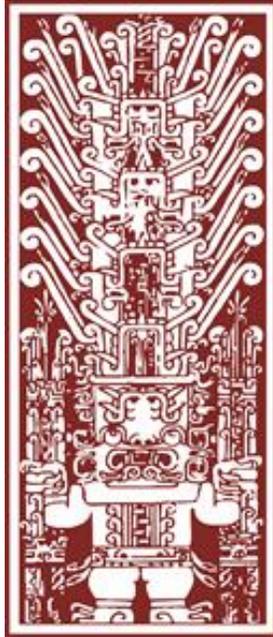


**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TEMA

**“DURABILIDAD DEL CONCRETO ELABORADO EN BASE A LA CENIZA DEL
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA) CON CEMENTO PORTLAND, ANTE
AGENTES AGRESIVOS”**

**TESIS PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

DANNY SAMIR APAZA HITO

LIMA-PERÚ

2018

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios por haber guiado mi camino y cuidado mis pasos en todo momento durante mi etapa de estudiante universitario y por haber concluido satisfactoriamente la carrera de Ingeniería Civil.

Agradezco a mis padres por sus consejos y apoyo a lo largo de mi formación como ciudadano de bien, asimismo a todos mis familiares.

Agradecer a mi alma mater UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL y en especial a mi querida facultad INGENIERIA CIVIL y a toda la plana de docentes e ingenieros por haberme impartido todo los conocimientos y experiencias para mi formación profesional.

Agradecer de manera especial a mi asesor de tesis el Ing. Gustavo Adolfo Aybar Arriola por su contribución y aportes al desarrollo de esta tesis, por su tiempo, consejos y recomendaciones.

Agradecer también al personal del laboratorio de materiales a los laboratoristas, Fredy Villanueva y Natanael Barrueto por el apoyo y la colaboración recibida para la ejecución de todos los ensayos requeridos, así mismo al Ing. Omart Tello Malpartida, jefe del departamento académico por su predisposición para el uso del laboratorio.

También agradecer a la empresa Agro Industrial Paramonga, quienes colaboraron con el suministro de las cenizas de bagazo de caña de azúcar para el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Modesto Apaza y Marina Hito por confiar en mí en todo momento, también por toda la dedicación y el esfuerzo que realizan en la formación y educación de sus hijos.

A mis hermanos Denim, Bryan y Fiorella en especial a mi querido sobrino Rodrigo por ser los motores de superación en una etapa ideal de mi vida para concretar un logro importante, ser Ingeniero Civil.

RESUMEN

Esta investigación que eh desarrollado trata de la producción de concreto mejorado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto de la arena en diferentes porcentajes, además se verificó la durabilidad del concreto utilizando el sulfato de magnesio como agente agresivo y también la resistencia a compresión.

Se procedió a realizar todos los ensayos necesarios en el laboratorio de la UNFV – FIC, iniciando con la determinación de las propiedades físicas de los agregados y cenizas así como los ensayos químicos de la ceniza que fueron analizadas en LABICER – UNI. Esta ceniza proviene directamente de la empresa Agro Industria Paramonga, una vez determinadas todas las propiedades de los agregados se realizó el diseño de mezclas en base al método del comité 211 del ACI.

Concluido el diseño de mezclas se analizó las dosificaciones para la mezcla patrón (mezcla sin ceniza) así como las mezclas con porcentajes asumidos de 5%, 10% y 15% de ceniza como sustitutos del agregado fino respecto al volumen absoluto de la tanda para elaborar el concreto, este concreto fue elaborado con cemento Portland Tipo I y una vez obtenidas las dosificaciones para cada porcentaje de ceniza, se produce el concreto con ceniza y sin ceniza prosiguiendo con los ensayos del concreto fresco para cada dosificación calculada.

Las probetas cilíndricas de ensayo para los concretos diseñados fueron de 6” x 12” asimismo las muestras para el ensayo de durabilidad, cubos de concreto de 3.5 y 5 cm que fueron elaborados en moldes especiales. Se realizó el control de calidad a través de los ensayos de rotura de testigos a la edad de 7, 14 y 28 días y el ensayo de durabilidad de la muestra que se ejecutó de según la NTP 400.016.

Finalmente luego de ser sometidos al ataque acelerado del sulfato de magnesio durante los 5 ciclos de inmersión y secado de los cubos de concreto se determinó la durabilidad del concreto patrón así como del concreto con ceniza de bagazo, también hubo incrementó 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 son directamente proporcionales al incremento de sus resistencia a la compresión.

PALABRA CLAVE: DURABILIDAD DEL CONCRETO.

ABSTRACT

This research that has been developed deals with the production of improved concrete with sugarcane bagasse ash (CBCA) as a substitute for sand in different percentages, in addition the durability of the concrete was verified using magnesium sulphate as an aggressive agent and also the compression resistance

All the necessary tests were carried out in the laboratory of the UNFV - FIC, starting with the determination of the physical properties of the aggregates and ashes as well as the chemical tests of the ash that were analyzed in LABICER - UNI. This ash comes directly from the company Agro Industria Paramonga, once all the properties of the aggregates were determined, the design of mixtures was carried out based on the method of the ACI 211 committee.

Once the mix design was completed, the dosages for the master mix (ashless mix) as well as the mixtures with assumed percentages of 5%, 10% and 15% ash as substitutes of the fine aggregate with respect to the absolute volume of the batch were analyzed. The concrete, this concrete was made with Type I Portland cement and once the dosages for each percentage of ash have been obtained, the concrete is produced with ash and without ash, continuing with the tests of the fresh concrete for each calculated dosage.

The cylindrical test specimens for the designed concretes were 6 "x 12" as well as the samples for the durability test, concrete cubes of 3.5 and 5 cm that were made in special molds. The quality control was carried out through the tests of breakage of witnesses at the age of 7, 14 and 28 days and the test of durability of the sample that was executed according to the NTP 400.016.

Finally, after being subjected to the accelerated attack of magnesium sulphate during the 5 cycles of immersion and drying of the concrete cubes, the durability of the concrete was determined, as well as the concrete with bagasse ash. There was also an increase in the compressive strength of the concrete. Concrete with CBCA with respect to the concrete pattern where the percentages of 5%, 10% and 15% of bagasse ash in the concrete are directly proportional to the increase in their resistance to compression.

KEY WORD: DURABILITY OF THE CONCRETE

INTRODUCCION

La industria de la construcción busca optimizar recursos y emplear materiales que no sean indispensables, se sabe que la construcción forma parte del desarrollo de una sociedad, pero también estos proyectos de construcción son responsables de la generación de residuos contaminantes para el medio ambiente, es por ello que la construcción no es ajena a la problemática del impacto ambiental es así que la ingeniería busca la sostenibilidad en los proyectos.

En ese sentido la construcción como industria busca crear nuevos materiales aprovechando los desechos de otras industrias, así como reciclar materiales lo cual en la actualidad es aplicado en distintos campos de la ciencia, para la construcción se busca materiales alternativos que le brinden valor y mejoren el rendimiento de los materiales como el concreto. La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto de la industria azucarera que en el Perú es utilizado como abono en la agricultura así como residuo contaminante ante un mal uso.

Esta investigación comprende el aprovechamiento y uso de la ceniza en el concreto con cemento Portland, para ello se desarrollara ensayos de resistencia a la compresión del concreto con y sin CBCA, seguidamente muestras del concreto tanto con y sin ceniza pasaran el ensayo de durabilidad de los agregados, sometiéndolos a la interacción con el agente agresivo que para esta tesis es el sulfatos de magnesio, este agente y otras reacciones químicas generalmente se presentan en la costa del Perú debido a la humedad salina que se produce afectando a las estructuras de concreto y edificaciones expuesta a estos ambientes, también se encuentran en la interacción del terreno con la estructura de cimentación es por estas causas objetivo de fabricar un concreto de mucha durabilidad. Existen estudios físicos y químicos de la (CBCA) que demuestran que al ser utilizado como sustituto del cemento el concreto obtenido podrían mejorar su calidad, es por eso que la investigación busca obtener resultados de un concreto de alta durabilidad para ello se diseñaran mezclas para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo en porcentajes óptimos de 5%, 10% y 15% de (CBCA) respecto al agregado fino en volumen.

Asimismo la industria azucarera se encuentra masificado en la costa norte del Perú dentro de los departamentos de Piura, Lambayeque y La Libertad los cuales cuenta con importantes ingenios azucareros, en este último La Libertad es donde mayor es la producción de caña de azúcar, generando miles de toneladas de desechos (bagazo) uno de los residuos o subproductos es la ceniza de bagazo producido de la quema y combustión del bagazo en las calderas.

La ceniza de bagazo no es aprovechado por ninguna otra industria, salvo la agrícola aunque en menor proporción, es por eso que generalmente va a parar al medio ambiente generando impactos negativos en los ecosistemas y afectando también la salud de los pobladores.

Por lo tanto con la investigación sobre el uso del (CBCA) y el cemento Portland en el diseño del concreto podremos determinar los desempeños mecánicos óptimos del concreto así como su durabilidad ante los agentes agresivos, esto favorecerá directamente a los departamentos productores de caña de azúcar ya que se podrá usar la CBCA para los diseños de mezclas por durabilidad y así obtener un concreto mejorado que será usado en elementos estructurales (zapatas, vigas, columnas y otros) que interactúen con agentes agresivos.

Los materiales y ensayos se basa en las normas nacionales e internacionales, mediante los cuales se regulan la realización de pruebas estandarizadas de nuevos concretos para su aplicación en la construcción y edificaciones.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	11
ASPECTOS GENERALES	11
1.1. ASPECTOS INFORMATIVOS	11
1.1.1. TITULO	11
1.1.2. TIPO DE INVESTIGACION	11
1.1.3. UBICACIÓN	11
1.2. PLAN DE INVESTIGACION	11
1.2.1. ANTECEDENTES NACIONALES	11
1.2.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	13
1.2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2.4. OBJETIVOS	15
1.2.4.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.2.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.2.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	16
1.2.6. HIPÓTESIS	16
1.2.7. VARIABLES	16
CAPITULO II	17
MARCO TEORICO	17
2.1. CEMENTO PORTLAND	17
2.1.1. HISTORIA DEL CEMENTO	17
2.1.2. SURGIMIENTO DEL CEMENTO PORTLAND	18
2.1.3. INTRODUCCIÓN DEL CEMENTO EN EL PERÚ	19
2.1.4. MATERIALES QUE CONFORMAN EL CEMENTO PORTLAND	19
2.1.4.1. Caliza	19
2.1.4.2. Arcilla	19
2.1.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO	20
2.1.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO	22
2.1.6.1. Análisis químico	22
2.1.6.2. Efectos de los componentes	24

2.1.7.	TIPOS DE CEMENTO QUE CUMPLEN NORMA PERUANA	25
2.1.7.1.	Cemento Portland	25
2.1.7.2.	Cemento Portland Adicionados	26
2.1.7.3.	Cemento Portland Especificaciones de la Performance	27
2.2.	PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.	28
2.2.1.	PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNDO.	28
2.2.2.	PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERÚ.	29
2.2.3.	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	31
2.2.3.1.	Proceso de producción de la caña de azúcar	31
2.2.3.2.	Producción de caña en la planta de Paramonga	32
2.2.3.3.	Obtención de la CBCA	33
2.2.4.	DETERMINACIÓN DE CLORUROS, SULFATOS Y CARBONATOS EN LA (CBCA)	35
2.3.	CONCRETO	36
2.3.1.	DEFINICIÓN	36
2.3.2.	PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.	36
2.3.2.1.	Trabajabilidad	36
2.3.2.2.	Consistencia	36
2.3.2.3.	Exudación	37
2.3.2.4.	Segregación	37
2.3.2.5.	Peso unitario	37
2.3.3.	PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	37
2.3.3.1.	Resistencia	37
2.3.3.2.	Durabilidad	37
2.3.3.3.	Impermeabilidad	37
CAPITULO III		38
METODOLOGIA		38
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.2.	UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.3.	UNIDAD DEL ANÁLISIS	39
3.4.	VARIABLES PARA EL ANÁLISIS	39
3.5.	ESQUEMA DEL PROCESO DE TRABAJOS EN LABORATORIO	41
3.6.	TÉCNICA DE RECOPIACIÓN DE DATOS	42
3.7.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	42

CAPITULO IV	43
PROCEDIMIENTOS Y EJECUCION PARA LOS ENSAYOS	43
4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	43
4.1.1. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS	43
4.1.1.1. Granulometría del agregado fino	43
4.1.1.2. Granulometría del agregado grueso	48
4.1.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	51
4.1.2.1. Humedad natural del agregado fino	51
4.1.2.2. Humedad natural del agregado grueso	52
4.1.3. DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS	53
4.1.3.1. Peso unitario del agregado fino.	53
4.1.3.1.1. Determinación del peso unitario del agregado suelto.	53
4.1.3.1.2. Determinación del peso unitario del agregado varillado. (ASTM C-29)	55
4.1.3.2. Peso unitario del agregado grueso (piedra chancada).	57
4.1.3.2.1. Determinación del peso unitario del agregado suelto.	57
4.1.3.2.2. Determinación del peso unitario del agregado compactado.	58
4.1.4. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.	61
4.1.4.1. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.	62
4.1.4.2. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.	67
4.1.4.3. Determinación del peso específico de la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA)	70
4.2. PROCEDIMIENTOS PARA LA PREPARACION DE LA CBCA	73
4.2.1. SECADO DE LA CBCA	74
4.3. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI.	77
4.4. DOSIFICACION EN BASE A LA CBCA COMO SUSTITUTO PORCENTUAL DE LA ARENA.	85
4.5. TABLAS CON LAS DOSIFICACIONES REQUERIDAS PARA CADA TANDA	88
4.5.1. Dosificación para el concreto Patrón o concreto sin ceniza.	88
4.5.2. Dosificación para el contenido del 5% de CBCA	90
4.5.3. Dosificación para el contenido del 10% de CBCA	92
4.5.4. Dosificación para el contenido del 15% de CBCA	93
4.6. FABRICACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO	96
4.7. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	97
4.7.1. ENSAYO DE CONSISTENCIA O SLUMP	97

4.7.2.	ENSAYO DEL PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO	99
4.8.	ELABORACION DE LAS PROBETAS DE CONCRETO	102
4.8.1.	ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	102
4.8.2.	CURADO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO	104
4.9.	ELABORACION DE LAS MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE DURABILIDAD.	105
4.10.	ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO	107
4.10.1.	ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	107
4.10.2.	ENSAYO DE DURABILIDAD DEL CONCRETO (NTP 400.016)	109
CAPITULO V		115
RESULTADOS Y ANALISIS		115
5.1.	RESULTADOS DEL ANALISIS DE CLORUROS, SULFATOS Y CARBONATOS DE LA CBCA DE LA AGROINDUSTRIA PARAMONGA	115
5.1.1.	ANALISIS QUIMICO	115
5.2.	RESULTADOS DEL ANALISIS DE LOS AGREGADOS	116
5.3.	RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO	121
5.3.1.	ENSAYO DE CONSISTENCIA O SLUMP	121
5.3.2.	RESULTADOS DEL PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO	121
5.4.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO	122
5.4.1.	RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DE LOS PROBETAS DE CONCRETO	122
5.4.2.	RESULTADOS DEL ENSAYO DE DURABILIDAD DEL CONCRETO ANTE EL AGENTE AGRESIVO SULFATO DE MAGNESIO	124
5.5.	CURVA DE RESISTENCIA DE LOS CONCRETOS	124
PROPUESTA		125
CONCLUSIONES		126
RECOMENDACIONES		128
FUENTES DE CONSULTA		129
ANEXOS		132

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentajes típicos de intervención de los óxidos.	23
Tabla 2 Los compuestos Bogue, sus fórmulas químicas y abreviaturas simbólicas.	23
Tabla 3 Superficie cosechada y cantidad producida de caña.	30
Tabla 4 Producción de caña en el año 2012	32
Tabla 5 Cantidad de ceniza que resulta después del quemado de 7.5 kg de bagazo.	34
Tabla 6 Producción promedio de la ceniza considerando la producción de caña al año.	34
Tabla 7 Cantidad de agentes químicos que contiene la CBCA.	35
Tabla 8 Pesos retenidos en cada tamiz.	46
Tabla 9 Porcentaje de agregado que pasa por cada malla.	46
Tabla 10 Porcentaje retenido en cada malla para determinar el TMN y el TN.	49
Tabla 11 Datos para hallar el contenido de humedad.	52
Tabla 12 Datos para determinar la humedad del agregado grueso.	52
Tabla 13 Resultados de los datos para el diseño de mezclas.	56
Tabla 14 Resumen de datos y resultados obtenidos para cada caso.	61
Tabla 15 Valores calculados de acuerdo a los procedimientos según norma.	64
Tabla 16 Resumen y cálculo de los resultados para el diseño de mezclas.	65
Tabla 17 Resultados de absorción de la arena.	66
Tabla 18 Valores obtenidos de acuerdo a los procesos según norma.	68
Tabla 19 Resumen de resultados y datos para el diseño de mezclas.	69
Tabla 20 Datos y resultado de la absorción de la piedra.	70
Tabla 21 Resumen de datos y obtención de los resultados para las dosificaciones.	73
Tabla 22 Resumen de datos para el diseño de mezcla por el Método ACI.	78
Tabla 23 Para determinar la resistencia a la compresión promedio.	78
Tabla 24 Elección del revenimiento solicitado.	79
Tabla 25 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire según el tamaño máximo del agregado.	80
Tabla 26 Relación agua cemento y la resistencia del concreto.	81
Tabla 27 Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	82
Tabla 28 Determinación del peso absoluto del agregado fino	83
Tabla 29 Dosificación con las correcciones de humedad y absorción.	85
Tabla 30 Intervención de la ceniza en la dosificación con respecto al agregado fino.	85
Tabla 31 Dosificaciones finales para un metro cubico de concreto con ceniza.	86

Tabla 32 Dosificación en peso de la tanda 1.	89
Tabla 33 Dosificación en peso de los agregados para la tanda 2.	89
Tabla 34 Dosificación al 5% de ceniza para la tanda 1.	90
Tabla 35 Dosificación al 5% de ceniza para la tanda 2.	91
Tabla 36 Dosificación en peso al 10% de ceniza para la tanda 1.	92
Tabla 37 Dosificación en peso al 10% de ceniza para la tanda 2.	93
Tabla 38 Dosificación en peso al 15% de ceniza para la tanda 1.	94
Tabla 39 Dosificación en peso al 15% de ceniza para la tanda 2.	95
Tabla 40 Datos de los pesos y los resultados del rendimiento para cada caso.	102
Tabla 41 Registros de las muestras antes de iniciar el ensayo de durabilidad	112
Tabla 42 Cantidad de sulfatos, cloruros y carbonatos que se tiene en la ceniza.	116
Tabla 43 Variación del Slump respecto a los porcentajes de CBCA.	121
Tabla 44 Verificación de rendimientos para cada porcentaje de CBCA.	121
Tabla 45 Esfuerzos de compresión resultantes después de ensayarlas a la edad de 7 días.	122
Tabla 46 Esfuerzos de compresión resultantes después de ensayarlas a la edad de 14 días.	123
Tabla 47 Esfuerzos de compresión resultantes después de ensayarlas a la edad de 28 días.	123
Tabla 48 Peso de las muestras luego de concluir los ensayos de durabilidad.	124
Tabla 49 Incremento en porcentaje de la resistencia a la compresión.	126

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta industrial para fabricar cemento.	20
Figura 2. <i>Los cementos adicionados en el Perú.</i> Fuente: (Biondi Shaw, N.P, pág. 53)	28
Figura 3. Tractores liberando el terreno luego de la cosecha	32
Figura 4. Proceso y etapas de ejecución en el laboratorio de la UNFV-FIC.	41
Figura 5. Muestra del agregado fino en el horno.	44
Figura 6. Peso seco del agregado fino para la granulometría por tamizado.	44
Figura 7. Tamices normalizados para la granulometría.	45
Figura 8. Curva granulométrica del agregado fino.	47
Figura 9. Tamices normalizados en orden para la granulometría del agregado grueso.	48
Figura 10. Muestras retenidas en cada malla para su respectivo pesaje.	49
Figura 11. Curva granulométrica del agregado grueso.	50
Figura 12. Peso del agregado fino.	51
Figura 13. Llenado del agregado suelto en el molde.	54
Figura 14. Llenado completo del molde y se procede a enrasar.	54
Figura 15. Llenado del molde con el agregado para el peso suelto.	57
Figura 16. Peso del molde con la piedra suelta.	58
Figura 17. Proceso de varillado del agregado grueso para obtener el peso varillado.	59
Figura 18. Pesaje del agregado varillado.	60
Figura 19. Selección del material por cuarteo y peso requerido.	62
Figura 20. Muestras respectivas introducidas en las fiolas.	63
Figura 21. Muestra vertida de las fiola.	63
Figura 22. Prueba del cono para hallar el estado óptimo de la arena para determinar el W _{sss} .	64
Figura 23. Agregado grueso en estado saturado superficialmente seco	67
Figura 24. Determinación del peso sumergido de la muestra.	68
Figura 25. Ceniza de bagazo de la caña de azúcar.	71
Figura 26. Peso de la ceniza y fiola.	71
Figura 27. Vertido de la ceniza en un envase.	72
Figura 28. Colocación de la muestra en el horno.	72
Figura 29. Secado de la ceniza de bagazo al aire libre.	74
Figura 30. Tamizado de la ceniza	75
Figura 31. Variabilidad de la ceniza respecto a las mallas.	75
Figura 32. Ceniza a utilizar.	76

	10
Figura 33. Participación de los agregados en porcentaje del concreto sin CBCA.	86
Figura 34. Participación en porcentaje de la ceniza al 5% de CBCA	87
Figura 35. Participación en porcentaje de la ceniza al 5% de CBCA	87
Figura 36. Participación en porcentaje de la ceniza al 15% de CBCA.	88
Figura 37. Agregados para una tanda, piedra, arena y ceniza de bagazo.	96
Figura 38. Preparación, agregando agua a la tanda con los componentes.	97
Figura 39. Cono de Abrams sobre una superficie impermeable	97
Figura 40. Cono a punto de ser retirado para medir el Slump.	98
Figura 41. Medir y tomar la lectura del Slump.	99
Figura 42. Molde para determinar el peso unitario del concreto fresco.	100
Figura 43. Molde lleno de concreto, se procede a enrasar y limpiar.	100
Figura 44. Peso de la muestra para obtener el dato.	101
Figura 45. Llenado con concreto las probetas cilíndricas.	103
Figura 46. Probetas terminadas su preparación.	104
Figura 47. Probetas listas para ser sumergidas para el curado.	104
Figura 48. Muestras en poza de curado.	105
Figura 49. Molde para cubos de 5cm para el ensayo de durabilidad.	106
Figura 50. Muestras de 3.5 y 5 cm para el ensayo de durabilidad en la poza de curado.	106
Figura 51. Testigos al 10% de CBCA, para la toma de medida del diámetro.	108
Figura 52. Testigo lista para ser sometido a carga mecánica.	108
Figura 53. Fijación de puerta e inicio de funcionamiento de la prensa hidráulica de compresión	109
Figura 54. Muestras para el ensayo de Durabilidad, cubos de concreto de 3.5 y 5cm.	110
Figura 55. Peso del sulfato de magnesio según la norma.	111
Figura 56. Disolución del sulfato de magnesio según norma.	111
Figura 57. Muestras para el ensayo de Durabilidad en el horno.	112
Figura 58. Muestras sumergidas en sulfato de magnesio.	113
Figura 59. Muestras de concreto en el horno.	113
Figura 60. Composición química de los compuestos que conforman la CBCA de la Industria Paramonga.	115
Figura 61. Curva de resistencia para cada porcentaje con ceniza y el concreto patrón.	124
Figura 62. Precios del concreto premezclado por metro cubico y resistencia a compresión.	125

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. ASPECTOS INFORMATIVOS

1.1.1. TITULO

“DURABILIDAD DEL CONCRETO ELABORADO EN BASE A CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR, CON CEMENTO PORTLAND ANTE AGENTES AGRESIVOS”

1.1.2. TIPO DE INVESTIGACION

EXPERIMENTAL

1.1.3. UBICACIÓN

DISTRITO : MAGDALENA DEL MAR
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO: LIMA

1.2. PLAN DE INVESTIGACION

1.2.1. ANTECEDENTES NACIONALES

La presente tesis surge debido a la necesidad de obtener un concreto mejorado con alta durabilidad en el tiempo y comportamiento optimo ante agentes agresivos, también en darle valor agregado y aprovechar los desperdicios y/o desechos de las fábricas de azúcar que para esta investigación será la ceniza de bagazo de caña, producidos en calderas a altas temperaturas, además de pretender reducir el impacto medio ambiental que estos desechos generan en los ecosistemas.

El Perú cuenta con importantes ingenios azucareros, tanto como en la costa Norte, Centro y Sur pero la de mayor producción y concentración se encuentra en el Norte del país, siendo los departamentos de La Libertad y Lambayeque donde se concentra el 75% de la producción caña y el resto proviene de Lima, Ancash y Arequipa.

Debido a que la mayor concentración de ingenios se ubica en los departamentos del Norte, esta sería un área geográfica que se beneficiaría mucho con el uso de la (CBCA) en la construcción.

La Libertad y Lambayeque así como parte de Piura sufren altos índices de contaminación en su medio ambiente, a causa de la quema del

bagazo de caña, la región de Lima no es ajeno a la contaminación, en la provincia de Barranca se ubica el distrito de Paramonga en donde existe una planta industrial de producción de azúcar, por ende producción de ceniza de bagazo de caña.

Por eso es que obtener un concreto mejorado contra los agentes agresivos empleando la (CBCA) implicaría aprovechar y darle valor agregado al desperdicio de la planta Paramonga, en cuanto a su población esta podría aprovechar de un concreto especial en sus construcciones así mismo la reducción de la contaminación de su medio ambiente. Sería importante obtener un concreto mejorado y posiblemente económico empleando la ceniza como sustituto de la arena en porcentaje óptimo.

La investigación sobre la durabilidad del concreto aprovechando la ceniza de bagazo como componente nuevo del diseño del concreto mejorado tiene como antecedentes a investigaciones realizadas los cuales nos brindaran de alguna forma información de apoyo para el desarrollo de esta.

(Lopez Ampuero & Mamani Copari, 2017) en su tesis “Influencia del nanosilice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno” en esta investigación elaboraron concreto de alta resistencia para verificar su durabilidad ante el congelamiento y deshielo.

(Jara Rodriguez & Palacios Ambrosio, 2015) en su tesis “Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto”, en la Universidad Nacional del Santa se desarrolló esta investigación donde fabricaron ladrillos de concreto con porcentajes de 10%, 20% y 30% de ceniza de bagazo como sustituto del cemento Portland Tipo I llegaron a la conclusión que la resistencia del ladrillo de albañilería era optimo con el 10% de ceniza.

(Jimenez Chavez, 2016) en su tesis “Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar, UPN 2016” básicamente en esta tesis se

realizó la comparación de la resistencia mecánica a la compresión del concreto con el uso de la ceniza del bagazo de caña que fue obtenido por el mismo investigador en un proceso de incineración controlada del bagazo, concluyendo que la ceniza le proporciono el incremento de la resistencia sobre un concreto normal.

(Calderon Pelaz & Martinez Cabrera, 2017) en su tesis “Influencia del tamaño de partículas 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 puzolanica y reactividad álcali – sílice en morteros modificados” en esta investigación realizaron ensayos de reactividad álcali – sílice para los diferentes porcentajes de ceniza en el mortero.

1.2.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

La innovación no es ajeno a la construcción, encontrar métodos y nuevos materiales para su aplicación en el área es la finalidad, es así que ahora no solo se busca una buena resistencia a la compresión del concreto sino que se mejore su durabilidad, investigaciones sobre estas propiedades en el concreto se han realizado en países como Colombia, México, El salvador entre otros.

(Benitez Andrade, Paiz Urrutia, & Salmeron Vigil, 2015) en su tesis “Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos” en esta tesis no interviene la ceniza del bagazo, pero su tema fundamental es la durabilidad del concreto para ello realizan mezclas de concretos hidráulicos con los cementos de tipo GU y HE para ser sometidos al ataque acelerado de sulfatos y comparar los resultados para determinar el concreto con mejor comportamiento.

(Garzon Pire, 2013) en su tesis” Estudio de durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado” en esta tesis se trabajó para diferentes relaciones de agua/cemento de la mezcla incluyendo la adición de

cenizas volantes como agregado reciclado para posteriormente curarlos en la solución de sulfatos y determinar su durabilidad.

(Duran Herrera & Velasquez Amado, 2012) en su tesis “Evaluación de la aptitud de concretos reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar” en este trabajo se sustituyó en porcentajes las cenizas por el cemento para posteriormente determinar sus resistencias y así comparar para obtener el porcentaje óptimo para cada tipo de ceniza.

(Hernandez Jaen, 2011) en su tesis “Comportamiento mecánico y físico del mortero a base de CBCA como árido en aplanados en muros” en esta tesis el aplanado de muros que hace referencia al tarrajeo de muros, son preparadas a 50% y 100% respecto al agregado fino, es así como se evaluó el comportamiento de los morteros para enlucidos con ceniza de bagazo determinando que el material es aplicable para dicho fin.

(Nobre Castaldelli, Nicoleti Telles de Castro, & Victor Fazzan, 2010) en el artículo “CONCRETO COM ADIÇÃO DE CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DEAÇÚCAR” en este artículo los investigadores sustituyen la ceniza de bagazo por el cemento en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% con respecto a su masa luego se hizo las comparaciones respectivas para evaluar los resultados.

1.2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los proyectos de construcción sin lugar a duda son uno de los pilares para el desarrollo de un país es por eso que las construcciones de viviendas y otros tipos de estructuras de concreto armado aún más en las ciudades de la costa del Perú son ejecutados sobre suelos y ambientes agresivos, generalmente el ataque se da en concretos expuestos así como en estructuras de concreto enterrados que vendrían a ser sótanos, cimentaciones, reservorios, etc. estas estructuras son vulnerables al ataque químico de agentes patógenos que deterioran y debilitan la estructura concreto – acero afectando a la durabilidad del concreto. Es justamente por ello que se busca no solo obtener un concreto resistente a la compresión sino obtener un concreto con alta durabilidad en el tiempo.

1.2.4. OBJETIVOS

1.2.4.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo fundamental de esta investigación es evaluar y determinar la durabilidad y la resistencia mecánica del concreto elaborado a base de la CBCA con cemento Portland, post-interacción con agentes agresivos.

1.2.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener un concreto que tenga la capacidad de mantener sus propiedades mecánicas ante el ataque de agentes agresivos.
- Evaluar las propiedades mecánicas ensayando testigos de concreto con y sin sustitución de ceniza de bagazo de caña de azúcar a la mezcla del concreto.
- Influenciar en la reducción de la ceniza de bagazo como agente contaminante del medio ambiente generado por la agroindustria.
- Aprovechar el subproducto de la agroindustria para brindarle valor y uso en la construcción.

1.2.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La importancia de fabricar y obtener un concreto mejorado en durabilidad empleando la (CBCA), uno de los subproductos provenientes de la agroindustria.

La (CBCA) posee propiedades químicas y físicas en su concentración así como los compuestos que lo conforman en porcentajes similares al del cemento Portland, es por ello que su uso tendría que ser aprovechado ya que su obtención no implica dificultad en la fabricación del concreto con la (CBCA).

Asimismo al emplear el subproducto de la agroindustria (CBCA) en la fabricación del concreto, esta contribuye en la reducción como agente contaminante del medio ambiente de un área geográfica. Además de pasar de ser un producto sin uso ni beneficio en el sector construcción a un producto de valor en la fabricación de un concreto durable, beneficiando directamente a una región y población.

Considerar también el beneficio económico de la (CBCA) que decrece el costo del presupuesto de una partida sobre concreto ciclópeo y estructural.

1.2.6. HIPÓTESIS

“Con la sustitución de la arena por la ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10% y 15% respecto al volumen de la unidad ¿se hallara un porcentaje optimo CBCA que mejore la durabilidad mecánica del concreto ante un agente agresivo?”.

1.2.7. VARIABLES

- Variable Dependiente
Concreto mejorado
- Variable Independiente
La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).
- Variable de control
- Los ensayos de testigos de concreto realizados en laboratorio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. CEMENTO PORTLAND

2.1.1. HISTORIA DEL CEMENTO

En tiempos pasados se emplearon morteros de yeso y de cal en las construcciones monumentales, fueron los egipcios quienes emplearon estos materiales, sin saber que la cal posteriormente formaría parte del cemento.

En los reinos griegos se emplearon piedras unidas por arcilla para realizar sus construcciones, pero realmente la mezcla confeccionada con un mínimo de técnica aparece en obras construidas posteriormente.

Cerca de Puzzuoli, ubicado actualmente en Nápoles los romanos encontraron cenizas volcánicas, este material es una ceniza fina que contiene sílice y alumina los cuales combinados con la cal dieron a la creación y producción de lo que se llamaría “cemento puzolanico”

Los únicos conglomerantes empleados hasta antes y durante del siglo XVII fueron los yesos y las cales estas eran preparadas para todo tipo de construcciones así mismo es durante este siglo donde realmente se inicia de manera notable el conocimiento general del cemento.

Durante aun el siglo XVII por el año de 1758 el ingeniero John Smeaton de Inglaterra realizo la reconstrucción de un monumento, el faro de Eddystone ubicado frente a la costa en el reino unido, ejecutando esta reconstrucción se encuentra con los concretos antiguos formados por la mezcla de la puzolana, la caliza y con alta proporción de arcilla, la mezcla de estos componentes daban los mejores resultados frente a la acción de las aguas marinas, la arcilla mejoraba considerablemente al concreto ya que esta mezcla fraguaba sin problemas bajo el agua y una vez endurecida eran insolubles en el agua.

Según la historia se dice con acierto que el primer hombre que propuso el empleo del cemento y el sistema de fabricación del mismo fue Louis Joseph Vicat, en el año de 1817, él fue un científico Francés inventor del cemento

artificial, ese sistema de fabricación del cemento que creo es aplicado hasta la actualidad. (Vidaud, Construcción y tecnología en concreto, 2013)

2.1.2. SURGIMIENTO DEL CEMENTO PORTLAND

Fue a mediados del siglo XVIII donde un personaje llamado James Parker quien accidentalmente incinero unas piedras calizas se percató que estas cenizas al mezclarlas con agua se endurecía conforme pasaba el tiempo, entonces se pensaba que ese era el cemento que usaban las civilizaciones antiguas.

Es así como Joseph Aspdin y James Parker patentan el 21 de octubre de 1824 el primer cemento Portland, obtenidas a partir de la caliza arcillosa y carbón calcinados a altas temperaturas. La denominación del nombre se debe al color grisáceo muy parecido a las piedras de la isla de Portland del canal inglés.

Fue Isaac Johnson quien mejoro el proceso de fabricación del cemento, que aumentando la temperatura de calcinación obtuvo en 1845 un prototipo del cemento actual o moderno en base a la mezcla de caliza y arcilla calcinada a altas temperaturas obteniendo la formación del Clinker.

A finales del siglo XIX se produjeron algunos avances en construcciones que propiciaron el uso del cemento Portland para ese entorno fue muy importante la industrialización de los países, asimismo para principios del siglo XX ya el cemento se había industrializado esto genero un gran crecimiento en sus aplicaciones así como en su mejora como material importante de una fuerte demanda, fue entonces por toda esa industria que unos químicos franceses logran mejorar el cemento y su producción para obtener un cemento de calidad que hasta la actualidad se mantiene sus propiedades y procesos, claro en algunos casos se mejoran las técnicas pero el producto es el mismo. (Vidaud, Construcción y tecnología en Concreto, 2013)

2.1.3. INTRODUCCIÓN DEL CEMENTO EN EL PERÚ

El ingreso al Perú del cemento se realizó allá por los años de 1860. Ingresando efectivamente en el año de 1864 pasando por el arancel de aduanas con el nombre de cemento romano nombre designado por las cualidades hidráulicas utilizadas a inicios del siglo XIX, así es como pocos años después se empezó a usar para el proyecto de canalización de Lima empleando este tipo de cemento, el Perú en ese entonces era importador de cemento llegando a importar en 1902 cerca de 4,500 t.m por eso años se realizaron estudios e investigaciones de posibles yacimientos de caliza es así que en 1904 el ingeniero Michel Fort publico sus aportes sobre la investigación de yacimientos de caliza de Atocongo ubicado en el distrito de Villa María del Triunfo actualmente, fue entonces que se pondero con proyección de su uso como cantera de material para la fabricación del cemento Portland.

En el año de 1916 se constituye la compañía nacional de cemento Portland S.A para el inicio de la explotación de dichas canteras, iniciando así la producción de cemento en el Perú, fueron construidos con este cemento algunos edificios en lima por esas épocas, ya en 1924 el cemento portland expande su producción por chilca y otros puntos. Posteriormente se fundan empresas privadas como Cementos Andino, Cementos Pacasmayo, Cemento Yura entre otros. **(Gonzales de la Correa, 2008)**

2.1.4. MATERIALES QUE CONFORMAN EL CEMENTO PORTLAND

Los materiales básicos que la conforman son:

2.1.4.1. **Caliza**

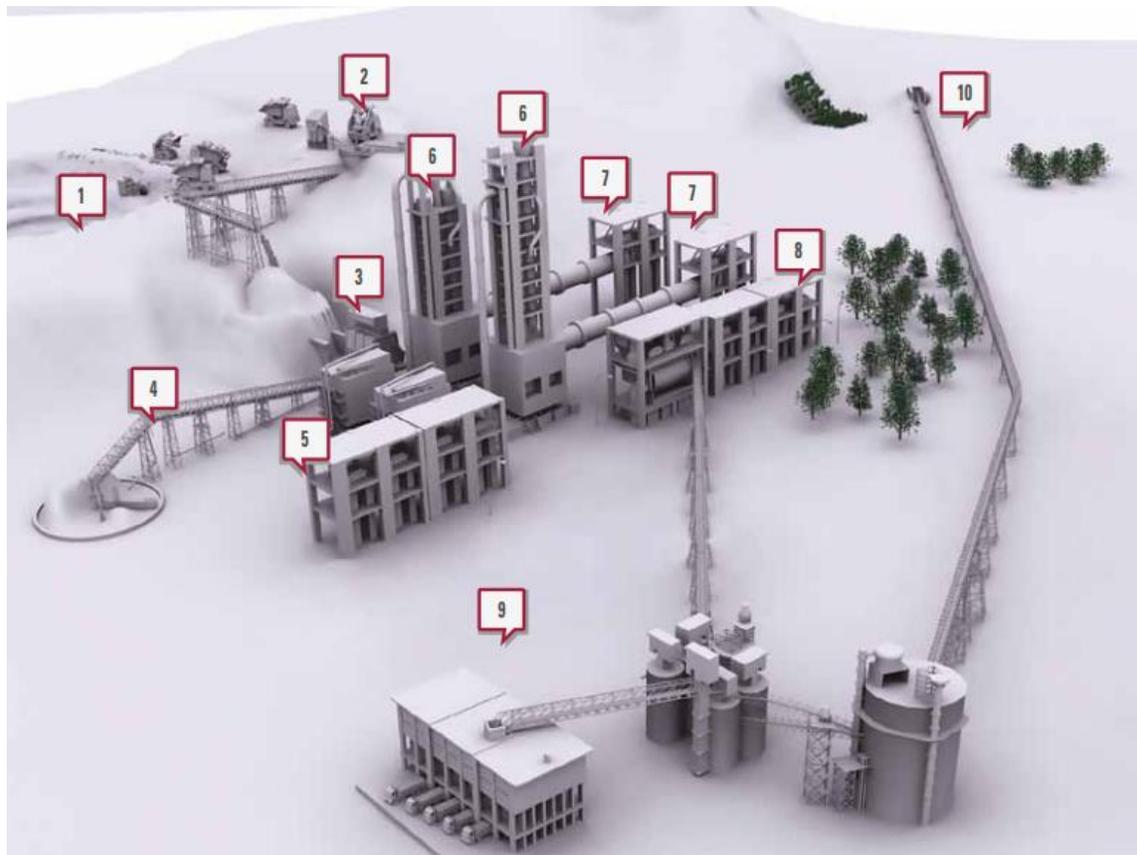
Es una piedra natural en abundancia que tiene la propiedad de ser dura, básicamente está compuesta por carbonato de calcio (CaCO_3) también se sabe que la molienda de la caliza para cemento puede alcanzar los 75 a 80% del total. (IECA, s.f.)

2.1.4.2. **Arcilla**

Está conformada por sílice y oxido de silicio (SiO_2) en un 16.26% y asimismo oxido de aluminio (Al_2O_3) y oxido de fierro (Fe_2O_3). La principal fuente de álcalis en el cemento es el componente arcilloso. (IECA, s.f.)

2.1.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO

Figura 1. Planta industrial para fabricar cemento.



Fuente: (Unasem, 2012)

1. Explotación y Extracción

Esta primera etapa de para la fabricación del cemento se inicia con la explotación de las canteras de materia prima estas son realizadas a tajo abierto posteriormente el material resultante de las voladuras y cortes son transportados en camiones para su trituración, este proceso se realiza en dos etapas. (Unacem, 2012)

2. Chancado primario

Primero se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono de 1600t/h que puede reducirse a un tamaño de hasta los 20 cm este material se deposita en un ambiente de almacenamiento asimismo enseguida se verifica su composición química. (Unacem, 2012)

3. Chancado secundario

Es el proceso de trituración secundaria, reduciendo el material a un tamaño menor de aproximadamente 8cm este material triturado es llevado por medio de cintas transportadoras depositándose en un almacén de materias primas. (Unacem, 2012)

4. Pre-Homogenización

Hay casos donde no se efectúa el proceso de pre-homogeneización, en esta fase el material se homogeniza minimizando la desviación estándar de la composición química de la caliza triturada. (Unacem, 2012)

5. Molienda y homogenización

Esta fase comprende la molienda mediante molinos de bolas o por prensas de rodillos los cuales producen el material de una gran finura. Se efectúa la selección de la caliza, sílice y minerales de hierro de acuerdo al diseño de mezcla elaborado y previsto todo esto para optimizar el material y componentes crudos que ingresarán al horno, será considerando el cemento con las mejores características.

Estos componentes molidos deben ser homogenizados para garantizar la eficacia del proceso de clinkerización mediante una calidad del material constante la ejecución de este proceso se realiza en silos de homogenización donde el material resultante estará constituido por un polvo de gran finura que debe presentar una composición química constante. (Unacem, 2012)

6. Clinkerización

Los componentes crudos son introducidos mediante un sistema de transporte y debidamente dosificada a un proceso de variación de calor, seguidamente pasa al sistema moderno de pre calcinación de los componentes, esto antes del ingreso al horno rotatorio donde se produce las reacciones físicas y químicas complementarias que dan lugar a la creación del Clinker. Esta variación de calor se produce mediante transferencias térmicas, temperaturas que van desde los 950°C a los 1100°C esto se da en ciclones en cascada que se ubican al interior de las torres de concreto armado que poseen las plantas de fabricación, generalmente a una altura de cien metros.

Finalmente se considera al horno como maquina elemental para la fabricación del componente definitivo del cemento, el horno debe estar operativa a una temperatura de 1500°C a 1600°C ya que el proceso de clinkerización se da por lo general a 1450°C. (Unacem, 2012).

7. Enfriamiento

Una vez producido el Clinker este es retirado o extraído a una temperatura de 120°C para luego pasar a un enfriamiento acelerado, seguidamente el material es trasportado hacia los lugares de almacenamiento. (Unacem, 2012).

8. Obtención del cemento

Se da mediante la molienda del Clinker este material será molido por un molino especial con bolas de circuito cerrado o también pueden ser molidos por presas de rodillos, estos equipos depende de la cantidad de producción ambas permiten obtener una finura de alta superficie especifica. (Unacem, 2012).

9. Envase y despacho

Por último el cemento es transportado por medio de fajas para depositarse en silos de donde se encuentra listo para ser despachado a granel o empaquetadas en bolsas de 42.5 kg. (Unacem, 2012).

2.1.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO

2.1.6.1. Análisis químico

La Tabla N°1 muestra los porcentajes típicos que intervienen los compuestos en el cemento y sus respectivas abreviaturas con las que son conocidas o denominadas:

Tabla 1
Porcentajes típicos de intervención de los óxidos.

	Oxido componente	Porcentaje típico	abreviatura
Cal combinada	CaO	62.5%	C
Sílice	SiO ₂	21%	S
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.5%	A
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.5%	F
Cal libre	CaO	0%	
Azufre	SO ₃	2%	
Magnesio	MgO	2%	
Álcalis	Na ₂ O y K ₂ O	0.5%	
Perdida al fuego	P.F	2%	
Residuo insoluble	R.I	1%	

Fuente: (Polanco Madrazo & Setien Maquinez, N.P.), N.P, no precisa año.

De la Tabla N°1 los primeros 4 componentes no se encuentran libre en el cemento, éstos conforman los componentes potenciales, conocidos como “compuestos Bogue” que se muestran en la Tabla N°2.

Tabla 2
Los compuestos Bogue, sus fórmulas químicas y abreviaturas simbólicas.

Nombre	Composición de óxido	Abreviatura
<i>Silicato tricálcico</i>	$3CaO \cdot SiO_2$	<i>C3S</i>
<i>Silicato dicálcico</i>	$2CaO \cdot SiO_2$	<i>C2S</i>
<i>Aluminato tricálcico</i>	$3CaO \cdot Al_2O_3$	<i>C3A</i>
<i>Ferroaluminato tetracálcico</i>	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	<i>C4AF</i>

Fuente: (Polanco Madrazo & Setien Maquinez, N.P.)

Los compuestos químicos o fase como también se les conoce son calculadas y halladas mediante fórmulas que están plasmadas en la norma ASTM C150, cabe indicar que estas fases no son compuestos verdaderos en un sentido químico, pero sin embargo proporcionan una información muy valiosa para la predicción de las propiedades del cemento.

2.1.6.2. Efectos de los componentes

El comportamiento del cemento y sus efectos se debe principalmente a la contribución de cada uno de los cuatro compuestos del cemento Portland así como también por los compuestos secundarios, estos efectos se ven cuando el cemento pasa de su estado plástico al endurecido después de la hidratación. Conocer el comportamiento de cada uno de estos compuestos durante el proceso de hidratación permite afinar las cantidades y proporciones de cada uno para su fabricación y así poder producir con las propiedades de un cemento óptimo.

El Silicato Tricálcico, C3S, es el principal compuesto activo para la constitución de 50% al 70% del Clinker, este compuesto es el que interviene directamente a la alta resistencia inicial del cemento Portland, pasa del estado fraguado inicial al estado final en horas asimismo al reaccionar con el agua desprende una gran cantidad de calor, llamado calor de hidratación.

Va en relación directa con el calor de hidratación quiere decir a mayor porcentaje de C3S mayor resistencia. (Vasquez A., pág. 8)

El Silicato Dicálcico, C2S, este compuesto constituye del 15% al 30% del Clinker y es el responsable de la resistencia adquirida posterior a la pasta de cemento, el proceso de hidratación y endurecimiento avanza muy lento debido a que este compuesto genera un bajo calor de hidratación, además contribuye al aumento de la resistencia a edades mayores de 7 días. (Vasquez A., pág. 9)

Aluminato Tricálcico, C3A, constituye aprox. Del 5% al 10% del Clinker al ser hidratado inicia un fraguado instantáneo del cemento Portland, liberando calor de hidratación y posee vulnerabilidad química a la acción de los sulfatos. (Vasquez A., pág. 9)

El Ferroaluminato Tetracálcico, C4AF, este producto o compuesto constituye aprox. Del 5% al 15% del Clinker y actúa como relleno con poca

o ninguna resistencia, es similar al C3A porque se hidrata con rapidez y desarrolla baja resistencia también posee componentes químicos que benefician a la resistencia contra las aguas selenitosas y agresivas. (Vasquez A., pág. 10)

2.1.7. TIPOS DE CEMENTO QUE CUMPLEN NORMA PERUANA

Los tipos de cemento Portland que existen para el sector construcción se clasifican de la siguiente manera:

2.1.7.1. Cemento Portland

Según la (NTP) 334.009 y la norma técnica americana ASTM C150, estos productos son obtenidos de la molienda de *Clinker* y yeso. (INDECOPI C. d., 2005)

Tipo I

Es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. (Avalo Castillo, pág. 17)

Tipo II

Para construcciones de uso general de gran envergadura especialmente cuando se desea una resistencia moderada contra la acción de los sulfatos.

Tipo II (MH)

De uso general, pero específicamente moderado calor de hidratación.

Tipo III

Brinda resistencia elevada en corto tiempo, con menor dosificación, es más fino que el tipo I, y libera mayor cantidad de calor hidratante, se aplica para el prefabricado de elementos estructurales.

Tipo IV

De bajo calor de hidratación, se le limita el contenido de compuestos químicos que producen un mayor calor de hidratación,

pero se afecta sus resistencias mecánicas, su caso se limita a obras hidráulicas como cortinas para presas.

Tipo V

Alta resistencia a los sulfatos, regula a los sulfatos que estén disueltos en el agua, por lo que se hace más resistente a este agente agresivo. (Avalo Castillo, pág. 17)

2.1.7.2. Cemento Portland Adicionados

Existen numerosos cementos dentro de estos tipos, pero se tratara solo los considerados, según la (NTP) 334.090 y la norma técnica americana ASTM C 595, estos productos son obtenidos de la molienda de *Clinker, yeso y adición mineral*. (INDECOPI C. d., 2001)

Adición mineral:

Principales adiciones:

- a) Puzolanas
- b) Escoria de Alto Horno
- c) Fillers

En la norma mencionada, se consideran como cementos de uso general las siguientes denominaciones. (Biondi Shaw, N.P)

Tipo IS

Cemento con escoria de alto horno. Hasta 70% de escoria.

Tipo IP

Cemento puzolánico. De 15% hasta 40% de puzolana.

Tipo I (PM)

Cemento puzolánico modificado. Hasta 15% de puzolana.

Tipo IL

Cemento calizo. De 5% a 15% de filler calizo.

Tipo ICO

Cemento compuesto. Hasta 30% de filler calizo u otro material.

Tipo IT

Cemento ternario. Con dos adiciones.

2.1.7.3. *Cemento Portland Especificaciones de la Performance*

Según la norma técnica peruana (NTP) 334.082 y la norma técnica americana ASTM C1157, especificación de la performance considera los siguientes cementos: (INDECOPI C. d., 2000)

Tipo GU

Cemento de uso general.

Tipo MS

Cemento de moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo HS

Cemento de alta resistencia a los sulfatos.

Tipo HE

Cemento alta resistencia inicial.

Tipo MH

Cemento de moderado calor de hidratación.

Tipo LH

Cemento de bajo calor de hidratación. (Biondi Shaw, N.P)

LOS CEMENTOS ADICIONADOS EN EL PERÚ
RELACIÓN DE CEMENTOS DE LAS NORMAS NTP 334.090 Y 334.082

FÁBRICA	TIPO	NOMBRE	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
UNACEM S.A.A.			
	IP	ATLAS	<ul style="list-style-type: none"> De uso general Mayor resistencia a largo plazo Mayor impermeabilidad
	IP	ANDINO	<ul style="list-style-type: none"> De uso general Mayor resistencia a largo plazo Mejor impermeabilidad
	I(PM)	ANDINO	<ul style="list-style-type: none"> De uso general Mejor impermeabilidad
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.			
	ICo	EXTRA-FORTE	<ul style="list-style-type: none"> De uso general Mejor trabajabilidad
	MS(MH)(R)*	ANTI-SALITRE	<ul style="list-style-type: none"> Moderada resistencia a sulfatos Resistencia al agua de mar Moderado calor de hidratación Opción R - Baja reactividad
	HS(R)*	EXTRA-DURABLE	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia a sulfatos Moderado calor de hidratación Opción R - Baja reactividad
YURA S.A.			
	IP	ALTA DURABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Mayor impermeabilidad Mejor resistencia a sulfatos
	HE*	ALTA RESISTENCIA INICIAL	<ul style="list-style-type: none"> Mayor resistencia inicial Mayor impermeabilidad
	HS	ANTI-SALITRE	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia a sulfatos Mayor impermeabilidad

*Los cementos marcados pertenecen a la norma NTP 334.082. Especificación de la Performance, pero según su propia ficha técnica son cementos adicionados y por eso se han considerado.

Figura 2. Los cementos adicionados en el Perú. Fuente: (Biondi Shaw, N.P, pág. 53)

2.2. PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

2.2.1. PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNDO.

La producción mundial de caña de azúcar se mantiene respecto a años anteriores pues como ejemplo en el año 2008 – 2009 la producción de caña de azúcar fue de 1,558 millones tn, siendo el principal país productor Brasil con 33 % de la producción mundial seguida de India con 23 % China 7 %, Pakistán 4

%, México 3 %, Tailandia 4% y otros países representan el 26%; para algunos países como la India, Pakistán y Tailandia esta industria representa una parte fundamental de su economía. Fuente: (FAO, s.f.)

Brasil como líder en el mercado mundial de producción de caña, actualmente su industria se basa en los menores costos de producción está enfocado a un sector de producción que es el alcoholero como una alternativa importante de los subproductos de esta industria en ese país. (MINAGRI, s.f.)

2.2.2. PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERÚ.

La caña se cultiva en la costa, sierra y selva donde la mayor parte del uso industrial de la caña es para la producción de azúcar. Acerca de la fabricación de la caña el 65% corresponde a 10 ingenios mientras que los otros 35% corresponde a particulares, ambas conforman el total de hectáreas sembradas con caña de azúcar. (MINAGRI, s.f.)

Según registros de producción de la caña a nivel nacional en el período de 1990 a 2001 ha existido un auge de mejora respecto a la producción de años anteriores generando 6 millones de TM. El alza de la producción es más notoria a partir del año 1997 donde hubo una mejora o incremento de la superficie cosechada de caña, esta paso de 48 a 60 mil hectáreas siendo las más significativas la superficie de los sembradores.

Con la reactivación de la agroindustria en el Perú, la siembra y cosecha de la caña ha experimentado un crecimiento importante y notable en el año 2009 año de mayor producción, llegando a cosechar 75,348 ha. Posteriormente se refleja que este gran desarrollo experimentado por la industria azucarera en estos tiempos está directamente relacionado con la inversión realizada por el sector privado, estos capitales privados ha comprado las tierras e ingenios de antiguas cooperativas y ex - haciendas.

Para los años 2012 a 2014 fueron años de mayor crecimiento donde el pico máximo de producción de caña se dio en el año 2014 donde se produjo 11 millones de TM abarcando un área o superficie de cultivo de 90,357 ha.

En el Perú la superficie de mayor concentración de cultivo y producción de caña de azúcar es en la zona norte como La libertad y Lambayeque.

Fuente: (MINAGRI, s.f.)

Tabla 3
Superficie cosechada y cantidad producida de caña.

AÑOS	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	RENDIMIENTO (kg/ha)
....
1955	6 097 566	35 898	169 858
1956	5 876 384	37 767	155 596
1957	6 077 792	39 353	154 443
1958	6 840 208	39 492	173 205
1959	6 543 824	41 367	158 189
1960	7 359 171	47 361	155 385
1961	7 288 136	47 075	154 820
1962	7 247 077	46 830	154 753
1963	7 697 310	49 160	156 577
1964	7 590 920	48 855	155 377
1965	7 498 940	46 520	161 198
1966	8 463 380	53 530	158 105
1967	7 942 800	49 670	159 911
....
2010	9 660 895	76 983	125 494
2011	9 884 936	80 069	123 455
2012	10 368 866	81 126	127 812
2013	10 992 240	82 205	133 717
2014	11 389 617	90 357	126 051
2015	10 211 856	84 574	120 744
2016 *	9 832 526	87 696	112 120

Fuente: MINAGRI - (DGPA, 2017)

Elaborado: Dirección General de Políticas Agrarias.

2.2.3. AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA

Agro Industrial Paramonga, es una empresa que produce azúcar de caña y otros negocios vinculados, cuenta con una planta moderna y está ubicado en la Av. Ferrocarril N°212 distrito de Paramonga, provincia de Barranca a 206 Km de la ciudad de Lima.

Esta industria azucarera realizo cambios más allá de las nuevas tecnologías o la mejora de infraestructura, tiene que ver más con la responsabilidad social y el manejo inteligente de los recursos naturales.

La obtención de energía renovables y su aprovechamiento óptimo son un aspecto muy importante dentro de esta planta, la puesta en marcha de nuevas instalaciones y automatizadas emprendidas en los procesos industriales ha dado lugar a un uso eficiente del vapor producido por las calderas bagaceras, esto permite incrementar la generación de energía eléctrica. (Agro Industrial Paramonga, s.f.)

2.2.3.1. *Proceso de producción de la caña de azúcar*

1. Diseño, adecuación, preparación y siembra:

En este proceso se limita y prepara el terreno - suelo, con implementos especializados para dicho fin. La planta de Paramonga aplica la nivelación del terreno con rayos laser con el fin de obtener campos con pendientes uniformes todo esto para lograr un mejor sistema en el manejo del agua de riego. Una vez culminada la preparación del suelo, se inicia con la siembra de la caña en el campo con variedades comerciales adaptadas a las zonas o área de producción.

2. Cultivo:

El cultivo de la caña incluye una serie de subprocesos como las labores de riego, control de malezas, fertilización, control fitosanitario, control agronómico y agoste, en todas ellas se aplican insumos agroquímicos aprobados y certificados por el servicio nacional de sanidad agraria (SENASA), todos estos agentes son utilizados en las dosis recomendadas. Luego de la suspensión definitiva del riego (agoste), se inicia con la

maduración de la caña hasta conseguir el máximo potencial de acumulación de sacarosa en los tallos.

3. Cosecha:

Este proceso se inicia cuando las plantaciones de caña de azúcar han alcanzado el óptimo de su maduración. En esta etapa se realizan tres actividades, que son el corte, el alce y el transporte.

Figura 3. Tractores liberando el terreno luego de la cosecha



Fuente: (Agro Industrial Paramonga, s.f.)

2.2.3.2. Producción de caña en la planta de Paramonga

En el 2012 tuvo una producción de 1'282,289.00 toneladas de caña de azúcar el rendimiento de azúcar por tonelada de caña fue de 111.26 kg de azúcar. En la Tabla N°4, se aprecia la producción de caña en los campos propios y arrendados y la producción en campos de terceros.

Tabla 4
Producción de caña en el año 2012

	Campos propios y arrendados	Campos terceros
Cosecha (en Ha.)	5,908.00	3,990.00
Producción en caña (TCH)	136.53	119.19

Fuente: (Agro Industrial Paramonga, s.f.)

2.2.3.3. Obtención de la CBCA

La ceniza del bagazo de la caña de azúcar se obtiene luego de un proceso de producción que en este caso viene a ser la preparación y la molienda de la caña, donde se le extrae todo el jugo de la caña formándose de esta manera el bagazo de la caña.

Donde este producto ira a parar a las calderas que serán usadas como combustible para generar vapores que favorecerán en el proceso industrial, así mismo toda la ceniza que emanen las calderas serán derivadas mediante ductos a una piscina sedimentadora, para captar toda partícula volátil y así evitar que estas se expandan en el ambiente.

Posteriormente una vez asentada la ceniza de bagazo en las piscinas, estas cenizas pasan hacer extraídas en fajas transportadoras y llevadas a un lugar de almacenamiento para su posterior eliminación.

Se establece que la producción del bagazo como subproducto de la molienda de la caña, es aproximadamente el 14% de la molienda de caña. El bagazo también es utilizado como materia prima para la producción de papel o de tableros aglomerados.

En Agro Industrial Paramonga el bagazo es utilizado como combustible para la generación de energía, es así que en las calderas bagaceras se origina la calcinación del bagazo para dar paso a la formación de las cenizas.

Según la Tabla 5, evaluación de índices de conversión energética en la producción de energía a partir de la biomasa, donde 7.5 kg de bagazo es calcinado en las calderas a más de 1000°C , generando como residuo 550 gr de ceniza de bagazo. (Cabrera C., Madriñan M., & Muñoz M., 2013)

Tabla 5
Cantidad de ceniza que resulta después del quemado de 7.5 kg de bagazo.

	Bagazo	Total x 7.5 kg
Ceniza (gr)	405.75	Residuo del total
Carbón inquemados (gr)	144.25	550.00 (gr)

Fuente: (Cabrera C., Madriñan M., & Muñoz M., 2013)

La planta de Paramonga al tener una producción de 1'282,289.00 tn de caña de azúcar al año y conocer que el bagazo representa el 11% y 16% de la masa de la caña de azúcar (Larrahondo, pág. 340) para nuestros cálculos optaremos por el promedio, que el bagazo represente el 13.5% de la masa de la caña, entonces se tendrá aproximadamente 173,109.02tn de bagazo al año, siendo 14,425.75tn/mes y a un promedio de 30 días se tendrá 480.86tn/día de bagazo. Por lo tanto la cantidad de desperdicio que se genera resulta de aplicar la proporción de la Tabla N° 5 donde la quema en la caldera de 7.5 kg de bagazo genera 0.55 kg de ceniza y como se conocer el peso específico de la ceniza, P.E = 2320kg/m³ obtendremos los siguiente.

Tabla 6
Producción promedio de la ceniza considerando la producción de caña al año.

bagazo	ceniza	P.E ceniza=2320kg/m³
0.0075tn	0.55 kg	35,263.07 kg/2320kg/m ³
480.86tn/día	35,263.07 kg/día	15.20 m³ / día

Fuente: Propia, Cálculos elaborados en base a los datos de producción de caña y ceniza de bagazo

En resumen de la Tabla N°6 la generación de desperdicio (CBCA) al día es de **15.20 m³**.

2.2.4. DETERMINACIÓN DE CLORUROS, SULFATOS Y CARBONATOS EN LA (CBCA)

La cantidad permisible de los cloruros, sulfatos y carbonatos en los agregados para fines de la construcción son variables importantes a considerar para realizar un óptimo diseño de mezclas y evitar alteraciones en las propiedades del concreto a elaborar, es así que se realiza los ensayos a la ceniza del bagazo, para descartar la posibilidad de alguna alteración química al concreto.

Tabla 7
Cantidad de agentes químicos que contiene la CBCA.

ANALISIS	RESULTADOS (ppm)	METODO UTILIZADO
Cloruros	275,807	NTP 339.177
Sulfatos	995,550	NTP 339.178
Carbonatos	N.D (*)	Difracción de Rayos X

Fuente: LABICER (UNI, 2017)

(*) No detectado por el equipo.

Elaborado: Por Laboratorio de Investigación y Certificaciones

2.3. CONCRETO

2.3.1. DEFINICIÓN

Es un material con propiedades semejantes a la de una roca, que mediante una mezcla en proporciones de cemento, piedra, arena, agua y otros elementos que pueden ser aditivos, esta mezcla se endurece progresivamente conforme pasan los días, esta mezcla puede adaptarse a distintas formas y dimensiones.

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.

2.3.2. PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.

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 Lopez, 1992)

2.3.2.1. *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.

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.

2.3.2.2. *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).

2.3.2.3. 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)

2.3.2.4. 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 cangrejas.

2.3.2.5. 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)

2.3.3. PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

2.3.3.1. 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, 2008)

Esta es una característica mecánica más importante del concreto endurecido.

2.3.3.2. 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.

2.3.3.3. 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.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación de la presente tesis es de carácter experimental, esta abocada al descubrimiento y darle valor a nuevos materiales para la construcción específicamente para la creación de un nuevo concreto que mejore su durabilidad con CBCA, este procedimiento tendrá la variable de la ceniza del bagazo en porcentajes como sustituto del agregado fino para el diseño de mezcla, los cuales se medirán los cambios de propiedades del concreto.

Esta investigación tiene antecedentes del uso de la ceniza pero solo en caso de morteros, ladrillos y la elaboración de concreto hidráulico, más nunca se ha realizado un estudio del uso de la CBCA como sustituto porcentual del agregado fino respecto a una unidad de mezcla para mejorar su durabilidad.

Con los resultados obtenidos se podría realizar otros estudios nuevos.

3.2. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

Se realizara el ensayo de durabilidad de materiales para determinar la inalterabilidad de las muestras de concreto sin y con CBCA por medio del sulfato de magnesio, en este procedimiento se tomara como referencia la (NTP 400.016, 2011) donde tendremos cubos de concreto patrón así como dados de concreto con ceniza al 10% y 15% de tamaños de 5cm y 3.5 cm.

Estos cubos serán sometidos al ataque acelerado del Sulfato de Magnesio como agente agresivo para verificar su durabilidad.

También se realizaran pruebas de resistencia a la compresión de testigos de concreto así como los ensayos del concreto fresco y concreto endurecido con y sin ceniza de bagazo, la distribución de los testigos (6"x12") constara de 3 testigos para la edad de 7 días, 3 testigos para la

edad de 14 días y finalmente 3 testigos para la edad de 28 días por cada porcentaje de la CBCA.

Asimismo al elaborar el concreto con cemento Portland Tipo I y ceniza de bagazo de caña azúcar como sustituto en porcentajes de 5%, 10% y 15% respecto al agregado fino del volumen total de un diseño de mezcla. Se realizara el diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de $f'c=210$ kg/cm², esta resistencia de diseño tanto para el concreto patrón así como como los concretos con porcentaje de ceniza de bagazo.

Al final se elaborara un total de 36 testigos y un total de 18 cubos de concreto.

3.3. UNIDAD DEL ANÁLISIS

Los casos de análisis para la investigación serán diferentes pruebas, que se le realizaran al concreto elaborado con CBCA a porcentajes de 5%, 10% y 15% respecto al agregado fino en volumen, las pruebas que se realizaran serán tanto para el concreto fresco así como para el concreto endurecido.

3.4. VARIABLES PARA EL ANÁLISIS

Estas variables arrojaran múltiples resultados que se sujetaran a la elaboración del concreto patrón y al concreto elaborado con CBCA como sustituto en porcentaje respecto al agregado fino, ambas serán evaluadas y comparadas al realizar los diseños de mezclas.

Estas variables son las siguientes:

- Slump – Trabajabilidad

Se tomaran revenimientos de 3" a 4" ya que son los recomendados para elementos estructurales como zapatas, columnas y vigas se obtendrán datos precisos del concreto con CBCA respecto al Slam.

- Exudación

- Peso Unitario
- Resistencia a la Compresión

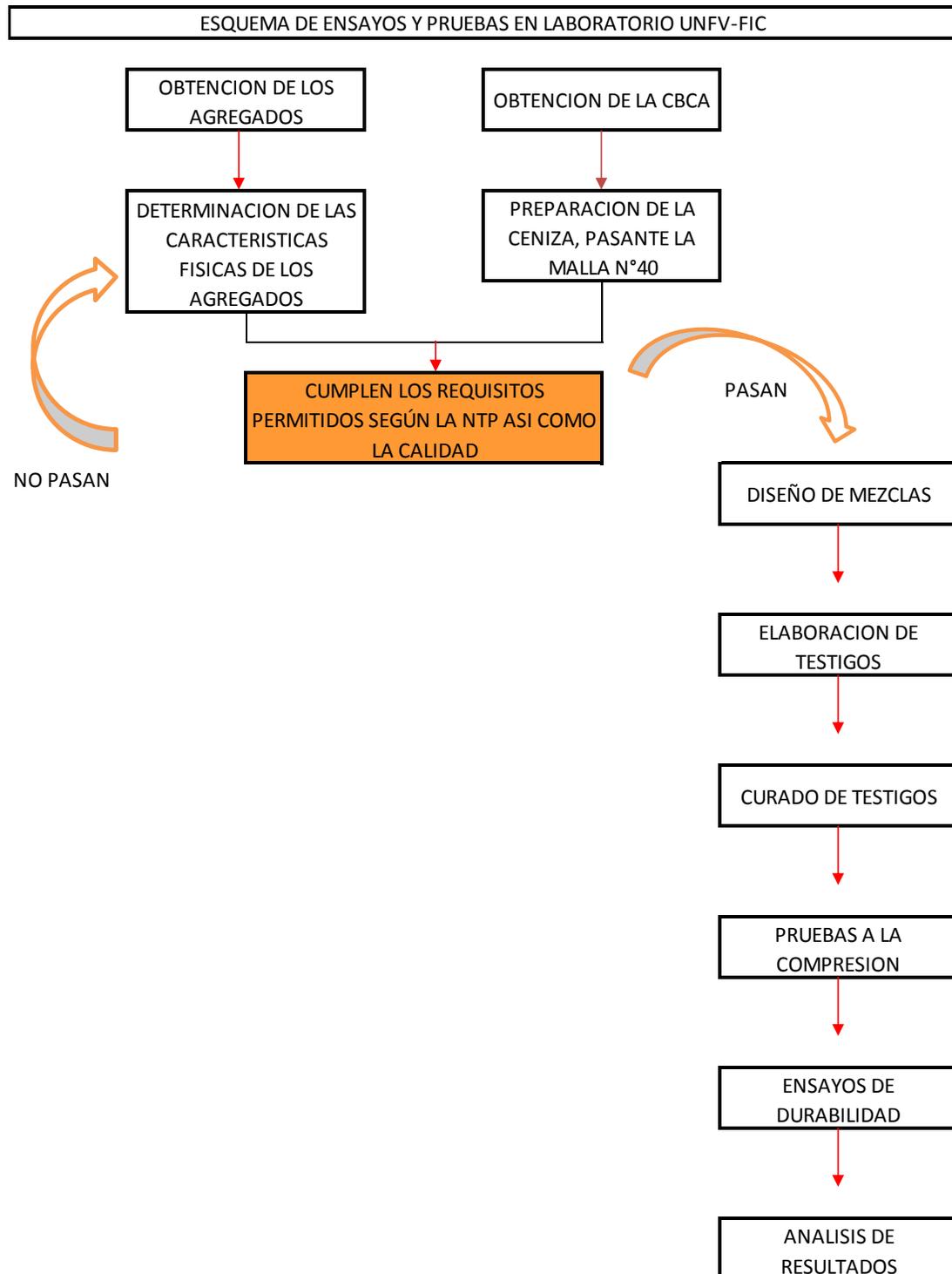
Es una de las propiedades más importantes que tiene el concreto endurecido, en esta tesis se realizaran ensayos del concreto patrón y concreto elaborados al 5%, 10% y 15% de CBCA como sustituto del agregado fino, en el diseño de mezcla para una resistencia de 210 Kg/cm² se verificara si al aumentar la resistencia del concreto con CBCA respecto al resistencia del concreto patrón comprometerá directamente en la durabilidad ante el Sulfato de Magnesio, así sustentar la hipótesis planteada.

- Durabilidad

La durabilidad del concreto con ceniza y sin ceniza se realizara tomando como base la (NTP 400.016, 2011) el cual consiste en determinar la durabilidad de los materiales o agregados, en este caso es determinar y someter las muestras al Sulfato de Magnesio, siguiendo los procedimientos de la mencionada norma.

3.5. ESQUEMA DEL PROCESO DE TRABAJOS EN LABORATORIO

Figura 4. Proceso y etapas de ejecución en el laboratorio de la UNFV-FIC.



Fuente: Elaboración propia del esquema.

3.6. TÉCNICA DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Los datos que se recopilaren en esta investigación serán en base a los ensayos realizados en el laboratorio donde se ejecutó las distintas pruebas las cuales se mencionan a continuación:

- Determinación de las características físicas de los agregados.
- Pruebas al concreto fresco con y sin CBCA, tenemos el Slump, exudación y Peso Unitario.
- Pruebas al concreto endurecido, someter a compresión a los testigos elaborados con y sin ceniza donde este conjunto de resultados serán mostradas mediante gráficas y a la vez realizando su análisis respectivo.
- Pruebas de durabilidad del concreto con y sin ceniza ante el Sulfato de Magnesio.

3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Al finalizar con los ensayos a compresión de los testigos sin y con ceniza estos serán evaluados y analizados de acuerdo al porcentaje de CBCA, que contiene cada mezcla de concreto respecto al concreto patrón verificando así la resistencia obtenida de cada testigo a las edades de 7, 14 y 28 días.

Asimismo se obtendrá los resultados del ensayo de durabilidad de las muestras de concreto sometidos a la interacción con Sulfato de Magnesio, que verificara la durabilidad ante los agentes agresivos.

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTOS Y EJECUCION PARA LOS ENSAYOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

La calidad del concreto depende directamente de las características y propiedades de los agregados las cuales deben ser estudiadas y analizadas para obtener concretos de buena durabilidad, resistencia y económicos.

Como agregados para el diseño de mezclas del concreto se puede considerar todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente, no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. (Pasquel Carbajal, 1993)

4.1.1. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

La granulometría es un ensayo que tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de aberturas cuadradas progresivamente decreciente.

Este método también se puede aplicar usando mallas normalizadas.

4.1.1.1. *Granulometría del agregado fino*

La granulometría del agregado fino se realiza en base a la Norma Técnica Peruana (*NTP 400.012, 2001*) que deriva de la (*ASTM C 136*).

Este ensayo se realiza para determinar la composición granulométrica del agregado empleando tamices normalizados, también se determinara el módulo de fineza del agregado como dato para nuestro diseño de mezclas.

Procedimiento y pasos del ensayo:

1. Secado de la muestra, esta será secada en el horno durante 24hrs a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, ya que según norma esta tiene que estar completamente seca.

Figura 5. Muestra del agregado fino en el horno.



Fuente: Tomado en el laboratorio UNFV - FIC

2. Peso de la muestra para la granulometría después del secado es de 592.80 gr.

Figura 6. Peso seco del agregado fino para la granulometría por tamizado.



Fuente: Tomado en el laboratorio UNFV - FIC

3. Lavar la muestra en la malla N°200, las pasantes de la malla 200 serán las que queden en el fondo de los tamices.
4. Secado de la muestra después del lavado.
5. Disponer de las mallas o tamices normalizados (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100), donde se coloca la muestra en la parte superior de las mallas en este caso la 3/8", este instrumento de tamizado tendrá un tapa y un fondo de tal manera que a la hora del vibrado no haya desperdicio.

Figura 7. Tamices normalizados para la granulometría.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV - FIC

6. Los tamices se agitaran manualmente o con el instrumento de tamizado durante un tiempo promedio de 15 min.

7. Se procede con el pesaje de las muestras retenidas en cada malla mencionada líneas arriba, en la Tabla N°8 se aprecia los pesos retenidos.

Tabla 8
Pesos retenidos en cada tamiz.

ABERTURA DEL TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)
N°	mm	
3/8	9.5	0
4	4.75	6.6
8	2.36	69.5
16	1.18	167.2
30	0.6	163.2
50	0.3	71.7
100	0.15	52
FONDO		62.6
TOTAL		592.8

Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC.

8. Por último se calcula el porcentaje retenido y que pasan en cada malla.

Tabla 9
Porcentaje de agregado que pasa por cada malla.

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO POR TAMIZADO					
PESO DE LA MUESTRA SECA			PESO DE MUESTRA		592.80 gr
ABERTURA DEL TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
N°	mm				
3/8	9.5	0	0.00	0.00	100.00
4	4.75	6.6	1.11	1.11	98.89
8	2.36	69.5	11.72	12.84	87.16
16	1.18	167.2	28.21	41.04	58.96
30	0.6	163.2	27.53	68.57	31.43
50	0.3	71.7	12.10	80.67	19.33
100	0.15	52	8.77	89.44	10.56
FONDO		62.6	10.56	100.00	0.00
TOTAL		592.8	100		

Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC.

9. De la Tabla N°9 se procede con el cálculo del módulo de fineza, donde el módulo de fineza se calcula sumando todos los porcentajes acumulados en cada malla entre cien.

MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO

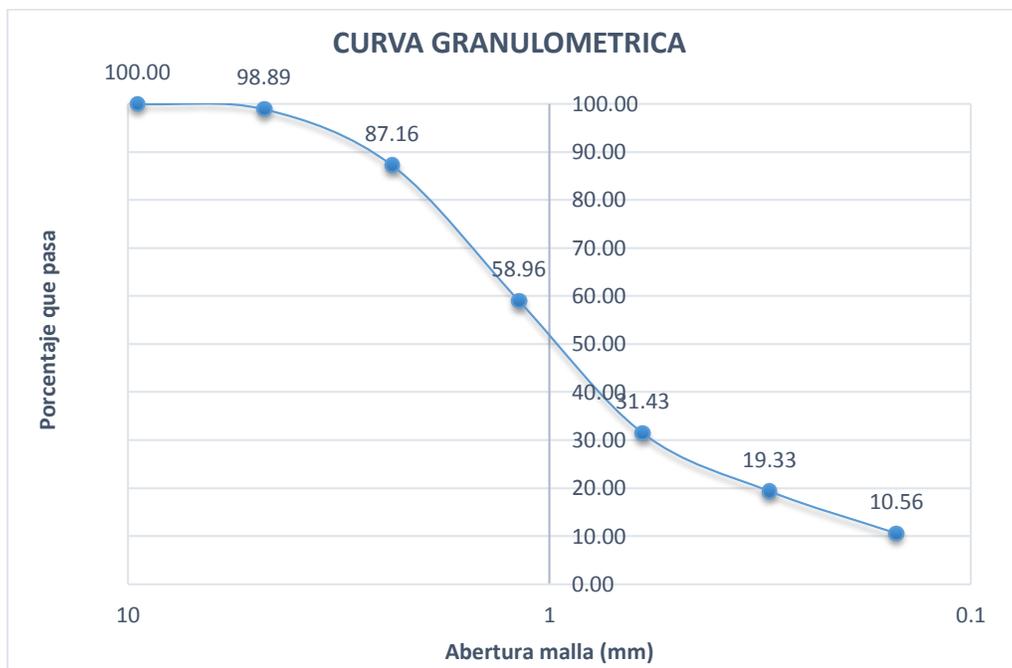
$$mf = \frac{0.0+1.11+12.84+41.04+68.57+80.67+89.44}{100}$$

Donde el módulo de finura se debe encontrar en el intervalo siguiente

$$2.3 < mf < 3.1$$

POR LO TANTO $mf = 2.94$ **OK**

Figura 8. Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC.

4.1.1.2. Granulometría del agregado grueso

Al igual que el procedimiento para el agregado fino, esta se basa en la norma técnica peruana (NTP 400.012, 2001).

A continuación se detalla los pasos a seguir:

1. Secado de la muestra, en horno 24 hrs a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ya que es necesario que la muestra este completamente seca.
2. Determinar del peso de muestra, esta será pesada después del secado y será 8 kg según norma.
3. Armado de los tamices normalizados de orden decreciente al tamaño de la abertura de cada malla (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N°4), donde la muestra del agregado grueso se colocara en el tamiz superior y el conjunto contara con un fondo y una tapa para evitar el desperdicio.

Figura 9. Tamices normalizados en orden para la granulometría del agregado grueso.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV - FIC

4. El tamizado se realizara de forma manual, con movimientos constante en forma circular o también utilizando equipo de vibración.
5. Se pesa las muestras retenidas en cada malla.

Figura 10. Muestras retenidas en cada malla para su respectivo pesaje.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

6. Se calcula el porcentaje retenido y porcentaje que pasa en cada tamiz.

Tabla 10

Porcentaje retenido en cada malla para determinar el TMN y el TN.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO POR TAMIZADO					
PESO DE LA MUESTRA SECA		PESO DE MUESTRA			8000 gr
ABERTURA DEL TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
N°	mm	(gr)			
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	4366	54.58	54.58	45.43
3/8"	9.5	2237	27.96	82.54	17.46
4	4.75	1348	16.85	99.39	0.61
8	2.36	42	0.53	99.91	0.09
30	0.6	0	0.00	99.91	0.09
50	0.3	0	0.00	99.91	0.09
100	0.15	0	0.00	99.91	0.09
FONDO		7	0.09	100.00	0.00
TOTAL		8000	100		

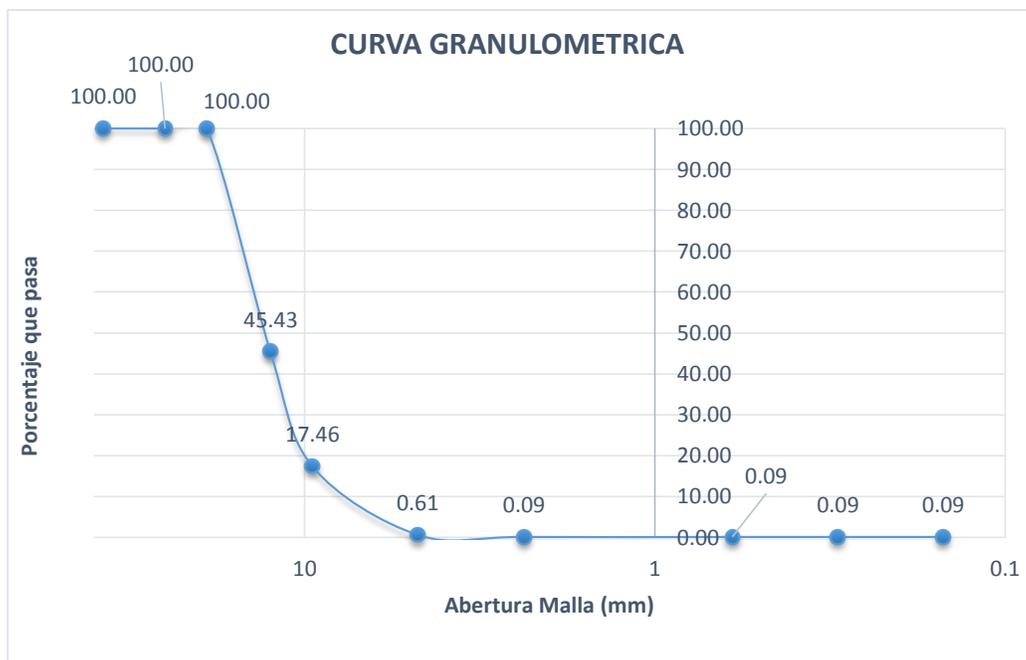
Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC.

7. Determinación del tamaño máximo nominal, el tamaño máximo nominal se encuentra en la malla que retiene el mayor o igual al 5% del agregado, siendo el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. Por lo tanto anterior el tamaño máximo nominal (TMN) es de 1/2".

De la Tabla N°10 se determina según norma los siguientes datos:

TMN	Es el primer retenido \geq	5%	1/2"
TM	Es una malla anterior a la del TMN		3/4"

Figura 11. Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC.

4.1.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad de los agregados se tiene que determinar para poder corregir las muestras en el proceso de determinar otros ensayos así como en la elaboración del diseño de mezclas. (NTP 339.160, 2001)

4.1.2.1. *Humedad natural del agregado fino*

1. Se pesara 500 gr de muestra natural.

Figura 12. Peso del agregado fino.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

2. La muestra pesada se colocara al horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por un tiempo de 24 hrs.
3. Tener como dato el peso de la tara.
4. Aplicar la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad en porcentaje

$$\% H = \frac{W_n - W_s}{W_s} * 100\%$$

Tabla 11
 Datos para hallar el contenido de humedad.

AGREGADO FINO		
Peso agregado	500	gr
Peso de tara	424	gr
Peso seco + Tara	918	gr
Peso seco	494	gr
% Humedad	1.215	%

Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC.

Como resultado tenemos que el contenido de humedad es: **1.215%**

4.1.2.2. Humedad natural del agregado grueso

1. Se pesara 2 kg de muestra natural.
2. La muestra pesada se colocara al horno a 110+5°C por un tiempo de 24 hrs.
3. Tener como dato el peso de la tara.
4. Aplicar la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad en porcentaje.

$$\% H = \frac{W_n - W_s}{W_s} * 100\%$$

Tabla 12
 Datos para determinar la humedad del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO		
Peso agregado	2000	gr
Peso de tara	421	gr
Peso seco + Tara	2413	gr
Peso seco	1992	gr
% Humedad	0.402	%

Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC

Como resultado tenemos que el contenido de humedad es: **0.402%**

4.1.3. DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

Determinar el peso unitario es importante para realizar posteriormente un diseño de mezcla para un concreto de calidad.

En el laboratorio se realizó los ensayos para determinar el peso unitario suelto (PUS) y el peso unitario compactado o varillado (PUC) de los agregados (arena y piedra).

Para la determinación de los pesos unitarios de los agregados nos apoyamos en la (NTP 400.017, 2011) siguiendo los parámetros e procedimientos de las mismas.

Realizamos el ensayo para conocer el material con el cual diseñaremos el concreto y estos agregados cumplan con las especificaciones y normas.

4.1.3.1. *Peso unitario del agregado fino.*

4.1.3.1.1. Determinación del peso unitario del agregado suelto.

El procedimiento para la determinación del peso unitario suelto, es de la siguiente manera:

1. Se coloca el molde un una superficie plana y nivelada
2. Llenamos el molde seleccionado con el agregado a una altura que no exceda de 50mm por encima del borde superior del molde hasta que el material rebose tal como se ve en la Figura N°13.

Figura 13. Llenado del agregado suelto en el molde.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

3. Se enraza y nivela el agregado con una platina o regla metálica al borde del molde.

Figura 14. Llenado completo del molde y se procede a enrasar.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4. Determinamos el peso del molde con el agregado.
5. Determinamos el peso unitario suelto con la siguiente fórmula para cada muestra.

$$P.U = \frac{Wm}{Vr}$$

6. Se determinó el peso unitario suelto en dos muestras para poder hallar y trabajar con el promedio y buscar resultados óptimos.

$$P.U_1 = \frac{4340 \text{ gr}}{2827 \text{ cm}^3} = 1.535 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$P.U_2 = \frac{4348 \text{ gr}}{2827 \text{ cm}^3} = 1.538 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Promedio P.U = 1540 Kg/m³

4.1.3.1.2. Determinación del peso unitario del agregado varillado. (ASTM C-29)

1. Ubicar el molde en una superficie plana y nivelado.
2. Se introduce el agregado en el molde hasta llenarlo a un tercio de su altura.
3. Nivelamos con los dedos el agregado y a continuación se varilla la capa de agregado con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre la superficie, al varillar no debemos pasar hasta golpear la base del molde.
4. Continuamos con el llenado del agregado a los dos tercios de su altura, volvemos a nivelar y aplicamos los 25 golpes con la varilla de 5/8", tal que el varillado en esta etapa no llegue a la muestra anterior.
5. Por último se llena el molde hasta rebosarlo y se varilla con 25 golpes, se nivela y enraza la muestra.
6. Medimos el peso del molde con el agregado varillado.
7. Determinamos el peso unitario varillado.

$$P.U = \frac{Wm}{Vr}$$

8. Se determinó el peso unitario varillado en dos muestras para poder hallar y trabajar con el promedio y encontrar resultados óptimos.

$$P.U_1 = \frac{4968 \text{ gr}}{2827 \text{ cm}^3} = 1.757 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$P.U_2 = \frac{4974 \text{ gr}}{2827 \text{ cm}^3} = 1.759 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Promedio P.U = 1760 Kg/m³

En resumen a continuación se muestra un cuadro con los datos iniciales y los resultados obtenidos.

Tabla 13

Resultados de los datos para el diseño de mezclas.

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO (P.U) AGREGADO FINO				
	SUELTO		VARILLADO	
	M-1	M-2	M-1	M-2
Wrecipiente (gr)	2835	2835	2835	2835
Vrecipiente (cm³)	2827	2827	2827	2827
Wm + Wr (gr)	7175	7183	7803	7809
Wm (gr)	4340	4348	4968	4974
P.U	1.5352	1.5380	1.7573	1.7595
PROMEDIO	1.537		1.758	
PESO UNITARIO	1540	Kg/m³	1760	Kg/m³

Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC

4.1.3.2. Peso unitario del agregado grueso (piedra chancada).

4.1.3.2.1. Determinación del peso unitario del agregado suelto.

1. Determinación del peso del molde y el volumen del mismo.
2. Ubicar el molde en lugar plano y nivelado.
3. Se coloca la piedra de tal manera que caiga y se acomode por su propio peso, la altura del cucharón con respecto al molde no será mayor a 2".

Figura 15. Llenado del molde con el agregado para el peso suelto.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4. Una vez llena el molde se procede a enrasar sin someter presión alguna al agregado.
5. Finalmente se procede a pesar el molde lleno de con la piedra chancada, obteniendo así el peso unitario de la piedra suelto.

Figura 16. *Peso del molde con la piedra suelta.*



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Determinamos los resultados del peso unitario suelto de la piedra.

$$P. U = \frac{Wm}{Vr}$$

$$P. U_1 = \frac{10.80 \text{ kg}}{0.0072 \text{ m}^3} = 1511.11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P. U_2 = \frac{10.89 \text{ kg}}{0.0072 \text{ m}^3} = 1512.50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Promedio P.U = 1511.81 Kg/m³

4.1.3.2.2. *Determinación del peso unitario del agregado compactado.*

1. Determinación del peso del molde y el volumen del mismo.
2. Ubicar el molde en una superficie plana y nivelado.
3. Se introduce el agregado en el molde hasta llenarlo a un tercio de su altura.

4. Nivelamos con los dedos el agregado y a continuación se varilla la capa de agregado con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre la superficie, al varillar no debemos pasar hasta golpear la base del molde.

Figura 17. Proceso de varillado del agregado grueso para obtener el peso varillado.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

5. Continuamos con el llenado del agregado a los dos tercios de su altura, volvemos a nivelar y aplicamos los 25 golpes con la varilla de 5/8", tal que el varillado en esta etapa no llegue a la muestra anterior.
6. Por último se llena el molde hasta rebosarlo y se varilla con 25 golpes, se nivela y enraza la muestra.
7. Registramos el peso del molde con el agregado grueso varillado.

Figura 18. Pesaje del agregado varillado.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

8. Determinamos el peso unitario varillado
9. Se determinó el peso unitario varillado en dos muestras para poder hallar y trabajar con el promedio y encontrar resultados óptimos.

$$P. U = \frac{Wm}{Vr}$$

$$P. U_1 = \frac{11.39 \text{ kg}}{0.0072 \text{ m}^3} = 1581.94 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P. U_2 = \frac{11.40 \text{ kg}}{0.0072 \text{ m}^3} = 1583.33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Promedio P.U = 1582.64 Kg/m³

En resumen a continuación se muestra la Tabla N°14 con los datos iniciales y los resultados obtenidos.

Tabla 14
Resumen de datos y resultados obtenidos para cada caso.

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO (P.U) AGREGADO GRUESO				
	SUELTO		VARILLADO	
	M-1	M-2	M-1	M-2
Wrecipiente (kg)	4.79	4.79	4.79	4.79
Vrecipiente (m3)	0.0072	0.0072	0.0072	0.0072
Wm + Wr (kg)	15.67	15.68	16.18	16.19
Wm (kg)	10.88	10.89	11.39	11.4
P.U	1511.11	1512.50	1581.94	1583.33
PROMEDIO	1511.81		1582.64	
PESO UNITARIO	1511.81	Kg/m3	1582.64	Kg/m3

Fuente: Propia elaborado en laboratorio UNFV – FIC

4.1.4. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.

La NTP-400.021 y NTP 400.022 serán las que se aplicara para realizar y garantizar el cumplimiento adecuado de los procedimientos.

Estas Normas se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de los agregados a fin de usar estos valores tanto en los cálculos y corrección de diseños de mezclas, como en el control de uniformidad de sus características físicas.

4.1.4.1. **Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.**

El peso específico y absorción de la arena se obtiene en base a la (NTP 400.022, 2002) de la siguiente manera:

1. Proceder a elegir dos muestras de 500 gr cada una.

Figura 19. Selección del material por cuarteo y peso requerido.



Fuente: Tomadas en el laboratorio de la UNFV – FIC

2. Se colocara e introducirá las muestras en las fiolas de 500 ml para cada muestra así mismo se agregara agua hasta el cuello de la fiola, de modo que se pueda continuar con el procedimiento.
3. Una vez vertidas la arena junto con el agua en el interior de las fiolas procedemos a eliminar los vacíos dentro de la muestra, esta se efectuara de forma manual girando las fiolas en sentidos uniforme y contrapuestos por un promedio de tiempo de 10 a 15 min.
4. Se completa con agua hasta llegar al nivel indicado en las fiolas tal como se aprecia en la Figura N°20.

Figura 20. Muestras respectivas introducidas en las fiolas.



Fuente: Tomadas en el laboratorio de la UNFV – FIC

5. Determinamos el peso de cada fiola con la muestra.
6. Vertemos las muestras de las fiolas en depósitos sin desperdiciar ninguna partícula de la arena.

Figura 21. Muestra vertida de las fiola.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

7. Se colocan al horno durante 24 hrs para determinar su peso.

8. Asimismo determinamos el peso de la arena saturada superficialmente seco (W_{sss}). Para eso sumergimos una muestra de la arena durante 24 horas para su saturación completa, posteriormente se la seca superficialmente y se verifica mediante el cono su óptimo grado de humedad, luego se pesan.

Figura 22. Prueba del cono para hallar el estado óptimo de la arena para determinar el W_{sss} .



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

9. En la Tabla N°15 se muestran los datos obtenidos en el laboratorio de materiales.

Tabla 15

Valores calculados de acuerdo a los procedimientos según norma.

W_{sss} (gr)	500	500
W fiola (gr)	164	163
$W_w = V_w$ (ml)	311	313
W tara (gr)	211	336
W seco (gr)	492	492.1
$W_{sss} + W_f + W_w$ (gr)	975	976
V_f (ml)	500	500

Fuente: Propia, elaboradas en el laboratorio de la UNFV – FIC

10. Con los datos obtenidos se procede a realizar los cálculos, cabe resaltar que se realizó los ensayos para dos muestras para poder corregir y trabajar con el promedio de cada resultado.

Tabla 16
Resumen y cálculo de los resultados para el diseño de mezclas.

DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO (P.E) AGR. FINO				
UNIDADES	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO	
W _{sss} (gr)	500	500		
W _{fiola} (gr)	164	163		
W _w = V _w (ml)	311	313		
W _{tara} (gr)	211	336		
W _{seco} (gr)	492	492.1		
W _{sss} +W _f +W _w (gr)	975	976		
V _f (ml)	500	500		
P.E (gr/cm ³)	2.603	2.632	2.617	gr/cm ³
			2620	Kg/m ³
			PESO ESPECIFICO	

Fuente: Propia, elaboradas en el laboratorio de la UNFV – FIC

11. Por ultimo para obtener el resultado del peso específico aplicamos la siguiente formula.

$$\gamma_m = \frac{W_s}{V_f - V_w}$$

$$P.U_1 = \frac{492}{500 - 311} = 2.603 \frac{gr}{cm^3}$$

$$P.U_2 = \frac{492.1}{500 - 313} = 2.632 \frac{gr}{cm^3}$$

El resultado es el promedio de ambas muestras ensayadas, el cual será el dato para el diseño de mezclas.

$$P.E = \frac{2.603 + 2.632}{2} = 2.617 \frac{gr}{cm^3} \approx 2620 \frac{kg}{m^3}$$

La absorción de la arena se obtiene del mismo estudio que se obtuvo para determinar el peso específico de la arena.

Para eso se aplicara la siguiente relación:

$$\%Abs = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} * 100\%$$

$$\% Abs = \frac{500 - 492}{492} * 100\% = 1.63 \%$$

$$\% Abs = \frac{500 - 492.1}{492.1} * 100\% = 1.61 \%$$

Promedio %Abs = 1.62 %

Tabla 17
Resultados de absorción de la arena.

DETERMINACION DE LA ABSORSION (%Abs) AGR. FINO			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
Agua Absorción (W _{sss} -W _s)	8	7.9	
Humedad de Absorción (%Abs)	1.63	1.61	1.62 %
			ABSORCION

Fuente: Propia, elaboradas en el laboratorio de la UNFV – FIC

4.1.4.2. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.

El peso específico y absorción de la piedra se obtiene en base a la (NTP 400.021, 2002) de la siguiente manera:

1. Pesarse el agregado húmedo (piedra), el cual ha sido previamente saturado en agua por 24 horas.
2. Se procede a secar superficialmente la grava con la franela absorbente para eliminar el agua superficial que tiene la piedra chancada y pesarla nuevamente para obtener el peso saturado superficialmente seco (W_{ss}).

Figura 23. Agregado grueso en estado saturado superficialmente seco



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

3. Seguidamente el material de muestra se coloca en la canastilla y se sumerge en un recipiente con capacidad mínima de 16 lts.

4. De esta manera se procede hallar el peso sumergido mediante una balanza.

Figura 24. Determinación del peso sumergido de la muestra.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

5. Retiramos la muestra de la canastilla y lo colocamos en el horno durante 24 horas.
6. Después de retirar la muestra del horno se procede a pesar para obtener el peso seco (W_s).
7. Obtenemos los datos de todos los procedimientos y ensayos realizados tenemos:

Tabla 18

Valores obtenidos de acuerdo a los procesos según norma.

UNIDADES		MUESTRA 1	MUESTRA 2
W tara	(gr)	419	252
Wsss+W tara	(gr)	3906	3155
Wsss	(gr)	3487	2903
W sumergido	(gr)	2204	1835
W s + W tara	(gr)	3873	3125
Ws	(gr)	3454	2873
Vbruto	(cm3)	1283	1068

Fuente: Propia, elaboradas en el laboratorio de la UNFV – FIC.

8. Con los resultados de la tabla anterior procedemos a hallar el peso específico de la piedra, con la siguiente formula:

$$\gamma_m = \frac{W_s}{V_{bruto}}$$

$$P.E_1 = \frac{3454}{1283} = 2.692 \text{ gr/cm}^3$$

$$P.E_2 = \frac{2873}{1068} = 2.690 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Promedio tenemos: } P.E = \frac{2.692+2.690}{2} = 2.691 \approx 2691 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 19

Resumen de resultados y datos para el diseño de mezclas.

DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO (P.E) AGR. GRUESO				
UNIDADES	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO	
W tara (gr)	419	252		
Wsss+W tara (gr)	3906	3155		
Wsss (gr)	3487	2903		
W sumergido (gr)	2204	1835		
W s + W tara (gr)	3873	3125		
Ws (gr)	3454	2873		
Vbruto (cm3)	1283	1068		
P.E (gr/cm3)	2.692	2.690	2.691	gr/cm3
			2691	Kg/m3
			PESO ESPECIFICO	

Fuente: Propia, elaboradas en el laboratorio de la UNFV – FIC

La absorción de la piedra chancada se obtiene del mismo estudio que se obtuvo para determinar el peso específico de la piedra.

Para eso se aplicara la siguiente relación:

$$\%Abs = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} * 100\%$$

$$\% \text{ Abs} = \frac{3487 - 3454}{3454} * 100\% = 0.955\%$$

$$\% \text{ Abs} = \frac{2903 - 2873}{2873} * 100\% = 1.04\%$$

Promedio %Abs = 1.00 %

Tabla 20

Datos y resultado de la absorción de la piedra.

DETERMINACION DE LA ABSORCION (%Abs) AGR. GRUESO			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
Agua Absorción (W_{ss}-W_s)	33	30	
Humedad de Absorción (%Abs)	0.955	1.04	1.00
			%
			ABSORCION

Fuente: Propia, elaboradas en el laboratorio de la UNFV – FIC

4.1.4.3. Determinación del peso específico de la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA)

La determinación del peso específico de la ceniza es esencial para poder realizar la dosificación en volumen de cada uno de los componentes del concreto, la ceniza pasara ser sustituto porcentual respecto a la arena gruesa.

El procedimiento de este ensayo se realizara de la misma manera que el ensayo del agregado fino.

1. Se procede con el peso seco de la muestra 50 gr.

Figura 25. Ceniza de bagazo de la caña de azúcar.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

2. Se procede a introducir la ceniza en las fiolas con un volumen de 100ml se le agrega agua y se inicia a manipular la fiola de manera circular para poder eliminar los vacíos.
3. Se añade agua al nivel indicado en la fiola y se procede a pesar.

Figura 26. Peso de la ceniza y fiola.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC.

4. Luego de registrar los datos se procede a verter en una tara para el secado de toda la muestra.

Figura 27. Vertido de la ceniza en un envase.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

5. Finalmente se introduce al horno durante 24 horas para luego pesar la muestra seca.

Figura 28. Colocación de la muestra en el horno.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Con los cálculos que se realizaron para determinar el P.E del agregado fino, realizamos de la misma manera y se obtiene lo siguiente:

Tabla 21

Resumen de datos y obtención de los resultados para las dosificaciones.

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO (P.E) DE LA CBCA				
UNIDADES	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	
	1	2		
W_{sss} (gr)	50	50		
W_{fiola} (gr)	52	54		
W_w = V_w (ml)	79	79		
W_{tara} (gr)	73	73		
W_{seco} (gr)	48.3	49.1		
W_{sss}+W_f+W_w (gr)	181	183		
V_f (ml)	100	100		
P.E (gr/cm³)	2.300	2.338	2.319	gr/cm³
			2320	Kg/m³
			PESO ESPECIFICO	

Fuente: Propia obtenidos en laboratorio UNFV - FIC

$$\text{Promedio tenemos: } P.E = \frac{2.30+2.338}{2} = 2.319 \approx 2320 \text{ kg/m}^3$$

4.2. PROCEDIMIENTOS PARA LA PREPARACION DE LA CBCA

Las cenizas de bagazo de caña de azúcar en la planta Agro Industrial Paramonga se obtiene humedad, se obtienen de esta manera debido a que estas cenizas generadas en las calderas son trasportadas mediante ductos a una poza sedimentadora, todo este proceso para evitar que las cenizas se expandan en el aire y generen contaminación ambiental.

Estas cenizas una vez extraídas tiene la apariencia de arena fina, evidentemente tiene partículas extras.

4.2.1. SECADO DE LA CBCA

Es muy importante que la ceniza este completamente seca para que este pueda ser utilizado como sustituto en porcentaje de la arena gruesa, para eso se tiende la arena en un área libre y soleada durante dos días siguiendo el proceso del mezclado para que seque homogéneamente, posteriormente se verificara su contenido de humedad 0%. Para su uso en el diseño de mezcla.

Figura 29. Secado de la ceniza de bagazo al aire libre.



Fuente: Tomada en el patio de la UNFV – FIC

4.1.1. Selección de la ceniza por tamizado.

Analizando que una mezcla, posea más finos en su constitución esta reducirá los vacíos que se genera en el concreto.

Partiendo de esa premisa una vez comprobada que la ceniza este completamente seca se procederá al tamizado de la ceniza, para ese proceso se utilizó las mallas de N°16, N°30 y N°40.

Figura 30. Tamizado de la ceniza



Fuente: Tomada en el patio de la UNFV – FIC

Figura 31. Variabilidad de la ceniza respecto a las mallas.



Fuente: Tomada en el patio de la UNFV – FIC

4.1.2. Material para el diseño de mezcla

Luego del tamizado se obtendrá la ceniza a utilizar, esta ceniza será la pasante de la malla N°40.

Figura 32. Ceniza a utilizar.



Fuente: Tomada en el patio de la UNFV – FIC

4.3. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI.

El diseño se realizó utilizando el método ACI-211 con el cual se determina la combinación más práctica de los materiales con los que se dispone para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones de empleo. (Pasquel Carbajal, 1993)

Asimismo se logró obtener una mezcla de concreto que posea las siguientes propiedades:

- Que posea una trabajabilidad aceptable.
- Una buena durabilidad y resistencia
- Que sea económica.

Este método proporciona una aproximación preliminar de las cantidades de materiales necesarios para elaborar el concreto, que luego deben ser verificados mediante mezclas de prueba elaborados en el laboratorio y efectuar los ajustes que sean necesarios con el objetivo de lograr las características deseadas en el concreto fresco y posteriormente en el concreto endurecido.

Procedimiento:

1. Obtener los datos de laboratorio.

Para iniciar con el diseño de mezcla y obtener el proporcionamiento es necesario tener los datos siguientes:

- Tipo de estructura para la cual se realizara el diseño.
- Resistencia requerida
- Tipo de cemento, para este tesis es el TIPO I
- Peso específico de los agregados
- Peso unitario de los agregados
- Módulo de fineza de la arena.
- Tamaño máximo del agregado grueso
- Contenido de humedad.
- Absorción de los agregados.

Tabla 22
Resumen de datos para el diseño de mezcla por el Método ACI.

AGREGADO	FINO	GRUESO	UNIDAD
PESO ESPECIFICO (P.E)	2620	2691	Kg/m ³
ABSORCION (Abs)	1.62	1	%
MODULO DE FINEZA	2.9		Adim.
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		1/2"	Pulg.
PESO UNITARIO SUELTO	1540	1456.25	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1760	1588.19	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.215	0.402	%

Fuente: Propia obtenidos en laboratorio UNFV – FIC

2. Resistencia de diseño

La resistencia requerida para el diseño es de 210 kg/cm², la cual según el método del ACI, se trabajó para el diseño con una resistencia promedio requerida, esta se da para brindarle seguridad al diseño de mezcla.

De la Tabla N°23 se obtiene la resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.

Tabla 23
Para determinar la resistencia a la compresión promedio.

RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	
Resistencia a la compresion especificada f 'c (kg/cm ²)	Resistencia a la compresion requerida promedio f 'c r (kg/cm ²)
Menos de 210	f 'c + 70
210 a 350	f 'c + 84
Sobre 350	f 'c + 98

Fuente: American Concrete Institute (ACI 211, 2002)

Tenemos como resistencia especificada $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Por lo tanto según la tabla se diseñara para una resistencia de:

$$f'cr = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'cr = 294 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3. Revenimiento o Slump

La elección del revenimiento depende para que tipo de construcción y estructura se diseñara el concreto.

De la Tabla 24 revenimiento recomendados para diversos tipos de estructuras.

Tabla 24
Elección del revenimiento solicitado.

SLUMP PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Tipo de Estructura	Slump Máximo	Slump Mínimo
Zapatas y Muros de Cimentación Reforzados	3"	1"
Cimentación Simples y Calzaduras	3"	1"
Vigas y Muros Armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: American Concrete Institute (ACI 211, 2002)

Para el diseño del concreto se eligió como elementos estructurales las cimentaciones, en este caso zapatas reforzadas, ya que el concreto que se busca desarrollar tiene que ser durable y resistente a los agentes agresivos, por otro lado estas subestructuras tienen mayor incidencia en su fundación en suelos que contengan sales, cloruros y otros agentes.

Por eso se trabajara con un asentamiento de 3" a 4" (7.5 a 10 cm).

4. Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire.

La Tabla N°25 del apéndice del documento (ACI 211, 2002), proporciona la cantidad de agua (en kg/m³ de concreto) y el porcentaje de aire atrapado en función de las siguientes variables.

- a) Tipo de concreto
 - Sin aire incorporado
 - Con aire incorporado (dependiendo si el nivel de exposición es bajo, medio o extremo)
- b) Revenimiento
 - De 1" a 2"
 - De 3" a 4"
 - De 6" a 7"
- c) Tamaño máximo nominal del agregado
 - Para (3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 3" y 6")

Tabla 25

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire según el tamaño máximo del agregado.

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en Lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados							
	y asentamiento indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	----- -
Cantidad aproximada de aire atrapado en %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	----- -
Promedio para el contenido total de aire en %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: American Concrete Institute (ACI 211, 2002)

De acuerdo a los datos obtenidos y los requerimientos solicitados, estos serán empleados en la tabla para hallar la cantidad de agua y el aire atrapado, tenemos:

- a) **Volumen unitario del agua 215 L.**
- b) **Contenido de aire incorporado 2.5%.**

5. Relación Agua/Cemento (a/c)

Se conoce como la razón existente entre el peso del agua con respecto al peso de cemento es decir:

$$a/c = \text{Peso de agua} / \text{Peso de cemento}$$

Si se mantienen constantes las cantidades de agregado seco en una determinada proporción de concreto, se observa que a medida que la relación agua/cemento se incrementa, esta conlleva a una disminución en la resistencia del concreto.

Por eso es importante tener un adecuado balance de dicha relación, de forma que permita que para una determinada cantidad de cemento fija en la mezcla, se disponga de la suficiente cantidad de agua que permita una adecuada colocación del concreto y lograr la resistencia especificada ($f'c$).

Tabla 26
Relación agua cemento y la resistencia del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS ($f'cp$) (kg/cm ²)	RELACION AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-----
400	0.43	-----
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.43
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: American Concrete Institute (ACI 211, 2002)

Datos de la Tabla: 0.62 – 250
 a/c – 294
 0.55 – 300

Interpolando según la Tabla N°26 se tiene: a/c = 0.56

6. Calculo del contenido de cemento

Es igual al contenido estimado de agua de mezclado dividido entre la relación a/c no obstante, la especificación incluye un límite mínimo separado sobre el cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en el criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento.

Entonces tenemos el agua 215 L.

$$a/c = 0.56$$

$$\text{Por lo tanto: } \textit{cemento} = \frac{215 L}{0.56} = 383.93 \textit{ Kg}$$

Llamado también factor cemento.

7. Estimación del contenido del agregado grueso.

Según la Tabla N°27 del (ACI 211, 2002) se muestra el volumen de agregado en m³, con base al peso unitario varillado o compactado seco (P.U.C.S) para un m³ de concreto. Este volumen se convierte en peso seco del agregado grueso requerido en un m³ de concreto, multiplicándolo por el peso unitario compactado en seco por m³ de agregado grueso.

Tabla 27

Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO (Pulg.)	Volumen de A.Grueso Seco y compactado			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
6	1.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: American Concrete Institute (ACI 211, 2002)

El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado tal como lo define la norma.

Hallamos el factor tabla (F.T) para poder multiplicarlo con el P.U.C.S.

$$2.80 - 0.55$$

$$2.94 - F.T$$

$$3.00 - 0.53$$

Interpolando se obtiene: F.T = 0.54

Por lo tanto el peso de la piedra por unidad de volumen es:

$$\text{Peso seco (A.G)} = 1582.64 * 0.54 = 854.63 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco (A.G)} = 854.63 \text{ Kg/m}^3$$

8. Estimación del peso de la arena gruesa.

Hasta el paso 7 se han estimado todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino cuya cantidad se determina por diferencia. ACI 211.1 proporciona 2 formas de determinarlo.

Por el método del peso

Por el método de volumen absoluto, este último es el más utilizado por su fácil y sencilla aplicación.

Una vez establecidas las cantidades de agua, cemento y piedra el material restante que completa un metro cubico de concreto debe consistir en arena y aire que pueda quedar incluido.

Así tenemos la siguiente tabla con todos los datos para obtener el peso de la arena gruesa para un metro cubico de concreto.

Tabla 28

Determinación del peso absoluto del agregado fino

	PESO (KG)	P.E (Kg/m ³)	VOLUMEN (m ³)
CEMENTO	383.93	3110	0.123
AGUA	215	1000	0.215
AIRE ATRAPADO	-	-	0.025
AGREGADO GRUESO	854.63	2691	0.318
AGREGADO FINO	?	2620	X
			1

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

El volumen que ocupa la arena se halla por diferencia entonces **X = 0.319**

$$\text{Peso seco (A.F)} = 2620 * 0.319 = 835.78 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco (A.F)} = 835.78 \text{ Kg/m}^3$$

9. Ajuste por humedad de los agregados

Se procede a determinar el peso de los materiales en su estado natural.

$$\text{Peso humedo (A.F)} = 835.78 * \left(\frac{1.215}{100} + 1 \right) = 845.93 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo (A.G)} = 854.63 * \left(\frac{0.402}{100} + 1 \right) = 858.07 \text{ kg}$$

10. Hallamos el agua efectiva

Determinar el agua efectiva, dependerá de la absorción de los agregados ya que regularmente estos tienen un porcentaje de absorción de agua tanto absorbida como superficial.

$$\text{Agua (A.F)} = 835.78 * \left(\frac{1.215 - 1.62}{100} \right) = -3.38 \text{ Lt}$$

$$\text{Agua (A.G)} = 854.63 * \left(\frac{0.402 - 1.00}{100} \right) = -5.11 \text{ Lt}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 215 - (-3.38 - 5.11) = 223.49 \text{ Lt}$$

Por lo tanto se tiene el agua efectiva para un metro cubico de concreto.

$$\text{Agua Efectiva} = 223.49 \text{ Lt}$$

11. Dosificación en peso húmedo final.

En la siguiente Tabla N°29 se muestra las cantidades en peso para un metro cubico de concreto.

Tabla 29

Dosificación con las correcciones de humedad y absorción.

DOSIFICACION EN PESO HUMEDO		
Peso A. Fino =	845.93	kg
Peso A. Grueso =	858.07	kg
Peso agua =	223.49	kg
Peso cemento =	383.93	kg

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

4.4. DOSIFICACION EN BASE A LA CBCA COMO SUSTITUTO PORCENTUAL DE LA ARENA.

Como la ceniza será utilizada como sustituto parcial del agregado fino es necesario hacer un arreglo en el diseño de mezcla para saber la cantidad de material a utilizar para un metro cubico de concreto. Ya que la manera en que se va implementar la dosificación, es en base a la sustitución porcentual del peso de la arena gruesa con respecto al volumen de la tanda.

A continuación de muestra la Tabla N°30 las proporciones en peso de los agregados así como el de la ceniza, todo esto para un metro cubico de concreto.

Tabla 30

Intervención de la ceniza en la dosificación con respecto al agregado fino.

VOLUMEN		1.0000	M3						
AIRE ATRAP. 1M3		0.025							
	(Kg)	P.E (Kg/m3)	Vol. (m3)	5%	10%	15%			
CEMENTO	383.93	3110	0.1235						
PIEDRA	858.06	2691	0.3189						
ARENA	845.93	2620		0.290	0.272	0.253			
AGUA	224.51	1000	0.2245						
AIRE ATRAPADO	-	-	0.0250						
5% CBCA	42.30	2320	0.0182						
10% CBCA	84.59	2320			0.036				
15% CBCA	126.89	2320				0.055			
			0.7101		0.728	0.747			
ARENA	759.65	KG		711.89	KG	664.12	KG		
5%	CBCA	42.30	KG	10%	84.59	KG	15%	126.89	KG

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC

En resumen se muestra en la Tabla N°31 la dosificación con ceniza de bagazo de caña de azúcar para el concreto con porcentajes de 5%, 10% y 15% de CBCA respecto a la arena, son las siguientes.

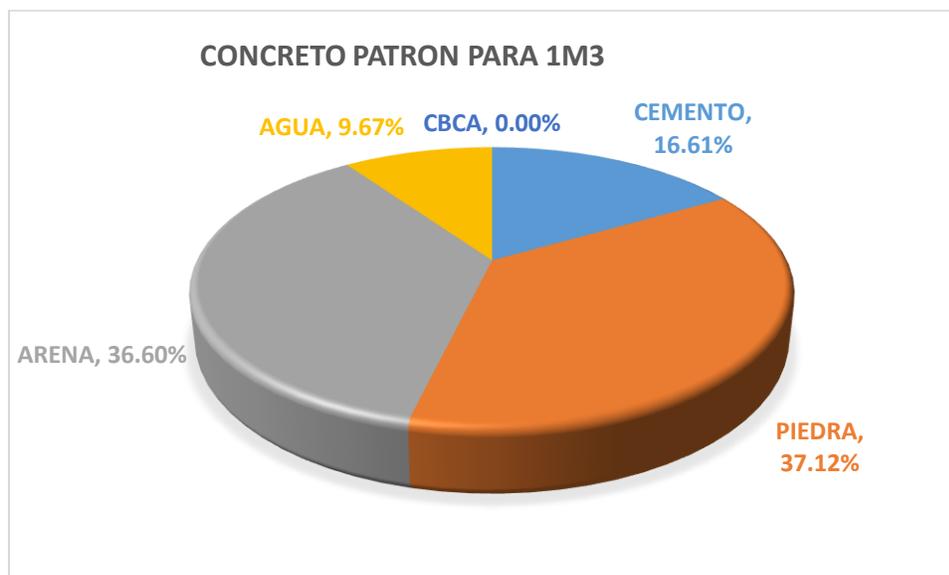
Tabla 31
Dosificaciones finales para un metro cubico de concreto con ceniza.

	PROPORCION PARA DISEÑO					
	AL 5% CBCA		AL 10% CBCA		AL 15% CBCA	
CEMENTO	383.93	Kg	383.93	Kg	383.93	Kg
PIEDRA	858.06	Kg	858.06	Kg	858.06	Kg
ARENA	759.65	Kg	711.89	Kg	664.12	Kg
AGUA	224.51	Kg	224.51	Kg	224.51	Kg
CBCA	42.30	Kg	84.59	Kg	126.89	Kg

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC

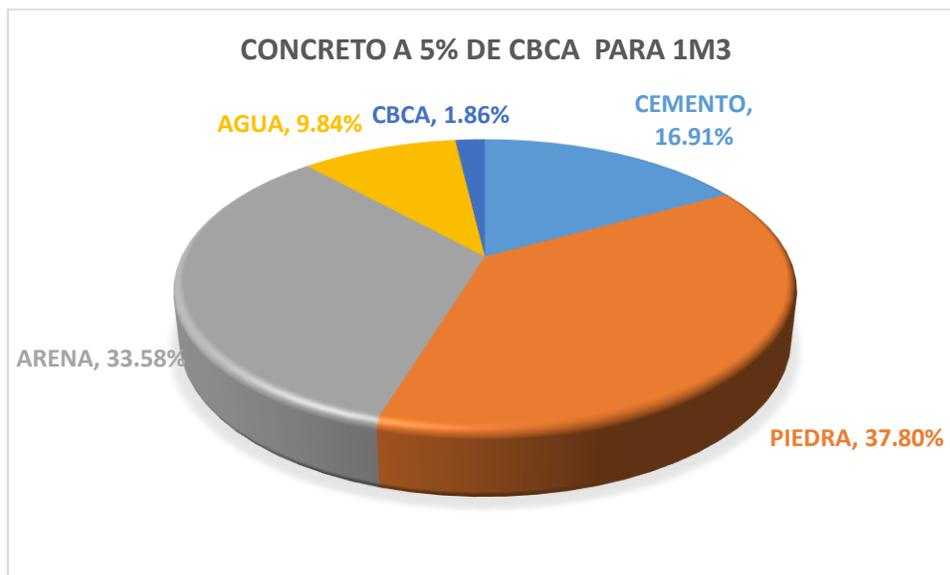
Para observar las diferencias que existen respecto a la dosificación del concreto patrón con las dosificaciones al 5%, 10% y 15% de CBCA, se determinó la participación porcentual en peso absoluto por metro cubico (1 m³) de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, de esta manera se determinara la influencia en peso de la ceniza con respecto al volumen del concreto.

Figura 33. *Participación de los agregados en porcentaje del concreto sin CBCA.*



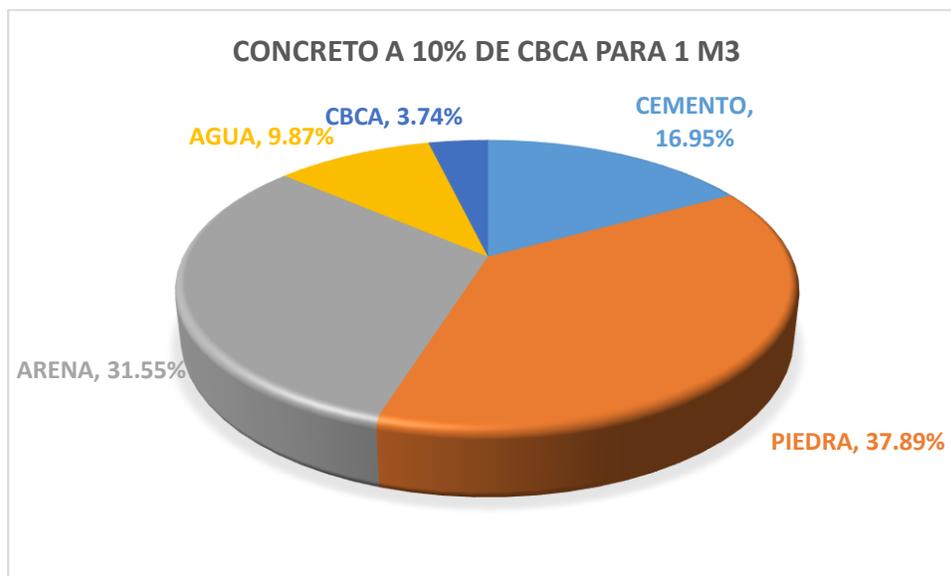
Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC

Figura 34. Participación en porcentaje de la ceniza al 5% de CBCA



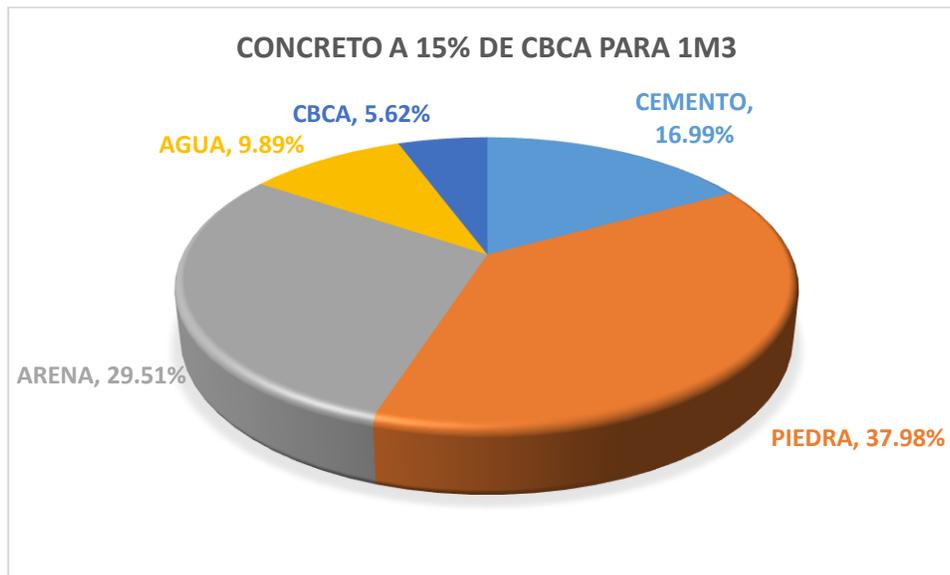
Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC

Figura 35. Participación en porcentaje de la ceniza al 5% de CBCA



Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC

Figura 36. Participación en porcentaje de la ceniza al 15% de CBCA.



Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC

4.5. TABLAS CON LAS DOSIFICACIONES REQUERIDAS PARA CADA TANDA

La muestra para los ensayos del concreto fresco (revenimiento o slump, exudación y peso unitario) así como para el concreto endurecido, tal es la compresión y durabilidad, se ha determinado calculando la cantidad de concreto que se utilizara para los ensayos respectivos, de tal manera que se determinó el volumen a emplear para cada tanda.

Para cada procedimiento de la elaboración del concreto, tanto para el concreto patrón, para el concreto al 5% de ceniza, concreto al 10% y 15% de ceniza se preparó en dos tandas, para cada caso.

4.5.1. Dosificación para el concreto Patrón o concreto sin ceniza.

En base al diseño de mezcla para un metro cubico de concreto de la muestra patrón se realiza la dosificación para elaborar el concreto requerido ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$) en dos tandas, a continuación se detalla.

Tabla 32
 Dosificación en peso de la tanda 1.

CONCRETO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

TANDA 1			
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO			
0.0471	m3	a/c Slam	0.59 3"

DISEÑO FINAL PARA: 0.0471 m3 DE CONCRETO			
ELEMENTO	PESO		
AGUA	11.07 kg.		
CEMENTO	18.55 kg.	Ó	0.4 bolsas
PIEDRA	40.41 kg.		
ARENA	39.31 kg.		

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC

Tabla 33
 Dosificación en peso de los agregados para la tanda 2.

TANDA 2			
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO			
0.037	m3	a/c Slam	0.59 3"

DISEÑO FINAL PARA: 0.037 m3 DE CONCRETO			
ELEMENTO	PESO		
AGUA	8.70 kg.		
CEMENTO	14.57 kg.	Ó	0.3 bolsas
PIEDRA	31.75 kg.		
ARENA	30.88 kg.		

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

4.5.2. Dosificación para el contenido del 5% de CBCA

En base al diseño de mezcla absoluto se halla la dosificación para el concreto al 5% de ceniza respecto al agregado fino, para el volumen de la tanda o del concreto solicitado.

Se determina en volumen, ya que el procedimiento es hallar el 5% del peso de la arena gruesa, este peso obtenido será dividido entre el peso específico de la ceniza, para así hallar el volumen que ocupa dicha ceniza en la mezcla, luego por diferencia se obtendrá el nuevo volumen de la arena gruesa, determinándose el nuevo peso de la arena a partir de la multiplicación del nuevo volumen de la arena con su peso específico.

Tabla 34
Dosificación al 5% de ceniza para la tanda 1.

CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL 5% DE CBCA			
TANDA 1			
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO			
0.0434 m ³			
DISEÑO FINAL PARA: 0.0434 m³ DE CONCRETO			
ELEMENTO	PESO		
AGUA	11.05 kg.		
CEMENTO	17.09 kg.	Ó	0.4 bolsas
PIEDRA	37.24 kg.		
ARENA	36.23 kg.		
SUSTITUCION DE CBCA AL 5% RESPECTO AL AGREGADO FINO			
	AL 5% CBCA		
CEMENTO	17.09	Kg	
PIEDRA	37.24	Kg	
ARENA	32.63	Kg	
AGUA	11.05	Kg	
CBCA	1.81	Kg	a/c 0.64
			Slump 4"

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

Tabla 35
 Dosificación al 5% de ceniza para la tanda 2.

TANDA 2	
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO	
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">0.0434 m³</td> </tr> </table>	0.0434 m ³
0.0434 m ³	

DISEÑO FINAL PARA:				0.0434 m³	DE CONCRETO	
ELEMENTO	PESO					
AGUA	10.20 kg.					
CEMENTO	17.09 kg.				Ó	0.4 bolsas
PIEDRA	37.24 kg.					
ARENA	36.23 kg.					

SUSTITUCION DE CBCA AL 5% RESPECTO AL AGREGADO FINO						
	AL 5% CBCA					
CEMENTO	17.09	Kg		AGUA		9.87
PIEDRA	37.24	Kg		A/C		0.57
ARENA	32.63	Kg				
AGUA	10.20	Kg				
CBCA	1.81	Kg	a/c			0.59
			Slump			3.5"

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

4.5.3. Dosificación para el contenido del 10% de CBCA

En base al diseño de mezcla absoluto se halla la dosificación para el concreto al 5% de ceniza respecto al agregado fino, para el volumen de la tanda o del concreto solicitado.

Se determina en volumen, ya que el procedimiento es hallar el 5% del peso de la arena gruesa, este peso obtenido será dividido entre el peso específico de la ceniza, para así hallar el volumen que ocupa dicha ceniza en la mezcla, luego por diferencia se obtendrá el nuevo volumen de la arena gruesa, determinándose el nuevo peso de la arena a partir de la multiplicación del nuevo volumen de la arena con su peso específico.

Tabla 36

Dosificación en peso al 10% de ceniza para la tanda 1.

CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL 10% DE CBCA

TANDA 1			
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <div style="background-color: #92d050; padding: 5px; display: inline-block;">0.0392</div> m3 </div>			
DISEÑO FINAL PARA: 0.0392 m3 DE CONCRETO			
ELEMENTO	PESO		
AGUA	8.80 kg.		
CEMENTO	15.44 kg.	Ó	0.4 bolsas
PIEDRA	33.64 kg.		
ARENA	32.72 kg.		
CORRECCION DE AGUA EFECTIVA: +0.416 KG			
SUSTITUCION DE CBCA AL 10% RESPECTO AL AGREGADO FINO			
	AL 10% CBCA		
CEMENTO	15.44	Kg	
PIEDRA	33.64	Kg	
ARENA	27.63	Kg	
AGUA	9.22	Kg	
CBCA	3.27	Kg	
	a/c	0.59	
	Slump	2.5"	

Tabla 37
 Dosificación en peso al 10% de ceniza para la tanda 2.

TANDA 2	
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <div style="background-color: #92d050; padding: 5px; display: inline-block;">0.0306</div> m³ </div>	

DISEÑO FINAL PARA:			
0.0306	m ³	DE CONCRETO	
ELEMENTO	PESO		
AGUA	6.87 kg.		
CEMENTO	12.05 kg.	Ó	0.3 bolsas
PIEDRA	26.26 kg.		
ARENA	25.54 kg.		
CORRECCION DE AGUA EFECTIVA: +0.325 KG			

SUSTITUCION DE CBCA AL 10% RESPECTO AL AGREGADO FINO			
	AL 10% CBCA		
CEMENTO	12.05	Kg	
PIEDRA	26.26	Kg	
ARENA	21.57	Kg	
AGUA	7.20	Kg	
CBCA	2.55	Kg	a/c 0.59
			Slump 2.5"

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

4.5.4. Dosificación para el contenido del 15% de CBCA

En base al diseño de mezcla absoluto se halla la dosificación para el concreto al 5% de ceniza respecto al agregado fino, para el volumen de la tanda o del concreto solicitado.

Se determina en volumen, ya que el procedimiento es hallar el 5% del peso de la arena gruesa, este peso obtenido será dividido entre el peso específico de la ceniza, para así hallar el volumen que ocupa dicha ceniza

en la mezcla, luego por diferencia se obtendrá el nuevo volumen de la arena gruesa, determinándose el nuevo peso de la arena a partir de la multiplicación del nuevo volumen de la arena con el peso específico del mismo.

Tabla 38

Dosificación en peso al 15% de ceniza para la tanda 1.

CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL 15% DE CBCA

TANDA 1		
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO		
<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">0.0392 m³</td> </tr> </table>		0.0392 m ³
0.0392 m ³		

DISEÑO FINAL PARA: 0.0392 m³ DE CONCRETO			
ELEMENTO	PESO		
AGUA	8.80 kg.		
CEMENTO	15.44 kg.	Ó	0.4 bolsas
PIEDRA	33.64 kg.		
ARENA	32.72 kg.		
CORRECCION DE AGUA EFECTIVA: +0.416 KG			

SUSTITUCION DE CBCA AL 15% RESPECTO AL AGREGADO FINO			
	AL 10% CBCA		
CEMENTO	15.44	Kg	
PIEDRA	33.64	Kg	
ARENA	25.78	Kg	
AGUA	9.22	Kg	
CBCA	4.91	Kg	a/c 0.59
Slump 1.5"			

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

Tabla 39
 Dosificación en peso al 15% de ceniza para la tanda 2.

TANDA 2			
PASO 7/7: METROS CUBICOS DE CONCRETO REQUERIDO			
<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">0.0306</td> <td>m3</td> </tr> </table>		0.0306	m3
0.0306	m3		

DISEÑO FINAL PARA: 0.0306 m3 DE CONCRETO			
ELEMENTO	PESO		
AGUA	6.87 kg.		
CEMENTO	12.05 kg.	Ó	0.3 bolsas
PIEDRA	26.26 kg.		
ARENA	25.54 kg.		
CORRECCION DE AGUA EFECTIVA: +0.325 KG			

SUSTITUCION DE CBCA AL 15% RESPECTO AL AGREGADO FINO			
	AL 10% CBCA		
CEMENTO	12.05	Kg	
PIEDRA	26.26	Kg	
ARENA	20.12	Kg	
AGUA	7.20	Kg	
CBCA	3.83	Kg	a/c 0.59
Slump 1.5"			

Fuente: Elaboración propia en laboratorio UNFV – FIC.

4.6. FABRICACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO

La elaboración y procedimientos para preparar el concreto que serán moldeados, después de que hayan sido hechos todos los ajustes en laboratorio para la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación del agua efectiva de mezclado y la ceniza de bagazo de caña de azúcar, para realizar y cumplir todos los requisitos se aplicara la (NTP 339.033, 1999)

La fabricación del concreto se realizó en mezcladora tipo trompo, los equipos deben estar operativos, deben estar limpio y sin concreto endurecido adherido en su interior o en las paletas mezcladoras, ya que esto afectara la eficiencia del mezclado.

De igual forma se verifico los demás instrumentos, así como la importancia de humedecerlos para evitar la absorción o la resta del agua al diseño de mezcla.

Figura 37. Agregados para una tanda, piedra, arena y ceniza de bagazo.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Figura 38. Preparación, agregando agua a la tanda con los componentes.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4.7. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.7.1. ENSAYO DE CONSISTENCIA O SLUMP

Se determinó siguiendo los procedimientos de la (NTP339.035, 1999)

Los pasos para ejecutar el ensayo de consistencia son:

- Ubicar el cono de Abrams en una superficie nivelada y no absorbente.

Figura 39. Cono de Abrams sobre una superficie impermeable



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

- Se apoya firme el cono sobre la base colocando y presionando, y por ningún motivo debe moverse el molde durante el llenado.
- El procedimiento del llenado del molde es en tres capas de igual volumen.
- Se varilla cada capa en toda su profundidad con 25 penetraciones de la varilla.
- Del mismo modo para cada capa se realiza el varillado.
- En la última capa se enrasa rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del cono.
- Finalmente se continua firme el cono si moverlo para prevenir interferencias con, y se procede a retirar o tirar el molde para arriba.

Figura 40. Cono a punto de ser retirado para medir el Slump.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

- Medimos con precisión desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen.

Figura 41. Medir y tomar la lectura del Slump.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

- Todo este ensayo no debe superar en más de 2.5 minutos.

4.7.2. ENSAYO DEL PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO

Tiene como objetivo determinar el peso de 1 m³ de concreto, el peso normalmente esta entre 2240kg/m³ a 2460kg/m³, este ensayo se ejecutó en base a la (NTP339.046, 2008).

El procedimiento es de la siguiente manera:

- Determinamos el peso del recipiente vacío y humedecido en kg. Se conoce su volumen.

Figura 42. Molde para determinar el peso unitario del concreto fresco.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

- Llenar y varillar en tres capas de igual volumen, así mismo golpear en tres lados en el molde, en la tercera capa sobrellene el recipiente.

Figura 43. Molde lleno de concreto, se procede a enrasar y limpiar.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

- Enrasar la superficie del concreto y dar un cavado suave con la platina de enrasado.
- Finalmente limpiar completamente el exterior del recipiente y determinar el peso en kg del recipiente lleno de concreto.

Figura 44. *Peso de la muestra para obtener el dato.*



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Datos obtenidos:

Peso total = 21.95 kg

Peso del recipiente = 4.81 kg

Volumen del recipiente = 0.0072 m³

$$P. U = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso de recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}}$$

$$P. U = \frac{21.95 - 4.81}{0.0072} = 2380.56 \text{ Kg/m}^3$$

Calculo del rendimiento del concreto patrón.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso total de la tanda (kg)}}{\text{Peso Unitario } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2311.42}{2380.56} = 0.97$$

En la Tabla N°40 se muestra los pesos unitarios y el peso total de la tanda para cada tipo de concreto, también se muestra el rendimiento de cada tipo de mezcla, todo los datos son elaborados en base a la dosificación para 1 m³ de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Tabla 40
Datos de los pesos y los resultados del rendimiento para cada caso.

Tipo de concreto	Peso unitario (kg/m³)	Peso de la tanda (kg) para 1 m³	Rendimiento
Concreto Patrón	2380.56	2311.42	0.971
Concreto con CBCA al 5%	2351.39	2270.11	0.965
Concreto con CBCA al 10%	2350.00	2264.64	0.964
Concreto con CBCA al 15%	2312.50	2259.17	0.976

Fuente: Propia, obtenidos en Laboratorio FIC UNFV.

4.8. ELABORACION DE LAS PROBETAS DE CONCRETO

4.8.1. ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

Para la elaboración de los testigos, se tomó en cuenta la (NTP339.033, 1999) la norma peruana indica los procedimientos para la elaboración, curado y transporte de probetas cilíndricas representativas del potencial del concreto colocado en el lugar solicitado.

Este procedimiento aplica para cilindros de 6x12 pulgadas en aprox. (15x30 cm), generalmente se aplican concreto con un asentamiento mayor a 1 “.

A continuación se detalla paso a paso el procedimiento para la elaboración de los cilindros de concreto.

1. Colocar los moldes en una superficie nivelada, libre de vibraciones, tránsito vehicular o peatonal y evitando la exposición directa al sol.
2. Las probetas deben estar debidamente engrasadas con aceite mineral (desmoldante), humedecer todas las herramientas,

3. Se procede al llenado en tres capas de igual altura, cada capa es varillado 25 veces de forma uniforme de tal manera que el varillado toque un tercio de la capa anterior.

Figura 45. Llenado con concreto las probetas cilíndricas.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4. Después de varillar cada capa, es necesario golpear el molde con el mazo de goma o caucho, 15 golpes distribuyéndose alrededor del molde, estos golpes sirven para evitar el contenido de aire.
5. Luego de golpear la tercera capa se procede a enrasar la superficie de tal manera que coincida con el borde superior del cilindro.
6. Finalmente identificar los testigos y proteger para evitar la evaporación.

Figura 46. *Probetas terminadas su preparación.*



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4.8.2. CURADO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO

Este procedimiento es estándar, las probetas que evalúan la calidad del concreto se desmoldan antes de las 48 horas después de moldearlas, lo recomendable es desmoldarlas pasando las 24 horas.

Máximo 30 minutos después de desmoldar, colocar las probetas en una solución de agua de cal 3g/L.

Figura 47. *Probetas listas para ser sumergidas para el curado.*



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

El propósito del curado húmedo es para maximizar la hidratación del cemento y la adición de la cal al agua busca subirle el PH hasta un rango de 13 ó 14 para que no le quite cal al concreto (evita lixiviación).

Estas probetas una vez desmoldadas se colocan en la poza de curado donde permanecerán completamente sumergidos en agua, hasta llegar a su edad de ensayo, que para esta investigación la edad de los ensayos se realizara a los 7 días, 14 días y 28 días.

Figura 48. Muestras en poza de curado.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4.9. ELABORACION DE LAS MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE DURABILIDAD.

Para la elaboración de muestras para realizar el ensayo de durabilidad a los cubos o dados de concretos se tomaron tamaños de las muestras indicadas en la (NTP 400.016, 2011) que trata de la determinación de la inalterabilidad de los agregados por medio de los sulfatos de sodio o magnesio.

En base a esta NTP (durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio).

De acuerdo a estas normativas se adaptó al concreto endurecido como agregado grueso, ya que el concreto viene a ser como un tipo de piedra artificial.

Para eso se trabajó con muestras que en este caso son cubos de concreto de 3.5 y 5 cm que fueron elaborados y llenado con los concretos que se preparó para cada caso.

Figura 49. Molde para cubos de 5cm para el ensayo de durabilidad.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Tenemos el concreto patrón, concreto al 5%, 10% y 15% de CBCA, de cada mezcla se extrajo las muestras las cuales siguieron el procedimiento para el curado de las mismas.

Estas muestras fueron ensayadas a los 28 días de edad, se sometieron a la interacción del Sulfato de Magnesio, guiado del procedimiento de la norma (NTP 400.016, 2011)

Figura 50. Muestras de 3.5 y 5 cm para el ensayo de durabilidad en la poza de curado.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC.

4.10. ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

4.10.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Este proceso también se le puede denominar control de calidad del concreto endurecido.

La resistencia a la compresión es la medida más común de desempeño que usan los ingenieros para diseñar cualquier estructura.

Los ensayos de pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para evaluar el cumplimiento del concreto suministrado con la resistencia especificada $f'c$.

Por definición para realizar un ensayo de resistencia corresponde al promedio de la resistencia de tres probetas de 150mm de diámetro y 300mm de altura, ensayados a los 7, 14 y 28 días.

Este ensayo está basado en la (NTP339.034, 2008) donde indica también cuando es conforme la resistencia a compresión.

- a) Así cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos a los 28 días será mayor o igual al $f'c$ solicitado.
- b) En ningún caso un ensayo individual de resistencia será menor que el $f'c$ solicitado en más de 35 kg/cm² cuando $f'c$ es 350 kg/cm² o menor.

La influencia de la edad sobre las propiedades del concreto, es diferente según la clase y calidad del cemento, el tipo de curado y las dosificaciones y proporcionamiento de sus componentes.

Procedimiento para los ensayos de las probetas:

1. Para la rotura de los cilindros de concreto, cada testigo debe cumplir con la edad requerida para dicho ensayo.
2. Las probetas una vez sacadas de la poza de curado se espera por una hora aproximadamente para su secado parcial.

3. Seguidamente se mide el diámetro de los tres testigos para cada tipo de mezcla, este diámetro se medirá con un vernier de precisión, estos diámetros tomados de la superficie superior de cada testigo serán promediados.

Figura 51. Testigos al 10% de CBCA, para la toma de medida del diámetro.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4. Una vez determinadas los diámetros promedios, se procede a colocar los testigos en la máquina de compresión y ejecutar la compresión.

Figura 52. Testigo lista para ser sometido a carga mecánica.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Figura 53. Fijación de puerta e inicio de funcionamiento de la prensa hidráulica de compresión



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4.10.2. ENSAYO DE DURABILIDAD DEL CONCRETO (NTP 400.016)

Este ensayo es un método basado en la (NTP 400.016, 2011) para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Este procedimiento busca determinar la desintegración e inalterabilidad de los cubos de concreto por medio de soluciones saturadas de sulfatos. Este procedimiento es adaptado a la línea de investigación requerida, ya que la finalidad es determinar su durabilidad a la alteración y desintegración de las muestras ante los agentes agresivos del concreto por un método acelerado de inmersión y secado.

Este procedimiento consta de 5 ciclos en el cual las muestras serán saturadas en el sulfato de magnesio para posteriormente ser secado. Y así hasta culminar y completar los ciclos requeridos.

Figura 54. Muestras para el ensayo de Durabilidad, cubos de concreto de 3.5 y 5cm.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Para la investigación se eligió al sulfato de magnesio como agente agresivo y componente para el ensayo de durabilidad.

A continuación se detalla el procedimiento para el ensayo:

1. Disolvemos el sulfato de magnesio en agua con una proporción de acuerdo a la norma, que indica por cada 1L de agua se disuelve 1400gr de sulfato de magnesio.

Figura 55. Peso del sulfato de magnesio según la norma.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

Esta solución será disuelta totalmente y estará en reposo durante un tiempo no menor a 48 horas.

Figura 56. Disolución del sulfato de magnesio según norma.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

2. Secado de las muestras, en este caso se procede a colocar al horno durante 24 horas, una vez retirado del horno se procede a pesar cada muestra y regístralo.

Figura 57. Muestras para el ensayo de Durabilidad en el horno.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

En la Tabla N°41 se muestra los registros de los pesos secos de cada muestra para iniciar con los ciclos de ensayos según la norma.

Tabla 41

Registros de las muestras antes de iniciar el ensayo de durabilidad

MUESTRA	PESO SECO (gr) ANTES DEL PRIMER CICLO	
	CUBOS 5 CM	CUBOS DE 3.5 CM
C-P1	297.00	124.90
C-P2	300.80	130.50
C-P3	298.10	116.10
15% 1	276.20	124.80
15% 2	279.70	120.60
15% 3	285.50	122.40
10% 1	275.90	114.60
10% 2	277.20	121.20
10% 3	286.20	121.40

Fuente: Propia elaborado en el laboratorio de la UNFV – FIC

3. Se inicia con el primer ciclo, se introduce las muestras en la solución de sulfato de magnesio durante 24 horas de tal manera que la solución cubra a una profundidad de por lo menos 1.5 cm.

Figura 58. Muestras sumergidas en sulfato de magnesio.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

4. Luego del periodo de saturación se retiran las muestras y se colocan en el horno para el secado por unas 4 horas, previamente el horno tiene que estar ya a una temperatura de 105°C ó 110°C.

Figura 59. Muestras de concreto en el horno.



Fuente: Tomada en el laboratorio de la UNFV – FIC

5. Este procedimiento se realizara de forma alternada de inmersión y secado hasta concluir con el quinto ciclo.

6. Finalmente se realiza el lavado de las muestras con agua destilada por un periodo de 15 minutos para que las muestras estén libres de sales, luego se coloca en el horno a 110°C para su secado y finalmente obtener los nuevos pesos secos de las muestras y verificar las alteraciones por desgaste y reacciones al sulfato de magnesio respecto a su peso.

CAPITULO V

RESULTADOS Y ANALISIS

5.1. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CLORUROS, SULFATOS Y CARBONATOS DE LA CBCA DE LA AGROINDUSTRIA PARAMONGA

5.1.1. ANALISIS QUIMICO

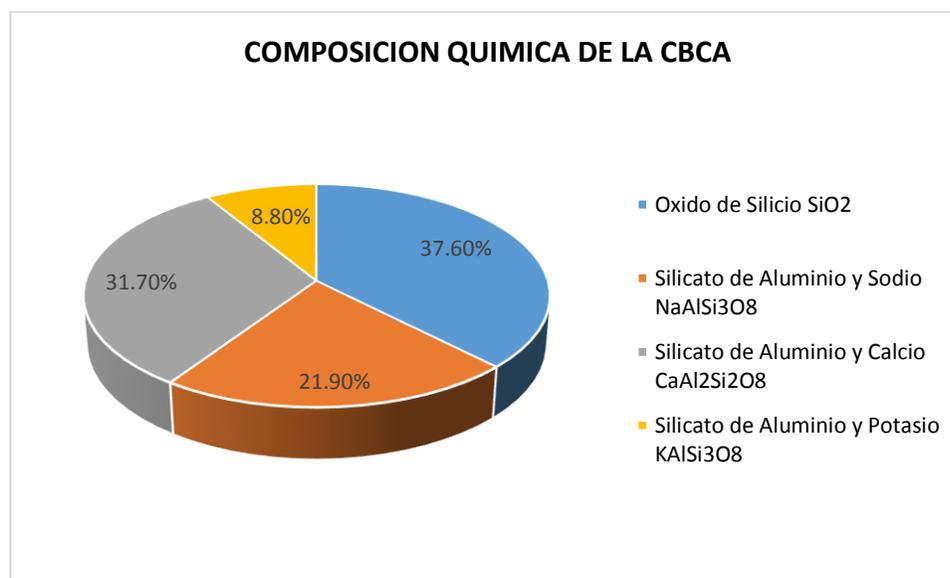
Se tomó una muestra de las cenizas obtenidas en el laboratorio, es decir las cenizas pasante de la malla N°40, estas cenizas fueron enviadas al laboratorio LABICER de la (UNI, 2017), FACULTAD DE CIENCIAS, para su análisis químico a través de los métodos, cloruros (NTP 339.117), sulfatos (NTP 339.178) y carbonatos (Difracción de rayos X).

Asimismo se indica a los equipos con los cuales fueron ensayados, UV-VIS Spectrophotometer, Shimadzu, UV-1800.

Difragtometro de Rayos X Panalytical, Empyrean.

A continuación en la Figura N°60 se muestra la comparación de porcentajes de los componentes químicos que conforman las cenizas.

Figura 60. Composición química de los compuestos que conforman la CBCA de la Industria Paramonga.



Fuente: LABICER - (UNI, 2017) Elaborado: Por Laboratorio de Investigación y Certificaciones

Resultados del análisis de la ceniza para determinar la cantidad de partículas contaminantes al concreto.

Tabla 42

Cantidad de sulfatos, cloruros y carbonatos que se tiene en la ceniza.

ANALISIS	RESULTADOS (ppm)	METODO UTILIZADO
Cloruros	275,807	NTP 339.177
Sulfatos	995,550	NTP 339.178
Carbonatos	N.D (*)	Difracción de Rayos X

(*) No detectado por el equipo.

Fuente: LABICER - (UNI, 2017) Elaborado: Por Laboratorio de Investigación y Certificaciones

5.2. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

MUESTRA: Arena Gruesa

EXP. N°:

FECHA: 04/12/2017

SOLICITANTE:

PROCEDENCIA:

EFECTUADO POR: Bachiller, Danny Samir Apaza Hito

Malla		Peso Retenido (gr)	% Peso		
N°	mm		Retenido	Ret. Acum.	Pasa
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500	0	0	0	100
N° 4	4.750	6.60	1.11	1.11	98.89
N° 8	2.360	69.50	11.72	12.84	87.16
N° 16	1.180	167.20	28.21	41.04	58.96
N° 30	0.600	163.20	27.53	68.57	31.43
N° 50	0.300	71.70	12.10	80.67	19.33
N° 100	0.150	52.00	8.77	89.44	10.56
N° 200	0.075	0	0	0	0
Fondo		62.6	10.56	100	0
TOTAL		592.8	100		

M.F:	2.94	P.U. suelto:	1540 kg/m3	Absorción:	1.62 %
P.E:	2620 kg/m3	P.U. comp.:	1760 kg/m3	Humedad:	1.215 %

CARACTERISTICAS FISICAS

Peso inicial (gr):	Peso final (gr):	Error (%):
--------------------	------------------	------------

PORCENTAJE DE ERROR

Observaciones:

.....
LABORATORISTA.....
INGENIERO RESPONSABLE

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

MUESTRA: Piedra huso 67

EXP. N°:

FECHA: 04/12/2017

SOLICITANTE:

PROCEDENCIA: Cantera de Huachipa.

EFECTUADO POR: Bachiller, Danny Samir Apaza Hito

Malla		Peso Retenido (gr)	% Peso		
N°	mm		Retenido	Ret. Acum.	Pasa
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500	0	0	0	100
1"	25.000	0	0	0	100
3/4"	19.000	0	0	0	100
1/2"	12.500	4366	54.58	54.58	45.43
3/8"	9.500	2237	27.96	82.54	17.46
N° 4	4.750	1348	16.85	99.39	0.61
N° 8	2.360	42	0.53	99.91	0.09
N° 16	1.180				
N° 30	0.600				
N° 50	0.300				
N° 100	0.150				
N° 200	0.075				0.09
Fondo		7	0.09	100	0
TOTAL		8000	100		

T.M.N.: 1/2	P.U. suelto: 1456.25 Kg/m ³	Absorción: 1 %
P.E: 2690 Kg/m ³	P.U. comp.: 1588.19 Kg/m ³	Humedad: 0.402 %

CARACTERISTICAS FISICAS

Peso inicial (gr):	Peso final (gr):	Error (%):
--------------------	------------------	------------

PORCENTAJE DE ERROR

Observaciones:

.....
LABORATORISTA

.....
INGENIERO RESPONSABLE

CARACTERIZACION DEL AGREGADO FINO

TESIS: EXP. N°: FECHA: 11/12/2017
 EFECTUADO POR: Bachiller, Danny Samir Apaza Hito

A. PESO ESPECIFICADO Y ABSORCION

1	recipiente N°	M-1	M-2	M-1	M-2
2	peso recipiente	211	336		
3	peso fiola	164	163		
4	peso agregado s.s.s.	500	500		
5	fiola N°	1	2		
6	Peso fiola + agregado s.s.s. + agua	975	976		
7	peso agua	311	313		
8	peso agregado seco + recipiente				
9	peso agregado seco	492	492.10		
10	volumen agregado s.s.s.				
11	volumen de fiola	500	500		
13	peso específico (Pe)				
14	agua de absorción			8	7.9
15	humedad de absorción (% Abs)			1.63	1.61
	RESULTADOS	Pe= 2620 Kg/m ³		% Abs=	
				1.62%	

B. PESO UNITARIO

		suelto		varillado	
		M-1 (gr)	M-2 (gr)	M-1 (gr)	M-2 (gr)
1	recipiente N°				
2	peso agregado + recipiente	7175	7183	7803	7809
3	peso recipiente	2835	2835	2835	2835
4	peso agregado	4340	4348	4968	4974
5	volumen del recipiente	2827	2827	2827	2827
6	peso unitario (P.U.)	1.5352	1.5380	1.7573	1.7595
	RESULTADOS	P.U.= 1540 Kg/m ³		P.U.= 1760 Kg/m ³	

C. HUMEDAD NATURAL

1	recipiente N°	M-1 (gr)			
2	peso agregado en E.N.	500			
3	peso recipiente	424			
4	peso agregado seco + recipiente	918			
5	cantidad de agua en el agregado				
6	peso agregado seco	494			
7	Humedad natural (% H.N.)				
	RESULTADOS	% H.N.=1.215 %			

.....
LABORATORISTA

.....
INGENIERO RESPONSABLE

CARACTERIZACION DEL AGREGADO GRUESO

TESIS: EXP. N°: FECHA:11/12/2017
 PROCEDENCIA: Cantera Huachipa, Piedra huso 67
 EFECTUADO POR: Bachiller, Danny Samir Apaza Hito

A. PESO ESPECIFICADO Y ABSORCION

1	recipiente N°	M-1 (gr)	M-2 (gr)		
2	peso agregado s.s.s. + recipiente	3906	3155		
3	peso recipiente	419	252		
4	peso agregado s.s.s.	3487	2903		
5	peso cesta sumergidos	2204	1835		
6	peso agregado s.s.s. + cesta sumergida				
7	peso agregado s.s.s. Sumergido				
8	peso agregado seco + recipiente	3873	3125		
9	peso agregado seco	3454	2873		
10	volumen agua agregado s.s.s.	1283	1068		
11	volumen agregado s.s.s.				
12	volumen agregado seco				
13	peso específico (Pe)	2.692	2.690		
14	agua de absorción (4)-(9)			33	30
15	humedad de absorción (% Abs)			0.955	1.04
	RESULTADOS	Pe= 2691 Kg/m3		% Abs= 1.00%	

B. PESO UNITARIO

		suelto		varillado	
		M-1 (kg)	M-2 (kg)	M-1 (kg)	M-2 (kg)
1	recipiente N°				
2	peso agregado + recipiente				
3	peso recipiente	4.79	4.79	4.79	4.79
4	peso agregado	10.88	10.89	11.39	11.40
5	volumen del recipiente	0.0072	0.0072	0.0072	0.0072
6	peso unitario (P.U.)	1511.11	1512.50	1581.94	1583.33
	RESULTADOS	P.U.= 1511.81Kg/m3		P.U.= 1582.64 kg/m3	

C. HUMEDAD NATURAL

1	recipiente N°		M-1 (gr)		
2	peso agregado en E.N.		2000		
3	peso recipiente		421		
4	peso agregado seco + recipiente		2413		
5	cantidad de agua en el agregado		8		
6	peso agregado seco		1992		
7	humedad natural (% H.N.)				
	RESULTADOS	% H.N.= 0.402 %			

.....
LABORATORISTA

.....
INGENIERO RESPONSABLE

5.3. RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

5.3.1. ENSAYO DE CONSISTENCIA O SLUMP

Al elaborar el diseño de mezclas se determinó una relación agua/cemento (a/c) de 0.56, esta fue corregida in-situ en el momento de la preparación del concreto.

De tal manera se determinó la nueva relación de a/c de 0.59, esta relación se mantuvo constante para los cuatro tipos de mezclas que se presentan en esta investigación.

Tabla 43

Variación del Slump respecto a los porcentajes de CBCA.

TIPO DE CONCRETO	a/c	SLUMP
CONCRETO PATRON	0.59	3"
CONCRETO 5% CBCA	0.59	3"
CONCRETO 10% CBCA	0.59	2.5"
CONCRETO 15% CBCA	0.59	1.5"

Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV - FIC

5.3.2. RESULTADOS DEL PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO

Tabla 44

Verificación de rendimientos para cada porcentaje de CBCA.

Tipo de concreto	Peso unitario (kg/m ³)	Peso de la tanda (kg) para 1 m ³	Rendimiento
Concreto Patrón	2380.56	2311.42	0.971
Concreto con CBCA al 5%	2351.39	2270.11	0.965
Concreto con CBCA al 10%	2350.00	2264.64	0.964
Concreto con CBCA al 15%	2312.50	2259.17	0.976

Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV – FIC

5.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO

5.4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DE LOS PROBETAS DE CONCRETO

Tabla 45

Esfuerzos de compresión resultantes después de ensayarlas a la edad de 7 días.

ENSAYOS A COMPRESION A LA EDAD DE 7 DIAS						
CLASE DE °C	MUESTRA	D1 (mm)	D2 (mm)	Dp (cm)	CARGA (Kgf)	f'c (Kg/cm2)
CONCRETO PATRON	TESTIGO 1	151.75	152.6	15.22	50390	277.06
	TESTIGO 2	153.45	151.5	15.25	48710	266.77
	TESTIGO 3	152.3	151.85	15.21	49890	274.67
	PROMEDIO					272.83
CONCRETO AL 5% DE CBCA	TESTIGO 1	151.75	151.7	15.17	49150	271.84
	TESTIGO 2	153	151.9	15.25	50980	279.29
	TESTIGO 3	152.55	152.35	15.25	50080	274.36
	PROMEDIO					275.16
CONCRETO AL 10% DE CBCA	TESTIGO 1	152.6	152.25	15.24	50510	276.81
	TESTIGO 2	152.7	151.1	15.19	51470	284.02
	TESTIGO 3	152.65	151.8	15.22	51360	282.20
	PROMEDIO					281.01
CONCRETO AL 15% DE CBCA	TESTIGO 1	152.9	151.75	15.23	52120	286.00
	TESTIGO 2	152.35	153	15.27	51340	280.43
	TESTIGO 3	152.1	152.45	15.23	52780	289.82
	PROMEDIO					285.42

Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV - FIC

Tabla 46

Esfuerzos de compresión resultantes después de ensayarlas a la edad de 14 días.

ENSAYOS A COMPRESION A LA EDAD DE 14 DIAS						
CLASE DE °C	MUESTRA	D1 (mm)	D2 (mm)	Dp (cm)	CARGA (Kgf)	f'c (Kg/cm²)
CONCRETO PATRON	TESTIGO 1	153	152	15.25	53360	292.14
	TESTIGO 2	153.55	152.2	15.29	53460	291.25
	TESTIGO 3	152.25	152.1	15.22	54030	297.07
	PROMEDIO					293.49
CONCRETO AL 5% DE CBCA	TESTIGO 1	152	153.4	15.27	54630	298.31
	TESTIGO 2	153.75	151.9	15.28	54110	294.98
	TESTIGO 3	151.75	152.2	15.20	53970	297.52
	PROMEDIO					296.94
CONCRETO AL 10% DE CBCA	TESTIGO 1	152.55	152.55	15.26	56690	310.16
	TESTIGO 2	152	152.6	15.23	54980	301.80
	TESTIGO 3	152.6	151.9	15.23	55780	306.39
	PROMEDIO					306.12
CONCRETO AL 15% DE CBCA	TESTIGO 1	153	151	15.20	60900	335.61
	TESTIGO 2	151.65	152	15.18	57630	318.33
	TESTIGO 3	153.15	152.1	15.26	59430	324.84
	PROMEDIO					326.26

Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV - FIC

Tabla 47

Esfuerzos de compresión resultantes después de ensayarlas a la edad de 28 días.

ENSAYOS A COMPRESION A LA EDAD DE 28 DIAS						
CLASE DE °C	MUESTRA	D1 (mm)	D2 (mm)	Dp (cm)	CARGA (Kgf)	f'c (Kg/cm²)
CONCRETO PATRON	TESTIGO 1	152	152.1	15.21	55590	306.15
	TESTIGO 2	152.25	151.9	15.21	56680	312.05
	TESTIGO 3	152.1	151.8	15.20	57260	315.76
	PROMEDIO					311.32
CONCRETO AL 5% DE CBCA	TESTIGO 1	153.35	151.65	15.25	58340	319.40
	TESTIGO 2	151.8	153.2	15.25	59050	323.29
	TESTIGO 3	152.35	152	15.22	60450	332.37
	PROMEDIO					325.02
CONCRETO AL 10% DE CBCA	TESTIGO 1	153	152.35	15.27	61490	335.88
	TESTIGO 2	151.8	152.1	15.20	62340	343.78
	TESTIGO 3	153.45	152.3	15.29	59900	326.34
	PROMEDIO					335.33
CONCRETO AL 15% DE CBCA	TESTIGO 1	152.75	152	15.24	67540	370.38
	TESTIGO 2	152.75	151.65	15.22	66630	366.23
	TESTIGO 3	152.1	153.1	15.26	67080	366.77
	PROMEDIO					367.79

Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV - FIC

5.4.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DURABILIDAD DEL CONCRETO ANTE EL AGENTE AGRESIVO SULFATO DE MAGNESIO

Tabla 48

Peso de las muestras luego de concluir los ensayos de durabilidad.

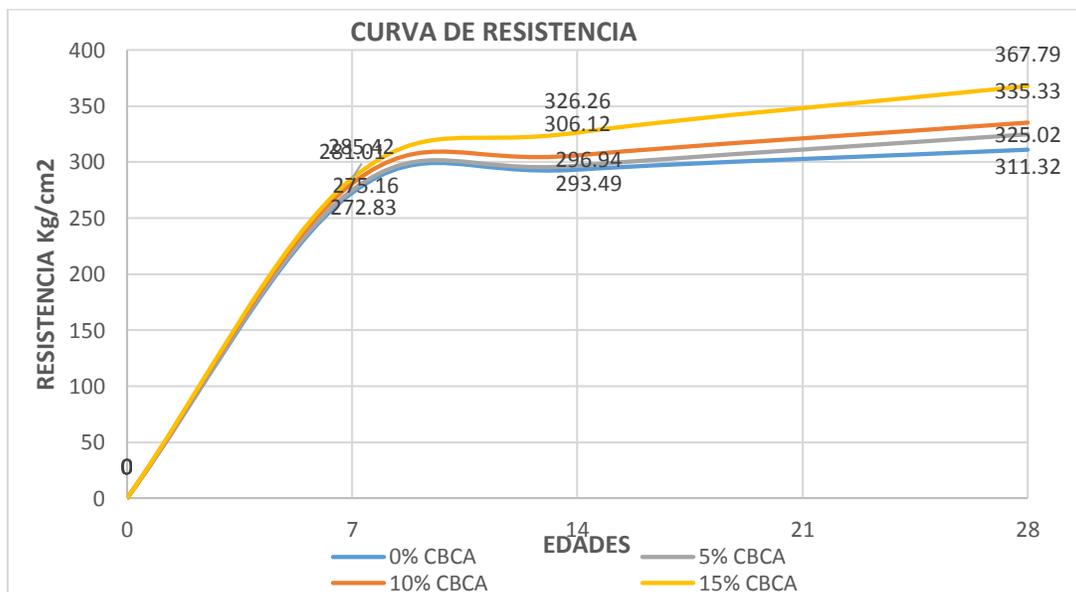
MUESTRA	PESO SECO (gr) DESPUES DEL ULTIMO CICLO	
	CUBOS 5 CM	CUBOS DE 3.5 CM
C-P1	297.00	124.90
C-P2	300.80	130.50
C-P3	298.10	116.10
15% 1	276.20	124.80
15% 2	279.70	120.60
15% 3	285.50	122.40
10% 1	275.90	114.60
10% 2	277.20	121.20
10% 3	286.20	121.40

Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV - FIC

No se presencié alterabilidad mediante el examen cualitativo ni hubo variaciones en sus pesos respecto al peso inicial.

5.5. CURVA DE RESISTENCIA DE LOS CONCRETOS

Figura 61. Curva de resistencia para cada porcentaje con ceniza y el concreto patrón.



Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV – FIC

PROPUESTA

Una vez obtenidos los resultados del ensayo de durabilidad y comprobar que el concreto con ceniza no sufre alteraciones alguna con el sulfato de magnesio y también determinar que la resistencia a la compresión del concreto se incrementó conforme se aumente los porcentajes de la CBCA, por otra parte se identifica que el concreto con ceniza es más resistente a la compresión, que el concreto patrón, siendo el óptimo porcentaje el 15% de CBCA, claro que se evidencia la poca trabajabilidad del concreto por la reducción del Slump, esto conllevaría a agregarle un aditivo plastificante al concreto para que responda a la fluidez y trabajabilidad, aunque dependerá mucho para que elemento estructural se requiere la mezcla.

Propuesta de una posible fabricación de concreto con ceniza de bagazo, si fuese el caso se realiza una evaluación de costo.

Evaluación del costo directo del concreto.

Para obtener el costo directo del concreto premezclado de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ por 1m^3 se tomara el precio del mercado actual con cemento Portland Tipo I, (en caso de un concreto convencional se tendría que evaluar además el precio del agregado fino ya que esta se reduciría), esta se compara con el precio de 1 m^3 del concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$, ya que se logró con un diseño a 210 kg/cm^2 llegar a una resistencia de 366 kg/cm^2 , se encuentran variables ya que se podría diseñar un concreto $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ y elaborarlo con ceniza de bagazo.

Figura 62. Precios del concreto premezclado por metro cubico y resistencia a compresión.

CONCRETO PREMEZCLADO PIEDRA 67 - CEMENTO TIPO I		
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 80 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	207,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 100 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	214,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 140 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	219,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 175 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	232,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 210 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	237,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 245 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	248,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 280 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	259,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 315 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	275,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 420 KG/CM2 H67 SLUMP 8"	M3	315,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 420 KG/CM2 H67 SLUMP >8"	M3	321,00
CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C= 350 KG/CM2 H67 SLUMP 4"	M3	291,00

Fuente: (Revista costos, 2016)

Del cuadro se aprecia la variación de precios, S/.291.00 – S/.237.00

Variación de S/.54.00 soles por metro cubico.

CONCLUSIONES

1. El concreto elaborado al 5%, 10% y 15% con CBCA no sufrió alteraciones para ningún caso, respecto al concreto patrón. Es decir que los cuatro tipos de mezclas soportaron el ensayo de durabilidad al ataque acelerado del agente agresivo que para esta investigación fue el Sulfato de Magnesio, mostrando mediante el examen cualitativo la inalterabilidad de las muestras sin pérdida de peso.
2. Con respecto a los ensayos de resistencia a la compresión, se demostró mediante los resultados que sustituir el agregado fino por ceniza fue beneficioso, pues alcanzaron resistencias mayores y por encima del concreto patrón, siendo la más óptima el concreto a 15% CBCA.

En la Tabla N°49 los esfuerzos a compresión de los testigos a la edad de 28 días, verificando el incremento porcentual de su resistencia sobre el 100% del concreto patrón.

Tabla 49
Incremento en porcentaje de la resistencia a la compresión.

ESFUERZOS A COMPRESION A 28 DIAS			
CONCRETO	f'c (kg/cm ²)	%	INCREMENTO
PATRON	311.32	100.00%	0.00%
CBCA A 5%	325.02	104.40%	4.40%
CBCA A 10%	335.33	107.71%	7.71%
CBCA A 15%	367.79	118.14%	18.14%

Fuente: Propia, elaborado en el laboratorio de UNFV – FIC

Al evaluarse sobre el 100% del f'c promedio (294 Kg/cm²), el esfuerzo a la compresión del concreto con 15% CBCA se incrementa en **25.09%**.

3. Al considerarse la ceniza de bagazo como un material para la construcción esta sería utilizada con mucha frecuencia en las construcciones, así este desperdicio de la agroindustria azucarera no sería considerado agente contaminante para el medio ambiente.
4. Obtener resultados positivos nos alienta a continuar con las investigaciones sobre el uso de la CBCA, es por eso que al determinar que la ceniza de bagazo no influyó en la alterabilidad por durabilidad del concreto, sino que aportó mejora en su resistencia haciendo que esta se incremente, por ello este subproducto de la agroindustria pasaría a formar parte de un agregado para el concreto y se podría determinar como material de construcción.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ensayar la durabilidad y resistencia mecánica del concreto al cabo de más tiempo, se propone a 6 meses ó 1 año aproximadamente de inmersión de las muestras al ataque del sulfato de magnesio.
2. Para la fabricación del concreto con ceniza al 15% se sugiere un aditivo plastificante para mejorar la trabajabilidad del concreto con CBCA, ya que este porcentaje de ceniza de bagazo reduce el Slump de 3.5" a 1.5".
3. Se recomienda el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar al 15% respecto de a la arena por ser el más óptimo e incrementar su resistencia en un 25.09% respecto al concreto sin ceniza y contribuir en la sostenibilidad con el medio ambiente.
4. Continuar con la línea de investigación acerca de la ceniza de bagazo como posible material de construcción y agregado del concreto, evaluar la producción actual en las distintas plantas agroindustriales y que propiedades presentan cada tipo de ceniza de acuerdo a la fábrica.
5. Se recomienda con algún método determinar la absorción de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar, para obtener una óptima dosificación y evaluar.

FUENTES DE CONSULTA

- ACI 211, A. C.-C. (2002). *Practica estandar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo*. EE.UU.
- Agro Industrial Paramonga. (s.f.). Obtenido de http://www.agroparamonga.com/quienes_somos.php?id=Empresa#.WsbCEC7wbIU
- ASTM INTERNACIONAL. (s.f.). Obtenido de Especificacion Normalizada para Cemento Portland: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C150-07-SP.htm>
- Avalo Castillo, J. (s.f.). *Las Normas Tecnicas de Cemnto y Concreto en el Peru*. Lima: Asociacion de Productores de Cemento.
- Benitez Andrade, W. O., Paiz Urrutia, K. S., & Salmeron Vigil, L. M. (2015). Obtenido de Eprints Repositorio software: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14186>
- Biondi Shaw, A. (N.P). LOS CEMENTOS ADICIONADOS. *Revista peruana de la construccion*, 50-53.
- Cabrera C., G., Madriñan M., S., & Muñoz M., D. (2013). Evaluacion de indices de conversion energetica en la produccion de gas combustible a partir de biomasa. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y agroindustrial*, 118-125.
- Calderon Pelaz, L. F., & Martinez Cabrera, S. I. (4 de Setiembre de 2017). *Universidad Nacional de Trujillo*. Obtenido de Repositorio Institucional UNITRU: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9559>
- DGPA. (2017). Produccion de caña de azucar en el Peru, perspectiva. *Boletin N°5 MINAGRI*, 3.
- Duran Herrera, N. P., & Velasquez Amado, N. (10 de Abril de 2012). *Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*. Obtenido de Repositorio Institucional UFPSO: <repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/1227>
- FAO. (s.f.). Obtenido de La Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion.
- Garzon Pire, W. (2013). Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://core.ac.uk/download/pdf/12818497.pdf>
- Gonzales de la Correa, M. (Junio de 2008). *Biblioteca UNS*. Obtenido de La industria del cemento en el Peru: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/industria_peru_mgc12.pdf
- Hernandez Jaen, U. (2011). *DSPACE*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Veracruzana: <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/30602>
- IECA. (s.f.). Obtenido de Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones.: <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- INDECOPI, C. d. (2000). *NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.082*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- INDECOPI, C. d. (2001). *NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.090*. Lima, Peru: 1° Edicion.
- INDECOPI, C. d. (2005). *NORMA TECNICA PERUANA*. Lima, Peru: 3° Edicion.
- Jara Rodriguez, R. H., & Palacios Ambrosio, R. D. (2015). *Universidad Nacional del Santa*. Obtenido de Repositorio institucional digital: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2715>

- Jimenez Chavez, G. A. (1 de Junio de 2016). Obtenido de UPNBOX Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/11537/9982>
- La Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion.* (s.f.). Obtenido de FAO.
- Larrahondo, J. E. (1995). Calidad de la Caña de Azucar. *Cali, CENICAÑA*, 337-354.
- Lopez Ampuero, E., & Mamani Copari, J. J. (1 de Agosto de 2017). *Univeridad Nacional del Altiplano*. Obtenido de Repositorio Institucional UNA: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4955>
- MINAGRI. (s.f.). Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/29-sector-agrario/azucar/243-produccion>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (s.f.). Obtenido de Minagri: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/29-sector-agrario/azucar/243-produccion>
- Nobre Castaldelli, V., Nicoletti Telles de Castro, J., & Victor Fazzan, J. (7 de Octubre de 2010). Obtenido de Encuentro Nacional de Tecnologia do Ambiente Costruido: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/356.pdf>
- NTP 339.033, C. d. (1999). *Metodo de ensayo para la elaboracion y curado de probetas cilindricas de concreto en obra*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP 339.034, C. d. (2008). *NORMA TECNICA PERUANA*. Lima; Peru: 3° Edicion.
- NTP 339.035. (1999). *Comision de Reglamentos Tecnicos y Comerciales - INDECOPI*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP 339.046, C. d. (1999). *NORMA TECNICA PERUANA*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP 339.077, C. C. (1999). *NORMA TECNICA PERUANA*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP 339.160, C. d. (2001). *Metodo de prueba normalizado para la determinacion del contenido de agua*. Lima, Peru: 1° Edicion.
- NTP 400.012, C. d. (2001). *Analisis granulometrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP 400.016, C. d. (2011). *Metodo de Inalterabilidad de los agregados ante sulfato de magnesio o sulfato de sodio*. Lima, Peru: 3° Edicion.
- NTP 400.017, C. d. (2011). *Metodo de ensayo normalizado pata determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacios en los agregados*. Lima, Peru: 3° Edicion.
- NTP 400.021, C. d. (2002). *Metodo de ensayo normalizado para peso especifico y absorcion del agragdo grueso*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP 400.022, C. d. (2002). *Metodo de ensayo normalizado para peso especifico y absorcion del agregado fino*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP339.033, C. d. (1999). *Metodo de ensayo para la elaboracion y curado de probetas cilindricas de concreto en obra*. Lima: 2° Edicion.
- NTP339.034, C. d. (2008). *Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la compresion del concreto en muestras cilindricas*. Lima: 3° Edicion.
- NTP339.035, C. d. (1999). *Metodo de ensayo para la medicion del asentamiento del hormigon con el cono de Abrams*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- NTP339.046, C. N. (2008). *Metodo de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire el hormigon*. Lima, Peru: 2° Edicion.
- Pasquel Carbajal, E. (1993). *Topicos de Tecnologia del concreto en el Peru*. Lima: CIP.
- Polanco Madrazo, J. A., & Setien Maquinez, J. (N.P.). *Universidad de Cantabria*. Obtenido de Cementos, morteros y hormigones: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/811/course/section/868/1_Cementos.pdf

- Revista costos, U. d. (2016). Precio de Materiales. *Revista COSTOS*, 119.
- Rivva Lopez, E. (1992). Diseño de Mezclas. En R. L. Enrique, *Diseño de Mezclas* (págs. 31-44). Lima- Peru.
- Unacem. (2012). *UNACEM*. Obtenido de Nuestros Cementos:
<http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/07/Nuestros-cementos-y-proceso-productivo.pdf>
- Unasem. (julio de 2012). Obtenido de <http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/07/Nuestros-cementos-y-proceso-productivo.pdf>
- UNI, L. . (2017). *Analisis de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar*. Lima.
- Vasquez A., R. (s.f.). *CEMENTO Y SUS APLICACIONES*. Cementos Pacasmayo S.A.A.
- Vidaud, E. (2013). *Construccion y tecnologia en concreto*. Obtenido de revistacyc:
<http://www.revistacyc.com.mx/pdf/noviembre2013/ingenieria.pdf>

ANEXOS

Certificación e Informe técnico del ensayo químico de la ceniza de bagazo de caña en LABICER – UNI.

Certificado de las especificaciones de Sulfato de Magnesio.

Cargo de solicitud de CBCA a Agro Industrial Paramonga.

Determinación de la temperatura de los concretos según la NTP 339.184.

Panel fotográfico.



INFORME TÉCNICO N° 0331 – 18 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 SOLICITANTE : DANNY SAMIR APAZA HITO
 - 1.2 D.N.I. : 44135854
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 07 / 03 / 2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 08 / 03 / 2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 09 / 03 / 2018
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
 - 4.2 CÓDIGO : CBCA
 - 4.3 PROCEDENCIA : PLANTA AGROINDUSTRIAL PARAMONGA
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 59%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : UV-VIS SPECTROPHOTOMETER. SHIMADZU, UV-1800.
DIFRACTÓMETRO DE RAYOS X. PANALYTICAL, EMPYREAN.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Cloruros, ppm	275,807	NTP 339.177
Sulfatos, ppm	995,550	NTP 339.178
Carbonatos, %	N.D. ⁽¹⁾	Difracción de Rayos X

⁽¹⁾N.D.: No detectado por el equipo DRX. Ver difractograma en Anexo.

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Natalia Quispe G.
Analista Químico
LABICER – UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Jefe de Laboratorio
Firmado por:
Ing. Sebastián Lazo Ochoa
CIP 74236

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO

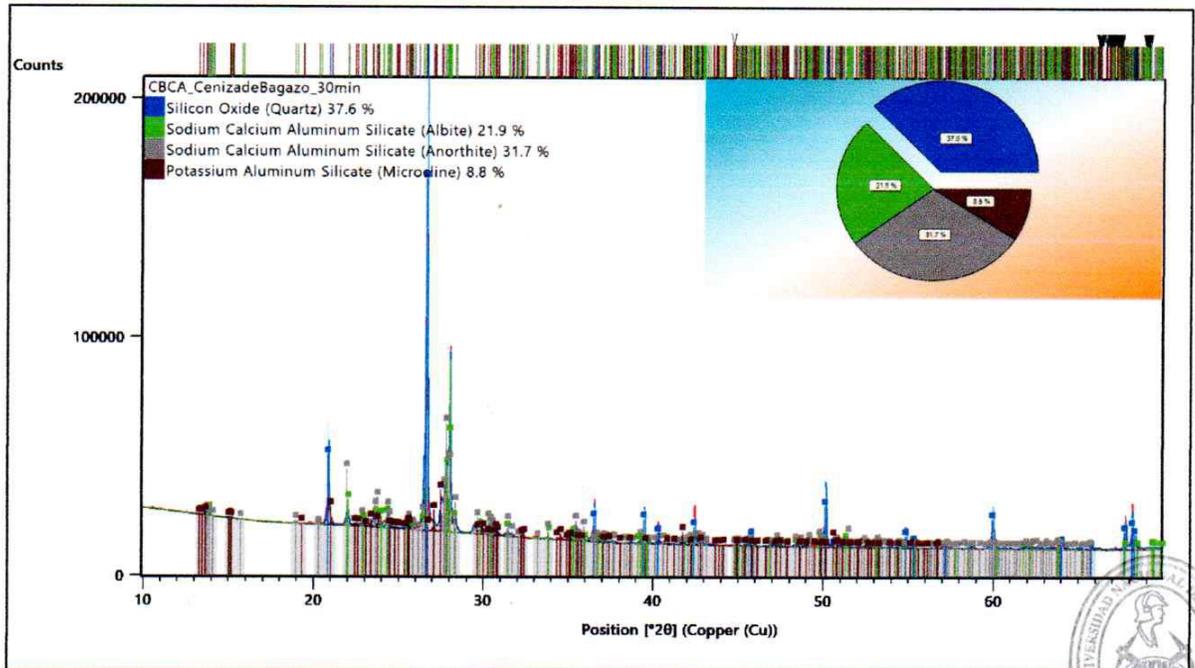


FIGURA N° 1. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

EPSO Top®



The Authority in Potassium and Magnesium

2017-12-08
Werk Werra, Standort HA
Kolz, Dr. Nicole
Quality Control
12349516
nicole.kolz@k-plus-s.com
Page 1/1

OC 24005

Manufacturer:	K+S KALI GmbH	K+S Batch No.:	1117002243
K+S Order No.:	4000656009	Manufact. Date:	2017-12-07
Cust. Order No.:	4700024005	Recommended	
Delivery /-Item No.:	4101637937 / 000010	use until:	2022-12-07
Quantity:	19,250 TO	K+S Specification:	70582 361-1 (S01)
Shipping date:	2017-12-08		

Parameter	Method of Analysis	Result	Specification
Magnesium Oxide	calculated	16.5 %	>= 16.0 %
Sulfur	calculated	13.2 %	>= 13.0 %
Sulphur Trioxide	calculated	32.9 %	>= 32.0 %

*) not tested on each batch

Garantizado por

**ESTE CERTIFICADO ES
FIEL COPIA DEL ORIGINAL**

K+S KALI GmbH
 Berth- von-Sutner-Str. 7
 99413, Kassel

Electronically released by Kolz, Dr. Nicole on 2017-12-07

This certificate does not relieve the purchaser from examining the product upon delivery and gives no assurance of suitability of the product for any particular purpose.



Lima 23 de octubre de 2017

SEÑORES: AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA

ASUNTO: Solicitud de venta de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, subproducto de su industria.

De mi consideración:

Yo **DANNY SAMIR APAZA HITO** identificado con número de DNI **44135854** y domiciliado en MZ G LT 2 Jerusalén distrito de Puente Piedra – Lima, en calidad de Bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNFV, solicito pueda acceder a la venta de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, en sus instalaciones.

Indicarle también que lo solicitado es para fines académicos de investigación.

Agradezco su atención y espero pueda acceder a mi petición.

Gracias.

Anexo los siguientes documentos

- Copia de DNI
- Copia de diploma de Bachiller
- Cargo de presentación de plan de tesis

DANNY SAMIR APAZA HITO
DNI 44135854

METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA DE CONCRETO.

Se elaboró las mezclas con las dosificaciones al 5%, 10% y 15% de CBCA así como también la mezcla del concreto patrón.

Se aplicó la NTP 339.184 para desarrollar el ensayo de temperatura con el siguiente procedimiento:

Una vez preparada la mezcla, se coloca el dispositivo de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el termómetro este sumergido un mínimo de 3", se presiona el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición para que el ambiente no afecte la lectura.

Se deja introducido el dispositivo durante un periodo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice a continuación se lee y registra la temperatura.

En este ensayo no hubo alteración alguna por efecto de la CBCA en el concreto ya que las lecturas para cada caso en porcentajes de ceniza fue la misma que el concreto patrón, siendo la temperatura de 23°C para cada mezcla.

Se concluye que no hay influencia alguna de la CBCA en el calor de hidratación del concreto fresco.



PANEL FOTOGRAFICO



Determinación de las características físicas de los agregados (piedra, arena gruesa y ceniza)





Ceniza de bagazo de caña de azúcar.



Agregados para las mezclas del concreto.



Hechura de la mezcla y el ensayo del slump para cada caso.



Muestras para el ensayo de durabilidad y ensayo de resistencia a la compresión.



Preparación del sulfato de magnesio para sumergir las muestras.



Prensa hidráulica de compresión, colocación del testigo en la prensa.