339.034.

Esta es la característica mecánica más importante del concreto endurecido.

1.2.1.3.2.2 Durabilidad.

Propiedad del concreto para resistir a la acción del medio ambiente, intemperie, al ataque químico, abrasión y cualquier otro fenómeno o condición

de servicio de las estructuras que produzcan deterioro del concreto (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 37).

1.2.1.3.2.3 Impermeabilidad.

Esta propiedad del concreto tiene la capacidad de impedir el paso del agua a través de él y es muy importante sobre todo en aquellos casos donde hay presencia de agentes agresivos nocivos que puedan afectar al acero de refuerzo y del concreto mismo (Abanto citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 37).

1.2.2 Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

1.2.2.1 Definición.

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto industrial, generado del proceso de la elaboración de azúcar y derivados, cuando es incinerado convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en “sílice y alúmina”, cuyas propiedades puzolánicas depende principalmente de la temperatura de combustión, que debe oscilar entre 400° C – 800° C. Las cenizas que se producen bajo estas condiciones son consideradas de buena calidad. La actividad puzolánica de un material es su resistencia, combinada con su durabilidad (Jara & Palacios, 2015, p. 31).

1.2.2.2 La Caña De Azúcar En El Perú.

La caña de azúcar es originaria de la India y fue introducido al Perú por los españoles. Fue uno de los principales productos exportados antes de 1990, y abarcó aproximadamente 117 mil has. En el 2015 representó el 3.6 % de VBP, el 2.4% del empleo y las exportaciones.

La caña de azúcar en el Perú se cultiva en la costa, selva y valles interandinos. Sin embargo, es en la costa donde se localiza la mayor área sembrada, debido a que presenta condiciones climáticas y edáficas únicas, que permite sembrar y

cosechar durante todo el año, y obtener rendimientos excepcionales. El “boom” de la industria azucarera en el Perú, responde a la producción de solamente a 90,000 ha por ello la importancia de las empresas azucareras agroindustriales. El mayor uso industrial de la caña de azúcar es para la producción de azúcar y de las 90,000 hectáreas sembradas de caña de azúcar le corresponde a los 10 Ingenios azucareros el 65% y el 35% restante a los sembradores particulares (Jara & Palacios, 2015, p. 32).

1.2.2.3 Proceso Industrial De La Obtención De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar (CBCA).

El proceso de obtención de la CBCA empieza con la llegada de la caña de azúcar al ingenio azucarero donde se extrae el jugo, éste se clarifica y luego se cristaliza para separar el azúcar. La extracción se hace generalmente en un molino que pasa la caña entre tres o cuatro masas de acero, que exprimen los tallos y sacan todo el jugo. El residuo sólido fibroso se llama bagazo y es usado para hacer papel y para quemar en las calderas, como combustible. Estas calderas alcanzan temperaturas de 800° C a 1000° C. (Jara & Palacios, 2015, p. 33).

De las calderas se obtiene la ceniza de bagazo de caña de azúcar, como un residuo que es almacenado en pozas, para luego ser transportado en volquetes a los campos de sembrío para ser usado como fertilizante. Conforme el proceso de obtención de azúcar continúe, la producción de ceniza continua, puesto que el bagazo es usado como combustible de las calderas y estas tienen un funcionamiento continuo y permanente (Jara & Palacios, 2015, p. 33).

1.2.2.4 La Ceniza De Caña De Azúcar (CBCA) Como Material Puzolánico.

“La actividad puzolánica de las cenizas depende de algunos parámetros como: el tamaño de las partículas, la temperatura de calcinación, naturaleza cristalina y la composición química” (Jara & Palacios, 2015, p. 35).

“Estudios recientes han demostrado que los desechos de la industria azucarera, principalmente ceniza de bagazo de caña de azúcar, tienen actividad puzolánica derivado de su alto contenido de sílice amorfa en este material” (Jara & Palacios, 2015, p. 35).

“Los residuos que se producen durante la elaboración del azúcar son el bagazo de caña, la ceniza y la cachaza. Se estima que el bagazo equivale al 26 – 27 % del total de la caña, la cachaza se genera en un porcentaje de 4 % y la ceniza en un 2 %” (Jara & Palacios, 2015, p. 35).

El bagazo es un material fibroso considerado como residuo sólido, suele contener del 40 - 50 % de humedad. El bagazo generalmente puede satisfacer todos los requerimientos de combustible de un ingenio azucarero. Un análisis representativo del bagazo seco es de 44.47 % de carbón (C), 6.35 % de hidrógeno (H), 49.7 % de oxígeno (O) y 1.4 % de ceniza.

La aplicación de utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico obedece a varios factores. La producción de ceniza es constante, su aplicación como puzolana obedece a su composición química, ya que los óxidos fundamentales SiO_2 , Al_2O_3 , y Fe_2O_3 representan aproximadamente el 70 por ciento de su composición, los que producen la actividad puzolánica. La composición de la ceniza varía según la edad de la caña y edad, tipo de suelo y cantidad de fertilizantes.

Las condiciones de quema del bagazo son importantes en la obtención de las propiedades de la ceniza, a través de este proceso el bagazo atraviesa por varias modificaciones en su estructura, como se detalla en la Tabla 04. (Jara & Palacios, 2015, p. 36).

Tabla 4: Modificaciones del Bagazo de Caña de Azúcar a través de la Calcinación.

MODIFICACIONES DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVES DE LA CALCINACIÓN	
	A 100°C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.
	A 350°C inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema del bagazo.
	Entre 400°C a 500°C el carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa. Después de esta etapa la ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice.
	El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuarzos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas.
	Encima de los 800°C, es sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

Fuente: Tesis: “Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de Concreto Hidráulico”, Ríos 2011

La cantidad y la forma de sílice en la ceniza dependen no solamente de la temperatura, sino también del periodo de quema. Un trabajo realizado en Londres en 1986 muestra que; mantener la ceniza a periodos más largos de quema a temperaturas de 500°C a 680°C por menos de un minuto, dan como resultado una sílice totalmente

amorfa. En el mismo trabajo, se menciona que las condiciones de quema además de influir en el grado de cristalinidad de la ceniza, también afecta el área de superficie específica de las partículas, propiedad estrechamente relacionada con la reactividad de la ceniza (Jara & Palacios, 2015, p. 37).

1.2.3 Resistencia A La Compresión.

La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Expresado en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o PSI) a una edad de 28 días. Se pueden utilizar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y las resistencias en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% P de la resistencia a los 28 días. La resistencia a la compresión especificada se designa con el símbolo de f_c . La misma que se mide mediante unos testigos de 30cm de altura por 15 cm de diámetro, llevándole hasta la ruptura mediante cargas que se incrementan relativamente rápidos esto dura unos pocos minutos. La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplea los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras, esta se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión así mismo se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada en el trabajo (Farfán citado por Galicia & Velásquez, 2016, p. 40).



Figura 5: Muestras Cilíndricas De Concreto Para Ensayos De Compresión

Fuente: Propia.

1.2.3.1 Ensayo De Resistencia A La Compresión.

El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra (INDECOPI, NTP 339.034, 1999)

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{4G}{\pi D^2}$$

Dónde:

Rc: Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

G: La carga máxima de rotura en kilogramos.

D: Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

1.2.4 Diseño De Mezclas Del Concreto

1.2.4.1 Método De Modulo De Fineza.

En el método de diseño del ACI, se determina en primer lugar los contenidos de cemento, agua, aire y agregado grueso y, por diferencia de la suma de volúmenes absolutos en relación con la unidad, el volumen absoluto y peso seco del agregado fino. (Rivva, 1992, p. 159).

De esta manera, sea cual fuere la resistencia deseada, en tanto se mantengan constantes el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino, el contenido total de agregado grueso en la mezcla será el mismo, independientemente del contenido de pasta. (Rivva, 1992, p. 159).

Este hecho ha llevado a muchos investigadores a cuestionar el método de diseño del ACI y buscar un procedimiento en el cual la relación fino-gruesa se modifique en función del contenido de pasta en consideración al contenido de cemento de esta. (Rivva, 1992, p. 159).

Stanton Walker, conjuntamente con el grupo de investigación del laboratorio de concreto de la Universidad de Maryland, ha formulado un procedimiento de selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto en el cual los porcentajes de agregado fino y grueso se modifican en función de sus propios módulos de fineza, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del módulo de fineza de la mejor combinación de agregados para las condiciones planteadas por las especificaciones de obra. (Rivva, 1992, p. 159).

En el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, los contenidos de agregados fino y grueso varían para las diferentes resistencias,

siendo esta variación función, principalmente de la relación agua-cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla. (Rivva, 1992, p. 159).

Este método tiene como consideración fundamental además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de fineza del agregado, fino o grueso es un índice de su superficie específica y que en la medida que esta aumenta se incrementa la demanda de pasta, así como que si se mantiene constante la pasta y se incrementa la fineza del agregado disminuye la resistencia por adherencia. (Rivva, 1992, p. 160).

Como consecuencia de las investigaciones realizadas se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de fineza de los agregados fino y grueso, así como su participación porcentual en el volumen absoluto total del agregado. Aplicando dicha ecuación es posible determinar el valor del módulo de fineza de la combinación de agregados más convenientemente para condiciones dadas de la mezcla. (Rivva, 1992, p. 160).

Dicha ecuación es:

$$m = R_f \cdot m_f + R_g \cdot m_g$$

En el cual:

m: módulo de fineza de la combinación de agregados.

mf: módulo de fineza del agregado fino.

mg: módulo de fineza del agregado grueso.

Rf: Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

Rg: Porcentaje de agregado grueso en relación al volumen absoluto total de agregado.

Del análisis de la ecuación se puede deducir que el módulo de fineza de una combinación de agregados fino y grueso es igual a la suma de los productos de los módulos de fineza de cada ingrediente por la relación del volumen absoluto de cada ingrediente al volumen absoluto de todos los ingredientes. (Rivva, 1992, p. 160).

Aplicando la ecuación es posible obtener los diversos valores del módulo de fineza de la combinación de agregados que dan las mejores condiciones de trabajabilidad para diversos contenidos de cemento por metro cubico de concreto. Dichos valores están indicados en la siguiente figura 6. (Rivva, 1992, p. 160).

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Figura 6: Modulo de fineza de la combinación de agregados

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva López

Es importante señalar que los valores del cuadro están referidos a agregado angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35% para condiciones diferentes se debe seguir lo indicado en el cuadro.

(Rivva, 1992, p. 161).

Se ha establecido que los agregados fino y grueso comprendidos dentro de las especificaciones de la norma ASTM C 33 deben producir concretos trabajables, en condiciones ordinarias, cuando el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores de la figura 6 ya vista.

(Rivva, 1992, p. 161).

Del análisis de este cuadro se aprecia que es necesario conocer, para determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados, el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el contenido de cemento de la unidad cúbica de concreto (Rivva, 1992, p. 161).

Es importante igualmente recordar que los valores que corresponden a concretos sin aire incorporado y pueden producir buenas mezclas cuando se emplean los métodos de colocación y compactación usuales. Sin embargo, pueden ser algo sobre arenosos para ser empleados en pavimento o en estructuras en las que se utiliza concreto ciclópeo (Rivva, 1992, p. 161).

Cuando las condiciones de colocación son muy favorables los valores tomados del cuadro pueden incrementarse hasta 0.2. Igualmente, cuando se ha incorporado aire a la mezcla, el valor tomado del cuadro puede ser incrementado en 0.1 para obtener adecuado beneficio de la incorporación de aire sobre trabajabilidad (Rivva, 1992, p. 161).

La proporción de agregado fino, de módulo de fineza conocido en relación con el volumen absoluto total del agregado necesario para, de acuerdo a la riqueza de la mezcla, obtener un módulo de fineza determinado en la combinación de agregados puede ser calculada, a partir de la siguiente ecuación (Rivva, 1992, p. 161).

$$R_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

El valor obtenido de esta ecuación, multiplicado por el volumen absoluto de agregados, nos permite conocer el volumen absoluto de agregado fino. Por diferencia se puede determinar el volumen absoluto de agregado grueso.

Ambos volúmenes absolutos, multiplicados por sus respectivos pesos secos sólidos, permiten calcular los pesos secos por unidad de volumen del concreto, de los agregados fino y grueso (Rivva, 1992, p. 162).

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis General.

Con la adición de la ceniza del bagazo de caña de azúcar a la mezcla del concreto, mejora la resistencia de la misma.

1.3.2 Hipótesis Específicas.

Al determinar las propiedades físicas de los agregados, permitirá mejorar la resistencia del concreto.

Al fijar el mejor método de diseño de la mezcla del concreto, permitirá mejorar la resistencia del concreto.

Al establecer el porcentaje óptimo de adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar al concreto, permitirá mejorar la resistencia del concreto.

Al realizar un análisis comparativo del concreto convencional con el concreto mejorado con la ceniza de bagazo de caña, permitirá elegir el mejor.

1.4 Variables e Indicadores

1.4.1 Variable Dependiente.

Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar.

1.4.2 Variable Independiente.

Mejora de la resistencia del concreto.

1.4.3 Tabla De Operacionalización De Variables.

Tabla 5: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICA	INSTRUMENTACIÓN
Variable independiente: Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar	Es el efecto que se obtiene al añadir la ceniza de bagazo de caña de azúcar en diferentes proporciones a la mezcla de concreto	Propiedades físicas de los agregados	Contenido de Humedad Absorción Peso unitario Compactado Peso unitario Suelto Peso específico Porcentaje de finos	Norma Técnica Peruana (NTP)	Datos de los ensayos recogidos en Fichas de Laboratorio
		Diseño de Mezcla	Proporción en peso y volumen de los materiales del concreto	ACI, Modulo de finura de la combinación de agregados, Fuller y Walker.	Datos de los ensayos recogidos en Fichas de Laboratorio
		Dosificación de la ceniza	Clasificación de la ceniza	ASTM C 618-03	Datos de los ensayos recogidos en Fichas de Laboratorio
Variable dependiente: Mejora de la resistencia del concreto	Es la medida de la resistencia a la compresion de un elemento estructural.	Resistencia a la compresión	Resistencia mayores a 210 kg/cm ²	Norma Técnica Peruana (NTP)	Datos de los ensayos recogidos en Fichas de Laboratorio
		Comparación del concreto convencional con el mejorado	Resistencia del concreto convencional Resistencia del concreto adicionado (5%, 10%, 15% y 20% de ceniza)	Norma Técnica Peruana (NTP)	Datos de los ensayos recogidos en Fichas de Laboratorio

Fuente: Propia

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General.

Estudiar si la adición de la ceniza del bagazo de caña de azúcar a la mezcla del concreto, mejora la resistencia de la misma.

1.5.2 Objetivos Específicos.

Determinar las propiedades físicas de los agregados, para mejorar la resistencia del concreto.

Fijar el mejor método de diseño de la mezcla del concreto, para mejorar la resistencia del concreto.

Establecer el porcentaje óptimo de adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar al concreto, para mejorar la resistencia del concreto.

Realizar un análisis comparativo del concreto convencional y el concreto con la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

1.6 Población y Muestra

1.6.1. Población.

1.6.1.1. Descripción de la población.

La población de la presente investigación estuvo conformada por el concreto fabricado con los agregados de la cantera Figueroa, adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar.

1.6.1.1.1. Los Agregados.

Para la determinación de las canteras adecuadas se buscó que cumplan con los parámetros establecidos por las normas técnicas peruanas:

Para el Agregado Fino, de la cantera Figueroa; debe cumplir con los parámetros establecidos en la NTP 400.013.

Para el Agregado Grueso, de la cantera Figueroa; debe cumplir con los parámetros establecidos en la NTP 400.017.

1.6.1.1.2. Agua.

El agua utilizada en nuestro diseño de mezcla es agua potable, porque fue el más idóneo para la mezcla de concreto, además está estipulada en la norma técnica peruana NTP 339.088 “Agua para Diseños de Mezclas”.

1.6.1.1.3. Cemento.

El cemento utilizado en la presente tesis es el cemento portland tipo I de la marca Andino que es el más comercial en nuestra ciudad, además dicha marca es una de las más populares que podemos encontrar en el mercado local.

1.6.1.1.4. Ceniza de bagazo de caña de Azúcar.

La ceniza utilizada en la presente tesis proviene del Fundo Pacán, la cual es obtenida mediante la quema de bagazo de caña de azúcar en hornos de altas temperaturas en nuestra ciudad, y dicha marca es la una de las muchas que podemos encontrar en el mercado local.

1.6.1.2. Cuantificación de la Población.

La población se ha definido como un nuevo material “concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar del Fundo Pacán y agregados de la cantera Figueroa”; entonces nuestra población fue única.

1.6.2. Muestra.

1.6.2.1. Descripción de la muestra.

Debido a que la muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, la muestra, para la presente investigación, estuvo conformada por el concreto fabricado con agregados de la cantera Figueroa, adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar. la muestra fue de tipo censal ya que fue coincidente con la población.

1.6.2.2. Cuantificación de la Muestra.

La muestra fue coincidente con la población.

1.6.2.3. Método de Muestreo.

El método de muestreo consistió en la elección por métodos no aleatorios, indicando que la muestra es igual a la población; es decir, las características son similares a las de la población objetivo. En este tipo de muestra la “representatividad” la determina el investigador de modo subjetivo.

1.6.2.4. Criterios de evaluación de la muestra.

Para poder evaluar esta muestra se aplican criterios muestrales, es decir esta muestra fue evaluada mediante la comparación entre elementos fabricados con concreto convencional y concretos adicionados con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar luego de someterlas a pruebas de compresión, los elementos muestrales estuvieron definidos y cuantificados de la siguiente manera:

El número de probetas circulares para el ensayo de resistencia a la compresión fue en un número de 20 por dosificación, que en total hacen una muestra de 100 probetas.

Tabla 6: Total de Probetas a realizar

Días de rotura	Probeta con 0% de CBCA	Probeta con 5% de CBCA	Probeta con 10% de CBCA	Probeta con 15% de CBCA	Probeta con 20% de CBCA	Total
7 días	5	5	5	5	5	25
14 días	5	5	5	5	5	25
21 días	5	5	5	5	5	25
28 días	5	5	5	5	5	25
Total						100

Fuente: Propia

Según (E.060, 2006), Para cada relación agua-material o contenido de material cementante deben confeccionarse y curarse al menos tres probetas cilíndricas para cada

edad de ensayo de acuerdo con Stanford Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory (ASTM C 192M). “Las probetas serán ensayadas a los 7, 21 y 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar la resistencia del concreto”.

1.6.2.4.1. Resistencia A La Compresión.

El ensayo con el cual se mide la resistencia a la compresión del concreto está establecido en la norma NTP 339.034 – 1999.

Se empleó moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura; para cada edad se ensayaron como 5 cilindros y se trabajó con el valor promedio; para la evaluación de la muestra se midió el asentamiento que se realizó por el método apisonado, que presentó un asentamiento de 3” – 4”.

El método de Apisonado se realizó con una compactación de 25 golpes con una varilla de 16 mm de diámetro y 60 cm. de largo, esta compactación se realizó en tres capas, cada una con 25 golpes.

Se calculó la resistencia a la compresión a través de la fórmula:

$$R_c = \frac{4G}{\pi D^2}$$

Dónde:

R_c: Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

G: La carga máxima de rotura en kilogramos.

D: Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

Capítulo II: Marco Metodológico

2.1 Metodología de Investigación

2.1.1 Tipos de Investigación.

En la ciencia existen diferentes tipos de investigación y es necesario conocer sus características para saber cuál de ellos se adapta mejor a la investigación que se realizará. (BORJA, M. 2012)

2.1.1.1 De acuerdo al tipo de fin que se persigue.

De acuerdo con este tipo podemos decir que la investigación fue aplicada, ya que buscamos conocer el problema y a partir del conocimiento mejorar la resistencia del concreto añadiendo porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

2.1.1.2 De acuerdo a los tipos de datos analizados.

De acuerdo con esta característica la investigación fue cuantitativa, porque recolectamos los datos obtenidos de los ensayos de los agregados y del concreto, y en base a cantidades y estadísticas respondimos nuestros cuestionamientos y demostramos las hipótesis.

2.1.1.3 De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis.

La investigación es experimental ya que modificaremos deliberadamente la Variable Independiente, a su vez se aplicará diferentes niveles de aplicación de la variable independiente para verificar y medir el efecto que provoca en la variable dependiente.

2.1.2 Método de la investigación.

El método usado fue el hipotético deductivo porque se planteó varias hipótesis las cuales se demuestran en base a procesos deductivos relacionados con las variables e indicadores que se expresa en resultados.

2.2 Diseño de la investigación

2.2.1 Diseño metodológico.

Según los conceptos de SAMPIERI H. Esta investigación es experimental, además dentro de esta investigación existen otras clasificaciones y las características de la investigación que se asemejan es la “Investigación experimental – Manipulación intencional de las variables”.

Según las nociones de BORJA, M. El diseño de la investigación del presente trabajo fue experimental ya que el objetivo fue conocer las causas y los fenómenos que ocurre al adicionar porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar al concreto tradicional y analizar los cambios que se produce para poder explicar los fenómenos ocurridos, de acuerdo con métodos y técnicas de recaudación de información sobre el tema a investigar.

Finalmente, esta investigación reunió las condiciones para tener un diseño experimental pura, ya que administran estímulos o tratamientos, calificándolo este con la realización de experimentos puros, en el cual se realizará:

Manipulación intencional de variables.

Medición de variables

Control y Validez

Grupos de Comparación

2.2.2 Diseño de ingeniería

Este proyecto de investigación buscó en su primera etapa la recopilación, elaboración y presentación de conceptos de los materiales a utilizar, para conocer como ensayarlos.

En la segunda etapa se procedió a realizar ensayos experimentando probetas de concreto a compresión, dividiendo en dos tipos; la probeta patrón de calidad $f'c=210$ kg/cm², y el otro que constara de diferentes probetas a los cuales se añadirán diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar, 5% ,10%, 15% y 20%.

Los resultados fueron discutidos de acuerdo con la variación de estos.

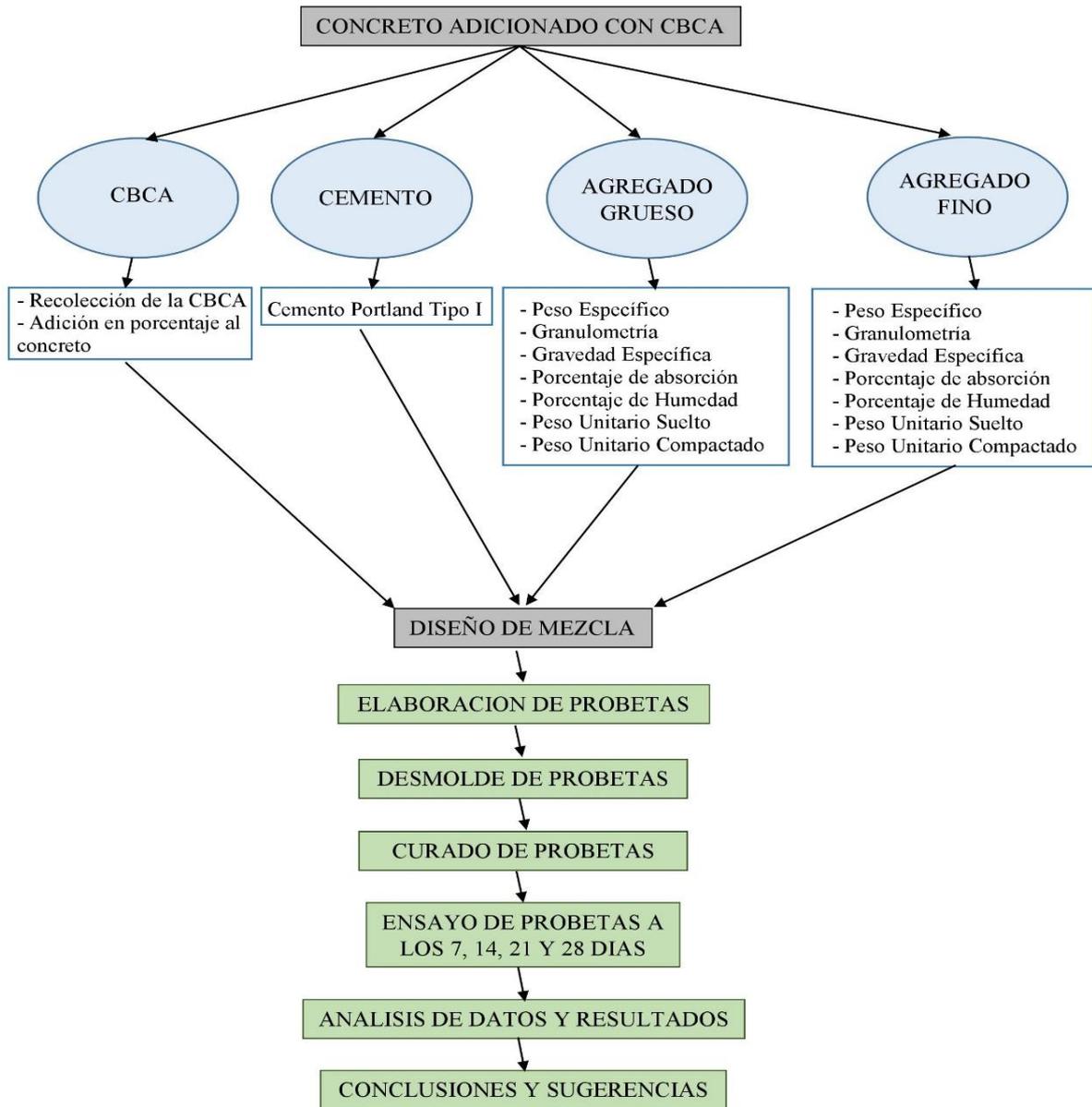


Figura 7: Diseño de Ingeniería

Fuente: Propia

2.3. Instrumentos

2.3.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

2.3.1.1 Hoja de cálculo para gravedad específica y porcentaje de absorción.

Tabla 7: Hoja de Cálculo para Gravedad Especifica y Porcentaje de Absorción en agregado fino.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (N.T.P. 400.022 ASTM C-128)

I. DATOS

1	Peso de la Arena Seca (A)	gr	
2	Peso de la fiola + Agua hasta marca (B)	gr	
3	Peso de la fiola + Arena sss + Agua hasta marca (C)	gr	
4	Peso de la Arena sss (S)	gr	

II. RESULTADOS

5	Densidad muestra seca $((A/(B+S-C)))$	gr/cm ³	
6	Densidad muestra sss $((S/(B+S-C)))$	gr/cm ³	
7	Densidad aparente $((A/(B+A-C)))$	gr/cm ³	
8	Porcentaje de Absorción $((S-A)/A)*100$	%	

Fuente: Propia

Tabla 8: Hoja de Cálculo para Gravedad Especifica y Porcentaje de Absorción en agregado Grueso.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)

I. DATOS			
1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B)	gr	
2	Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	
3	Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	
4	Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C)	gr	
5	Peso de la Tara	gr	
6	Pes de la Tara + Muestra Seca	gr	
7	Peso de la Muestra Seca (6-5) (A)	gr	
II. RESULTADOS			
8	Gravedad Especifica Seca $((A/(B-C)))$	gr/cm ³	
9	Gravedad Especifica Saturada (S.S.S) $((A/B(B-C)))$	gr/cm ³	
10	Peso Específico Aparente $((A/(A-C)))$	gr/cm ³	
11	Porcentaje de Absorción $((B-A)/A)*100$	%	

Fuente: Propia

2.3.1.2. Hoja de cálculo para porcentaje de humedad.

Tabla 9: Hoja de Cálculo para Porcentaje de Humedad.

III. HUMEDAD		N°	
1	Peso de la Tara	gr	
2	Peso de la Tara + Muestra Húmeda	gr	
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%	

Fuente: Propia

2.3.1.3. Hoja de cálculo para el p. e. de los agregados.

Tabla 10: Hoja de Cálculo para el Peso Específico de los Agregados.

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (N.T.P. 400.017 ASTM C-29)

I. PESO UNITARIO SUELTO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr			
2	Peso del Recipiente	gr			
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr			
4	Volumen del Recipiente	m ³			
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m ³			
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m ³			

II. PESO UNITARIO COMPACTO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr			
2	Peso del Recipiente	gr			
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr			
4	Volumen del Recipiente	m ³			
5	P.U.C	kg/m ³			
7	Promedio P.U.S. Compacto	kg/m ³			

Fuente: Propia

2.3.1.4. Hoja De Cálculo Para Granulometría De Agregados.

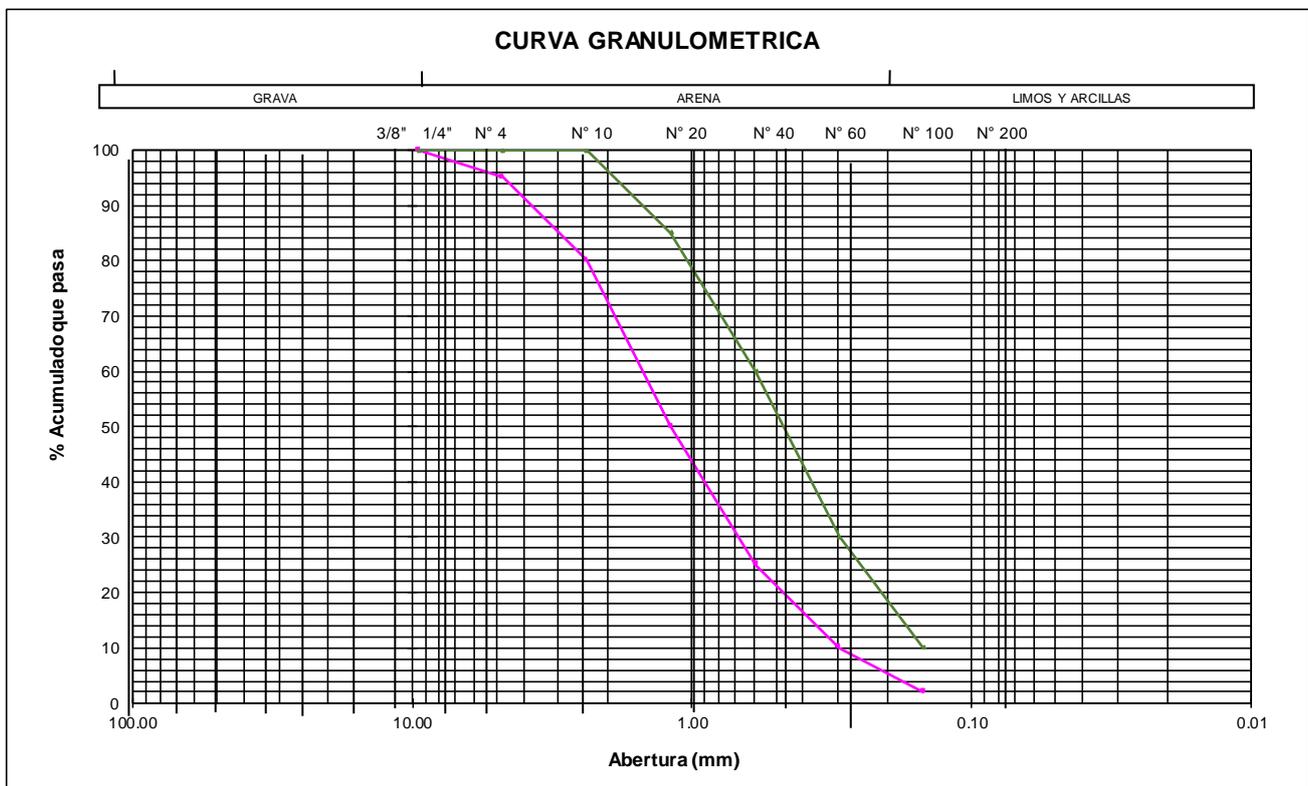
Agregado fino

Tabla 11: Hoja de Cálculo para Granulometría de Agregado Fino.

Peso Muestra

grms.

TAMIZ	PESO	%	%	% RETENIDO	% QUE PASA	MAX
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN	
3/8"					100.00	100.00
4					95.00	100.00
8					80.00	100.00
16					50.00	85.00
30					25.00	60.00
50					10.00	30.00
100					2.00	10.00
FONDO					0.00	0.00



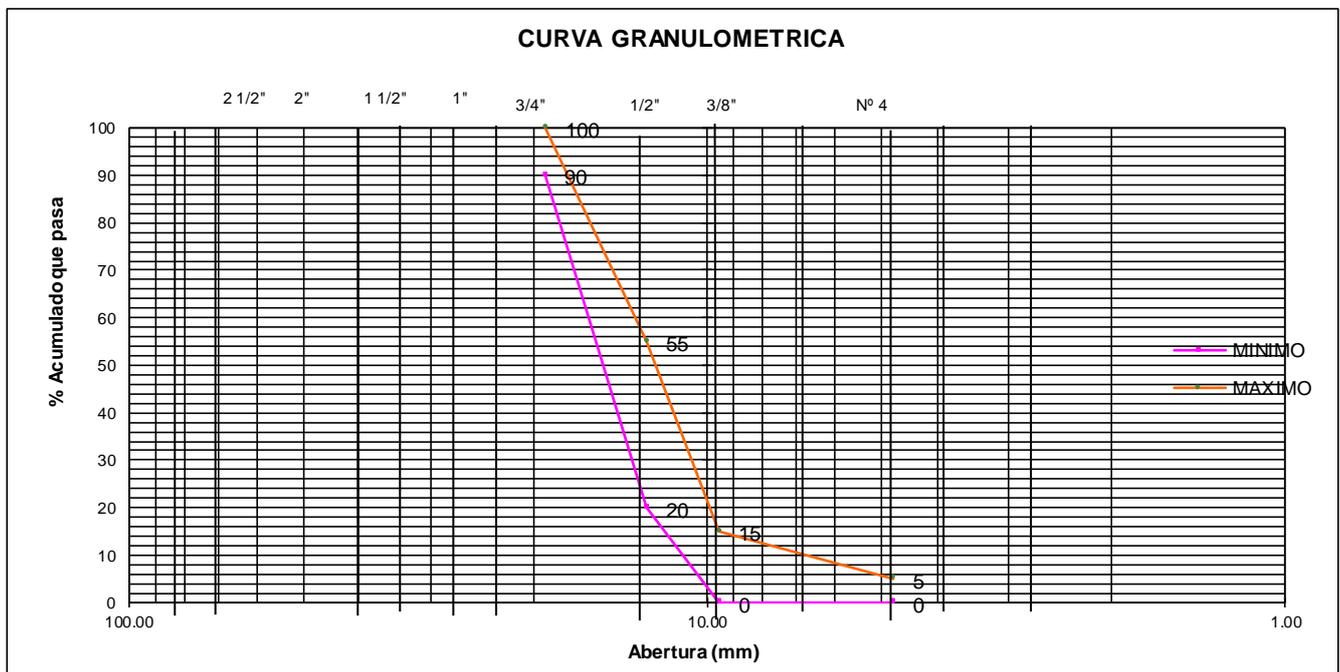
Fuente: Propia

Agregado grueso

Tabla 12: Hoja de Cálculo para Granulometría de Agregado Grueso.

Peso Muestra 0.00 grms.

TAMIZ	PESO	%	%	%	%	%
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN.	MAX.
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1 "						
3/4"					90	100
1/2"					20	55
3/8"					0	15
Nro. 4					0	5
Nro. 8						
FONDO						



Fuente: Propia

2.3.1.5. Hoja De Cálculo Para Resistencia A La Compresión.

Tabla 13: Hoja De Cálculo Para Resistencia A La Compresión A Los 7, 14, 21 Y 28 Días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)
		DIAM SUP		DIAM INF				
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)			
1	0% DE CBCA							
2	0% DE CBCA							
3	0% DE CBCA							
4	0% DE CBCA							
5	0% DE CBCA							

Fuente: Propia

2.3.2 Instrumentos De Ingeniería.

2.3.2.1 Granulometría de los agregados finos.

Balanza

Brocha

Tamices: 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y N° 200

2.3.2.2 Granulometría Del Agregado Grueso.

Balanza

Brocha

Tamices: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4 Y N°8.

2.3.2.3 Peso específico de los agregados gruesos y finos.

2.3.2.3.1 Para el agregado fino.

Balanza de precisión de 0.5gr

Picnómetro de capacidad de 500ml

Cono metálico.

Apisonador de metal

Bomba de vacíos

Horno

2.3.2.3.2 Para el agregado grueso.

Balanza

Cesta

Horno

2.3.2.4 Peso Unitario De Los Agregados.

Balanza

Recipiente cilíndrico

Varilla de 5/8" y 60 cm de longitud

Horno

2.4. Procedimiento De Recolección De Datos

2.4.1. Proceso De Obtención De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar.

La ceniza de bagazo de caña de azúcar se obtuvo del Fundo Pacán, para obtener la ceniza se realiza un procedimiento que empieza con la siembra y cosecha de la caña de azúcar, posteriormente se realiza la molienda para retirar el jugo de la caña, al terminar este proceso se ha quitado el jugo a la caña y se queda con el bagazo, el cual pasa a unas habitaciones donde secan por el tiempo de un mes a dos meses, al final de este tiempo esta seca y lista para ser echada al horno, dicho horno calienta los calderos para realizar la destilación en los alambiques, estos funcionan 12 horas al día, al terminar la labor diaria los trabajadores proceden a limpiar, retirar y eliminar la ceniza de bagazo de caña de azúcar, esta ceniza de bagazo de caña de azúcar normalmente es echada al río, todos los días en grandes cantidades. En nuestra investigación buscamos darle uso a dicha ceniza en el ámbito de la construcción para que así no sea necesario arrojarla todos los días al río.



Figura 8: Bagazo de Caña de Azúcar en proceso de Calcinación

Fuente: Propia.



Figura 9: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Fuente: Propia.

2.4.2. Muestreo Del Agregado Fino.

2.4.2.1. Equipos Y Materiales.

25 Kg. de agregado fino para el cuarteo

Brocha

Espátula

Pala

Balanza

2.4.2.2. Procedimiento.

1. Se toma una muestra de 25 Kg, de agregado como mínimo.
2. Se forma una ruma de agregado con ayuda de la pala dándole forma de cono.
3. Con la pala bajamos la punta del cono para facilitar la división.
4. Con ayuda de la regla se procede a dividir diagonalmente el agregado en 4 partes semejantes.
5. Una vez dividida se procede a escoger 2 partes semejantes diagonalmente opuestas.
6. Luego las 2 partes no elegidas se desechan del muestreo.
7. Con las partes elegidas nuevamente se realiza la operación, este procedimiento se repetirá 4 veces.
8. Finalmente, la muestra final se pesa en la balanza y se guarda en una bolsa.



Figura 10: Muestreo del Agregado Fino.

Fuente: Propia.

2.4.3. Granulometría Del Agregado Fino.

2.4.3.1. Equipos Y Materiales.

Balanza de precisión

Recipiente

Juego de tamices, No. 8, No. 10, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200.

2.4.3.2. Procedimiento.

1. Se toma una muestra de 3.5Kg, aproximadamente del cuarte anterior.
2. Se coloca los tamices de acuerdo con la norma ASTM de mayor a menor.
3. Se vacía toda la muestra de agregado.
4. El tamizado se realiza en forma circular.
5. Se determina el peso del agregado retenido en los tamices y con los datos de los pesos retenidos se desarrolla el cálculo.
6. Una vez procesado los cálculos se obtiene la gráfica de la curva granulométrica.



Figura 11: Ensayo de Granulometría.

Fuente: Propia.

2.4.3.3. Toma de datos.

Tabla 14: Datos de Granulometría Agregado Fino

ANALISIS GRANULOMETRICO COMO SIGUE:

Peso Muestra 3413.00 gr.

TAMIZ	PESO	%	%	%	%QUE PASA	
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	RETENIDO ACUMULADO	MIN	MAX
			100.00			
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
4	0.00	0.00	100.00	0.00	95.00	100.00
8	343.00	10.05	89.95	10.05	80.00	100.00
16	545.00	15.97	73.98	26.02	50.00	85.00
30	966.00	28.30	45.68	54.32	25.00	60.00
50	939.00	27.51	18.17	81.83	10.00	30.00
100	353.00	10.34	7.82	92.18	2.00	10.00
FONDO	267.00	7.82	0.00	100.00	0.00	0.00

Fuente: Propia.

2.4.4 Peso unitario del agregado fino.

2.4.4.1 Equipos y materiales.

Balanza de precisión 0.1 gr.

Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido que está relacionado con el tamaño máximo del agregado.

Varilla de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud con una punta redondeada.

Horno para materiales.

2.4.4.2 Procedimiento.

Para realizar el ensayo el material debe estar seco, por lo cual lo colocamos en el horno a temperatura constante de aproximadamente 110 C o de lo contrario se pone a secar a temperatura ambiente. Esto último se realiza sobre todo cuando el agregado contiene alto porcentaje de grava y se usa el molde de ½ pie³ o 14.158 cm³. El ensayo de peso unitario se realiza de la siguiente manera:

Peso unitario suelto

1. Se determina y anota el peso y volumen del molde.
2. Se vierte el material en el mismo con ayuda de una cuchara o de otro implemento, cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior del molde se vierte el material hasta colmar el molde.
3. Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde con la ayuda de la varilla.
4. Se anota el peso del molde más el material.

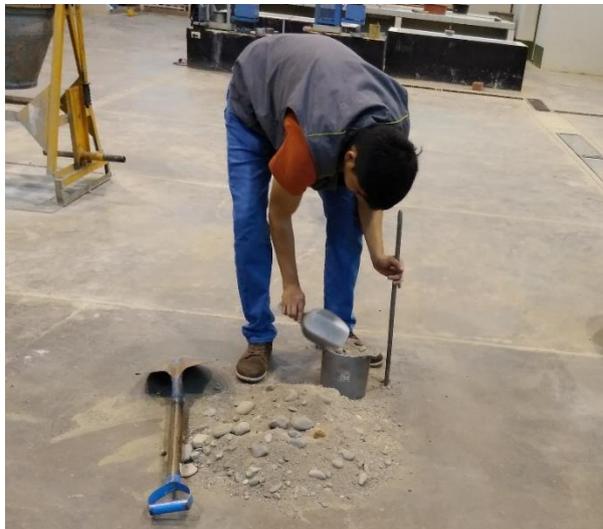


Figura 12: Ensayo de Peso Unitario del Agregado Fino

Fuente: Propia

Peso unitario compactado

1. Se determina y anota el peso y volumen del molde.
2. Se vierte el material en el molde con la ayuda de una cuchara hasta la tercera parte de la altura del recipiente cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior del molde y se dan 25 golpes con la varilla para compactar el material sin que la varilla toque el fondo del

recipiente vibrando simultáneamente el molde en el suelo para que el material se acomode los finos llenen la mayor cantidad de vacíos y por consiguiente su peso sea el mayor posible.

3. Se repite esta operación complementando las otras dos capas cuidando que en cada capa la varilla al golpear no pase a la capa inferior.
4. Se agrega el material hasta que rebalse el molde.
5. Se enrasa el material al nivel del borde superior con la ayuda de la varilla.
6. Se anota el peso del molde más el material compactado.

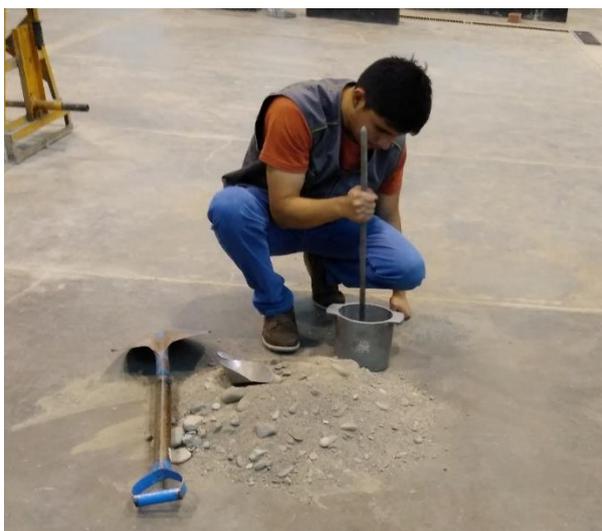


Figura 13: Ensayo Peso Unitario Compactado Agregado Fino

Fuente: Propia,

2.4.4.3 Toma De Datos.

Tabla 15: Datos de P.U.S. y P.U.C. del Agregado Fino

I. PESO UNITARIO SUELTO			ARENA GRUESA		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6077	6113	6106
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4294	4330	4323
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m ³	1532	1544	1542
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m ³	1539		

II. PESO UNITARIO COMPACTO			ARENA GRUESA		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6597	6603	6623
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4814	4820	4840
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.C	kg/m ³	1717	1719	1726
7	Promedio P.U.S.Compacto	kg/m ³	1721		

Fuente: Propia

2.4.5 Peso específico y absorción del agregado fino.

2.4.5.1 Equipos y materiales.

Balanza de precisión 0.5 gr.

Picnómetro, denominado también fiola, que es un matraz o frasco volumétrico que tiene una capacidad de 500 ml.

Molde cónico metálico.

Apisonador de metal.

Horno para materiales.

Bomba de vacíos.

2.4.5.2 Procedimiento.

1. Se anota el peso del picnómetro con agua hasta el nivel de 500 ml.
2. Se cuartea el material hasta conseguir una muestra de 1Kg. El material que pasa la malla No. 4 se pone a secar a 110 C hasta obtener un peso constante, se enfría a temperatura ambiente de 1 a 3 horas y se sumerge en un balde con agua por 24 horas para lograr su saturación.
3. Se coloca el agregado hasta la tercera parte del cono metálico y se le da 25 golpes con el apisonador. Se repite esa operación 3 veces hasta completar la altura del cono.

4. Se vuelve a completar, se enrasa y se retira el cono:
 - a) Si se queda con forma tronco-cónica tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - b) Si se queda con forma cónica terminada en punta sin desmoronarse tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - c) Si se demora, tiene menos humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
5. Cuando el agregado se encuentra en estado saturado superficialmente seco, se pesan 500 gr. de material en el picnómetro y otros 500 gr se ponen en el horno a secar.



Figura 14: Ensayo de Absorción del Agregado Fino.

Fuente: Propia.

6. Se llena el picnómetro hasta un nivel aproximado a los 500ml y con la bomba de vacíos se le quitan los vacíos que tengan el material hasta que se eliminen las burbujas de aire.
7. Se añade agua hasta el nivel de 500ml anotándose su peso.

8. Se anota el peso de la muestra secada al horno hasta peso constante.



Figura 15: Ensayo de Peso Específico del Agregado Fino

Fuente: Propia.

2.4.5.3. Toma de datos.

Tabla 16: Datos de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (N.T.P. 400.022 ASTM C-128)

MUESTRA: ARENA GRUESA

I. DATOS

1

1	Peso de la Arena Seca (A)	gr	245.74
2	Peso de la fiola + Agua hasta marca (B)	gr	1320.46
3	Peso de la fiola + Arena sss + Agua hasta marca (C)	gr	1475.86
4	Peso de la Arena sss (S)	gr	248.30

II. RESULTADOS

5	Densidad muestra seca $((A/(B+S-C))$	gr/cm ³	2.65
6	Densidad muestra sss $((S/(B+S-C))$	gr/cm ³	2.67
7	Densidad aparente $((A/(B+A-C))$	gr/cm ³	2.72
8	Porcentaje de Absorción $((S-A)/A)*100$	%	1.04

2.4.6. Contenido de humedad del agregado fino.

2.4.6.1. Equipos Y Materiales.

Balanza.

Horno para materiales.

Recipientes.

2.4.6.2. Procedimiento.

1. Procedemos a tomar una cantidad adecuada de agregado fino (CANTERA FIGUEROA)
2. Procedemos a pesarlo en balanza sensible al 0.1 % de peso medido, para agregado fino y para agregado grueso en balanza sensible a 0.5 gr y con capacidad de 5000 gr a más.
3. Luego colocamos los agregados en sus respectivos recipientes al horno a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 24hrs.



Figura 16: Puesta al horno de la muestra

Fuente: Propia

2.4.6.3. Toma De Datos.

Tabla 17: Datos de Contenido de Humedad.

III. HUMEDAD		N°	
1	Peso de la Tara	gr	0
2	Peso de la Tara + Muestra Húmeda	gr	6000.00
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	5928.00
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	72.00
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	5928.00
6	Contenido de Humedad (4/5) * 100	%	1.21

Fuente: Propia

2.4.7 Muestreo del agregado grueso.

2.4.7.1. Equipos y materiales.

70 Kg de agregado grueso de ½” para el cuarteo.

Brocha.

Escoba.

Espátula.

Pala.

Balanza.

Bolsa para la muestra.

2.4.7.2. Procedimiento.

1. Se toma la muestra de 70 Kg del agregado grueso como mínimo.
2. Se forma una ruma de agregado con la pala dándole forma de un cono, darle de preferencia como mínimo 7 vueltas removiendo con la pala el agregado.
3. Con la pala bajamos la punta del cono para facilitar la división.
4. Con ayuda de la regla se procede a dividir diagonalmente el agregado en 4 partes semejantes.

5. Una vez dividida se procede a escoger 2 partes semejantes diagonalmente opuestas.
6. Luego las 2 partes no elegidas se desechan del muestreo.
7. Con las partes elegidas nuevamente se realiza la operación este procedimiento se repetirá 4 veces.
8. Finalmente, la muestra final se pesa en la balanza y se guarda en una bolsa con una cartilla donde se especifiquen datos importantes.



Figura 17: Muestreo del Agregado Grueso

Fuente: Propia

2.4.8. Granulometría del agregado grueso.

2.4.8.1. Equipos Y Materiales.

Balanza de precisión.

Brocha.

Recipiente.

Serie de tamices.

2.4.8.2 Procedimiento.

1. Se toma una muestra de 500 gr. Aproximadamente del agregado grueso por el método del cuarteo y se procede con la operación del tamizado.
2. Se determina la granulometría del agregado haciendo pasar una serie de tamices que van de la mayor abertura a la mínima.
3. Enseguida se procede con el zarandeo durante aproximadamente 60 seg. Estando bien tapado el agregado. se determina el peso del agregado retenido en los tamices y con los datos de los pesos retenidos se desarrolla el cálculo.
4. Una vez procesado los cálculos se obtiene la gráfica de la curva granulométrica.



Figura 18: Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso.

Fuente: Propia

2.4.8.3. Toma de datos.

Tabla 18: Datos de Granulometría del Agregado Grueso

TAMIZ	PESO	%	%	%	%	%
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN.	MAX.
2 1/2"			100.00	0.00		
2"			100.00	0.00		
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00		
1 "	0.00	0.00	100.00	0.00		
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	90	100
1/2"	3664.00	56.46	43.54	56.46	20	55
3/8"	1658.00	25.55	18.00	82.00	0	15
Nro. 4	1142.00	17.60	0.40	99.60	0	5
Nro. 8	0.00	0.00	0.40	99.60		
FONDO	26.00	0.40	0.00	100.00		

Fuente: Propia.

2.4.9. Peso unitario del agregado grueso.

2.4.9.1. Equipos Y Materiales.

Balanza de precisión 0.1 gr.

Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido que está relacionado con el tamaño máximo del agregado.

Varilla de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud con una punta redondeada.

Horno para materiales.

2.4.9.2. Procedimiento.

Para realizar el ensayo el material debe estar seco, por lo cual lo colocamos en el horno a temperatura constante de aproximadamente 110 C o de lo contrario se pone a secar a temperatura ambiente. Esto último se realiza sobre todo cuando el agregado contiene alto porcentaje de grava y se usa el molde de 1/2 pie³ o 14.158 cm³. El ensayo de peso unitario se realiza de la siguiente manera:

Peso unitario suelto

1. Se determina y anota el peso y volumen del molde.
2. Se vierte el material en el mismo con ayuda de una cuchara o de otro implemento, cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior del molde se vierte el material hasta colmar el molde.
3. Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde con la ayuda de la varilla.
4. Se anota el peso del molde más el material.



Figura 19: Ensayo de Peso Unitario del Agregado Grueso

Fuente: Propia.

Peso unitario compactado

1. Se determina y anota el peso y volumen del molde.
2. Se vierte el material en el molde con la ayuda de una cuchara hasta la tercera parte de la altura del recipiente cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior del molde y se dan 25 golpes con la

varilla para compactar el material sin que la varilla toque el fondo del recipiente vibrando simultáneamente el molde en el suelo para que el material se acomode los finos llenen la mayor cantidad de vacíos y por consiguiente su peso sea el mayor posible.

3. Se repite esta operación complementando las otras dos capas cuidando que en cada capa la varilla al golpear no pase a la capa inferior.
4. Se agrega el material hasta que rebalse el molde.
5. Se enrasa el material al nivel del borde superior con la ayuda de la varilla.
6. Se anota el peso del molde más el material compactado.



Figura 20: Ensayo de Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

Fuente: Propia

2.4.9.3. Toma de datos.

Tabla 19: Datos del P.U.S Y P.U.C. del Agregado Grueso

I. PESO UNITARIO SUELTO			PIEDRA CHANCADA T.M.N 1/2"		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	24291	24382	24371
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	18452.3	18543.3	18532.3
4	Volumen del Recipiente	m3	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m3	1309	1316	1315
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m3	1313		

II. PESO UNITARIO COMPACTO			PIEDRA CHANCADA T.M.N 1/2"		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	26534	26416	26292
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	20695.3	20577.3	20453.3
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C	kg/m ³	1468	1460	1451
7	Promedio P.U.S.Compacto	kg/m ³	1460		

Fuente: Propia

2.4.10. Peso específico y absorción del agregado grueso.

2.4.10.1. Equipos y materiales.

Balanza de precisión.

Cesta cilíndrica.

Balde donde se pueda sumergir completamente la cesta.

Horno para materiales.

2.4.10.2. Procedimiento.

1. Se lava y se pone a secar en el horno a temperatura constante de 110 C, se pone a enfriar a temperatura ambiente y se sumerge en un depósito con agua por 24 horas para su saturación.
2. Transcurrido el tiempo de saturación se le vacía el agua y se le va quitando humedad con una tela apropiada hasta conseguir que toda su superficie quede sin agua, pero no seca, sino opaca.
3. Se anota el peso de material en estado saturado superficialmente seco con aproximación de 0.5 gr.
4. Se coloca la muestra pesada en el cestillo de alambre y se determina el peso de la muestra sumergida completamente dentro del balde, conectando el cestillo a la balanza. Esto también se puede realizar mediante la balanza hidrostática. Es importante que no se pierda

absolutamente nada de muestra del material que se pesó en estado saturado superficialmente seco porque distorsionaría los resultados.



Figura 21: Ensayo de Absorción del Agregado Grueso

Fuente: Propio



Figura 22: Ensayo de Peso Específico del Agregado Grueso

Fuente: Propio

5. Se coloca la muestra en el horno a temperatura de 110 C por 16 horas hasta peso constante. Se enfría a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anota su peso.

2.4.10.3. Toma de datos.

Tabla 20: Datos de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)			
I. DATOS			1
1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B)	gr	1511.90
2	Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	0.00
3	Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	1511.90
4	Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C)	gr	953.60
5	Peso de la Tara	gr	0.00
6	Pes de la Tara + Muestra Seca	gr	1501.66
7	Peso de la Muestra Seca (6-5) (A)	gr	1501.66
II. RESULTADOS			
8	Gravedad Especifica Seca ((A/(B-C))	gr/cm ³	2.69
9	Gravedad Especifico Saturada (S.S.S) ((A/B(B-C))	gr/cm ³	2.71
10	Peso Específico Aparente ((A/(A-C))	gr/cm ³	2.74
11	Porcentaje de Absorción ((B-A) /A) *100	%	0.68

Fuente: Propia

2.4.11. Contenido de humedad del agregado grueso.

2.4.11.1. Equipos y materiales.

Balanza.

Horno para m materiales.

Recipientes.

2.4.11.2. Procedimiento.

1. Procedemos a tomar una cantidad adecuada de agregado grueso (CANTERA FIGUEROA) en diferentes recipientes.



Figura 23: Muestra de Agregado Grueso de la Cantera Figueroa.

Fuente: Propia

2. Procedemos a pesarlo en balanza sensible al 0.1 % de peso medido, para agregado fino y para agregado grueso en balanza sensible a 0.5 gr y con capacidad de 5000 gr a más.
3. Luego colocamos los agregados en sus respectivos recipientes al horno a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 24hrs.

2.4.11.3. Toma de datos.

Tabla 21: Datos de Contenido de Humedad del Agregado Grueso

III. HUMEDAD		N°	1
1	Peso de la Tara	gr	0
2	Peso de la Tara + Muestra Húmeda	gr	6500.00
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	6490.00
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	10.00
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	6490.00
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%	0.15

Fuente: Propia

2.4.12. Consistencia del concreto (NTP. 339.045).

2.4.12.1. Procedimiento.

1. Para determinar la consistencia del concreto se ha realizado el ensayo de consistencia, en donde se determina el revenimiento en pulgadas.

2. Se ha colocado el cono de Abrahams sobre una superficie plana y humedecida, para después sujetarla bien y verter una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
3. Enseguida se coloca las otras dos capas, repitiendo el mismo proceso al culminar cada capa, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
4. Al culminar la tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación.
5. Después se retira el molde levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.
6. Se determina la diferencia entre la altura del molde y la altura media de la cara libre del cono deformado, obteniendo así el revenimiento en una medida de longitud.
7. En la presente tesis se ha considerado determinar una medición por cada serie de vaciado que se ha realizado.



Figura 24: Verificación del SLUMP en la mezcla

Fuente: Propia

2.4.12.2. Toma de datos.

Tabla 22: Datos de SLUMP de las Mezclas

SLUMP	Probeta con 0% de CBCA	Probeta con 5% de CBCA	Probeta con 10% de CBCA	Probeta con 15% de CBCA	Probeta con 20% de CBCA	Trabajabilidad
0" a 2"	-	-	-	-	-	
3" a 4"	3.07"	3.10"	3.13"	3.17"	3.18"	Trabajable
> 5"	-	-	-	-	-	

Fuente: Propia.

2.4.13. Elaboración de probetas de concreto.

2.4.13.1. Elaboración de probetas de concreto tradicional y con ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%.

2.4.13.1.1. Procedimiento.

1. Se engraso los moldes y se verifico que estén buen estado, como desmoldante para los moldes se utilizó aceite y una brocha.



Figura 25: Moldes de las Probetas Cilíndricas.

Fuente: Propia

2. Se midió el revenimiento del concreto. Se llenó cada probeta en 3 capas con un mismo volumen de concreto. Después de completar cada capa se

procedió a compactar con la varilla lisa de ½” dando 25 golpes por capa atravesando toda su profundidad.



Figura 26: Vaciado de Materiales a la Mezcladora de Concreto

Fuente: Propia



Figura 27: Proceso de Mezclado del Concreto.

Fuente: Propia



Figura 28: Medición del Revenimiento del concreto.

Fuente: Propia

3. Después de que cada capa fue varillada, se golpeó de 10 a 15 veces las paredes externas del molde con el martillo de goma, con el propósito de acomodar la mezcla y eliminar el aire que pudo quedar atrapado.
4. Se enraso en la parte superior con la varilla de compactación y con el badilejo se aliso la superficie.



Figura 29: Enrase y alisamiento de superficie de probetas

Fuente: Propia

5. Se colocó los moldes en una superficie plana y firme, lugar donde se quedaron hasta que se desmolden.



Figura 30: Probetas de Concreto listas para ser almacenadas

Fuente: Propia

6. Inmediatamente después del moldeo y acabado de la superficie, los especímenes se almacenaron por un periodo de 24 horas en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los mismos, para posteriormente desmoldar las probetas de concreto y curarlas en la piscina de inmersión.



Figura 31: Desmoldado de Probetas

Fuente: Propia



Figura 32: Probetas siendo curadas en las piscinas de inmersión

Fuente: Propia

2.4.13.2. Ensayo de compresión uniaxial.

2.4.13.2.1. Procedimiento.

1. Se tomaron como testigos para el ensayo de compresión uniaxial a los especímenes cilíndricos (briquetas) elaborados con concreto de resistencia 210 Kg/cm², dichos especímenes tuvieron dimensiones de 15x30 cm.
2. Se procedió a medir el diámetro de los especímenes cilíndricos en los extremos del mismo, se tomó dos anotaciones por cada lado, orientándose así 4 lecturas del diámetro para posteriormente promediarlas y hallar el área de contacto.
3. Se colocó los cabezales con neopreno a cada extremo de los especímenes, esto con el fin de uniformizar la carga en las superficies de contacto de la probeta, ya que esta podría presentar irregularidades en su textura que podrían variar los resultados.

4. Se procedió al montaje de los especímenes en la prensa de compresión y se realizó el ensayo, que consiste en esforzar los especímenes hasta que se produzca la falla de estos.
5. Posteriormente se anotó la máxima carga aplicada y se observó el tipo de falla que produjeron los especímenes de concreto.



Figura 33: Realización del ensayo de Compresión Uniaxial

Fuente: Propia

2.4.13.2.2. Toma de datos.

- Concreto Patrón a los 7 días.

Tabla 23: Datos Concreto Patrón a los 7 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kg-f)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	0% DE CBCA	14.97	14.95	15.13	14.94	15.00	45840.00
2	0% DE CBCA	14.98	15.00	15.01	15.00	15.00	39930.00
3	0% DE CBCA	14.97	14.96	14.98	15.00	14.98	47510.00
4	0% DE CBCA	14.98	15.00	15.07	15.00	15.01	46130.00
5	0% DE CBCA	14.97	15.00	15.12	14.95	15.01	46980.00

Fuente: Propia.

- Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 7 Días.

Tabla 24: Datos Concreto Adicionado con 5% de CBCA, 7 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	5% DE CBCA	15.09	15.09	15.00	15.20	15.10	50580.00
2	5% DE CBCA	15.06	15.07	14.94	15.08	15.04	50680.00
3	5% DE CBCA	15.10	15.03	14.90	15.30	15.08	50660.00
4	5% DE CBCA	15.12	15.07	15.03	15.05	15.07	49440.00
5	5% DE CBCA	15.07	15.07	15.10	15,1	15.08	51190.00

Fuente: Propia.

- Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 7 Días.

Tabla 25: Datos Concreto Adicionado con 10% de CBCA, 7 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	10% DE CBCA	14.96	14.92	14.91	15.12	14.98	39370.00
2	10% DE CBCA	15.00	15.00	15.16	15.10	15.07	42970.00
3	10% DE CBCA	14.98	14.97	14.96	15.20	15.03	39910.00
4	10% DE CBCA	15.04	14.94	15.05	15.11	15.04	41230.00
5	10% DE CBCA	14.98	15.00	15.20	15.04	15.06	41850.00

Fuente: Propia.

- Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 7 Días.

Tabla 26: Datos Concreto Adicionado con 15% de CBCA, 7 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	15% DE CBCA	15.09	15.06	15.00	15.14	15.07	36290.00
2	15% DE CBCA	15.10	15.04	15.50	14.88	15.13	36330.00
3	15% DE CBCA	15.03	15.02	15.01	15.25	15.08	37790.00
4	15% DE CBCA	15.03	15.06	15.32	15.37	15.20	35230.00
5	15% DE CBCA	15.09	15.10	15.33	15.20	15.18	37490.00

Fuente: Propia.

- Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 7 Días.

Tabla 27: Datos Concreto Adicionado con 20% de CBCA, 7 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	20% DE CBCA	15.10	15.02	15.05	15.20	15.09	34230.00
2	20% DE CBCA	15.08	15.10	15.17	15.00	15.09	31320.00
3	20% DE CBCA	15.10	15.07	15.18	14.98	15.08	33050.00
4	20% DE CBCA	15.10	15.10	15.10	15.20	15.13	34490.00
5	20% DE CBCA	15.06	15.12	15.00	15.11	15.07	32870.00

Fuente: Propia

- Concreto Patrón a los 14 días.

Tabla 28: Datos Concreto Patrón a los 14 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kg-f)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	0% DE CBCA	14.97	15.05	15.00	15.00	15.01	51020.00
2	0% DE CBCA	14.90	15.20	15.00	15.00	15.03	48890.00
3	0% DE CBCA	15.10	15.07	15.00	15.00	15.04	54080.00
4	0% DE CBCA	15.20	14.90	15.00	15.10	15.05	52240.00
5	0% DE CBCA	14.95	15.05	15.00	15.05	15.01	53980.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 14 Días.

Tabla 29: Datos Concreto Adicionado con 5% CBCA, 14 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	5% DE CBCA	15.07	15.20	15.08	15.03	15.10	56270.00
2	5% DE CBCA	15.08	15.11	15.11	15.02	15.08	56190.00
3	5% DE CBCA	14.94	15.06	15.06	15.05	15.03	55230.00
4	5% DE CBCA	14.96	15.22	15.05	15.08	15.08	53010.00
5	5% DE CBCA	14.96	15.25	15.08	15.07	15.09	57050.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 14 Días.

Tabla 30: Datos Concreto Adicionado con 10% CBCA, 14 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	10% DE CBCA	15.00	15.16	14.94	15.10	15.05	45820.00
2	10% DE CBCA	14.97	15.22	14.96	15.00	15.04	48110.00
3	10% DE CBCA	15.08	15.12	15.00	15.04	15.06	48770.00
4	10% DE CBCA	15.03	15.00	14.04	15.01	14.77	47290.00
5	10% DE CBCA	14.80	15.20	14.95	14.97	14.98	46360.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 14 Días.

Tabla 31: Datos Concreto Adicionado con 15% CBCA, 14 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	15% DE CBCA	15.10	15.12	15.10	15.10	15.11	40460.00
2	15% DE CBCA	15.12	15.17	15.08	15.07	15.11	39730.00
3	15% DE CBCA	15.14	15.00	15.08	15.08	15.08	42740.00
4	15% DE CBCA	15.03	15.10	15.02	15.08	15.06	41090.00
5	15% DE CBCA	14.97	15.11	15.03	15.04	15.04	41120.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 14 Días.

Tabla 32: Datos Concreto Adicionado con 20% CBCA, 14 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	20% DE CBCA	15.07	15.17	15.08	15.05	15.09	39820.00
2	20% DE CBCA	15.00	15.14	15.00	15.03	15.04	37670.00
3	20% DE CBCA	15.12	15.00	15.02	15.07	15.05	37840.00
4	20% DE CBCA	14.83	15.30	15.01	15.10	15.06	38580.00
5	20% DE CBCA	14.92	15.09	14.95	15.05	15.00	37460.00

Fuente: Propia

- Concreto Patrón a los 21 días.

Tabla 33: Datos Concreto Patrón a los 21 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	0% DE CBCA	15.10	15.18	15.09	15.08	15.11	56010.00
2	0% DE CBCA	15.20	15.00	15.04	15.10	15.09	52900.00
3	0% DE CBCA	15.10	15.20	15.05	15.09	15.11	56620.00
4	0% DE CBCA	14.95	15.15	15.10	15.06	15.07	56890.00
5	0% DE CBCA	15.12	15.10	15.06	15.02	15.08	56710.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 21 Días.

Tabla 34: Datos Concreto Adicionado con 5% CBCA, 21 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	5% DE CBCA	14.96	15.03	14.98	14.90	14.97	63090.00
2	5% DE CBCA	14.97	15.10	14.96	14.90	14.98	58230.00
3	5% DE CBCA	14.84	15.09	14.93	14.91	14.94	59020.00
4	5% DE CBCA	14.95	15.10	14.98	14.90	14.98	57770.00
5	5% DE CBCA	14.70	15.20	14.98	14.92	14.95	60380.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 21 Días.

Tabla 35: Datos Concreto Adicionado con 10% CBCA, 21 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	10% DE CBCA	15.13	15.30	15.05	15.10	15.15	51674.00
2	10% DE CBCA	15.04	15.28	15.10	15.10	15.13	50150.00
3	10% DE CBCA	15.12	15.12	15.10	15.09	15.11	51190.00
4	10% DE CBCA	15.12	15.13	15.10	15.12	15.12	51260.00
5	10% DE CBCA	15.18	15.20	15.10	15.03	15.13	49210.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 21 Días.

Tabla 36: Datos Concreto Adicionado con 15% CBCA, 21 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	15% DE CBCA	14.98	15.00	14.96	15.00	14.99	43720.00
2	15% DE CBCA	14.96	15.10	14.98	15.00	15.01	42510.00
3	15% DE CBCA	14.93	15.10	14.97	15.02	15.01	43260.00
4	15% DE CBCA	14.90	15.10	14.90	14.98	14.97	44420.00
5	15% DE CBCA	14.95	14.96	14.93	14.96	14.95	46180.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 21 Días.

Tabla 37: Datos Concreto Adicionado con 20% CBCA, 21 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	20% DE CBCA	15.00	15.05	14.90	15.00	14.99	44550.00
2	20% DE CBCA	14.85	15.00	15.00	15.00	14.96	43290.00
3	20% DE CBCA	15.20	14.98	15.00	14.90	15.02	40380.00
4	20% DE CBCA	15.04	15.20	15.10	15.00	15.09	42070.00
5	20% DE CBCA	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	43410.00

Fuente: Propia

- Concreto Patrón a los 28 días.

Tabla 38: Datos Concreto Patrón a los 28 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	0% DE CBCA	15.18	14.95	15.00	15.00	15.03	57110.00
2	0% DE CBCA	15.05	15.00	14.97	15.02	15.01	55531.00
3	0% DE CBCA	14.89	15.20	15.00	15.00	15.02	56560.00
4	0% DE CBCA	15.00	15.11	15.00	15.00	15.03	60480.00
5	0% DE CBCA	14.60	15.25	14.98	15.05	14.97	58230.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 28 Días.

Tabla 39: Datos Concreto Adicionado con 5% CBCA, 28 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	5% DE CBCA	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	62970.00
2	5% DE CBCA	15.10	15.00	15.00	15.00	15.03	60610.00
3	5% DE CBCA	15.10	14.98	14.95	15.00	15.01	61910.00
4	5% DE CBCA	15.00	15.10	15.03	15.00	15.03	64248.00
5	5% DE CBCA	15.12	14.97	15.02	14.96	15.02	61249.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 28 Días.

Tabla 40: Datos Concreto Adicionado con 10% CBCA, 28 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	10% DE CBCA	14.91	15.29	15.00	15.00	15.05	54280.00
2	10% DE CBCA	15.05	15.15	15.09	15.01	15.08	53180.00
3	10% DE CBCA	15.08	15.15	15.00	15.00	15.06	52620.00
4	10% DE CBCA	15.08	15.01	15.00	15.00	15.02	52060.00
5	10% DE CBCA	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	55320.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 28 Días.

Tabla 41: Datos Concreto Adicionado con 15% CBCA, 28 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	15% DE CBCA	15.18	14.91	15.00	15.00	15.02	45980.00
2	15% DE CBCA	15.20	15.00	15.09	14.95	15.06	45190.00
3	15% DE CBCA	15.06	15.05	14.99	15.03	15.03	47270.00
4	15% DE CBCA	15.20	14.85	15.06	14.90	15.00	47090.00
5	15% DE CBCA	14.80	15.15	15.00	15.07	15.01	45580.00

Fuente: Propia

- Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 28 Días.

Tabla 42: Datos Concreto Adicionado con 20% CBCA, 28 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)
		DIAM SUP		DIAM INF			
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)		
1	20% DE CBCA	14.78	15.25	15.00	14.99	15.01	45570.00
2	20% DE CBCA	15.20	14.91	15.00	15.00	15.03	46450.00
3	20% DE CBCA	14.99	14.98	14.98	15.00	14.99	45110.00
4	20% DE CBCA	15.09	15.09	15.00	15.00	15.05	47240.00
5	20% DE CBCA	14.99	15.00	15.00	15.05	15.01	41690.00

Fuente: Propia

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Granulometría del agregado fino.

2.5.1.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para poder tener el análisis granulométrico tenemos que procesar los datos obtenidos, para ello utilizamos las siguientes formulas:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de material retenido en tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

2.5.1.2 Análisis de la prueba.

Al realizar la granulometría del agregado fino de la cantera FIGUEROA se encontró que si cumple los requisitos que exige la norma, una de ellas es la curva granulométrica la cual se encuentra dentro de los parámetros exigidos por lo tanto nuestra curva granulométrica cumple todos los requisitos, como se puede apreciar en la figura 34.

2.5.1.3. Diagramas y tablas.

Tabla 43: Análisis Granulométrico del Agregado Fino

ANALISIS GRANULOMETRICO COMO SIGUE:

Peso Muestra 3413.00 gr.

TAMIZ	PESO	%	%	%	%QUE PASA	
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	RETENIDO ACUMULADO	MIN	MAX
			100.00			
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
4	0.00	0.00	100.00	0.00	95.00	100.00
8	343.00	10.05	89.95	10.05	80.00	100.00
16	545.00	15.97	73.98	26.02	50.00	85.00
30	966.00	28.30	45.68	54.32	25.00	60.00
50	939.00	27.51	18.17	81.83	10.00	30.00
100	353.00	10.34	7.82	92.18	2.00	10.00
FONDO	267.00	7.82	0.00	100.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

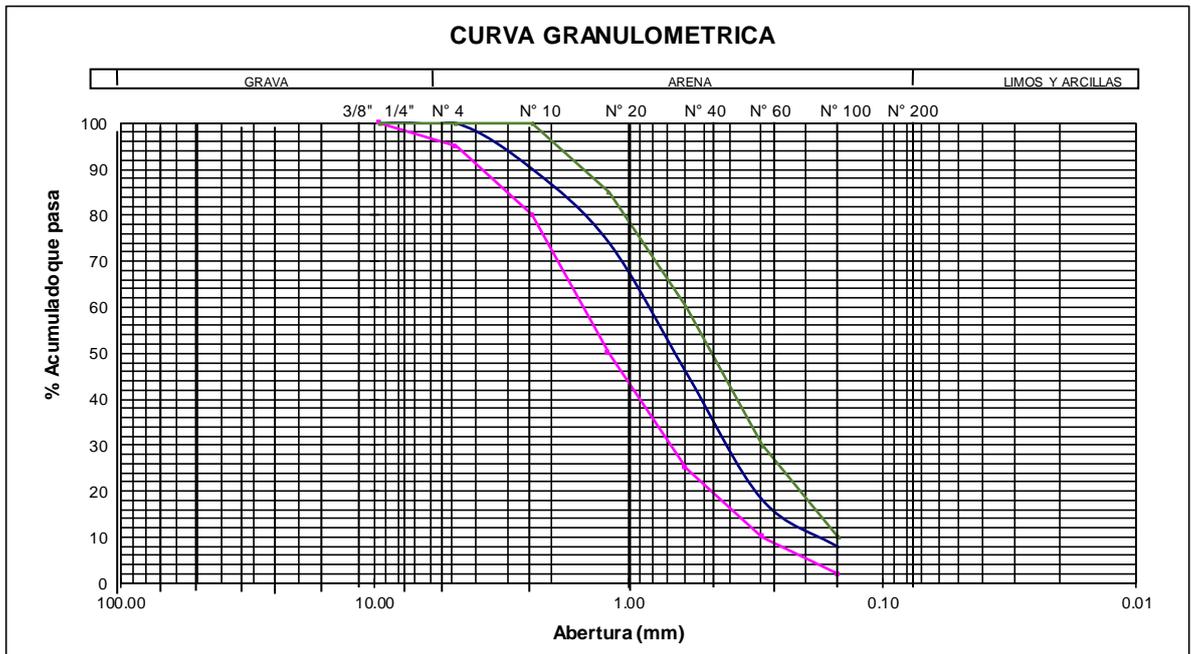


Figura 34: Curva Granulométrica del Agregado Fino.

Fuente: Propia

2.5.2. Módulo de finura del agregado fino.

2.5.2.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Este se calcula de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices estándares divididos entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenidos acumulados}}{100}$$

2.5.2.2. Análisis de la prueba.

El módulo de fineza es el resultado de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados realizados en la granulometría del agregado fino entre cien, es por ello que al realizar nuestra prueba tenemos 2.64 de módulo de fineza.

2.5.2.3. Diagramas y tablas.

Tabla 44: Datos para obtener el Módulo de Fineza.

ANALISIS GRANULOMETRICO COMO SIGUE:

Peso Muestra 3413.00 gr.

TAMIZ	PESO	%	%	%	% QUE PASA	
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	RETENIDO ACUMULADO	MIN	MAX
			100.00			
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
4	0.00	0.00	100.00	0.00	95.00	100.00
8	343.00	10.05	89.95	10.05	80.00	100.00
16	545.00	15.97	73.98	26.02	50.00	85.00
30	966.00	28.30	45.68	54.32	25.00	60.00
50	939.00	27.51	18.17	81.83	10.00	30.00
100	353.00	10.34	7.82	92.18	2.00	10.00
FONDO	267.00	7.82	0.00	100.00	0.00	0.00

$$MF = 2.64$$

Fuente: Propia

2.5.3. Granulometría del agregado grueso.

2.5.3.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para poder tener el análisis granulométrico tenemos que procesar los datos obtenidos, para ello utilizamos las siguientes formulas:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de material retenido en tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

2.5.3.2. Análisis de la prueba.

Para realizar la prueba de granulometría del agregado grueso se realizó con material de la cantera de Vicho, el cual al ser analizado cumplía con los parámetros exigidos por la norma y se encuentra dentro de la curva granulometría estándar.

2.5.3.3. Diagramas y tablas.

Tabla 45: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

TAMIZ	PESO	%	%	%	%	%
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN.	MAX.
2 1/2"			100.00	0.00		
2"			100.00	0.00		
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00		
1 "	0.00	0.00	100.00	0.00		
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	90	100
1/2"	3664.00	56.46	43.54	56.46	20	55
3/8"	1658.00	25.55	18.00	82.00	0	15
Nro. 4	1142.00	17.60	0.40	99.60	0	5
Nro. 8	0.00	0.00	0.40	99.60		
FONDO	26.00	0.40	0.00	100.00		

Fuente: Propia

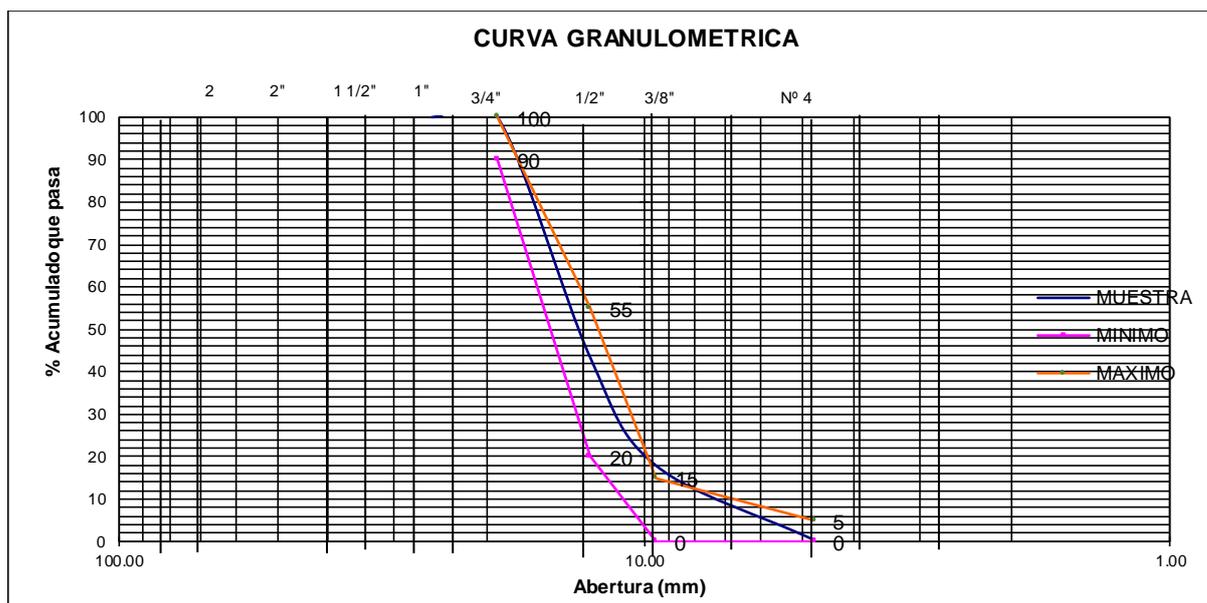


Figura 35: Curva Granulométrica del Agregado Grueso

Fuente: Propia

2.5.4. Porcentaje de humedad del agregado fino.

2.5.4.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para poder determinar el contenido de humedad del agregado fino se utilizará los datos obtenidos anteriormente y la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{W_o}{W} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad ponderada} = \% \text{ humedad} \times \frac{\% \text{ agregado}}{100}$$

2.5.4.2. Diagramas y tablas.

Tabla 46: Contenido de Humedad en el Agregado Fino.

III. HUMEDAD			N°	
1	Peso de la Tara	gr		0
2	Peso de la Tara + Muestra Húmeda	gr		6000.00
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr		5928.00
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr		72.00
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr		5928.00
6	Contenido de Humedad (4/5) *100	%		1.21

Fuente: Propia

2.5.4.3. Análisis de la prueba.

El contenido de humedad del agregado fino se realizó con material de la cantera de Figueroa el cual contiene 1.21% de porcentaje de humedad.

2.5.5. Porcentaje de humedad del agregado grueso.

2.5.5.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para poder determinar el contenido de humedad del agregado grueso se utilizará los datos obtenidos anteriormente y la siguiente formula:

$$\%H = \frac{W_o}{W} \times 100$$

2.5.5.2. Análisis de la prueba.

El contenido de humedad del agregado grueso se realizó con material de la cantera de Figueroa el cual contiene 0.15% de porcentaje de humedad.

2.5.5.3. Diagramas y tablas.

Tabla 47: Contenido de Humedad en el Agregado Grueso.

III. HUMEDAD		N°	1
1	Peso de la Tara	gr	0
2	Peso de la Tara + Muestra Húmeda	gr	6500.00
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	6490.00
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	10.00
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	6490.00
6	Contenido de Humedad (4/5)* 100	%	0.15

Fuente: Propia

2.5.6. Peso específico y absorción del agregado fino.

2.5.6.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para determinar el peso específico y absorción del agregado fino se utilizará los datos obtenidos anteriormente y las siguientes formulas:

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - VA)} \times 100$$

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

2.5.6.2. Análisis de la prueba.

El peso específico del agregado fino es el resultado del peso seco de muestra entre el volumen de la fiola menos peso en gramos de agua añadida, todo multiplicado por cien, es decir obtuvimos 2.67 de peso específico.

En cuanto a la absorción del agregado fino, este es el resultado de 500 menos el peso de la muestra seca entre la muestra seca multiplicado por cien, teniendo así un resultado de 1.04.

2.5.6.3. Diagramas y tablas.

Tabla 48: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (N.T.P. 400.022 ASTM C-128)

MUESTRA: ARENA GRUESA

I. DATOS

			1
1	Peso de la Arena Seca (A)	gr	245.74
2	Peso de la fiola + Agua hasta marca (B)	gr	1320.46
3	Peso de la fiola + Arena sss + Agua hasta marca (C)	gr	1475.86
4	Peso de la Arena sss (S)	gr	248.30

II. RESULTADOS

5	Densidad muestra seca ((A/(B+S-C))	gr/cm ³	2.65
6	Densidad muestra sss ((S/(B+S-C))	gr/cm ³	2.67
7	Densidad aparente ((A/(B+A-C))	gr/cm ³	2.72
8	Porcentaje de Absorción ((S-A)/A)*100	%	1.04

Fuente: Propia

2.5.7. Peso específico y absorción del agregado grueso.

2.5.7.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para determinar el peso específico y absorción del agregado fino se utilizará los datos obtenidos anteriormente y las siguientes formulas:

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - VA)} \times 100$$

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

2.5.7.2. Análisis de la prueba.

El peso específico del agregado fino es el resultado del peso seco de muestra entre el volumen de la fiola menos peso en gramos de agua añadida, todo multiplicado por cien, es decir obtuvimos 2.71 de peso específico y en cuanto a la absorción del agregado fino, este es el resultado de 500 menos el peso de la muestra seca entre la muestra seca multiplicado por cien, teniendo así un resultado de 0.68.

2.5.7.3. Diagramas y tablas.

Tabla 49: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso.

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)			
I. DATOS			1
1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B)	gr	1511.90
2	Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	0.00
3	Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	1511.90
4	Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C)	gr	953.60
5	Peso de la Tara	gr	0.00
6	Pes de la Tara + Muestra Seca	gr	1501.66
7	Peso de la Muestra Seca (6-5) (A)	gr	1501.66
II. RESULTADOS			
8	Gravedad Especifica Seca ((A/(B-C))	gr/cm ³	2.69
9	Gravedad Especifico Saturada (S.S.S) ((A/B(B-C))	gr/cm ³	2.71
10	Peso Específico Aparente ((A/(A-C))	gr/cm ³	2.74
11	Porcentaje de Absorción ((B-A)/A)*100	%	0.68

Fuente: Propia

2.5.8. Peso unitario del agregado fino.

2.5.8.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para poder determinar el peso unitario de agregado grueso utilizaremos los datos obtenidos anteriormente y la siguiente formula:

$$P_u = \frac{P_a}{V}$$

2.5.8.2. Análisis de la prueba.

El peso unitario suelto del agregado fino es el resultado del peso de la muestra apisonada entre el volumen del recipiente, teniendo así un resultado de 1539 Kg/m³ y el peso unitario compacto del agregado fino es el resultado del peso de la muestra apisonada entre el volumen del recipiente, teniendo así un resultado de 1721 Kg/m³.

2.5.8.3. Diagramas y tablas.

Tabla 50: Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino.

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (N.T.P. 400.017 ASTM C-29)

I. PESO UNITARIO SUELTO			ARENA GRUESA		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6077	6113	6106
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4294	4330	4323
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m ³	1532	1544	1542
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m ³	1539		

II. PESO UNITARIO COMPACTO			ARENA GRUESA		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6597	6603	6623
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4814	4820	4840
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.C	kg/m ³	1717	1719	1726
7	Promedio P.U.S. Compacto	kg/m ³	1721		

Fuente: Propia

2.5.9. Peso unitario del agregado grueso.

2.5.9.1. Procesamiento o cálculo de la prueba.

Para poder determinar el peso unitario de agregado grueso utilizaremos los datos obtenidos anteriormente y la siguiente formula:

$$P_u = \frac{P_a}{V}$$

2.5.9.2. Análisis de la prueba.

El peso unitario suelto del agregado grueso es el resultado del peso de la muestra apisonada entre el volumen del recipiente, teniendo así un resultado de 1313 Kg/m³ y el peso unitario compacto del agregado grueso es el resultado del peso de la muestra apisonada entre el volumen del recipiente, teniendo así un resultado de 1460 Kg/m³.

2.5.9.3. Diagramas y tablas.

Tabla 51: Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso.

I. PESO UNITARIO SUELTO			PIEDRA CHANCADA T.M.N 1/2"		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	24291	24382	24371
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	18452.3	18543.3	18532.3
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m ³	1309	1316	1315
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m ³	1313		

II. PESO UNITARIO COMPACTO			PIEDRA CHANCADA T.M.N 1/2"		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	26534	26416	26292
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	20695.3	20577.3	20453.3
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C	kg/m ³	1468	1460	1451
7	Promedio P.U.S.Compacto	kg/m ³	1460		

Fuente: Propia

2.5.10. Diseño de mezclas del concreto.

En este paso se procede a diseñar una mezcla de concreto, cuya resistencia a la compresión, es de $f'c$ 210 kg/cm², asumiendo que la elaboración del concreto va a tener un grado de control bueno. Las condiciones de obra requieren una mezcla fluida. El concreto no será expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire incorporado) ni contendrá aditivos.

El método usado en nuestro diseño de mezclas es el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.

2.5.10.1. Características físicas y mecánicas de los componentes del concreto.

Mediante los ensayos realizados con anterioridad a los componentes del concreto, se ha obtenido los siguientes datos, siendo de mucha importancia para la realización del diseño de mezclas.

2.5.10.2. Pasos del diseño de mezclas.

2.5.10.2.1 Método ACI.

En el estudio no se cuenta con información suficiente para el cálculo de la desviación estándar.

Resistencia de diseño:

$$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Resistencia promedio:

$$f_{cr} = f_c + 84$$

$$f_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

El tamaño máximo nominal (TMN) es donde ocurre el primer retenido del agregado grueso.

$$\text{T.M.N} = 1/2''$$

Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" & 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" & 4"	228	218	203	193	181	169	143	124
6" & 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado								
1" & 2"	181	173	168	160	150	142	122	107
3" & 4"	202	193	184	173	165	157	133	119
6" & 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Figura 36: Agua de Diseño, Método ACI.

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva López

De acuerdo con la figura 36 el Agua de diseño es: 218 l/m³

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Figura 37: Aire atrapado, Método ACI.

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva López

De acuerdo con la figura 37 el Aire atrapado es: 2.5 %

Para obtener la relación a/c se va a tener que interpolar entre los valores que se muestra en el cuadro:

f'_{cr} (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43
450	0.38

Figura 38: Relación a/c de diseño en peso, Método ACI

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva López

Relación a/c: 0.56

Factor cemento: 376.07 kg/m³ ó 8.85 bol/m³

Módulo de finura del agregado fino, se calcula en base a la granulometría del agregado fino, se obtiene del acumulado retenido.

Módulo F. AF: 2.65

Para obtener el valor del volumen del agregado grueso, seco y compactado se va a tener que interpolar entre los siguientes valores:

Cuadro: Volumen del agregado grueso, seco y compactado de diseño

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finiza del fino.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Figura 39: Volumen del agregado grueso, seco y compactado de diseño, Método ACI.

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva López

Vol. AG.SC: 0.565 m³Peso S.AG: 824.9 kg/m³Vol. AF: 0.343 m³Peso S.AF: 932.96 kg/m³

Pesos de los materiales en estado seco

Cemento	peso seco A. F	peso seco A. G	agua diseño
376.07 kg	932.96 kg	824.9 kg	210 L

Corrección de los materiales por humedad

Peso H. AF: 944.25 kg/m³Peso H. AG: 826.14 kg/m³Agua efecto: 212.78 lt/m³

Proporción en pesos húmedos de los materiales

1 : 2.51 : 2.20 : 24.05 LT/SACO

Cantidad de materiales para una tanda de 1 pie³

1 PIE ³ :	0.0283 m ³
Peso CEM:	10.65 kg
Peso H. AF:	26.74 kg
Peso H. AG:	23.39 kg
Agua efect:	6.03 lt

2.5.10.2.2 Método Walker.

RESISTENCIA PROMEDIO

$$f_{cr} = f_c + 84 \text{ donde } f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{T.M.N:} \quad 1/2''$$

$$\text{AGUA D:} \quad 210 \text{ l/m}^3$$

$$\text{AIRE ATRAP.:} \quad 2.5 \%$$

$$\text{Relación a/c:} \quad 0.56$$

$$\text{F.C:} \quad 376.07 \text{ kg/m}^3 \text{ ó } 8.85 \text{ bol/m}^3$$

$$\text{MF.AF:} \quad 2.65$$

Para obtener el porcentaje del volumen del agregado fino del agregado angular se va a tener que extrapolar los valores señalados en el siguiente cuadro:

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.3 á 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.6 á 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 3.0 á 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

Figura 40: Porcentaje del volumen del agregado fino de diseño, Método ACI.

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva López

Porcentaje volumen del AF.	51.3 %
Volumen del AF + AG	0.6445 m ³
Volum AF:	0.3306 m ³
Volum AG:	0.3139 m ³
Peso sec AF:	899.31 kg/m ³
Peso sec AG:	860.01 kg/m ³

CORRECCION POR HUMEDAD

Peso h. AF:	910.19 kg/m ³
Peso h. AG:	861.30 kg/m ³
Agua efec:	213.03 kg/m ³

PROPORCION EN PESO

1 : 2.42 : 2.29 : 24.07 LT/SACO

VOLUMEN DE LA TANDA 1 PIE3

1 PIE3 = 0.0283168 m³
 PESO CEM: 10.65 kg
 PESO H. AF: 25.77 kg
 PESO H. AG: 24.35 kg
 AGUA EFECT: 6.03 lt

2.5.9.2.3 Método Fuller.

RESISTENCIA PROMEDIO

$f_{cr} = f_c + 84$ donde $f_c = 210$ kg/cm²

$f_{cr} = 294$ kg/cm²

T.M.N: 1/2"
 AGUA D: 210 l/m³
 AIRE ATRAP.: 2.5 %
 Relación a/c: 0.56
 F.C: 376.07 kg/m³ ó 8.85 bol/m³
 MF.AF: 2.65

El porcentaje del agregado fino es producto de la ecuación y la granulometría de los agregados fino y grueso que pasan por el tamiz N°4

% DE AGREGADO FINO VOL	49.79 %
Volumen del AF + AG	0.6445 m ³
Volum AF:	0.3209 m ³
Volum AG:	0.3236 m ³
Peso sec AF:	872.84 kg/m ³
Peso sec AG:	886.67 kg/m ³

CORRECCION POR HUMEDAD

PESO H. AF: 883.40 kg/m³
 PESO H. AG: 888.00 kg/m³
 AGUA EFECT: 213.22

PROPORCION EN PESO

1 : 2.35 : 2.36 : 24.10 LT/SACO

VOLUMEN DE LA TANDA 1 PIE3

1 PIE3 :	0.0283168 m ³
PESO CEM	10.65 kg
PESO H. AF:	25.02 kg
PESO H. AG:	25.11 kg
AGUA EFECT	6.04 lt

2.5.10.2.4 Método módulo de fineza de la combinación de agregados.

RESISTENCIA PROMEDIO

$f_{cr} = f_c + 84$ donde $f_c = 210$ kg/cm²
 $f_{cr} = 294$ kg/cm²

T.M.N:	1/2"
AGUA D:	210 l/m ³
AIRE ATRAP.:	2.5 %
Relación a/c:	0.56
F.C:	376.07 kg/m ³ ó 8.85 bols/m ³
MF.AF:	2.65

Se va a interpolar los valores para obtener el módulo de finura de la combinación de agregados, y de ahí aplicar la formula expresada para dicho método:

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Módulo de finiza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Figura 41: Módulo de finiza de la combinación de agregados para obtener mejores condiciones de trabajabilidad.

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva López

% DE AGREGADO FINO VOL	57.03 %
Volumen del AF + AG:	0.6444 m ³
Volum. AF:	0.3675 m ³
Volum. AG:	0.2769 m ³
Peso sec AF:	999.60 kg/m ³
Peso sec AG:	758.70 kg/m ³

CORRECCION POR HUMEDAD

PESO H. AF:	1011.70 kg/m ³
PESO H. AG:	759.84 kg/m ³
AGUA EFECT:	212.32 Lt/m ³

PROPORCION EN PESO

1 : 2.69 : 2.02 : 23.99 LT/SACO

VOLUMEN DE LA TANDA 1 PIE³

1 PIE ³ =	0.0283168	m ³
PESO CEM:	10.65	kg
PESO H. AF:	28.65	kg
PESO H. AG:	21.48	kg
AGUA EFECT:	6.01	lt

Resumen de los diseños de mezcla para una tanda de un pie cubico para su preparación en el laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Hermilio Valdizan.

Tabla 52: Cantidad de Materiales para el Concreto Patrón

MATERIALES PARA UN PIE CUBICO				
Materiales	Método ACI	Método Walker	Método Fuller	Método MFCA
cemento (kg)	10.65	10.65	10.65	10.65
arena (kg)	26.74	25.77	25.02	28.65
piedra (kg)	23.39	24.35	25.11	21.48
agua (lt)	6.03	6.03	6.04	6.01

Fuente: Propia

2.5.11. Análisis del revenimiento del concreto.

Después de haber determinado el revenimiento de cada tipo de concreto, se ha determinado un promedio para cada dosificación:

Tabla 53: SLUMP de las cinco mezclas de Concreto.

SLUMP	Probeta con 0% de CBCA	Probeta con 5% de CBCA	Probeta con 10% de CBCA	Probeta con 15% de CBCA	Probeta con 20% de CBCA	Trabajabilidad
0" a 2"	-	-	-	-	-	
3" a 4"	3.07"	3.10"	3.13"	3.17"	3.18"	Trabajable
> 5"	-	-	-	-	-	

Fuente: Propia.

2.5.12. Análisis de la resistencia a la compresión.

2.5.12.1 Resistencia promedio del concreto patrón a los 7 días.

Tabla 54: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 7 días.

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	0% DE CBCA	14.97	14.95	15.13	14.94	15.00	45840.00	259.49	256.26	17.38
2	0% DE CBCA	14.98	15.00	15.01	15.00	15.00	39930.00	226.03		
3	0% DE CBCA	14.97	14.96	14.98	15.00	14.98	47510.00	269.66		
4	0% DE CBCA	14.98	15.00	15.07	15.00	15.01	46130.00	260.61		
5	0% DE CBCA	14.97	15.00	15.12	14.95	15.01	46980.00	265.50		

Fuente: Propia

2.5.12.2 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 7 días.

Tabla 55: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 7 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	5% DE CBCA	15.09	15.09	15.00	15.20	15.10	50580.00	282.63	283.09	3.60
2	5% DE CBCA	15.06	15.07	14.94	15.08	15.04	50680.00	285.36		
3	5% DE CBCA	15.10	15.03	14.90	15.30	15.08	50660.00	283.55		
4	5% DE CBCA	15.12	15.07	15.03	15.05	15.07	49440.00	277.27		
5	5% DE CBCA	15.07	15.07	15.10	15,1	15.08	51190.00	286.61		

Fuente: Propia

2.5.12.3 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 7 días

Tabla 56: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 7 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	10% DE CBCA	14.96	14.92	14.91	15.12	14.98	39370.00	223.46	231.37	7.27
2	10% DE CBCA	15.00	15.00	15.16	15.10	15.07	42970.00	241.07		
3	10% DE CBCA	14.98	14.97	14.96	15.20	15.03	39910.00	225.02		
4	10% DE CBCA	15.04	14.94	15.05	15.11	15.04	41230.00	232.23		
5	10% DE CBCA	14.98	15.00	15.20	15.04	15.06	41850.00	235.10		

Fuente: Propia

2.5.12.4 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 7 días.

Tabla 57: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 7 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	15% DE CBCA	15.09	15.06	15.00	15.14	15.07	36290.00	203.39	203.71	6.46
2	15% DE CBCA	15.10	15.04	15.50	14.88	15.13	36330.00	202.07		
3	15% DE CBCA	15.03	15.02	15.01	15.25	15.08	37790.00	211.65		
4	15% DE CBCA	15.03	15.06	15.32	15.37	15.20	35230.00	194.28		
5	15% DE CBCA	15.09	15.10	15.33	15.20	15.18	37490.00	207.15		

Fuente: Propia

2.5.12.5 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 7 días.

Tabla 58: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 7 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	20% DE CBCA	15.10	15.02	15.05	15.20	15.09	34230.00	191.34	185.54	6.78
2	20% DE CBCA	15.08	15.10	15.17	15.00	15.09	31320.00	175.19		
3	20% DE CBCA	15.10	15.07	15.18	14.98	15.08	33050.00	184.98		
4	20% DE CBCA	15.10	15.10	15.10	15.20	15.13	34490.00	191.96		
5	20% DE CBCA	15.06	15.12	15.00	15.11	15.07	32870.00	184.22		

Fuente: Propia

2.5.12.6 Resistencia promedio del concreto patrón a los 14 días.

Tabla 59: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 14 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	0% DE CBCA	14.97	15.05	15.00	15.00	15.01	51020.00	288.52	293.44	12.13
2	0% DE CBCA	14.90	15.20	15.00	15.00	15.03	48890.00	275.74		
3	0% DE CBCA	15.10	15.07	15.00	15.00	15.04	54080.00	304.30		
4	0% DE CBCA	15.20	14.90	15.00	15.10	15.05	52240.00	293.66		
5	0% DE CBCA	14.95	15.05	15.00	15.05	15.01	53980.00	304.96		

Fuente: Propia

2.5.12.7 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 14 días.

Tabla 60: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 14 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	5% DE CBCA	15.07	15.20	15.08	15.03	15.10	56270.00	314.43	311.27	8.48
2	5% DE CBCA	15.08	15.11	15.11	15.02	15.08	56190.00	314.61		
3	5% DE CBCA	14.94	15.06	15.06	15.05	15.03	55230.00	311.40		
4	5% DE CBCA	14.96	15.22	15.05	15.08	15.08	53010.00	296.90		
5	5% DE CBCA	14.96	15.25	15.08	15.07	15.09	57050.00	319.00		

Fuente: Propia

2.5.12.8 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 14 días.

Tabla 61: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 14 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	10% DE CBCA	15.00	15.16	14.94	15.10	15.05	45820.00	257.57	268.26	7.73
2	10% DE CBCA	14.97	15.22	14.96	15.00	15.04	48110.00	270.89		
3	10% DE CBCA	15.08	15.12	15.00	15.04	15.06	48770.00	273.79		
4	10% DE CBCA	15.03	15.00	14.04	15.01	14.77	47290.00	276.01		
5	10% DE CBCA	14.80	15.20	14.95	14.97	14.98	46360.00	263.04		

Fuente: Propia

2.5.12.9 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 14 días.

Tabla 62: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 14 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	15% DE CBCA	15.10	15.12	15.10	15.10	15.11	40460.00	225.78	229.82	6.73
2	15% DE CBCA	15.12	15.17	15.08	15.07	15.11	39730.00	221.56		
3	15% DE CBCA	15.14	15.00	15.08	15.08	15.08	42740.00	239.46		
4	15% DE CBCA	15.03	15.10	15.02	15.08	15.06	41090.00	230.75		
5	15% DE CBCA	14.97	15.11	15.03	15.04	15.04	41120.00	231.53		

Fuente: Propia

2.5.12.10 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 14 días.

Tabla 63: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 14 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	20% DE CBCA	15.07	15.17	15.08	15.05	15.09	39820.00	222.58	215.14	4.59
2	20% DE CBCA	15.00	15.14	15.00	15.03	15.04	37670.00	211.97		
3	20% DE CBCA	15.12	15.00	15.02	15.07	15.05	37840.00	212.64		
4	20% DE CBCA	14.83	15.30	15.01	15.10	15.06	38580.00	216.58		
5	20% DE CBCA	14.92	15.09	14.95	15.05	15.00	37460.00	211.91		

Fuente: Propia

2.5.12.11 Resistencia promedio del concreto patrón a los 21 días

Tabla 64: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 21 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	0% DE CBCA	15.10	15.18	15.09	15.08	15.11	56010.00	312.25	312.18	9.41
2	0% DE CBCA	15.20	15.00	15.04	15.10	15.09	52900.00	295.99		
3	0% DE CBCA	15.10	15.20	15.05	15.09	15.11	56620.00	315.76		
4	0% DE CBCA	14.95	15.15	15.10	15.06	15.07	56890.00	319.16		
5	0% DE CBCA	15.12	15.10	15.06	15.02	15.08	56710.00	317.73		

Fuente: Propia

2.5.12.12 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 21 días.

Tabla 65: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 21 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	5% DE CBCA	14.96	15.03	14.98	14.90	14.97	63090.00	358.57	339.41	12.42
2	5% DE CBCA	14.97	15.10	14.96	14.90	14.98	58230.00	330.28		
3	5% DE CBCA	14.84	15.09	14.93	14.91	14.94	59020.00	336.56		
4	5% DE CBCA	14.95	15.10	14.98	14.90	14.98	57770.00	327.68		
5	5% DE CBCA	14.70	15.20	14.98	14.92	14.95	60380.00	343.97		

Fuente: Propia

2.5.12.13 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 21 días.

Tabla 66: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 21 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	10% DE CBCA	15.13	15.30	15.05	15.10	15.15	51674.00	286.84	282.14	5.60
2	10% DE CBCA	15.04	15.28	15.10	15.10	15.13	50150.00	278.94		
3	10% DE CBCA	15.12	15.12	15.10	15.09	15.11	51190.00	285.57		
4	10% DE CBCA	15.12	15.13	15.10	15.12	15.12	51260.00	285.58		
5	10% DE CBCA	15.18	15.20	15.10	15.03	15.13	49210.00	273.80		

Fuente: Propia

2.5.12.14 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 21 días.

Tabla 67: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 21 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	15% DE CBCA	14.98	15.00	14.96	15.00	14.99	43720.00	247.90	249.65	8.72
2	15% DE CBCA	14.96	15.10	14.98	15.00	15.01	42510.00	240.24		
3	15% DE CBCA	14.93	15.10	14.97	15.02	15.01	43260.00	244.64		
4	15% DE CBCA	14.90	15.10	14.90	14.98	14.97	44420.00	252.37		
5	15% DE CBCA	14.95	14.96	14.93	14.96	14.95	46180.00	263.08		

Fuente: Propia

2.5.12.15 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 21 días.

Tabla 68: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 21 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	20% DE CBCA	15.00	15.05	14.90	15.00	14.99	44550.00	252.52	240.88	9.55
2	20% DE CBCA	14.85	15.00	15.00	15.00	14.96	43290.00	246.20		
3	20% DE CBCA	15.20	14.98	15.00	14.90	15.02	40380.00	227.90		
4	20% DE CBCA	15.04	15.20	15.10	15.00	15.09	42070.00	235.39		
5	20% DE CBCA	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	43410.00	242.41		

Fuente: Propia

2.5.12.16 Resistencia promedio del concreto patrón a los 28 días.

Tabla 69: Resistencia Promedio del Concreto Patrón a los 28 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	0% DE CBCA	15.18	14.95	15.00	15.00	15.03	57110.00	321.78	325.31	10.72
2	0% DE CBCA	15.05	15.00	14.97	15.02	15.01	55531.00	313.82		
3	0% DE CBCA	14.89	15.20	15.00	15.00	15.02	56560.00	319.11		
4	0% DE CBCA	15.00	15.11	15.00	15.00	15.03	60480.00	341.00		
5	0% DE CBCA	14.60	15.25	14.98	15.05	14.97	58230.00	330.84		

Fuente: Propia

2.5.12.17 Resistencia promedio del concreto adicionado con 5% de CBCA a los 28 días.

Tabla 70: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 5% de CBCA a los 28 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	5% DE CBCA	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	62970.00	356.34	351.19	8.08
2	5% DE CBCA	15.10	15.00	15.00	15.00	15.03	60610.00	341.84		
3	5% DE CBCA	15.10	14.98	14.95	15.00	15.01	61910.00	349.99		
4	5% DE CBCA	15.00	15.10	15.03	15.00	15.03	64248.00	362.00		
5	5% DE CBCA	15.12	14.97	15.02	14.96	15.02	61249.00	345.79		

Fuente: Propia

2.5.12.18 Resistencia promedio del concreto adicionado con 10% de CBCA a los 28 días.

Tabla 71: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 10% de CBCA a los 28 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	10% DE CBCA	14.91	15.29	15.00	15.00	15.05	54280.00	305.12	301.07	7.98
2	10% DE CBCA	15.05	15.15	15.09	15.01	15.08	53180.00	297.95		
3	10% DE CBCA	15.08	15.15	15.00	15.00	15.06	52620.00	295.50		
4	10% DE CBCA	15.08	15.01	15.00	15.00	15.02	52060.00	293.72		
5	10% DE CBCA	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	55320.00	313.05		

Fuente: Propia

2.5.12.19 Resistencia promedio del concreto adicionado con 15% de CBCA a los 28 días.

Tabla 72: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 15% de CBCA a los 28 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	15% DE CBCA	15.18	14.91	15.00	15.00	15.02	45980.00	259.41	260.72	5.56
2	15% DE CBCA	15.20	15.00	15.09	14.95	15.06	45190.00	253.69		
3	15% DE CBCA	15.06	15.05	14.99	15.03	15.03	47270.00	266.34		
4	15% DE CBCA	15.20	14.85	15.06	14.90	15.00	47090.00	266.39		
5	15% DE CBCA	14.80	15.15	15.00	15.07	15.01	45580.00	257.76		

Fuente: Propia

2.5.12.20 Resistencia promedio del concreto adicionado con 20% de CBCA a los 28 días.

Tabla 73: Resistencia Promedio del Concreto Adicionado con 20% de CBCA a los 28 días

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES DEL CILINDRO				DIAM PROM (cm)	MAXIMA CARGA DE PRUEBA (Kgf)	ESFUERZO ABSOLUTO (Kgf/cm ²)	Rc Promedio (Kgf/cm ²)	σ
		DIAM SUP		DIAM INF						
		D1(cm)	D2(cm)	D1(cm)	D2(cm)					
1	20% DE CBCA	14.78	15.25	15.00	14.99	15.01	45570.00	257.70	255.32	11.68
2	20% DE CBCA	15.20	14.91	15.00	15.00	15.03	46450.00	261.89		
3	20% DE CBCA	14.99	14.98	14.98	15.00	14.99	45110.00	255.70		
4	20% DE CBCA	15.09	15.09	15.00	15.00	15.05	47240.00	265.73		
5	20% DE CBCA	14.99	15.00	15.00	15.05	15.01	41690.00	235.60		

Fuente: Propia

Capítulo III: Discusión de Resultados

3.1. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 días

Tabla 74: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 7 días.

IDENTIFICACION DE MUESTRAS	Resistencia (Kgf/cm2)	Porcentaje %
7 días con 0% CBCA	256.26	100.00%
7 días con 5% CBCA	283.09	110.47%
7 días con 10% CBCA	231.37	90.29%
7 días con 15% CBCA	203.71	79.49%
7 días con 20% CBCA	185.54	72.40%

Fuente: Propia

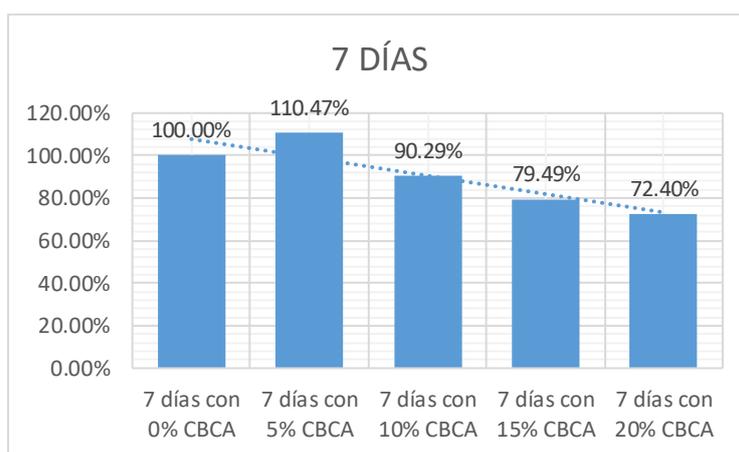


Figura 42: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 7 días

Fuente: Propia

3.2. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 14 días

Tabla 75: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 14 días.

IDENTIFICACION DE MUESTRAS	Resistencia (Kgf/cm ²)	Porcentaje %
14 días con 0% CBCA	293.44	100.00%
14 días con 5% CBCA	311.27	106.08%
14 días con 10% CBCA	268.26	91.42%
14 días con 15% CBCA	229.82	78.32%
14 días con 20% CBCA	215.14	73.32%

Fuente: Propia



Figura 43: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 14 días.

Fuente: Propia

3.3. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 21 días

Tabla 76: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 21 días.

IDENTIFICACION DE MUESTRAS	Resistencia (Kgf/cm ²)	Porcentaje %
21 días con 0% CBCA	312.18	100.00%
21 días con 5% CBCA	339.41	108.72%
21 días con 10% CBCA	282.14	90.38%
21 días con 15% CBCA	249.65	79.97%
21 días con 20% CBCA	240.88	77.16%

Fuente: Propia

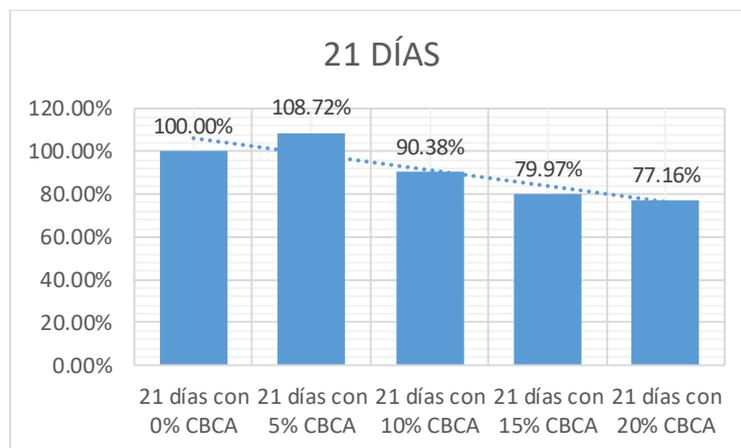


Figura 44: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 21 días.

Fuente: Propia

3.4. Comparación de resistencias del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días

Tabla 77: Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 28 días.

IDENTIFICACION DE MUESTRAS	Resistencia (Kgf/cm ²)	Porcentaje %
28 días con 0% CBCA	325.31	100.00%
28 días con 5% CBCA	351.19	107.96%
28 días con 10% CBCA	301.07	92.55%
28 días con 15% CBCA	260.72	80.14%
28 días con 20% CBCA	255.32	78.49%

Fuente: Propia

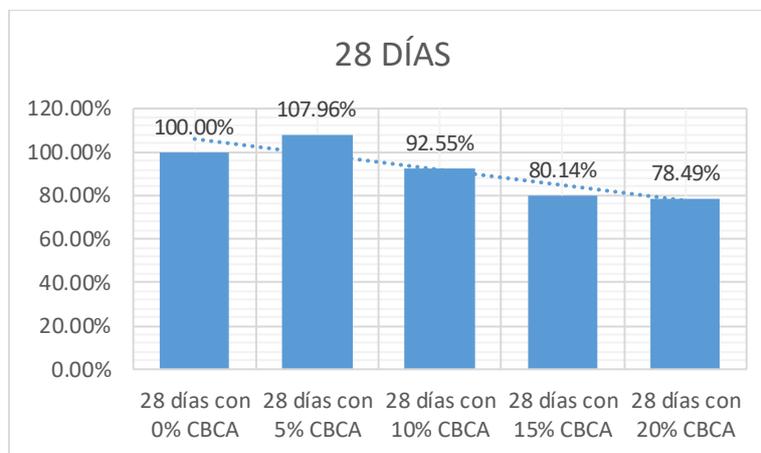


Figura 45: Diagrama de Barras de la Comparación de resistencias del concreto patrón respecto al concreto adicionado con CBCA en porcentajes 5%, 10%, 15% y 20% a los 28 días.

Fuente: Propia

3.5. Comparación de la evolución de la resistencia del concreto patrón y del concreto con ceniza de bagazo de la caña de azúcar. al 5%, 10%, 15% y 20%

Tabla 78: Comparación Entre Adiciones De CBCA Y Porcentajes De Crecimiento De Acuerdo Con Su Edad

COMPARACION ENTRE ADICIONES DE CBCA Y PORCENTAJES DE CRECIMIENTO DE ACUERDO CON SU EDAD								
% CBCA	7 DÍAS		14 DÍAS		21 DÍAS		28 DÍAS	
	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%
0%	256.26	100.00%	293.44	100.00%	312.18	100.00%	325.31	100.00%
5%	283.09	110.47%	311.27	106.08%	339.41	108.72%	351.19	107.96%
10%	231.37	90.29%	268.26	91.42%	282.14	90.38%	301.07	92.55%
15%	203.71	79.49%	229.82	78.32%	249.65	79.97%	260.72	80.14%
20%	185.54	72.40%	215.14	73.32%	240.88	77.16%	255.32	78.49%

Fuente: Propia

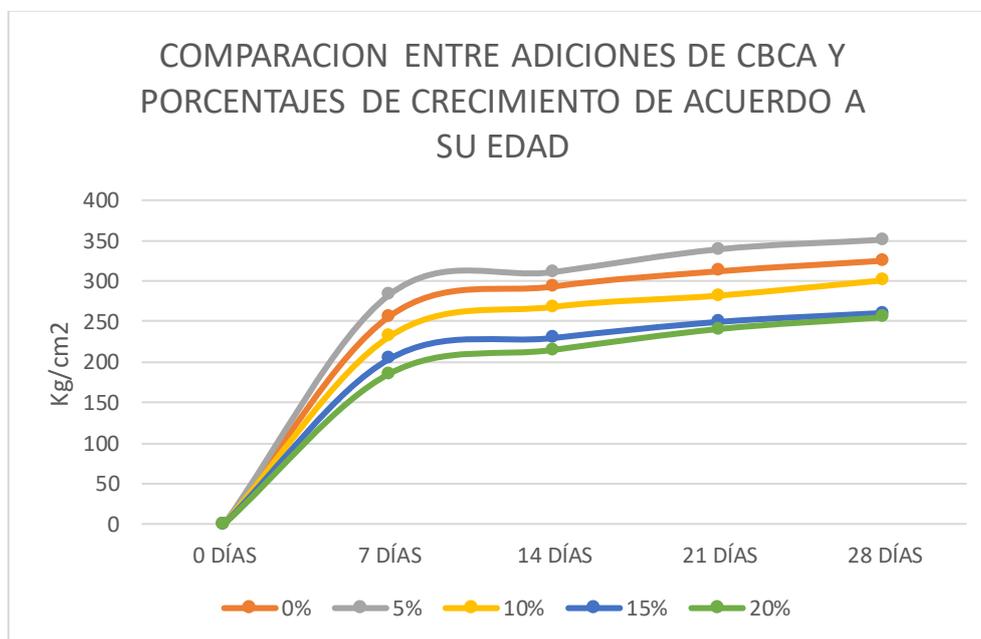


Figura 46: Comparación Entre Adiciones De CBCA Y Porcentajes De Crecimiento De Acuerdo Con Su Edad

Fuente: Propia

Se puede apreciar que el concreto con 5% de CBCA es el que mejores resultados obtuvo llegando hasta una resistencia de 351.19 kg/cm² a los 28 días, el segundo con mejores resultados es el concreto patrón el cual obtuvo una resistencia de 325.31 kg/cm² a los 28 días, posteriormente el concreto con 10% de CBCA obtuvo una resistencia de 301.07 kg/cm² a los 28 días, así mismo el concreto con 15% de CBCA obtuvo una resistencia de 260.72 kg/cm² a los 28 días y finalmente el concreto con 20% de CBCA obtuvo una resistencia de 255.32 kg/cm² a los 28 días, como podemos observar todas las mezclas alcanzaron resistencias aceptables superando el diseño de mezcla de 210 kg/cm², sin embargo solo el concreto con 5% de CBCA pudo obtener una mejor resistencia que el concreto patrón, en resumen, se tiene que:

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 7 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 10.47%, y una disminución de -9.71%, -20.51% y -27.60%, respectivamente con respecto al concreto patrón. (Ver tabla 78)

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 14 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 6.08%, y una disminución de -8.58%, -21.68% y -26.68%, respectivamente con respecto al concreto patrón. (Ver tabla 78)

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 21 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 8.72%, y una disminución de -9.62%, -20.03% y -22.84%, respectivamente con respecto al concreto patrón. (Ver tabla 78)

La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 28 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 7.96%, y una disminución de -7.45%, -19.86% y -21.51%, respectivamente con respecto al concreto patrón. (Ver tabla 78)

Conclusiones

Conclusión N° 01:

La hipótesis general fue demostrada parcialmente ya que dicha hipótesis versa que: “Con la adición de la ceniza del bagazo de caña de azúcar a la mezcla del concreto mejorara la resistencia de la misma”, sin embargo, las resistencias obtenidas en los concretos añadidos con ceniza de bagazo de caña de azúcar fueron mayores que la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón solo cuando esta contiene el 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Conclusión N° 02:

Se logró demostrar mediante los ensayos que las propiedades de los agregados fino y grueso que fueron obtenidos de la cantera Figueroa cumplen con las diferentes normas técnicas peruanas, considerando que el rol de estos es trascendental para la exactitud y la calidad del diseño de mezcla.

Conclusión N° 03:

Se logró demostrar mediante el cálculo de cuatro diseños de mezclas donde la cantidad de materiales difieren por poco, que usando el método de módulo de finura de la combinación de agregados se cumple con el asentamiento adecuado de 3 a 4 pulgadas por tener el agregado grueso de menos cantidad y así también evitar cangrejeras en nuestras probetas.

Conclusión N° 04:

El porcentaje óptimo para el uso de la CBCA fue el de 5%, donde la resistencia es mayor en un 7.96% en comparación con el concreto patrón y pudiendo llegar a incrementar dicho porcentaje en el transcurso del tiempo.

Conclusión N° 05:

En los análisis de resultado nos damos cuenta de que la CBCA mejora la resistencia solo cuando el concreto contiene 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, pero es una buena alternativa de reemplazo del cemento ya que todos los demás porcentajes de CBCA superan la resistencia de diseño que fue 210kg/cm^2 . (Ver tabla 78)

Sugerencias

Sugerencia N° 01:

Se recomienda usar una mascarilla al momento de trabajar con la ceniza de bagazo de caña de azúcar ya que al ser partículas tan finas al momento de cernirlas por los tamices aspiras gran cantidad de este material, lo cual puede traer consecuencias negativas al sistema respiratorio.

Sugerencia N° 02:

Se recomienda realizar un estudio de la influencia de la ceniza de ceniza de bagazo de caña de azúcar en el desarrollo de la resistencia a la flexión del concreto, ya que en la presente investigación se analizó la resistencia a la compresión.

Sugerencia N° 03:

Se recomienda realizar un estudio de la influencia de la ceniza de ceniza de bagazo de caña de azúcar al reemplazarla como agregado fino, ya que en la presente investigación se analizó su influencia al usarlo en reemplazo del cemento.

Sugerencia N° 04:

Se recomienda realizar un estudio de cuanto contribuiría con el medio ambiente usar la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la construcción, ya que hemos probado que al usarla en reemplazo del cemento en distintas proporciones los ensayos de resistencia tuvieron resultados aceptables.

Sugerencia N° 05:

Se recomienda realizar un análisis de costos del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar, ya que los resultados fueron positivos.

Bibliografía

APAZA, D. (2018). Durabilidad Del Concreto Elaborado En Base A La Ceniza Del Bagazo De Caña De Azúcar (CBCA) Con Cemento Portland, Ante Agentes Agresivos. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima - Perú.

CALDERON, L. y MARTINEZ, S. (2017). Influencia Del Tamaño De Partícula Y Del Porcentaje De Reemplazo De Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar (CBCA) Por Cemento Portland Tipo I Sobre La Resistencia A La Compresión, Actividad Puzolánica, Y Reactividad Alkali - Sílice En Morteros Modificados. Universidad Nacional De Trujillo, Perú.

CHÁVEZ, C. (2017). Empleo De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar (CBCA) Como Sustituto Porcentual Del Agregado Fino En La Elaboración Del Concreto Hidráulico. Universidad Nacional De Cajamarca, Perú.

COYASAMIN, O. (2016). Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión Del Hormigón Tradicional, Con Hormigón Adicionado Con Cenizas De Cáscara De Arroz (CCA) Y Hormigón Adicionado Con Cenizas De Bagazo De Caña De Azúcar (CBC). Universidad Técnica De Ambato, Ecuador.

DIAZ FARFÁN, J. (2000). Tecnología del Concreto. Cusco-Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú.

E.060. (2006). NTP. E.060 Concreto Armado. Lima-Perú: Diario El Peruano.

GANOZA, G. y MACEDA, P. (2017). Influencia Del Porcentaje De Ceniza Volante Clase C En El Potencial De Corrosión Del Acero A615 Embebido En Concreto Fabricado Con Cemento Portland Tipo I. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú.

INDECOPI. (1999). NTP. 339.034. Lima: El Peruano.

INDECOPI. (2001). NTP. 300.079. Lima: El Peruano.

INDECOPI. (2001). NTP. 400.012. Lima: El Peruano.

INDECOPI. (2002). NTP. 300.078. Lima: El Peruano.

JARA, R. y PALACIOS, R. (2015). Utilización De La Ceniza De Bagazo De Caña De Azúcar (CBCA) Como Sustituto Porcentual Del Cemento En La Elaboración De Ladrillos De Concreto. Universidad Nacional del Santa, Ancash - Perú.

PASQUEL CARBAJAL, E. (1998). Tópicos de Tecnología de Concreto. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.

PÉREZ, H. (2014). Efecto De La Ceniza De Cáscara De Arroz Sobre La Resistencia A La Compresión Del Concreto Normal. Universidad Nacional De Cajamarca, Perú.

RIOS, E. (2011) Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico. (Tesis). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Veracruzana.

RIVVA LÓPEZ (2010). Tecnología del concreto. Lima.

RIVVA, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. Lima: Capítulo peruano ACI.

TARRILLO, H. (2015). Comportamiento De La Resistencia Mecánica Del Concreto Con Fibra De Bagazo De Caña De Azúcar. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo - Perú.

SAMPIERI, H. (2010). Metodología De La Investigación. México: Mc Draw Hill.

Anexos

Panel fotográfico



Fotografía 1: Se observa al tesista vaciando la piedra al recipiente metálico con agarraderas.



Fotografía 2: Se aplica el procedimiento del varillado de 25 golpes a cada tercio del recipiente.



Fotografía 3: Se observa la nivelación de la superficie con la varilla de apisonado.



Fotografía 4: Se observa al tesista pesando la muestra para obtener el Peso Unitario Compacto.



Fotografía 5: Se observa al tesista vaciando la arena gruesa al recipiente metálico con agarraderas.



Fotografía 6: Se aplica el procedimiento del varillado de 25 golpes a cada tercio del recipiente.



Fotografía 7: Se observa la nivelación de la superficie con la varilla de apisonado.



Fotografía 8: Se observa al tesista pesando la muestra para obtener el Peso Unitario Compacto.



Fotografía 9: Se observa al tesista recolectando una muestra para llevarla al horno.



Fotografía 10: Se observa el pesado de la muestra de piedra chancada.



Fotografía 11: Podemos visualizar la puesta de la muestra al horno por 24 h.



Fotografía 12: Se observa el pesado de la muestra de arena gruesa.



Fotografía 13: Se visualiza las dos muestras en el horno para su posterior análisis granulométrico.



Fotografía 14: Se distingue al tesista realizando el ensayo granulométrico de la muestra de arena.



Fotografía 15: Se distingue al tesista realizando el ensayo granulométrico de la muestra de piedra.



Fotografía 16: Se visualiza el material retenido en las mallas luego del ensayo granulométrico.



Fotografía 17: Se visualiza al tesista dando los 25 golpes para apisonar la arena en tres capas.



Fotografía 18: Forma cónica terminada que tiene la humedad correspondiente a la condición de superficie seca.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022 ASTM C-128)



Fotografía 19: Se observa la muestra siendo vertida en el picnómetro.



MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022 ASTM C-128)

Fotografía 20: Se observa el proceso de succión del aire presente en el picnómetro.



Fotografía 21: Se sumergió la muestra en agua por 24h y se calculó su peso sumergido.



Fotografía 22: Luego se procedió a secar la misma hasta que la humedad superficial desaparezca.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)



Fotografía 23: Posteriormente se peso la muestra saturada.



Fotografía 24: Se visualiza el ingreso a “El Fundo Pacán”.



Fotografía 25: El horno del Fundo Pacán funciona enteramente con el bagazo de caña de azúcar.



Fotografía 26: Aquí observamos la Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar recolectada.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)



Fotografía 27: Materiales listos para realizar los ensayos en el laboratorio de la UNHEVAL.



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)

Fotografía 28: Vemos el pesaje de los materiales de acuerdo a la proporción dada en el diseño.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)



Fotografía 29: Se observa el pesaje de la piedra chancada $\frac{3}{4}$ " para realizar la mezcla.



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)

Fotografía 30: Se observa el Pesaje de la CBCA tamizada y lista para usarse en la mezcla.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)



Fotografía 31: Se observa la CBCA en dos bolsas debido a su fineza.



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)

Fotografía 32: Se observa la mezcladora de 11p3 a usarse en la preparación de la mezcla



Fotografía 33: Visualizamos el cono de Abrahams el cual nos servirá para hallar el slump.



Fotografía 34: Se visualiza los moldes de plástico que usaremos para las probetas.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)



Fotografía 35: Se visualiza los moldes de plástico que usaremos para las probetas.



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)

Fotografía 36: Observamos al personal introduciendo los materiales a la mezcladora.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)



Fotografía 37: Observamos el peso de la cantidad de agua necesaria para la mezcla.



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)

Fotografía 38: Luego de 2 minutos de mezcla, se le añade el agua.



Fotografía 39: El molde mojado se mantiene firme mientras el personal llena el mismo en 3 capas.



Fotografía 40: Se varillo 25 veces uniformemente en toda la sección transversal por cada capa.



Fotografía 41: Rápidamente se procedió a medir el asentamiento que homogéneamente fue de 3”.



Fotografía 42: Al concluir cada mezcla se procedió al lavado y secado de la mezcladora.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)



Fotografía 43: Al concluir cada mezcla se procedió al lavado y secado de las carretillas buggy.



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)

Fotografía 44: La mezcla se vertió a los moldes en tres capas, cada capa recibió 25 varilladas.

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS
CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT
C-192)**



Fotografía 45: Se visualiza el enrase de las probetas, el cual nos permite una superficie nivelada.



**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS
CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT
C-192)**

Fotografía 46: Observamos las probetas luego de finalizado el vaciado.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)



Fotografía 47: Se observa al tesista junto a las probetas una vez finalizado el vaciado.



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT C-192)

Fotografía 48: Vemos la compresora de aire que nos sirvió para retirar las probetas de los moldes.

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS
CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT
C-192)**



Fotografía 49: Luego de retirarlas se procedió a marcarlas para su posterior identificación.



**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS
CILINDRICAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO (N.T.P. 339.183 ASMT
C-192)**

Fotografía 50: Se observa las probetas en el proceso de curado por inmersión.



Fotografía 51: Observamos un grupo de probetas las cuales se someterán al ensayo de compresión.



Fotografía 52: Observamos los instrumentos usados para tomar los datos de las probetas.



Fotografía 53: Se procedió a medir el diámetro de los especímenes cilíndricos en los extremos.



ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL (N.T.P-339.034 ASTM C-39)

Fotografía 54: Se tomó dos anotaciones por cada lado, orientándose así 4 lecturas del diámetro para posteriormente promediarlas y hallar el área de contacto.



Fotografía 55: Luego se procedió a pesar cada probeta siguiendo con la recolección de datos.



Fotografía 56: Observando que el concreto patrón pesa más que los que contenían ceniza.



Fotografía 57: Se colocó los cabezales con neopreno a cada extremo de los especímenes, esto con el fin de uniformizar la carga en las superficies de contacto de la probeta.



Fotografía 58: Posteriormente se anotó la máxima carga aplicada y se observó el tipo de falla que produjeron los especímenes de concreto.



Fotografía 59: Se procedió al montaje de los especímenes en la prensa de compresión y se realizó el ensayo.



Fotografía 60: Probeta de concreto con ceniza al 20% una falla tipo 4.



Fotografía 61: Probeta de Concreto con Ceniza al 10% con una falla tipo 4.



Fotografía 62: Se colocó los cabezales con neopreno a cada extremo de los especímenes, esto con el fin de uniformizar la carga en las superficies de contacto de la probeta



Fotografía 63: Probeta de Concreto con Ceniza al 5% con una falla tipo 3.

ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL (N.T.P-339.034 ASTM C-39)



Fotografía 64: Probetas de Concreto con Ceniza al 5% con una falla tipo 3

Certificado de calibración de la maquina de ensayos a compresión



LABORATORIO DE METROLOGIA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

1 000 kN

Pág. 1 de 3

ELE INTERNATIONAL

37-4856/09 (INDICADOR) / 36-0690/06 (MARCO)

1887-1-00049 (INDICADOR) / 130200070 (MARCO)

Laboratorio de la UNIV. NAC. HERMILIO VALDIZAN HUANUCO

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

UNIV. NAC. HERMILIO VALDIZAN HUANUCO

AV. UNIVERSITARIA 601 - 607 NRO. 601- URB. CAYHUAYNA HUANUCO - PILLCO MARCA

HUANUCO

T71P / ZSC

150 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / 5M56609

N° INF – LE – 191 – 18

0.060 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2018 – 11 – 21

2018 – 11 – 28

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

3

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Téc. Glimer Huamán Requima

Responsable Laboratorio de Metrología



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 893
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gylaboratorio.com
Correos: ventas@gylaboratorio.com
servicios@gylaboratorio.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC