

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Una Institución Adventista

Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca

Por:

Brayan Xavier Vargas Alarcón

Asesor:

Ing. Rolando Quispe Basualdo

Juliaca, octubre de 2017

Como citar:

Estilo APA

Vargas Alarcón, B. X. (2017). *Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca*, (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.

Estilo IEEE

B. X. Vargas, "Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca", Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú, 2017.

Estilo Harvard

Vargas, BX 2017, 'Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca', Ingeniero Civil, Universidad Peruana Unión de Juliaca.

Ficha catalográfica elaborada por el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la UPEU

TIC	Vargas Alarcón, Brayan Xavier
2	Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la
V32	resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y
2017	YOCARA de la ciudad de Juliaca / Autor: Brayan Xavier Vargas Alarcón; Asesor: Ing. Rolando Quispe Basualdo. -- Juliaca, 2017. 193 páginas: Anexos, figuras, tablas.
	Tesis (Licenciatura) -- Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. de Ingeniería Civil, 2017. Incluye referencias y resumen. Campo del conocimiento: Ingeniería Civil.
	1. Módulo de elasticidad de concreto. 2. Propiedades físicas y mecánicas de agregados. 3. Resistencia a compresión simple.

DECLARACION JURADA
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Rolando Quispe Basualdo, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca" Constituye la memoria que presenta el Bachiller Brayan Xavier Vargas Alarcón para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, el treinta y uno, del mes de octubre, del año dos mil diecisiete.



Ing. Rolando Quispe Basualdo

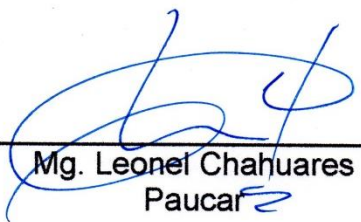
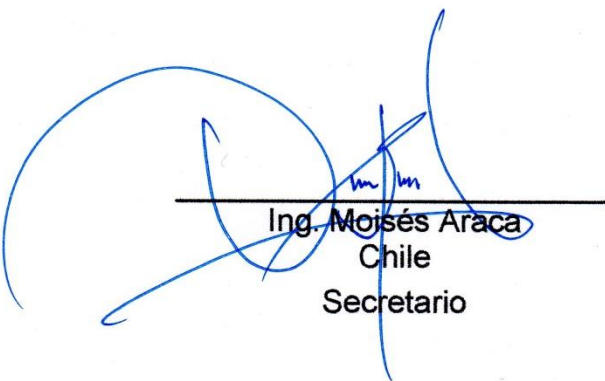
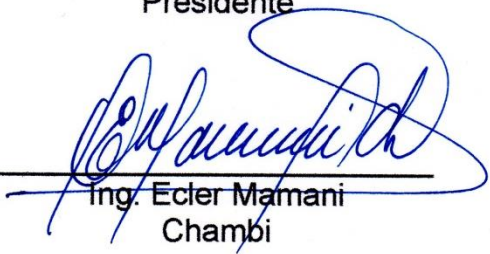
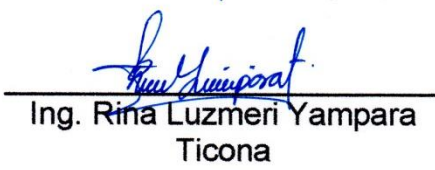
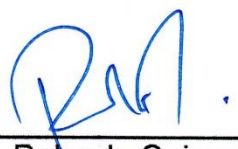
CIP N° 68597

Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Jurado Calificador

 Mg. Leonel Chahuares Paucar Presidente	 Ing. Moisés Araca Chile Secretario
 Ing. Ecler Mamani Chambi Vocal	 Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona Vocal
 Ing. Rolando Quispe Basualdo Asesor	

Juliaca, 31 de octubre de 2017

DEDICATORIA

A mi Madre, la mujer que me apoyo en toda mi vida, por el amor incomparable que ella me brinda y la comprensión que me tiene día a día. Por el apoyo en estos años de estudio y por su compañía en los buenos y malos momento. Por ayudarme a llegar a este momento especial. A mi amiga y consejera que sin su sacrificio y esfuerzo no sería la persona que soy ahora gracias Roberta Alarcón Huancapaza te amo mucho.

A mi Padre, que ha sido un ejemplo de persona enseñándome a ser una persona mejor cada día enseñándome a ser tenaz, esforzarme día a día y superarme a mí mismo gracias Javier Vargas Ururi eres la persona a quien más admiro te amo mucho.

A mi Hermano y a mi Hermana, a ellos que me apoyaron en todo momento gracias por saber entenderme y agradezco más aun por su compañía Alexander Vargas Alarcón y Lilian Vargas Alarcón los amo mucho.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien es el que me da fuerzas día a día para seguir adelante, y mi gran amigo que me anima a seguir adelante con su amor único.

A mi Madre y a mi Padre, agradezco el inmenso amor, la comprensión y el inmenso apoyo para cumplir los objetivos propuestos.

A mi Hermano y a mi Hermana, por inculcarme los valores de persistencia y fortaleza en momentos complicados.

A mis maestros, por infundir sus sabias enseñanzas en todo momento, por los valores cristianos brindados a lo largo de todo este tiempo y también por los consejos personales, en especial: Ing. Rolando Quispe Basualdo mi asesor por los consejos y el apoyo brindado durante todo este proyecto, también al Ing. Edwin Callacondo por los sabios y certeros consejos tanto personal como académico brindado también al Ing. Leonel Chahuares por los serios consejos brindados durante mi formación académica y personal y al Ing. Moisés Araca por la confianza brindada y el apoyo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xx
SIMBOLOGÍA	xxi
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPÍTULO I: PROBLEMA	25
1.1. Identificación del problema.....	25
1.2. Problemas	26
1.2.1. Problema General.....	26
1.2.2. Problema Especifico.....	27
1.3. Objetivos.....	27
1.3.1. Objetivo General.....	27
1.3.2. Objetivo Especifico.....	27
1.4. Justificación del proyecto.....	28
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	29
2.1. Antecedentes.....	29
2.1.1. Antecedente 01.....	29
2.1.2. Antecedente 02.....	30
2.1.3. Antecedente 03.....	31
2.1.4. Antecedente 04.....	32
2.2. Marco conceptual.....	32

2.2.1. Concreto	32
2.2.2. Propiedades del concreto fresco	33
2.2.2.1. Trabajabilidad	33
2.2.2.2. Consistencia	33
2.2.2.3. Compacidad	35
2.2.2.4. Exudación de agua de amasado	35
2.2.2.5. Cohesividad	36
2.2.2.6. Segregación.....	36
2.2.3. Propiedades del concreto endurecido.....	37
2.2.3.1. Propiedades Físicas	37
2.2.3.1.1. Densidad	37
2.2.3.1.2. Permeabilidad.....	37
2.2.3.1.3. Retracción o contracción del concreto	38
2.2.4. Resistencias Mecánicas	38
2.2.4.1. Resistencia a la compresión.....	38
2.2.4.2. Comportamiento del concreto en compresión	40
2.2.4.3. Módulo de elasticidad del concreto simple	41
2.2.4.4. Relación esfuerzo – deformación del concreto a compresión	42
2.2.4.5. Deformabilidad	43
2.2.4.6. Comportamiento elástico e inelástico del concreto	44
2.2.4.7. Comportamiento elástico del concreto	44
2.2.4.8. Comportamiento inelástico del concreto	45
2.2.4.9. Módulo de elasticidad	47
2.2.5. Componentes del concreto.....	50
2.2.5.1. Cemento.....	50

2.2.5.2. Agregados	52
2.2.5.2.1. Agregados por su naturaleza.....	52
2.2.5.2.2. Agregados Artificiales.....	52
2.2.5.2.3. Agregado fino o arena	52
2.2.5.2.4. Agregado grueso o piedra.....	53
2.2.5.2.5. Características geométricas y morfológicas de los agregados.....	55
2.2.5.2.6. Forma.....	55
2.2.6. Agua	56
2.2.7. Agua propiedades en el concreto	56
2.2.8. Selección de Agregados	56
2.2.9. Propiedades de los materiales	57
2.2.9.1. Propiedades físico y mecánicos de los agregados.....	57
2.2.9.1.1. Peso Específico	57
2.2.9.1.2. Peso Unitario.....	57
2.2.9.1.3. Absorción.....	58
2.2.9.1.4. Porosidad	58
2.2.9.1.5. Humedad	58
2.2.9.2. Características Resistentes.....	59
2.2.9.2.1. Resistencia	59
2.2.9.2.2. Tenacidad.....	59
2.2.9.2.3. Dureza.....	60
CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOS	61
3.1. Lugar de Ejecución	61
3.2. Descripción de Canteras.....	61
3.3. Ubicación Geográfica.....	61

3.4. Flujograma del proceso de trabajo de la presente investigación	64
3.5. Población y Muestra.....	65
3.6. Metodología y Tipo de investigación.....	66
3.6.1. Metodología de investigación.....	66
3.6.2. Tipo de investigación	66
3.7. Formulación de hipótesis.....	67
3.7.1. Hipótesis General	67
3.7.2. Hipótesis Especifica	67
3.8. Variables de Estudio	67
3.8.1. Identificación de Variables	67
3.8.1.1. Variable General	67
3.8.1.2. Variables Específicas	67
3.9. Operación de Variables	68
3.10. Propiedades de los materiales	68
3.10.1. Selección de los agregados procedentes de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca.....	68
3.10.2. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca.	69
3.10.2.1. Ensayo de Abrasión.....	69
3.10.2.2. Ensayo de Colorimetría	72
3.10.2.3. Densidad real (Peso específico)	75
3.10.2.4. Capacidad de Absorción	77
3.10.2.5. Contenido de Humedad	79
3.10.2.6. Densidad aparente suelta y compactada	80
3.10.2.7. Granulometría	81
3.11. Pruebas y Diseño de mezclas.....	84

3.11.1. Diseño de mezclas para $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	84
3.12. Método de diseño	84
3.12.1 Método del A.C.I.	84
3.12.1.1. Procedimiento del método American Concrete Institute A. C. I.	85
3.12.1.2. El concreto mezclado debe cumplir las siguientes propiedades	86
3.12.1.3. Calculo de Resistencia Promedio	86
3.12.1.4. Asentamiento y Tamaño máximo de los agregados	87
3.12.1.5. Contenido de Agua en mezcla	88
3.12.1.6. Contenido de Aire	88
3.12.1.7. Relación Agua/Cemento	89
3.12.1.8. Cantidad de Agregado Grueso	90
3.13. Diseño de mezclas para la cantera ISLA	91
3.14. Diseño de mezclas para la cantera YOCARA	94
3.15 Probetas Estándar	97
3.15.1. Programación del total de probetas de concreto	97
3.15.2. Programa de producción de probetas de concreto	98
3.15.3. Curado de probetas.....	100
3.16. Diseño de mezclas corregido para la cantera ISLA	104
3.17. Diseño de mezclas corregido para la cantera YOCARA.....	108
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	113
4.1. Ensayo de las muestras.....	113
4.1.1. Ensayo de las muestras a los 7,14 y 28 días	113
4.2. Diseño para $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	118
4.3. Preparación de equipos para medir las deformaciones del concreto, a través del ensayo a compresión simple.....	120

4.3.1. Prensa hidráulica de concreto	120
4.3.2. Compresómetro (Deformímetro HUMBOLT).....	121
4.4. Calculo de resistencia característica con los resultados de ensayos obtenidos	122
4.4.1. Resistencia característica de acuerdo a Montoya-Meseguer-Moran	123
4.4.2. Resistencia característica de acuerdo a Oscar Padilla.....	125
4.4.3. Resistencia característica de acuerdo a Saliger	128
4.5. Determinación del Módulo de elasticidad del concreto	130
4.5.1. Para la resistencia a compresión de 210 kg/cm ²	131
4.5.2. Para la cantera ISLA	132
4.5.2.1. De acuerdo a Montoya-Meseguer-Moran.....	132
4.5.2.2. De acuerdo a Oscar Padilla.....	133
4.5.2.3. De acuerdo a Saliger	133
4.5.3. Para la cantera YOCARA.....	135
4.5.3.1. De acuerdo a Montoya-Meseguer-Moran.....	135
4.5.3.2. De acuerdo a Oscar Padilla.....	136
4.5.3.3. De acuerdo a Saliger	136
4.6. Determinación del módulo de elasticidad experimental y procesamiento estadístico de los resultados.....	137
4.6.1. Procesamiento de resultados Esfuerzo vs Deformación	139
4.6.2. Módulos de elasticidad experimentales ISLA y YOCARA	140
4.6.3. Determinación teórica del módulo de elasticidad según la propuesta A.C.I. y RNE ..	142
4.6.4. Comparación de los módulos de elasticidad experimentales y teóricos	143
4.6.5. Determinación de la ecuación del módulo de elasticidad	144
4.6.6. Ecuación del módulo de elasticidad propuesta	146
4.6.7. Comparación de la resistencia característica.....	147

4.6.8. Comparación de módulos de elasticidad experimental	148
4.7. Relación entre resultados obtenidos de resistencia máxima y módulo de elasticidad experimental	148
4.8. Prueba de hipótesis para la prueba de hipótesis específica	158
4.8.1. La hipótesis nula y la hipótesis alternativa.....	158
4.8.2. El estadístico de prueba de bondad de ajuste (Ji o chi cuadrada).....	159
4.8.3. Región de rechazo	161
4.8.4. Conclusión de hipótesis específica	163
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
5.1. Conclusiones.....	165
5.2. Recomendaciones.....	167
Referencias	169
Anexos.....	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Asentamiento y trabajabilidad del concreto fresco	34
Tabla 2. Granulometría de agregado fino	53
Tabla 3. Granulometría de agregado grueso	54
Tabla 4. Resultados de ensayo de resistencia al desgaste ISLA	70
Tabla 5. Resultados de ensayo de resistencia al desgaste YOCARA.....	71
Tabla 6. Colorimetría de agregado fino	73
Tabla 7. Resultados de ensayo de peso específico de agregado fino cantera ISLA	76
Tabla 8. Resultados de ensayo de peso específico de agregado grueso cantera ISLA	76
Tabla 9. Resultados de ensayo de peso específico de agregado fino cantera YOCARA	76
Tabla 10. Resultados de ensayo de peso específico de agregado grueso cantera YOCARA	77
Tabla 11. Resultados de ensayo de absorción de agregado fino cantera ISLA.....	78
Tabla 12. Resultados de ensayo de absorción de agregado grueso cantera ISLA.....	78
Tabla 13. Resultados de ensayo de absorción de agregado fino cantera YOCARA	78
Tabla 14. Resultados de ensayo de absorción de agregado grueso cantera YOCARA	78
Tabla 15. Resultados de ensayo de contenido de humedad cantera ISLA.....	79
Tabla 16. Resultados de ensayo de contenido de humedad cantera YOCARA	79
Tabla 17. Resultados de ensayo de peso unitario de agregado fino cantera ISLA.....	80
Tabla 18. Resultados de ensayo de peso unitario de agregado grueso cantera ISLA.....	80
Tabla 19. Resultados de ensayo de peso unitario de agregado fino cantera YOCARA	81
Tabla 20. Resultados de ensayo de peso unitario de agregado grueso cantera YOCARA	81
Tabla 21. Resultados de ensayo de granulometría de hormigón cantera ISLA	82
Tabla 22. Resultados de ensayo de granulometría de agregado grueso cantera ISLA	82
Tabla 23. Resultados de ensayo de granulometría de agregado fino cantera ISLA	82

Tabla 24. Resultados de ensayo de granulometría de hormigón cantera YOCARA.....	83
Tabla 25. Resultados de ensayo de granulometría de agregado grueso cantera YOCARA ...	83
Tabla 26. Resultados de ensayo de granulometría de agregado fino cantera YOCARA	83
Tabla 27. Resistencia a la compresión simple.....	86
Tabla 28. Volumen unitario de agua.....	88
Tabla 29. Contenido de aire atrapado	89
Tabla 30. Relación agua/cemento por resistencia	90
Tabla 31. Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	91
Tabla 32. Tolerancia permisible de tiempo de ensayo.....	100
Tabla 33. Ensayo de resistencia a la compresión simple de la cantera ISLA 28 días	102
Tabla 34. Ensayo de resistencia a la compresión simple de la cantera YOCARA 28 días ...	103
Tabla 35. Calculo de desviación estándar para corrección de diseño de mezclas cantera ISLA.....	105
Tabla 36. Calculo de desviación estándar para corrección de diseño de mezclas cantera YOCARA	109
Tabla 37. Ensayo de resistencia a la compresión simple de la cantera ISLA a los 7,14 y 28 días	114
Tabla 38. Ensayo de resistencia a la compresión simple de la cantera YOCARA a los 7,14 y 28 días.....	115
Tabla 39. Ensayo de resistencia a la compresión simple de la cantera ISLA 28 días.....	116
Tabla 40. Ensayo de resistencia a la compresión simple de la cantera YOCARA 28 días ...	117
Tabla 41. Resultados promedios de resistencia a la compresión simple en probetas cantera ISLA.....	118
Tabla 42. Resultados promedios de resistencia a la compresión simple en probetas cantera YOCARA	118
Tabla 43. Cantera ISLA resistencia máxima según Montoya.....	124

Tabla 44. Cantera YOCARA resistencia máxima según Montoya	125
Tabla 45. Cantera ISLA resistencia máxima según Oscar Padilla	126
Tabla 46. Cantera YOCARA resistencia máxima según Oscar Padilla.....	127
Tabla 47. Cantera ISLA resistencia máxima según Saliger	128
Tabla 48. Cantera YOCARA resistencia máxima según Saliger	129
Tabla 49. Resistencia máxima medias cantera ISLA	130
Tabla 50. Resistencia máxima medias cantera YOCARA	130
Tabla 51. Módulo de elasticidad teórico respecto a la resistencia cantera ISLA.....	132
Tabla 52. Módulo de elasticidad teórico respecto a las medias de la resistencia cantera ISLA	134
Tabla 53. Módulo de elasticidad teórico respecto a la resistencia cantera YOCARA	135
Tabla 54. Módulo de elasticidad teórico respecto a las medias de la resistencia cantera YOCARA	137
Tabla 55. Cantera ISLA módulos de elasticidades experimentales.....	140
Tabla 56. Cantera YOCARA módulos de elasticidades experimentales	141
Tabla 57. Selección de módulo de elasticidad según Montoya cantera ISLA	142
Tabla 58. Selección de módulo de elasticidad según Montoya cantera YOCARA.....	143
Tabla 59. Comparación del módulo de elasticidad experimental media, con la resistencia característica media utilizando los reglamentos y comités mencionados cantera ISLA	144
Tabla 60. Comparación del módulo de elasticidad experimental media, con la resistencia característica media utilizando los reglamentos y comités mencionados cantera YOCARA	144
Tabla 61. Calculo de factor de la ecuación de módulo de elasticidad según Montoya	145
Tabla 62. Calculo de factor de la ecuación de módulo de elasticidad según Oscar Padilla ..	145
Tabla 63. Calculo de factor de la ecuación de módulo de elasticidad según Saliger	146
Tabla 64. Comparación de resistencias características media	147

Tabla 65. Resumen de correlaciones entre resistencia máxima y el módulo de elasticidad..	157
Tabla 66. Calculo bondad de ajuste observados vs esperado.....	160
Tabla 67. Valores críticos de Ji o chi cuadrada.....	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo de cono de Abrams	34
Figura 2. Curva de resistencia a la compresión respecto a los días de curado	39
Figura 3. Curva de resistencia a la compresión respecto al tipo de cemento utilizado	40
Figura 4. Curva de deformación de acuerdo a la velocidad aplicada.....	41
Figura 5. Curva de esfuerzo de formación de un probeta ensayada a compresión axial.....	42
Figura 6. Curva esfuerzo – deformación del concreto.....	43
Figura 7. Diagrama tensión - deformación	44
Figura 8. Diagrama tensión - deformación del concreto.....	45
Figura 9. Curva esfuerzo vs deformación (deformación plástica)	46
Figura 10. Diagrama noval σ - ϵ del hormigón (concreto)	48
Figura 11. Diagrama no noval σ - ϵ del hormigón	48
Figura 12. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto	50
Figura 13. Ubicación: cantera ISLA	62
Figura 14. Ubicación: cantera YOCARA	63
Figura 15. Colores patrones de acuerdo a las impurezas orgánicas	72
Figura 16. Ensayo de colorimetría cantera ISLA	73
Figura 17. Ensayo de colorimetría cantera YOCARA.....	74
Figura 18. Efectos de agua-cemento en concretos con y sin aire incorporado	101
Figura 19. Curva esfuerzo vs deformación de la cantera ISLA y YOCARA	119
Figura 20. Prensa hidráulica de concreto.....	121
Figura 21. Compresómetro (deformímetro HUMBOLT)	122
Figura 22. Definición de resistencia característica.....	124
Figura 23. Diagrama de dispersión resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA.....	149

Figura 24. Diagrama de dispersión resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA	149
Figura 25. Relación lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA	151
Figura 26. Relación lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA.	151
Figura 27. Nueva relación lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA	152
Figura 28. Nueva relación lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA	152
Figura 29. Relación logarítmica resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA.....	153
Figura 30. Relación logarítmica resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA	154
Figura 31. Relación exponencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA	155
Figura 32. Relación exponencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA	155
Figura 33. Relación potencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA ...	156
Figura 34. Relación potencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA	156
Figura 35. Región de aceptación y región de rechazo de hipótesis específica de la cantera ISLA.....	162
Figura 36. Región de aceptación y región de rechazo de hipótesis específica de la cantera YOCARA	162
Figura 37. Comparación de resultados observados y resultados esperados cantera ISLA	164
Figura 38. Comparación de resultados observados y resultados esperados cantera YOCARA	164

ÍNDICE DE ANEXOS

CANTERA ISLA.....	172
ANEXO A. Certificados de ensayos de esfuerzo vs deformación	172
CANTERA ISLA.....	183
ANEXO B. Certificados de ensayos de esfuerzo vs deformación	183

SÍMBOLOGIA

Ec	Modulo de Elasticidad del concreto
a/c	Relación Agua-Cemento
F'c	Resistencia a la compresión en el concreto
Peso S.S.S.	Peso Superficialmente Seco
VI	Variable Independiente
VD	Variable dependiente
T.M.N.	Tamaño Máximo Nominal
T.M.	Tamaño Máximo
F'cr	Resistencia a la compresión del concreto promedio
Slump	Asentamiento del concreto fresco
A.G.	Agregado Grueso
A.F.	Agregado Fino
V.D.	Variable Dependiente
V.I.	Variable Independiente
O _i	Frecuencia observada
E _i	Frecuencia Esperada
Lt	Litros
Kg	kilogramos
Fck	Resistencia característica
Fcm	Resistencia promedio

δ	Desviación estándar
Fcm1	Resistencia promedio grupo 1
Fcm2	Resistencia promedio grupo 2
Wc	Peso unitario del concreto
Eck	Modulo de elasticidad característico
Ecm	Módulo de elasticidad medio
σ	Esfuerzo
ε	Deformación Unitaria del concreto
A.C.I./ACI	American Concrete Institute
R.N.E./RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones
χ^2	Ji o Chi cuadrada

RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito ajustar a nuestra realidad la ecuación del módulo de elasticidad del concreto respecto a los diferentes agregados existentes en la ciudad de Juliaca como son la cantera ISLA y YOCARA, que contiene grandes volúmenes de agregados ya que estas son usadas en su mayoría para la elaboración de concreto en la ciudad de Juliaca provincia de San Román departamento de Puno. La presente investigación, se determinó una nueva ecuación matemática para la determinación del módulo de elasticidad del concreto en la ciudad de Juliaca respecto a la resistencia a la compresión simple de 210kg/cm^2 , elaborada con los agregados tanto para la cantera ISLA y para la cantera YOCARA ubicadas en la provincia de San Román departamento de Puno cerca de la ciudad de Juliaca. Inicialmente se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los agregados a utilizar como material para la elaboración de concreto de la cantera ISLA y la cantera YOCARA también. Se realizó diseños de mezclas con dosificación de 210 kg/cm^2 debido a que es la más utilizada en las estructuras, y se utilizó el método A.C.I. para el diseño de mezclas correspondiente debido a que es la más usada respecto a diseños de mezcla debido a que es mejor a realizar pruebas en las probetas de concreto sometidos a compresión simple. Los resultados experimentales finales para la cantera ISLA la ecuación es $E_c = 8715\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ con una variación de 58.00% respecto al ACI 318, RNE y 57.62% respecto al ACI 363 y para la cantera YOCARA la ecuación es $E_c = 7885\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ con una variación de 52.52% respecto al ACI 318, RNE y 51.21% respecto al ACI 363, ambas canteras respecto a las ecuaciones propuestas por los reglamentos mencionados.

Palabras clave: Módulo de elasticidad del concreto, Propiedades físicas de agregados, Propiedades mecánicas de agregados, Resistencia a compresión simple.

ABSTRACT

The purpose of this research is adjusting to over reality about concrete elasticity module equation in relation to the different aggregates existences in Juliaca's city like ISLA and YOCARA quarry which contains huge volumes of aggregates that are mostly used for the concrete elaboration in Juliaca's city, San Roman Province and Puno Department. This research determined a new mathematical equation of concrete elasticity module in Juliaca's city which respect to the simple compression of 210kg/cm² resistance, elaborated with aggregates for both ISLA and YOCARA quarry located in San Roman Province and Puno Department near Juliaca's city. Initially physical and mechanical aggregates properties determined to use also ISLA and YOCARA quarry as material for the concrete elaboration. Mixing designs with 210kg/cm² dosage were made because it is the most used structure and A.C.I. method was used for the corresponding mixture design because is the most used as it is the best to perform tests on the concrete specimens subjected to simple compression. The final experimental results of ISLA quarry equation is: $E_c = 8715\sqrt{f'_c}$ (kg/cm²) with a variation of 58.00% in relation to ACI 318, RNE and 57.62% with respect to ACI 363 and for YOCARA quarry equation is $E_c = 7885\sqrt{f'_c}$ (kg/cm²) with a variation of 52.52% in relation to ACI 318, RNE and 51.21% with respect to ACI 363, both quarries in relation to proposed equations by the aforementioned regulations.

Keywords: Concrete elasticity modules, Physical properties of aggregates, Mechanical properties of aggregates, Compression simple resistance.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

El concreto en las últimas décadas ha sido muy utilizado en la construcción, ya que presenta diferentes ventajas, por ser un material que utiliza recursos naturales y locales, además de ser económica su fabricación, además de ser bastante versátil en sus aplicaciones y en gran manera resistente. El concreto tiene la propiedad de ser variado en la construcción, mezclando dos componentes básicos e importantes como los agregados que tiene que ser mezclados con el cemento y así por lo tanto sus características están afectadas por las propiedades de estos dos componentes.

Entonces se considera que la resistencia actualmente es la propiedad más importante del concreto, aunque en muchos otros casos pueden ser la durabilidad, también la impermeabilidad. Pero por lo general la calidad del concreto está definida por su resistencia, puesto que genera una gran influencia en el diseño y construcción en estructuras de concreto. Se sabe por teoría que la resistencia es dada por la propiedad de la unión de agua y cemento (pasta de cemento), en especial la relación agua-cemento (a/c), pero también por la relación cemento-agregado, su granulometría, la textura superficial, forma de partículas y por la rigidez del agregado. Es de manera importante la adhesión pasta de cemento-agregado particularmente de mortero entre agregado grueso. Gutiérrez de López (2003) menciona que los agregados ocupan del 70-80% de la conformación del concreto, Entonces por tanto muchas de las características dependen de las propiedades tanto físicas, como las mecánicas de los agregados, que estos estarán muy influenciados en la resistencia del concreto, que es significativa, una de ellas es dada por esfuerzo a la deformación. Debido a que cualquier esfuerzo siempre está asociada una deformación y viceversa. Y existen deformaciones que pueden ser causadas por otras causas no previstas como la humedad, la temperatura, la nieve, la lluvia, el viento y las cargas propias de la edificación y de los elementos estructurales a los cuales está diseñado, que es de interés en el diseño estructural.

La relación de esfuerzo y deformación está dada y se comprende principalmente por la definición de la característica principal de la curva esfuerzo – deformación y así poder determinar el módulo de elasticidad del concreto.

Para obtener el valor del módulo de elasticidad del concreto actualmente solo se utilizan fórmulas matemáticas ya propuestas por los reglamentos nacionales e internacionales, y las diferentes ecuaciones fueron obtenidos utilizando materiales comunes de sus zonas y materiales debidamente seleccionados, como menciona el A.C.I. “que son los agregados cuarcíticos también calizas de buena calidad con menor porosidad”, muy diferentes a agregados extraídos de canteras de la ciudad de Juliaca, entonces es un error utilizar dichas ecuaciones para determinar el módulo de elasticidad del concreto, consecuentemente debido a esto no se tiene una consideración de que si los valores son reales ya que estas fórmulas no tendrán ninguna relación con los agregados utilizados de esta zona, además de saber que gran parte de la elaboración de concreto es principalmente compuesto por agregado fino y grueso, es por esto que la influencia de los agregados es de gran importancia debido a las propiedades físicas y mecánicas varíen para cada zona.

En esta investigación, se evaluó los agregados derivados de la explotación de canteras de agregados tanto de la cantera ISLA y la cantera YOCARA de la ciudad de Juliaca y de mayor consumo para la elaboración de concreto en dicha ciudad. Y de acuerdo a estos agregados se realizara la evaluación del concreto para obtener un módulo de elasticidad del concreto.

1.2. Problemas

1.2.1. Problema General

¿Cuál será la nueva ecuación del módulo de elasticidad del concreto para una resistencia a la compresión simple. Teniendo en cuenta la gran influencia de los agregados de las Canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problema Específico

¿Se podrá determinar las propiedades Físicas y Mecánicas de los agregados tanto de la cantera ISLA y la cantera YOCARA?

¿Se podrá realizar adecuados diseños de mezcla para la resistencia a compresión simple de 210 kg/cm^2 ?

¿Cuál será la acción al presentar las nuevas ecuaciones del módulo de elasticidad de los concretos elaborados con los agregados de las canteras mencionadas y las ecuaciones más utilizadas por los reglamentos vigentes de los comités ACI 318-RNE y ACI 363?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la compresión simple con los agregados provenientes de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca.

1.3.2. Objetivo específico

Obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados extraídos de las canteras ISLA y YOCARA.

Realizar los adecuados diseños de mezclas para la elaboración de concretos resistente a la compresión simple de 210 kg/cm^2 .

Verificar los resultados de los módulos de elasticidad obtenidos con los agregados extraídos de la cantera ISLA y YOCARA respectivamente y las ecuaciones propuestas por los comités ACI 318-RNE y ACI 363.

1.4. Justificación del proyecto

En la actualidad no se determina el módulo de elasticidad del concreto (E_c), se utilizan las formulas ya propuestas por reglamentos. Y se debería de obtener este módulo de elasticidad de acuerdo a la ubicación del lugar y a los diversos agregados existentes en cada zona, sino que solo se utilizan las fórmulas dadas por los diferentes reglamentos nacionales e internacionales, esto genera que al momento de utilizar dichas formulas implican sobreestimar o infravalorar el dato obtenido utilizando las ecuaciones de módulo de elasticidad propuestas y esto genera desplazamientos en las estructuras, debido a que el dato de módulo de elasticidad es muy diferentes a las reales, haciendo que los diseños en edificaciones de concreto sean deficientes. Ya que en cada zona del país el material principal en la elaboración de concreto son los agregados, y estos tienen diferentes propiedades físicas y mecánicas dependiendo de la zona. Los agregados constituyen un factor importante en la elaboración de concreto, esto debería ser tomado en cuenta y no solo determinar la resistencia a compresión del concreto, sino también a la deformación de este. Con esto podremos determinar si los agregados que utilizamos por zonas o regiones son de buena calidad o mala calidad para la elaboración de concreto, pudiendo así como profesionales garantizar la durabilidad y estabilidad en las obras civiles, Ya que en el Perú la mayoría de construcciones de obras civiles son utilizando el concreto. Ya que para concretos hidráulicos el volumen de los agregados es de 65% a 85%, en los concretos asfálticos es del 92% al 96%, y en los pavimentos del 75% al 90%. Gutiérrez de López (2003). Llegando a la conclusión de que las formulas ya planteadas son muy distintas de acuerdo a la zona o región y a los materiales empleados para la elaboración de concreto.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2009) menciona “Que determinar el módulo de elasticidad para concreto de peso normal, se usara la siguiente formula de $E_c = 15000 \times \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$. Como también menciona que pueden usarse otros valores de E_c que estén suficientemente justificadas y/o respaldadas por resultados de laboratorio”.

Así mismo Pineda (2009) menciona “Que para el diseño y modelamiento edificaciones o construcciones, se necesita saber con exactitud dicho modulo, entonces debe bastar tener valores aproximados que proporcionan las formulas naciones e internacionales”.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedente 01

Autor: Vargas Quishpe Luis Ángel, Garzón Chávez David Fernando, Coba Santamaría Williams Alejandro y Arequipa Maldonado Edison Rolando

Año: 2012

Título: “MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN EN BASE A RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE $f'c = 21\text{MPa}$ Y 30MPa ”

Resumen:

“Menciona que esta investigación busca mejorar la información que se tiene actualmente de datos del módulo estático de elasticidad del hormigón, datos que tienen en función de las propiedades de los agregados obtenidas de diversas canteras, extraídas de la cantera “SAN JOAQUIN” ubicado en barrio Santa Rita, parroquia Mulalo, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, con la elaboración de 20 probetas estándar para los ensayos de compresión simple debidos, para cada resistencia especificada y adicionalmente 10 probetas para los ensayos correspondientes a las gráficas de resistencia vs deformación, obteniendo un total de 60 probetas estándar y 30 por cada resistencia, las cuales serán ensayadas según la norma ASTM C-469-94, y así se obtuvo el módulo estático de elasticidad del hormigón de cada probeta y se las compara con las ecuaciones propuestas por el A.C.I. , Los resultados experimentales obtenidos en este estudio determinan que el módulo de elasticidad difiere con los propuestos por el A.C.I. y le corresponde la siguiente ecuaciones”:

$$E_c = 3130\sqrt{f'c} \text{ (MPa)} \quad E_c = 10000\sqrt{f'c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

2.1.2. Antecedente 02

Autor: Rosero Benavides Arturo Javier, Rodríguez Narváez Diego David, Ojeda Cueva Franklin Santiago, Morales Escobar Diego Alejandro.

Año: 2012

Título: “MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN, EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: F’C= 21 Y 28 MPA, FABRICADO CON MATERIALES DE LA MINA DE GUAYLLABAMBA-PICHINCHY CEMENTO SELVA ALEGRE”

Resumen:

“La presente investigación, tiene por finalidad determinar el módulo estático de elasticidad del concreto para dos tipos resistencias a la compresión $f'_c=21$ MPa y $F'_c=28$ MPa, elaborado con agregados provenientes del área minera denominada “Prima II” ubicada en el sector de Guayllabamba, provincia de pichincha y cemento selva alegre, iniciando con la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que se van a utilizar mediante el método A.C.I. y Densidad máxima para las resistencias especificadas de 21 MPa y 28 MPa. Indicando que el mejor método es el A.C.I. con la cual se realizaron los diseños, además que el número de probetas para el diseño fueron de 5 probetas para compresión a los 7, 14, 21 y 28 días y 20 probetas para obtener el módulo estático de elasticidad del hormigón a los 28 días. Los resultados experimentales finales obtenidos determinaron que el módulo estático de elasticidad del hormigón, utilizando los materiales de la mina “Prima II” alcanza el 91.49% respecto a la expresión propuesta por el comité A.C.I- 318 mencionada”:

$$E_c = 4300\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad E_c = 13600\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

2.1.3. Antecedente 03

Autor: Jeffrey Johan Solís Pinto, Vania Alexandra Morales Chuquimia

Año: 2012

Título: “Propuesta de modificación de la fórmula para la estimación del módulo de elasticidad del concreto en la ciudad de Arequipa”

Resumen:

“Se encontró que la tendencia del módulo de Elasticidad del Concreto hecho con agregado de Tinajones son mayores que los estimados por la norma, por lo cual resulta necesario analizar más concretos fabricados con áridos de nuestra zona y de diferentes partes del Perú, para así obtener un espectro y así poder proponer una fórmula que se acerque más a la realidad de cada ciudad. Se observa que el módulo de elasticidad en el tiempo, a comparación de la evolución de la resistencia, tiene a aumentar linealmente. Se encontró que el Peso Unitario del Concreto varía entre 2333.3kg/m^3 a 2486kg/m^3 , por lo que se considera como Peso Unitario del Concreto de 2400kg/m^3 . Y el factor del módulo de elasticidad del concreto varia en”:

$$E_c = 0.054(W_c)^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad (\text{MPa})$$

$$E_c = 5640\sqrt{f'_c} \quad (\text{MPa})$$

$$E_c = 0.17(W_c)^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$E_c = 18000\sqrt{f'_c} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

2.1.4. Antecedente 04

Autor: Mantilla Quispe Manuel Leopoldo y Tumi Tito Jaime

Año: 2013

Título: “Evaluación de módulo de elasticidad del concreto en la resistencia a la compresión, de canteras de la ciudad de Juliaca”

Resumen:

“La presente tesis muestra principalmente la explotación de los agregados de las canteras ISLA y UNOCOLLA de la ciudad de Juliaca, luego de esta se procede a la selección de los agregados con tamaños máximos nominales que en ambos casos son de 3/4" debido a las investigaciones revisadas anteriormente, y con la finalidad de obtener una mayor confiabilidad fue necesario adoptar el mayor número de probetas estándar que fueron adoptados de 10 probetas para cada resistencia para tener la mayor confiabilidad posible de los resultados de ambas canteras cabe mencionar que las resistencia seleccionadas fueron de 210 kg/cm² y 280 kg/cm² y los resultados de dichos ensayos fueron respectivamente la cantera ISLA y UNOCOLLA”:

$$E_c = 3984\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad \text{y} \quad E_c = 3300\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Concreto

El concreto puede definirse como una unión artificialmente, compuesto por diferentes partículas inertes unidas por una matriz de material cementante o aglutinante, es decir, el concreto es la unión de: cemento, agregados (fino y grueso) y agua, a lo que generalmente se le adiciona algún aditivo con el objetivo de mejorar ampliar y mejorar sus propiedades, que el concreto no posee generalmente.

Rivva (2006) menciona que el agregado denominado comúnmente concreto es una mezcla natural, en proporciones arbitrarias, de agregados finos y gruesa procedente de río o cantera según NTP 339.012, en lo que sea aplicable se seguirán para el concreto las recomendaciones correspondientes a los agregados finos y gruesos.

2.2.2. Propiedades del concreto fresco

Morales, Rodríguez y Roseros (2012) nos indica que el concreto fresco es el que tiene plasticidad y también la posibilidad de moldearse. Se conserva en estado fresco, desde el momento en que se mezclan el cemento, agregados y agua. Hasta que se inicia el proceso de fraguado del concreto. Las propiedades en este estado son:

- Trabajabilidad.
- Consistencia.
- Compacidad.
- Exudación del agua de amasado.
- Cohesividad.
- Segregación.

2.2.2.1. Trabajabilidad

Esta puede definirse como la cantidad de trabajo interno útil necesario para producir la compactación total, entiéndase como trabajo interno, a la energía requerida para vencer a la fricción interna entre las partículas en el concreto. Otros autores las definen como la capacidad que posee el concreto de ser colocado y compactado apropiadamente. (Neville & Brooks, 1987)

2.2.2.2. Consistencia

Rosero, Rodríguez, Ojeda & Morales (2012) indican que es la resistencia que se observa al concreto en estado fresco, a soportar deformaciones, se observa y mide en términos de asentamiento ASTM C-143.

Para la selección de consistencia o asentamiento ideal, se debe usar el asentamiento requerido y seleccionado, compatible con la selección del tipo de estructura edificada. Los valores de asentamiento se miden usando el Cono de Abrams, están dados en la tabla.

La mala inadecuada selección consistencia o asentamiento colocada en obra, puede provocar la aparición de cangrejas, zonas sin rellenar, porosidad, armadura sin cubrir, segregaciones, etc.

La solidez del concreto fresco depende de:

- La cantidad de agua de amasado empleada.
- La cantidad y grado de finura del cemento.
- La granulometría y forma de los agregados.



Figura 1. Ensayo del cono de Abrams. Adaptado de Otazzi, 2011.

Tabla 1.

Asentamiento y trabajabilidad del concreto fresco.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO EN EL CONO DE ABRAMS (cm)	TRABAJABILIDAD
Seca	0 a 2	Muy baja
Plástica	3 a 5	Baja
Blanda	6 a 9	Media
Fluida	10 a 15	Alta
Líquida	mayor 16	Muy alta

Nota: Adaptado de Ottazzi, 2011.

2.2.2.3. Compacidad

Montoya, Meseguer & Moran (2000) menciona que la compacidad, está relacionada con la densidad, ya que necesita de los mismos componentes que ésta, más del procedimiento de consolidación utilizado. Estos procedimientos de consolidación tienen por objetivo colocar, en un volumen definido, la cantidad máxima admisible de agregados y, a la par, que los espacios dejados por los agregados sean ocupados por la pasta de cemento, eliminando las burbujas de aire en su totalidad.

Es clara esta relación directa existente entre la compacidad del concreto y sus resistencias mecánicas, por esto dicha compacidad se eleva con el volumen de materias sólidas que componen el concreto, en relación con los volúmenes ocupados por el agua y el aire.

La compacidad ideal no solo facilita una mayor resistencia mecánica (frente a esfuerzos, impactos, desgaste, vibraciones, etc.), también una mayor resistencia física (efecto de la helada) y química frente a las acciones agresivas, ya que, al contener una cantidad mínima de espacios vacíos, las vías de penetración de los agentes exteriores son también mínimas.

2.2.2.4. Exudación de agua de amasado

Se precisa como la separación de parte del agua de mezcla hasta la superficie, debido a la separación de sólidos. Este proceso comienza luego que el concreto es colocado, vibrado o varillado en los encofrados, y sigue hasta que se inicia el proceso fraguado del concreto, luego la mezcla se consolida, o también unión de las partículas.

Si la exudación es exagerada, debe tener consideración en la granulometría y la textura del agregado fino. Una de las formas de controlar la exudación es el uso de agregado fino, adecuadamente tamizado y graduado, teniendo en cuenta los tamaños menores en proporciones apropiadas; y una inspección más cuidadosa, son causas que ayudan a la disminución de la exudación. La exudación es una propiedad inherente a su estructura, siendo importante evaluarla y controlarla para evitar efectos negativo (Rosero, Rodríguez, Ojeda & Morales, 2012).

2.2.2.5. Cohesividad

Es una medida, donde se ve unión de todas las partículas que constituyen el concreto. La firmeza a seleccionar necesita fundamentalmente del impedimento del concreto, de la dificultad de posición y compactación libre. Estos son los componentes más relevantes que influyen en la trabajabilidad de una mezcla. Se determina mediante el ensayo de asentamiento del cono de Abrams. Ámbito de consistencia:

- CONCRETO SECO.- Es suelto sin cohesión, el asentamiento de 1 cm a 4,5 cm.
- CONCRETO PLÁSTICO.- Es levemente cohesivo, el asentamiento de 5 cm a 9,5 cm.
- CONCRETO BLANDO.- Es levemente fluido, el asentamiento de 10 cm a 15 cm.
- SÚPER FLUIDIFICADO.- Contiene aditivo y es fluido; el asentamiento es de 15,5 cm a 22 cm.

La significancia de la cohesividad de cemento, agua y agregados (concreto), varía con las limitaciones de colocación. Cuando se necesita trasladar el concreto a distancias largas. Al transportar por canaletas o que pase a través de la malla de acero de refuerzos, es esencial que la mezcla sea cohesiva (Rosero, Rodríguez, Ojeda & Morales, 2012).

2.2.2.6. Segregación

Rosero, Rodríguez, Ojeda & Morales (2012) mencionan que la segregación está definida como la desunión mecánica del concreto fresco de sus componentes, y se produce cuando el agregado grueso se disgrega del mortero. La separación hace que el concreto sea: extremadamente débil, carente de durabilidad y teniendo un bajo acabado en la superficie a simple vista.

La separación de partículas hace que el concreto disminuye la resistencia y su durabilidad del concreto produciendo fisuras y cangrejeras, generando una baja resistencia y que a simple vista tenga mal aspecto.

2.2.3. Propiedades del concreto endurecido

Vargas, Garzón, Coba & Arequipa (2012) también mencionan que las propiedades físicas del concreto endurecido necesitan no solo de la particular naturaleza de este, también, de su edad de endurecimiento y de las circunstancias de humedad expuestas al endurecimiento y también temperatura que ha estado sometido en la edad de endurecimiento, la característica más repetida medida en el concreto es la resistencia a la compresión, convenientemente ya que es muy fácil determinar, y a muchas de sus otras propiedades están relacionadas con esta propiedad, por lo que es un índice de su comportamiento. Generalmente, el concreto trabaja a compresión y por ello el conocer su resistencia es de gran interés y las propiedades a considerar en el concreto endurecido se agrupan en las siguientes propiedades: Físicas, Químicas y Mecánicas.

2.2.3.1. Propiedades Físicas

2.2.3.1.1. Densidad

Vargas, Garzón, Coba & Arequipa (2012) indican que el peso unitario (densidad) del concreto, esta en relación a su peso en función al volumen absoluto, se usan cálculos para el proporcionamiento de mezclado y el control, así también el diseño de estructuras de concreto armado. Para los concretos comunes formados por materiales granulares proveniente de rocas no mineralizadas de la superficie terrestre su valor varía entre 2200 kg/m^3 y 2700 kg/m^3 . Así mismo, el peso unitario sufre variaciones con el tiempo. El concreto es clasificado en:

Pesados: con densidades superiores a 2600 kg/m^3

Ligeros: para densidades inferiores a 2000 kg/m^3

Normales: con densidades entre 2000 y 2600 kg/m^3

2.2.3.1.2. Permeabilidad

El concreto utilizado en estructuras que conserven agua, o que estén arriesgando al mal tiempo y a diversas condiciones de exposición perjudiciales para este, debe ser visiblemente impermeable y hermético. La hermeticidad, se detalla muy a menudo con la disposición del

concreto de contener o conservar el agua sin fugas visibles. La permeabilidad, se describe como la cantidad de salida de agua a través del concreto, si el agua es presionada al concreto o viceversa el concreto a resistir el traspaso del agua u otros casos como líquidos, gas o iones. Generalmente las propiedades iguales que transforman al concreto en menos permeable también hacen que sea más hermético, el descenso de permeabilidad aumenta la resistencia del concreto a la re-saturación, al embate de sulfatos, productos químicos o la invasión del ion cloruro.

La permeabilidad daña a la capacidad de destrozamiento por congelamiento en condición de saturación. Aquí la infiltración de la pasta es de suma importancia, es por esto que la pasta recubre a todos los elementos que constituyen el concreto. La infiltración de la pasta necesita de la relación agua – cemento (a/c) y de la absorción del cemento. Un concreto con baja infiltración necesita de una relación agua – cemento bajo y un tiempo de curado en humedad adecuado. También, la adición de aire ayuda a mantener hermético al concreto, no obstante tiene un efecto minúsculo sobre la permeabilidad, acelerando el secado (Rosero, Rodríguez, Ojeda & Morales 2012).

2.2.3.1.3. Retracción o contracción del concreto

Ottazzi (2004) menciona que la retracción o contracción es la reducción que soporta el concreto durante el proceso de secado y de endurecimiento. Se debe generalmente a la pérdida por desaparición del exceso de agua utilizado al momento de mezclar. Se menciona que el agua agregada inicialmente a una mezcla de concreto, puede presentar a ser alrededor del doble del obligatorio para cumplir la hidratación del cemento, la exageración de agua es denominada agua de amasado o mezclado.

2.2.4. Resistencias Mecánicas

2.2.4.1. Resistencia a la compresión

Harmsen (2002) menciona que la resistencia a la compresión del concreto se determina en muestras cilíndricas, estandarizadas de: 15 cm de diámetro y 30 cm de altura; llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementadas, que duran unos pocos minutos.

Para comprobar la resistencia especificada, ésta se mide luego de 28 días de fraguado bajo condiciones controladas de humedad. La resistencia a la compresión de un concreto, utilizada en el diseño estructural, f'_c se mide en términos probabilísticos, definiéndose de esta manera que solamente un pequeño porcentaje de las muestras (5%), puedan tener resistencias inferiores a las especificadas, lo que da a lugar a la resistencia media de la muestra que siempre sea mayor que la resistencia característica. La resistencia a la compresión del concreto está directamente relacionada por la relación agua-cemento, por el nivel de compactación, y así como también la granulometría de los agregados. Todos los concretos cuando no están bajo cargas de compresión presentan un número limitado de fisuras de adherencia, entre los agregados gruesos y el mortero, como producto de la retracción del fraguado.

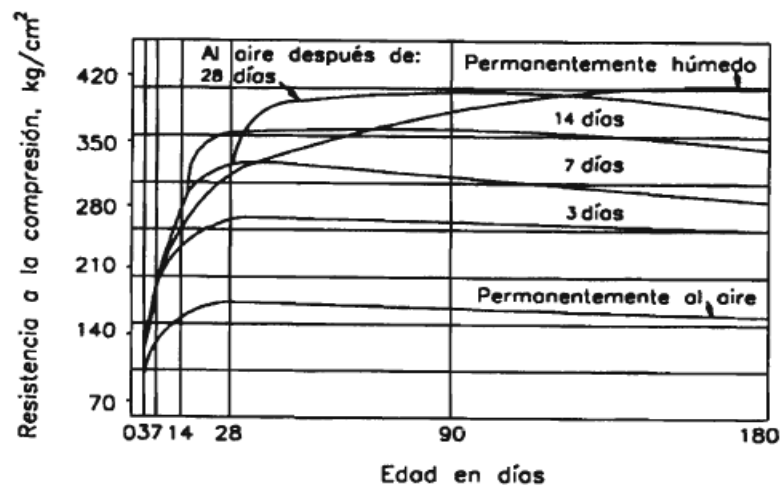


Figura 2. Curva de la resistencia a la compresión respecto a los días de curado. Adaptado de Harmsen, 2002.

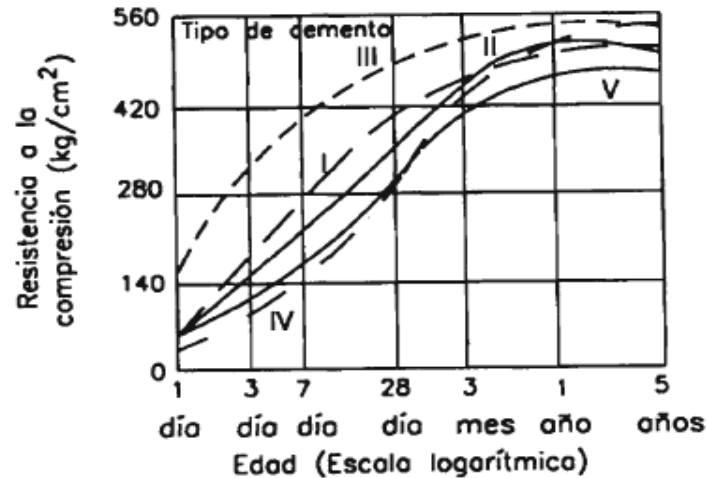


Figura 3. Curva de la resistencia a la compresión respecto al tipo de cemento utilizado. Adaptado de Harmsen, 2002.

2.2.4.2. Comportamiento del concreto en compresión

Ottazzi (2011) menciona que la formas típicas que tiene las curvas esfuerzo-deformación del concreto cargado axialmente. Las curvas han sido obtenidas de ensayos de compresión lentos con control de deformación, de tal modo que pudo obtenerse la rama descendente de las curvas. En ensayos con carga controlada, normalmente no es posible obtener la zona descendente.

- Concreto simple es un material frágil de baja capacidad de deformación.
- Mayor resistencia f^c menor capacidad de deformación.
- La deformación varía entre 0.0015 y 0.003. Para concreto de 350kg/cm^2 es de 0.002.
- La curva es aproximadamente lineal hasta 0.4, 0.5 de f^c .
- La rama ascendente se puede aproximar por una parábola.

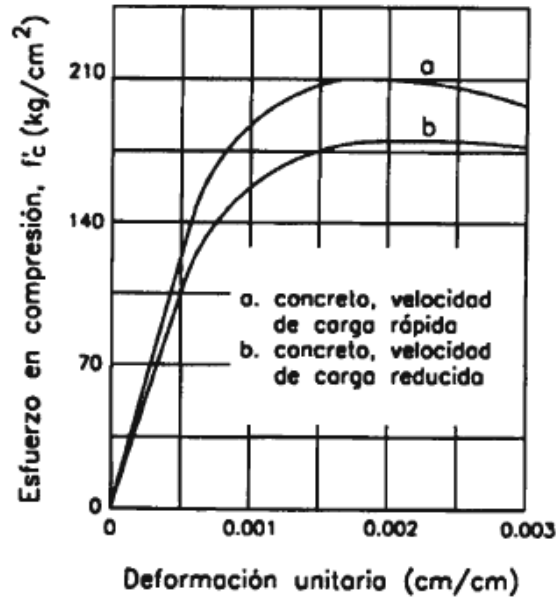


Figura 4. Curva deformación de acuerdo a la velocidad aplicada. Adaptado de Harmsen, 2002.

2.2.4.3. Módulo de elasticidad del concreto simple

Ottazzi (2011) menciona que para concretos de peso normal (aproximadamente 2300 kg/m³) el ACI y la Norma Técnica Peruana permiten estimar E_c mediante:

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'_c} \quad \text{kg/cm}^2 \quad (1)$$

Esta ecuación ignora el tipo de agregado utilizado, su dispersión es aplicada a valores medidos en ensayos varían entre 0.8 y 1.2 del predicho por las ecuaciones.

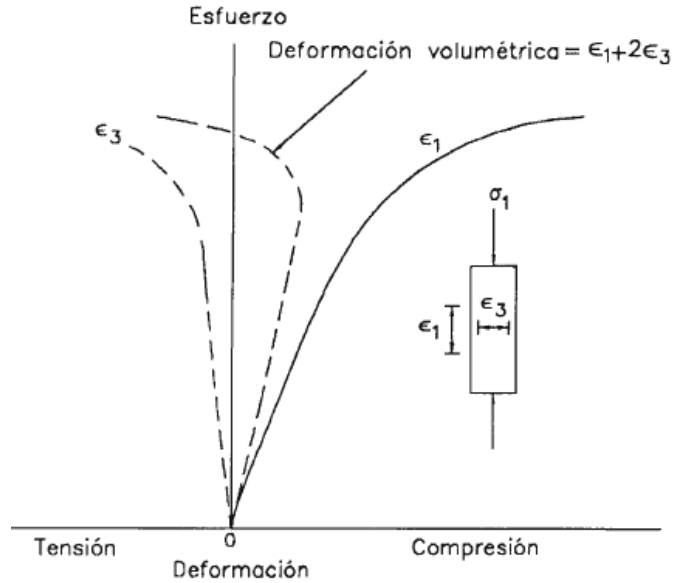


Figura 5. Curva de esfuerzo deformación de una probeta ensayada a compresión axial. Adaptado de Harmsen, 2002.

2.2.4.4. Relación esfuerzo - deformación del concreto a compresión

Harmsen (2002) menciona que las gráficas tienen una rama ascendente casi lineal cuya pendiente varía de acuerdo a la resistencia y se extiende hasta aproximadamente 113 a 112 de $f'c$.

Posteriormente adoptan la forma de una parábola invertida cuyo vértice corresponde al esfuerzo Máximo en compresión. La deformación correspondiente a este punto es mayor para los concretos más resistentes. Sin embargo, para los de menor resistencia es casi constante e igual 0.002. La rama descendente de las gráficas tiene una longitud y pendiente que varía de acuerdo al tipo de concreto. Para concretos de resistencias bajas tiende a tener menor pendiente y mayor Longitud que para concretos de resistencias mayores. De ello se deduce que los concretos menos resistentes son los más dúctiles.

La curva esfuerzo-deformación del concreto varía de acuerdo a la velocidad de aplicación de la carga como se muestra en la figura 6. Si ésta se incrementa a un ritmo mayor, la resistencia máxima obtenida es mayor que si la carga se incrementa a razón menor. Este

efecto debe tenerse presente cuando se analice los resultados de las pruebas estándar elaboradas en el laboratorio. El módulo de elasticidad de un material es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico.



Figura 6. Curva Esfuerzo – deformación del concreto. Adaptado de Harmsen, 2002.

2.2.4.5. Deformabilidad

El concreto no es un cuerpo elástico pero, dado que la relación tensión-deformación no es lineal (no tiene tramos rectos).

En el concreto, como es una curva, no cabe hablar de módulo elástico sino de módulo de deformación longitudinal, este módulo es variable en función del tramo de la curva tensión – deformación, esto significa que es igual tensión la deformación es diferentes según el “escalón de carga” o tramo de curva en que se encuentre, así el modulo es diferente para calculo en estado normales de tensiones, cálculos de flechas, deformaciones y fisuraciones, etc (Vargas, Garzón, Coba & Arequipa 2012).

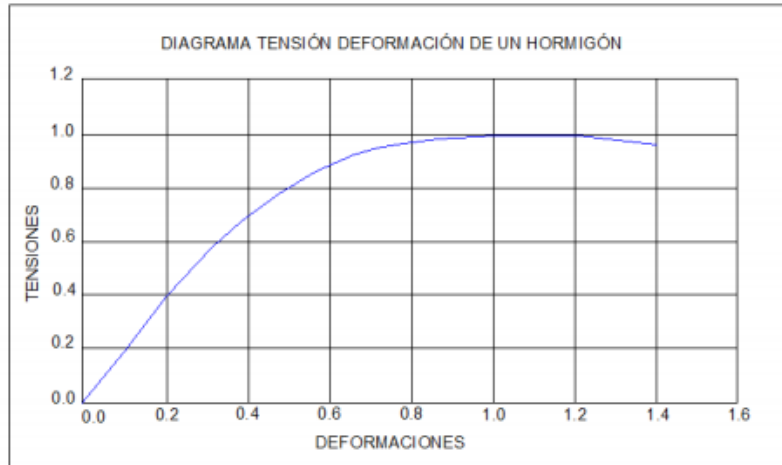


Figura 7. Diagrama tensión - Deformación. Adaptado de Camaneiro, 2006.

2.2.4.6. Comportamiento elástico e inelástico del concreto

El conocimiento de las propiedades elásticas del concreto son necesarias para establecer la relación entre tensiones y deformaciones, aspecto que adquiere gran importancia en algunos problemas de tipo estructural, particularmente cuando el cálculo de deformaciones es determinante.

2.2.4.7. Comportamiento elástico del concreto

Vargas, Garzón, Coba & Arequipa (2012) menciona que la relación entre tensiones y deformaciones se establece a través del módulo de elasticidad. Para los materiales totalmente elásticos, el módulo de elasticidad es constante e independiente de la tensión aplicada, acostumbrando a designarle con el nombre de módulo de Young. En otros materiales, designado inelásticos en cambio, el módulo de elasticidad depende del valor de la tensión aplicada.

Lo más frecuente, sin embargo, es que los materiales presenten una combinación de ambos comportamiento, inicialmente elástico y posteriormente inelástico al aumentar la tensión aplicada.

Los concretos de menor resistencia suelen mostrar una mayor capacidad de deformación que los concretos más resistentes.

Todos los concretos presentan un primer rango de comportamiento relativamente lineal (similar a una línea recta en la curva esfuerzo deformación) y el elástico (en la descarga recupera la geometría previa a la carga) ante la presencia incremental de sollicitaciones de compresión, cuando las cargas son comparativamente bajas (menos al 70% de la carga de rotura), y un segundo rango de comportamiento no lineal e inelástico (con una geometría curva en la curva esfuerzo – deformación) cuando las cargas son altas.

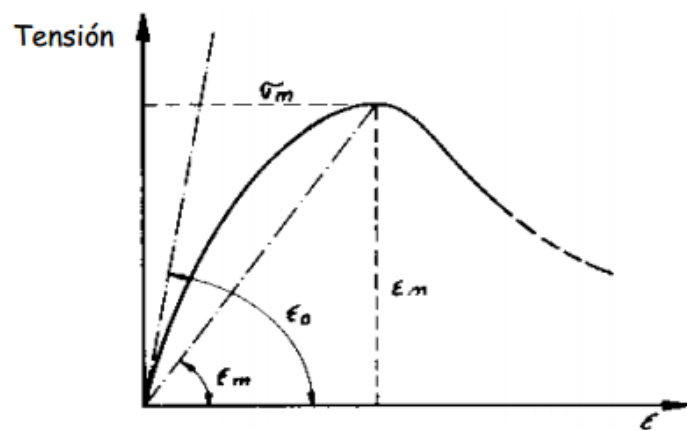


Figura 8. Diagrama Tensión – Deformación del concreto. Adaptado de Camaneiro, 2006.

Un tercer rango curvo, descendente hasta la tensión de rotura. En efecto, la forma recta se mantiene en tanto el concreto se mantenga como un material homogéneo. Esta forma se pierde al aparecer los primeros micros fisuras, normalmente en el contacto mortero - agregado grueso, pues, en esta situación, aun cuando el concreto es capaz de seguir aceptando cargas, su deformabilidad aumenta. Finalmente, al fracturarse el mortero del concreto, desaparece su capacidad de tomar carga, pero continúa deformándose hasta llegar a la rotura total.

2.2.4.8. Comportamiento inelástico del concreto

A pesar del carácter frágil señalado para el concreto para las cargas de velocidad normal de aplicación, este presenta un comportamiento plástico cuando una determinada carga

permanece aplicada un largo tiempo, produciéndose en este caso una deformación denominada fluencia del concreto.

El conocimiento de la fluencia es necesario para el análisis estructural en el caso del cálculo de deformación en elementos de concreto armado, determinar la pérdida de la tensión aplicada en una estructura de concreto armado pretensado o para el cálculo de tensiones a partir de la medición de deformaciones. El mecanismo que genera la fluencia en el concreto no es bien conocido, estimándose actualmente que es causado por la combinación de dos tipos de fenómenos: uno derivado de la acomodación de la estructura cristalina de la pasta de cemento, que se denomina fluencia básica y otro proveniente de la migración interna de la humedad, que se traduce en una retracción hidráulica adicional.

Los principales factores que condicionan a la fluencia del concreto son las características del concreto, principalmente el tipo y la dosis de cemento, la humedad ambiente la magnitud de la tensión aplicada y la edad del concreto en el momento de su aplicación (Vargas, Garzón, Coba & Arequipa 2012).

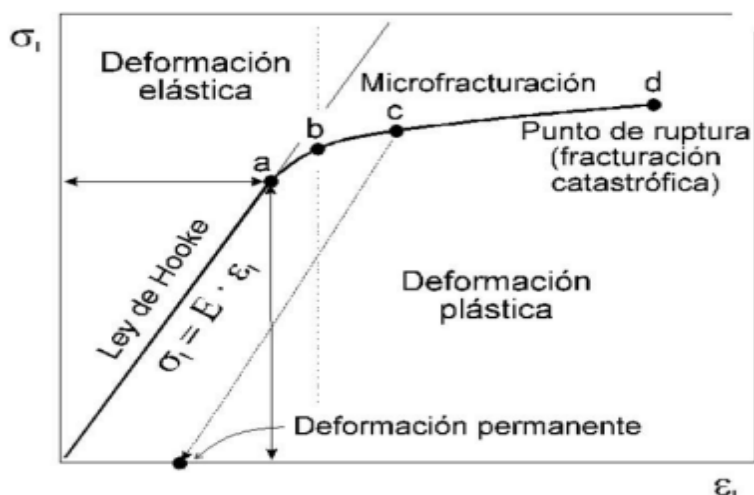


Figura 9. Curva esfuerzo vs deformación (deformación plástica). Adapto de Camaneiro, 2006.

2.2.4.9. Módulo de elasticidad

Montoya, Meseguer & Moran (2000) menciona que no siendo el concreto un cuerpo elástico, no cabe, en rigor, hablar de módulo de elasticidad sino de módulo de deformación longitudinal, el cual no tiene un valor constante en el diagrama noval $\sigma - \epsilon$.

- a) Modulo Tangente, cuyo valor es variable en cada punto y viene medido por la inclinación de la tangente a la curva en dicho punto:

$$Ec = \frac{d\sigma}{d\epsilon} \quad (2)$$

- b) Modulo secante, cuyo valor es variable en cada punto y viene medido por la inclinación de la recta que une el origen con dicho punto:

$$Ec = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (3)$$

- c) Módulo inicial, también llamado módulo de elasticidad en el origen, que corresponde a misión nula, en cuyo caso coinciden el modulo tangente y el secante. Viene medido por la inclinación de la tangente a la curva de origen.

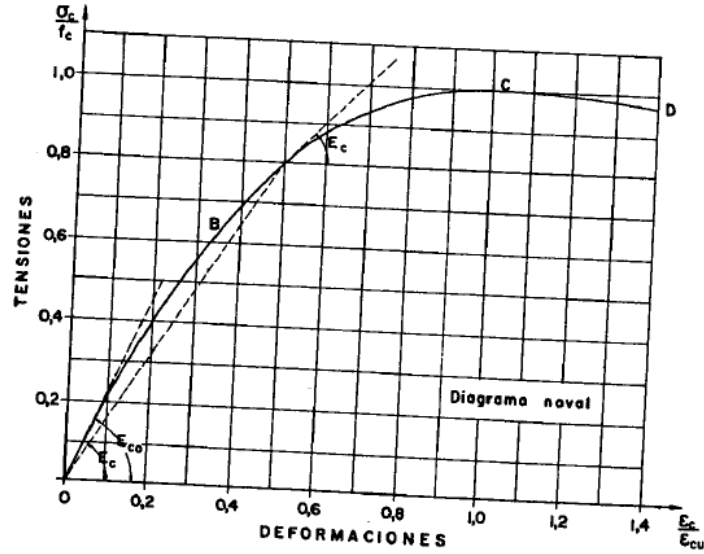


Figura 10. Diagrama noval σ - ϵ del hormigón (concreto). Adaptado de Montoya, Meseguer & Moran, 2000.

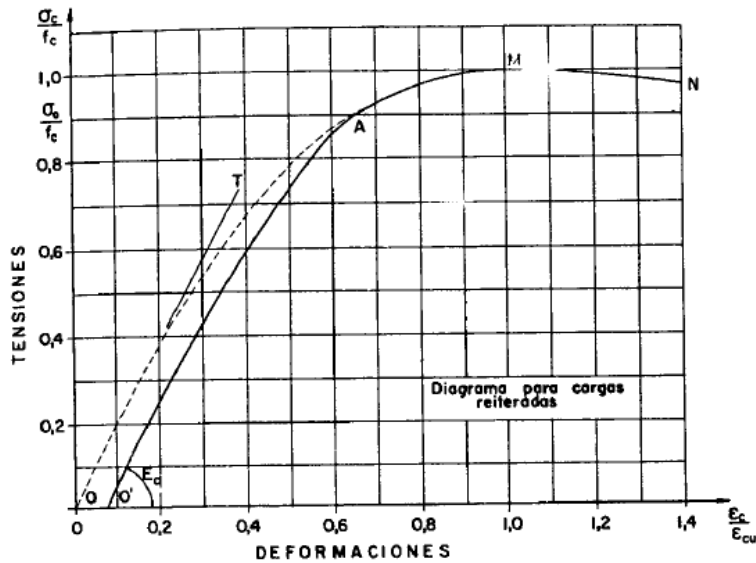


Figura 11. Diagrama no noval σ - ϵ del hormigón. Adaptado de Montoya, Meseguer & Moran, 2000.

De las definiciones anteriores de modulo tangente, modulo secante y modulo inicial además de las figura 10 y figura 11 que nos muestran los diagramas σ - ϵ noval y reiterativo. Se deducen las siguientes conclusiones importantes de las figuras:

- El modulo tangente en el diagrama noval disminuye al aumentar la tensión, llegando a anularse para la tensión máxima.
- El modulo secante en el diagrama noval también disminuye al aumentar la tensión, llegando a un valor del orden del medio al tercio del inicial, para la tensión máxima.
- El modulo secante en el diagrama reiterativo, para tensiones que ya han sido alcanzadas anteriormente, es constante y aproximadamente igual al 85% del módulo inicial en primera carga.

Por consiguiente, cuando se trata de determinar deformaciones para cargas próximas a las de servicio en estructura (que producen tensiones en el concreto de orden del 40 por 100 de la rotura, como máximo), se puede adoptar como modulo secante de deformaciones un valor constante, para cada tipo de hormigón y humedad ambiente, igual al 85 veces el módulo de elasticidad inicial del diagrama noval.

Entonces la ecuación para el cálculo del módulo de elasticidad experimental del concreto viene está dada por la siguiente ecuación.

$$E_C = \frac{0.4\sigma_{max} - \sigma(0.00005)}{\varepsilon_{0.4\sigma_{max}} - 0.00005} \quad (4)$$

Dónde:

- E_C : Módulo de Elasticidad del concreto
- σ_{max} : Esfuerzo de rotura
- $\sigma(0.00005)$: Esfuerzo conforme a una deformación unitaria de 0.00005.
- $\varepsilon_{0.4\sigma_{max}}$: Deformación Unitaria al 40% del esfuerzo de rotura.

En esta capitulo se presentara los datos obtenido de esfuerzo vs deformación, los gráficos de estos y el cálculo del módulo de elasticidad experimental para cada probeta de ensayo.

2.2.5. Componentes del concreto

Pasquel (1993) menciona que la tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, Agua, Agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo, si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparación e incluso en reducción de uso de cemento, como en la siguiente imagen.

Aire = 1 % a 3 %
Cemento = 7 % a 15 %
Agua = 15 % a 22 %
Agregados = 60 % a 75 %

Figura 12. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto. Adaptado de Pasquel, 1993.

2.2.5.1. Cemento

Harmsen (2002) menciona que el cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. Está constituido por los siguientes componentes:

1. Silicato tri cálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e incluye directamente en el calor de hidratación.
2. Silicato di cálcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.
3. Aluminato tri cálcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle yeso durante la fabricación del cemento.
4. Ferrito aluminato tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
5. Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Existen diversos tipos de cemento, los cuales están especificados en la norma ASTM C-150 y son:

Tipo I: que es de uso general y sin propiedades especiales.

Tipo II: de moderado calor de hidratación y alguna resistencia al ataque de sulfatos.

Tipo III: de resistencia temprana y elevado calor de hidratación.

Tipo IV: de bajo calor de hidratación.

Tipo V: de alta resistencia al ataque de sulfatos.

Los tres primero tipos de cemento son susceptibles de adicionarles incorporadores de aire, en la norma ASTM C-595 especifica las características de los cementos adicionados, los cuales contienen, además de los compuestos ya mencionado, escoria y puzolanas, que modifican el comportamiento del conjunto entre ellos se tiene:

Tipo IS: cemento al que se le ha añadido entre 25% y 70% en peso de escoria de alto horno.

Tipo ISM: cemento al que se le ha añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno.

Tipo IP: cemento al que se le ha añadido entre 15% y 40% en peso de puzolana.

Tipo IPM: cemento al que se le ha añadido menos del 15% en peso de puzolana.

Las puzolanas son materiales que al reaccionar con los productos de la hidratación del cemento, como los hidróxidos de calcio, y el agua adquieren propiedades aglomerantes que no presentan individualmente.

En la actualidad, en el Perú se fabrican cemento Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP y tipo IPM.

2.2.5.2. Agregados

2.2.5.2.1. Agregados por su naturaleza

Pasquel (1993) menciona que son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son explotados, seleccionados y procesados para mejorar su empleo en la elaboración de concreto, los agregados se usan más frecuente a nivel mundial y aún más particularmente en nuestro país Perú por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto.

2.2.5.2.2. Agregados artificiales.

Pasquel (1993) también menciona es un proceso de transformación de los materiales naturales, que generan productos secundarios que con tratamiento particular se mejoran para emplearse en la elaboración de concreto. Algunos agregados de este tipo están constituidos por la escoria de hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado y el micro sílice. La gran variedad de usos de estos materiales es muy diverso, mientras más se van investigando y desarrollando estos materiales, sus aplicaciones y usos en el concreto mejoran, por lo que a nivel mundial hay una tendencia muy marcada hacia progresar en este sentido.

2.2.5.2.3. Agregado fino o arena

Harmsen (2002) indica que el agregado fino y el grueso, comprenden elementos inertes en el concreto, ya que no participan en la reaccione química generada entre el cemento y el agua. El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio (libre de impurezas como polvo, limo,

pizarra, álcalis y materias orgánicas) y duro. No deben presentar 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas. Sus partículas deben tener un tamaño menos de ¼” de gradación debe satisfacer los requisitos propuestos por la norma.

Tabla 2.

Granulometría de agregado fino.

AGREGADO FINO	
MALLA	%QUE PASA
3/8"	100
N°4	90 - 100
N°8	80 - 100
N°16	50 - 85
N°30	25 - 60
N°50	may-30
N°100	0 - 10

Nota: Adaptado de Rivva, 2006.

2.2.5.2.4. Agregado Grueso o Piedra

Harmsen (2002) también indica que el agregado grueso tiene que estar constituido por rocas graníticas, dioritas y sieníticas. También se puede usar piedra partida en chancadoras o grava zarandeada de los ríos. Al igual que el agregado fino, no debe presentar más de 5% de arcillas y limos ni más de 1.5% de materia orgánicas. Es recomendado que el tamaño máximo sea mucho menor de 1/5 de la distancia entre las pareces del encofrado, ¾ de las distancia libre entre armaduras y 1/3 del espesor de losas. Para elaboración de concreto ciclópeo se puede utilizar grava hasta 15 y 20 cm. Al igual que la arena la norma también establece parámetros.

Tabla 3.

Granulometría de agregado grueso.

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

Nota: Adaptado de Rivva, 2006.

2.2.5.2.5. Características geométricas y morfológicas de los agregados

Pasquel (1993) dice que la textura y la forma de los agregados influyen inmensamente en los resultados al obtener las propiedades del concreto. Y existe un efecto de anclaje mecánico que resulta más o menos favorable de acuerdo al tamaño, forma, textura superficial y acomodo entre ellas. Entonces se producen fenómenos como la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, condicionados generalmente por la relación agua-cemento que hacen del concreto un material resistente y durable.

2.2.5.2.6. Forma

Los agregados tiene unas formas irregulares geométricas compuestas por variaciones aleatorias de caras angulares y redondeadas, entonces se establece que la forma de los agregados está controlada generalmente por la angulosidad y redondees. Estos dos parámetros independientes, en términos de descripción, se definen en:

Angular: poca evidencia de desgaste en caras y bordes.

Sub angular: evidencia de algo de desgastes en caras y bordes.

Sub redondeada: considerable desgaste en caras y bordes.

Redondeadas: bordes casi eliminados.

Muy redondeadas: sin caras.

Las ángulos de los agregados resultante de agregados sometidos a un proceso, depende bastante del tipo de equipo para el chancado y la manera de cómo se opera. La redondez está dada en función de la dureza y resistencias al desgaste por abrasión, los agregados con forma angular producen una mejor unión entre los agregados y la pasta de cemento, que los que tienen forma redonda, plana o alargada. (Pasquel, 1993).

2.2.6. Agua

Harmsen (2002) menciona que el agua utilizada en la elaboración de concreto debe ser limpia (libre de aceites ácidos, álcalis, sales y materia orgánicos). El agua potable es apta para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, también se usa para mejorar su propiedad trabajabilidad en la mezcla. Se puede emplear agua no potable en la elaboración de concreto, siempre que se compruebe su capacidad para ser utilizada. Para esto se elaboran cubos de mortero elaborados con ella y se ensayara según la norma ASTM C-109. Si la resistencia obtenidas a los 7 y 28 días es por lo menos el 90% de las esperadas en morteros similares elaborados a base de agua potable el líquido es aceptable. Es conveniente verificar, adicionalmente, que no contenga agentes que pueden reaccionar negativamente con el refuerzo.

2.2.7. Agua propiedades en el concreto

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

1. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
2. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto
3. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de la mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento (Pasquel, 1993).

2.2.8. Selección de Agregados

Darwin & Nilson (2001) mencionan los agregados naturales se clasifican generalmente en gruesos y finos. El agregado fino o arena es cualquiera material pasante el tamiz N°4, es decir un tamiz con cuatro aberturas pulgada decimal. El material más grueso que este se

clasifica como agregado grueso o grava. Cuando se desea saber el tipo de gradación de los agregados se realizan mediante el tamizado con diferentes tamaños de aberturas, en dos o tres grupos de diferente tamaño para las arenas y varios grupos de diferentes tamaño para las gravas. Luego se pueden combinar de acuerdo a las tablas 2 y tabla 3 de gradación que permiten obtener un agregado requerido. El Tamaño máximo de agregado grueso para concreto armado está verificado por la facilidad con que este debe ingresar en los encofrados y también en los espaciamientos en las barras de refuerzo. Con el propósito de cumplir lo antes mencionado el agregado no debe ser mayor que 1/5 de las dimensiones más pequeñas de los encofrados o 1/3 del espesor de la losa, ni 3/4 de la distancia mínima entre barras de refuerzo.

2.2.9. Propiedades de los materiales

2.2.9.1. Propiedades físico y mecánicos de los agregados

2.2.9.1.1. Peso Específico

Consiste en determinar el peso de las partículas de agregado entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Se recomienda el procedimiento general para su determinación en laboratorio, existen tres maneras de expresarlo de acuerdo al tipo de saturación a la cual se encuentra expuesta. Se utiliza las expresiones de la norma que son adimensionales, para después multiplicarlas por la densidad del agua en unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos, el valor para agregados normales varía entre 2,500 y 2,700 kg/m³.

2.2.9.1.2. Peso Unitario

Consiste en determinar el peso de las partículas de agregados entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios de las partículas, se genera la forma en que se acomodaran las partículas, lo que genera un parámetro hasta cierto punto relativo. La norma define el procedimiento general para evaluar cada condición de acomodo de los agregados luego de ser compactadas en un molde metálico siendo apisonadas con 25 golpes con una varilla de 5/8" con cabeza redondeada en 3 capas iguales en todo el molde. El valor obtenido,

es el que se utiliza en algunos métodos de diseño de mezclas para determinar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. El valor del peso unitario para los agregados normales varía entre 1,500 y 1,700 kg/m³.

2.2.9.1.3. Absorción

La capacidad de los agregados de saturar con agua los vacíos al interior de los agregados. Esto se produce por la porosidad, no llegándose a llenar completamente los poros indicados, ya que siempre queda aire atrapado. Es de gran importancia pues esto se refleja en el concreto al momento de ser mezclado, reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias. La norma ASTM C-127 y 128 ya mencionadas establecen la metodología para su determinación expresada por la siguiente formula.

$$\%Absorción = \frac{\text{Peso S.S.S.} - \text{Peso seco}}{\text{Peso Seco}} \quad (5)$$

2.2.9.1.4. Porosidad

Es el volumen de espacios dentro de los agregados tiene una gran influencia dentro de todas las otras propiedades de los agregados pues es representativa de la estructura interna de los agregados. No existe método estándar en ASTM C-70 para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera empírica de determinarla es mediante la determinación de la absorción, que da un patrón orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado anteriormente, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de los agregados. Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15% al 50%.

2.2.9.1.5. Humedad

Es la cantidad de agua retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es la característica más importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla

o disminuir el agua en el concreto, razón por la que se debe de tomar luego de realizar todos las propiedades ya mencionadas debido a que varía respecto al tiempo en que se encuentren debido a que en épocas de lluvias es mayor y en sequías es menor. La humedad se expresa de la siguiente manera de acuerdo a la norma ASTM C-566:

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso original de las muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100 \quad (6)$$

2.2.9.2. Características Resistentes

2.2.9.2.1. Resistencia

Es la capacidad de soportar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Generalmente es medida por medio de la resistencia a compresión, por lo cual se necesita ensayar probetas cilíndricas o cúbicas de tamaño adecuado la máquina de ensayo, que perfora o corta de una muestra grande. La resistencia a la compresión es inversamente relacionada con la porosidad y la absorción, además directamente con el peso específico.

Los agregados normales con peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencia a compresión que varían de 750 a 1,200 kg/cm².

Los agregados ligeros con peso específico entre 1.6 a 2.5 generalmente tienen resistencia a compresión que varían de 200 a 750 kg/cm². Las propiedades de los agregados limitan en gran medida la resistencia del concreto a compresión, por lo cual es importante el calcularla directamente o indirectamente cuando se va a optimizar la calidad del concreto.

2.2.9.2.2. Tenacidad

Es generalmente a la resistencia al impacto, está más relacionada con la resistencia a la flexión que a la resistencia a la compresión, así como con la angulosidad y aspereza de la superficie.

Tiene consecuencia en la propiedad del concreto ante impactos, que es muy importante en términos prácticos, al realizar la evaluación las dificultades en el proceso por chancado del material. Su cálculo es más cualitativo que cuantitativa.

2.2.9.2.3. Dureza

Es la resistencia de las partículas al desgaste por la acción de la fricción de estas mismas partículas o por agentes externos, los agregados para concreto se determina por medio de la resistencia al desgaste o comúnmente llamada abrasión realizada en la máquina de los ángeles, que está constituida por un tambor cilíndrico metálico, donde se introduce el agregado conjuntamente con 12 esferas de acero de 46.8mm de diámetro y un peso que varía entre 390 y 445 gr de cada esfera. Selección de agregado con un peso total de $5,000 \pm 25$ gr., haciéndose girar el conjunto un cierto número de revoluciones por minuto (100 a 500 rpm) que provocan el roce entre partículas y esferas sobre la muestra provocando el desprendimiento superficial de material el cual se mide y se exprese en porcentaje. Las normas ASTM C-131 que indica que los valores superiores de desgaste a la abrasión mayores a (>50%) producen concretos con características resistentes inadecuadas en la mayoría de casos.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El lugar de ejecución de todo el diseño de tesis se realizó en las instalaciones de los laboratorios de tecnología del concreto y mecánica de suelos de la Universidad Peruana Unión.

3.2. Descripción de canteras

La cantera Isla se encuentra a 10 kilómetros de la ciudad de Juliaca con un acceso accidentado ver figura 13, la explotación de agregados de las orillas del río es de 2 maneras, que son manualmente y con apoyo de maquinarias además que presentan en sus alrededores vegetación como es la paja y también el pasto aprovechado por la ganadería.

La cantera Yocara se encuentra a 20 kilómetros aproximadamente de la ciudad de Juliaca con un acceso pavimentado compuesto por la autopista héroes de la guerra del pacífico que es la vía Juliaca – Arequipa ver figura 14, la explotación para extracción de agregados es de terrenos que pueden ser de 2 maneras que son manualmente y con apoyo de maquinarias además que también presentan en los terrenos mencionados vegetación como es la paja y también el pasto que es aprovechado por la ganadería de la zona, en dicha zona también existen plantas chancadora “SURUPANA” que distribuyen agregados a la ciudad de Juliaca.

3.3. Ubicación Geográfica

Los agregados Naturales a utilizarse, proviene de la cantera “ISLA” ubicada en la Comunidad Campesina de ISLA, Distrito de Juliaca, Provincia de San Román dicha cantera se encuentra ubicado al Nor-Oeste de la ciudad.

La ubicación geográfica de la Cantera ISLA es:

✓ 15°28'16.43"S

✓ 70°13'13.45"O



Figura 13. Ubicación: Cantera ISLA. En esta imagen podemos ver la proximidad de la cantera ISLA respecto a la ciudad juliaca.

Los agregados Naturales a utilizarse, proviene de la cantera “YOCARA” ubicada en la Comunidad de YOCARA, Distrito de Juliaca, Provincia de San Roman dicha cantera se encuentra ubicado al Sur-Oeste de la ciudad.

La ubicación geográfica de la Cantera YOCARA es:

- ✓ 15°34'29.02”S
- ✓ 70°15'42.23”O

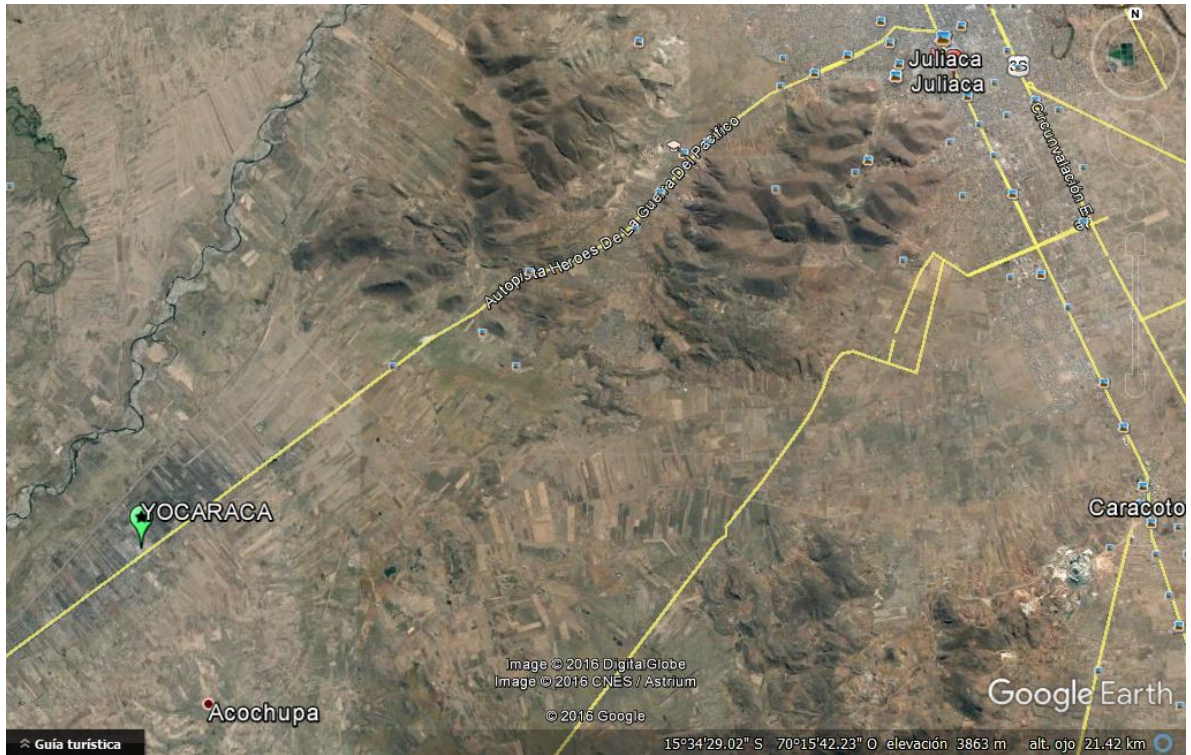
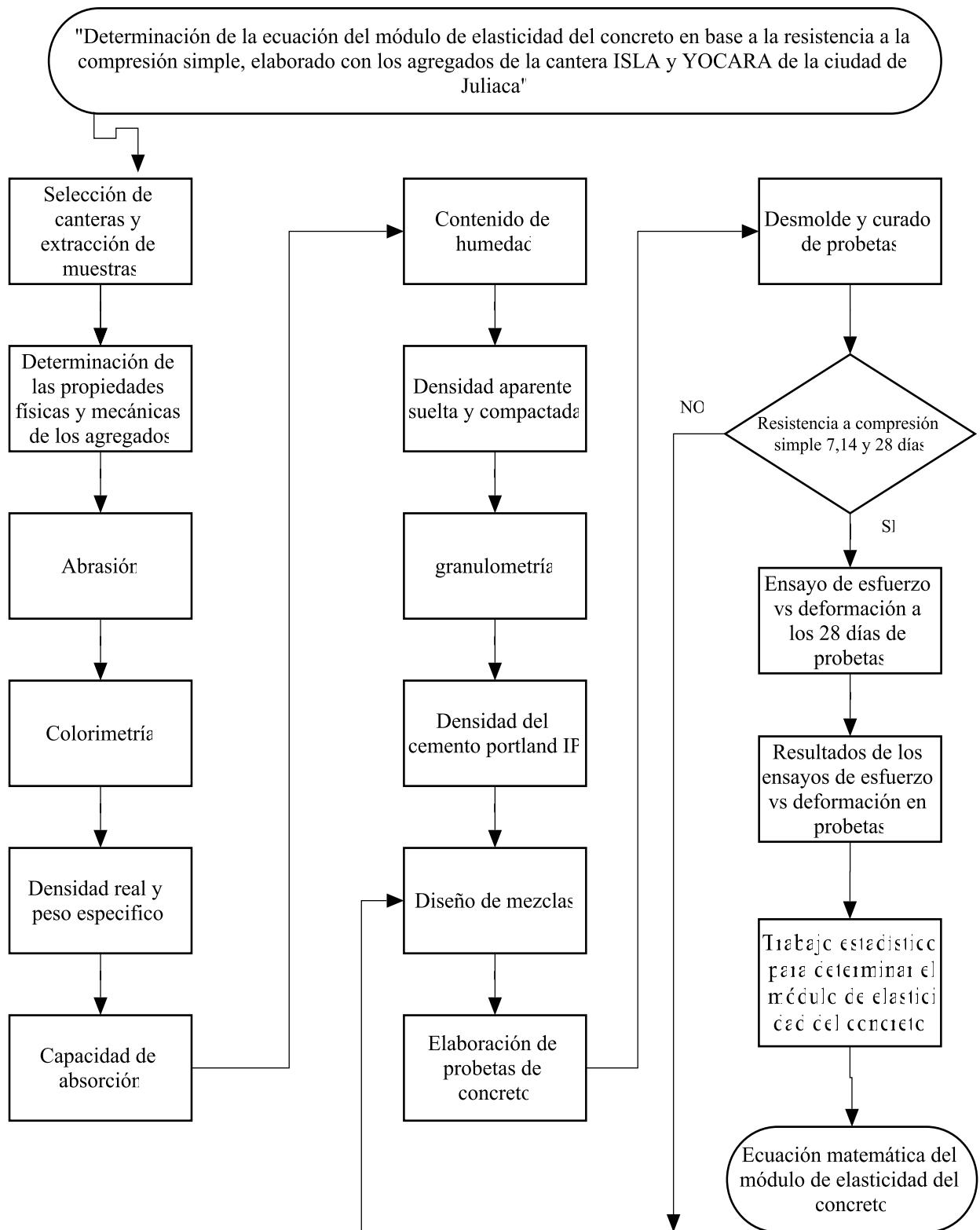


Figura 14. Ubicación: Cantera Yocara. En esta imagen podemos ver la proximidad de la cantera YOCARA respecto a la ciudad juliaca.

3.4. Flujoograma del proceso de trabajo de la presente investigación



3.5. Población y Muestra

Para la determinación del número total de probetas en la investigación, primero las probetas de concreto a realizar en los ensayos deben estar de acuerdo al tamaño de los agregados con el cual se realizaran las probetas, en nuestro caso se utilizaron probetas estándar de:

Altura = 30 cm

Diámetro = 15 cm

Estas son las medidas utilizadas cuando se realiza la toma de muestras testigo y son las que se determinan en la norma ASTM C-192 “Este ensayo consiste en fabricar y curar probetas cilíndricas de concreto en el laboratorio”; con esta normativa se realizan, generalmente, los controles de calidad en las construcciones y los resultados que se obtienen en este tipo de molde con dimensiones mencionadas, son satisfactorias, ASTM C-192 menciona que el diámetro de un testigo cilíndrico o la dimensión mínima de la sección transversal de un testigo rectangular debe ser mínimamente tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso en el concreto. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso excede las 2 Pulg. (50 mm) la muestra debe ser tamizada por vía humedad del concreto fresco a través de un tamiz de 2 Pulg. (50 mm), y de acuerdo a esta norma se decidió confeccionar probetas de 15cm x 30cm.

Se elaboraron 20 probetas cantera “ISLA” para el ensayo a resistencia a compresión simple y 20 probetas cantera “YOCARA” para el ensayos de compresión simple y 10 probetas cantera “ISLA” para el ensayo de esfuerzo vs deformación y 10 probetas cantera “YOCARA” para ensayos convenientemente para las gráficas de esfuerzo vs deformación.

Se realizó la suma de 40 probetas estándar sometidas a resistencia a compresión simple, 20 probetas estándar sometidas al ensayo de esfuerzo vs deformación.

Debido a que en el capítulo II de la presente investigación 2 autores uno internacional y otro local realizaron solo 10 ensayos de probetas estándar sometidos a esfuerzo vs deformación en dichas investigaciones y llegar a unos resultados óptimos. Y de la misma

manera se optó por el mismo número de ensayos en probetas debido a la confiabilidad de estos.

3.6. Metodología y tipo de Investigación

3.6.1. Metodología de investigación.

El modelo de investigación es: “cuantitativo”

Hernández, Fernández & Baptista (2010) mencionan que el planteamiento cuantitativo usa recolección y análisis de resultados para responder preguntas de investigación y así probar hipótesis, en base al cálculo numérico y observación estadística, para generar patrones de comportamiento y probar teorías.

3.6.2. Tipo de Investigación

El modelo de investigación es “exploratoria-correlacional”.

Hernández, Fernández & Baptista (2010) refieren que respecto a los estudios investigados en este modelo de investigación se trata cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tiene muchas dudas o no se ha abordado antes, sirve para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un particular contexto.

Hernández, Fernández & Baptista (2010) también menciona que respecto a los estudios correlacionales tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías y variables. La utilidad principal de los estudios es saber cómo se puede comportar un concepto o variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas.

3.7. Formulación de la hipótesis

3.7.1. Hipótesis general

Para la estimación de la ecuación del módulo de elasticidad del concreto a una compresión simple de 210kg/cm^2 . Influenciara de gran manera el tipo de agregado proveniente de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca.

3.7.2. Hipótesis específicas

Es permisible fijar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera ISLA y también de la cantera YOCARA.

Es posible realizar diseños de mezcla para concretos resistentes a compresión simple de 210 kg/cm^2 .

Al realizar un análisis comparativo de los módulos de elasticidad los concretos obtenidos y los propuestos por los comités ACI 318-RNE y ACI 363, se obtendrán valores iguales. Debido a la gran influencia de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA.

3.8. Variables de estudio

3.8.1. Identificación de variables

3.8.1.1. Variable general

VI: Influencia de los tipos de agregados de las canteras ISLA y YOCARA.

VD: Modulo de elasticidad del concreto (E_c).

3.8.1.2. Variables específicas

HE 01:

VI: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA.

VD: Modulo de elasticidad del concreto (E_c).

HE 02:

VI: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA.

VD: Diseño de mezclas a compresión simple 210 kg/cm^2

HE 03:

VI: Ecuación de módulo de elasticidad del concreto elaborado con agregados de la cantera ISLA y YOCARA.

VI: Ecuación de módulo de elasticidad del concreto propuesta por los comitas ACI 318-RNE y ACI 363.

VD: Comparación de ecuaciones de módulo de elasticidad del concreto.

3.9. Operación de variables

Según lo planteado el presente trabajo tiene variables dependientes e independientes, y para su dicho procesamiento de diseño se adoptó y se expresó con la ecuación lineal siguiente:

$$y = f(x) \tag{7}$$

Dónde:

y = Variable Dependiente.

x = Variable Independiente.

3.10. Propiedades de los materiales

3.10.1. Selección de los agregados procedentes de las canteras ISLA y YOCARA de la Ciudad de Juliaca

Para la extracción de agregados visitaremos las canteras ISLA y YOCARA, en donde el hormigón (agregado grueso y agregado fino) son los más explotados para la elaboración de concreto, se deberá examinar el tamaño máximo nominal con el ensayo de granulometría para saber la gradación de esta y el uso de estos.

Para la extracción de muestras representativas y así poder realizar cada uno de los ensayos propuestos se procederá a la excavación de pozos a cielo abierto, luego de ellos se obtendrá el material y se procederá a realizar el cuarteo in situ, que consistió en obtener una muestra más representativa de cada cantera, esta cantidad puede ser aprobada visualmente ya que tendrá mayor diversidad en la gradación y así tener muestras completas de cada cantera.

3.10.2. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la Ciudad de Juliaca

Para el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA se desarrollaron los siguientes ensayos con las normativas respectivas:

Abrasión	ASTM C-131
Colorimetría	ASTM C-40
Densidad Real y Peso específico	ASTM C-127 y ASTM C-128
Capacidad de Absorción	ASTM C-70
Contenido de Humedad	ASTM C-566
Densidad Aparente Suelta Y Compactada	ASTM C-29
Granulometría	ASTM 422, ASTM C-136, ASTM C-33, ASTM C-125
Densidad del Cemento Portland IP	ASTM C-188

3.10.2.1. Ensayo de Abrasión

Arequipa Coba y Garzón (2014) menciona que el ensayo de abrasión consta en diagnosticar el desgaste de los agregados gruesos, utilizados para la elaboración de concreto, El ensayo usa la Máquina de los Ángeles, la cual consiste en un tambor de acero de forma cilíndrica y hueca, las revoluciones son ocasionadas por el motor que se encuentra conectado al eje del tambor de acero.

Las rotaciones se realizan junto a esferas solidas de acero que se colocan dentro del tambor de acero, generando una fuerza fricción que desgasta los agregados, el resultado se refleja en un coeficiente de uniformidad, que también es tomado de acuerdo al porcentaje de perdidas con respecto al peso inicial que se genera entre las 100 y 500 revoluciones.

El ensayo de abrasión facilita información de las propiedades físicas de desgaste que es de suma importancia para calcular la resistencia y durabilidad que tendrá el concreto luego de su elaboración.

El presente ensayo se hizo de acuerdo a la Norma ASTM C-131. Y se determinó las propiedades de las canteras de ISLA y YOCARA.

Tabla 4.

Resultados de ensayo de resistencia al desgaste cantera ISLA.

CANTERA		
ISLA		
TAMICES		PESO POR TAMAÑO DE AGREGADO (gr)
PASA	RETENIDO EN	TIPO DE GRADACION
1"	3/4"	B
3/4"	1/2"	-
1/2"	3/8"	2503
3/8"	1/4"	2506
		-
DESCRIPCION		MUESTRA
Tipo de Gradación		B
Numero de Esferas		11
Peso Seco Inicial (gr)		5009
Peso luego del Proceso de Abrasión (gr)		4132
Pérdida de Peso (gr)		877
Porcentaje de desgaste		17.51%

Tabla 5.*Resultados de ensayo de resistencia al desgaste cantera YOCARA.*

CANTERA		
YOCARA		
TAMICES		PESO POR TAMAÑO DE AGREGADO (gr)
PASA	RETENIDO EN	TIPO DE GRADACION
		B
1"	3/4"	-
3/4"	1/2"	2502
1/2"	3/8"	2507
3/8"	1/4"	-
DESCRIPCION		MUESTRA
Tipo de Gradación		B
Numero de Esferas		11
Peso Seco Inicial (gr)		5000
Peso luego del Proceso de Abrasión (gr)		3911
Pérdida de Peso (gr)		1089
Porcentaje de desgaste		21.78%

-

3.10.2.2. Ensayo de Colorimetría

Herrería y Villegas (2008) mencionan que este método de ensayo cubre dos procedimientos para la terminación aproximada de la presencia de materia orgánica e impurezas perjudiciales en los agregados para el concreto. Un procedimiento utiliza una solución de color estándar y el otro utiliza colores estándar en vidrio.

Se tomó en cuenta que la arena contiene componentes posiblemente orgánicos perjudiciales, si el color del líquido que está por encima de la muestra de ensayo, es más oscura que el color normal de referencia o color patrón.

En este ensayo se utilizó la Norma ASTM C-40, para determinar las propiedades de las canteras ISLA y YOCARA.

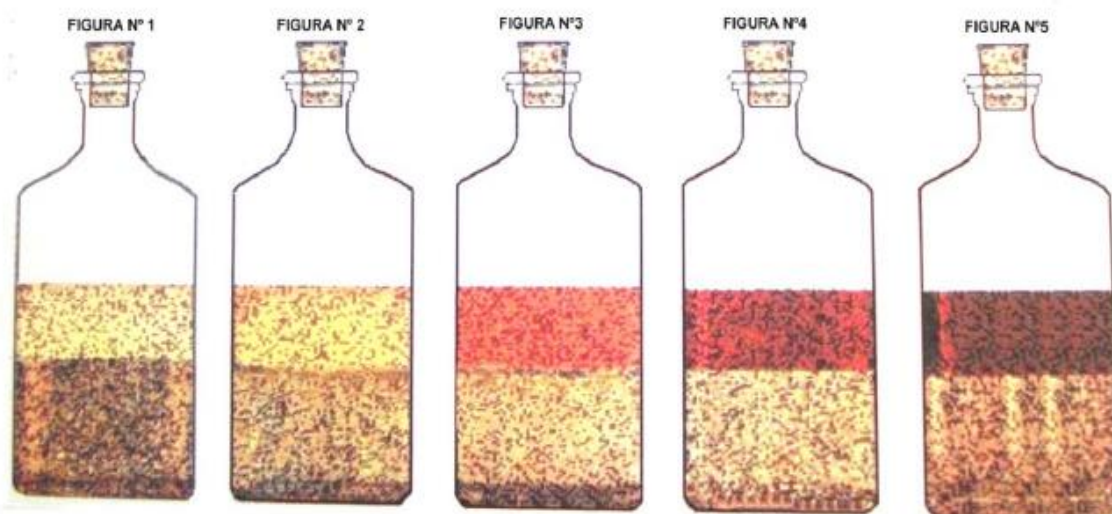


Figura 15. Colores patrones de acuerdo a las impurezas orgánicas. Adaptado de ASTM C-40.

Tabla 6.

Colorimetria de agregado fino

TABLA DE COLORES	
1	Blanco claro a transparente Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.
2	Amarillo pálido Arena de poca presencia de materia orgánica, limos o arcillas. Se considera de buena calidad.
3	Amarillo Encendido Contiene materia orgánica en altas cantidades. Puede usarse en hormigones de baja resistencia.
4	Café Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad.
5	Café Chocolate Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se usa.

Nota: Adaptado de ASTM C-40.

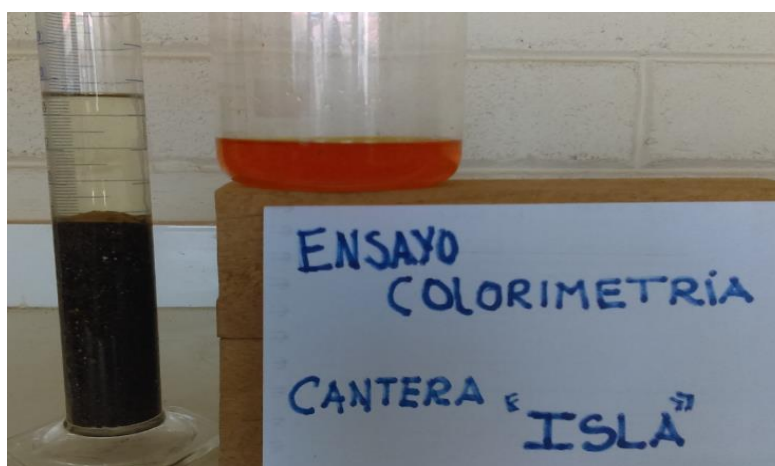


Figura 16. Ensayo de Colorimetria cantera ISLA.

TABLA DE COLORES

1	Blanco claro a transparente	Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.
2	Amarillo pálido	Arena de poca presencia de materia orgánica, limos o arcillas. Se considera de buena calidad.
3	Amarillo Encendido	Contiene materia orgánica en altas cantidades. Puede usarse en hormigones de baja resistencia.
4	Café	Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad.
5	Café Chocolate	Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se usa.

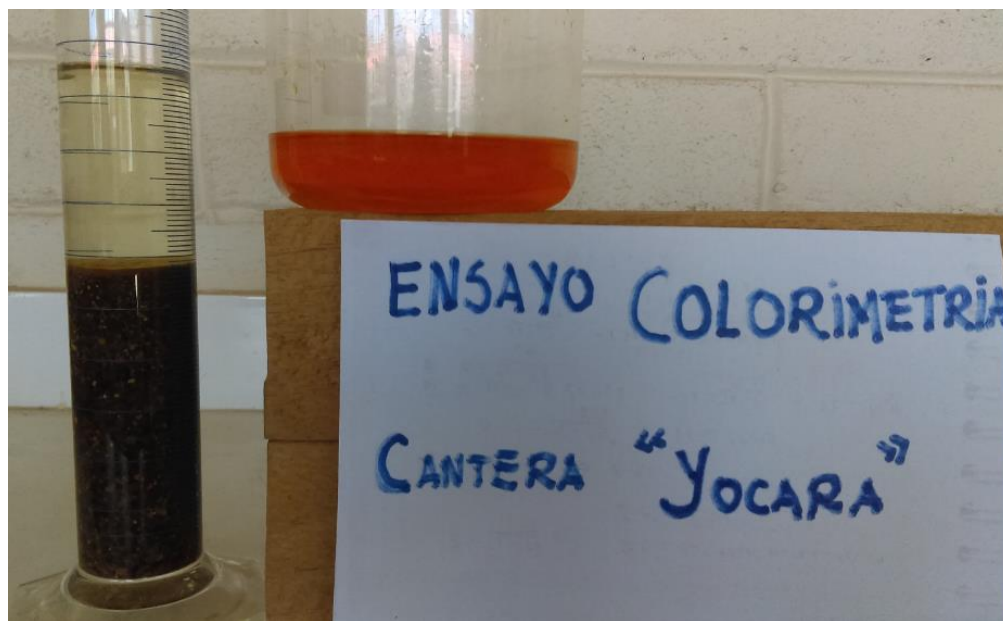


Figura 17. Ensayo de Colorimetria cantera YOCARA.

3.10.2.3. Densidad Real (Peso específico)

La densidad está definida por la relación entre peso y volumen de una masa determinada, esta propiedad física es de suma importancia para los agregados gruesos y para los agregados finos, ya que facilita determinar otras propiedades como la relación de vacíos, la permeabilidad de los agregados y así poder conocer el grado de saturación de los agregados. Existen tres tipos de densidades que se calculan respecto a la relación entre la masa y el volumen de agregados.

Densidad Real o masa.- Se define como la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a temperatura establecida.

Densidad Saturado Superficialmente Seco (SSS).- La relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, después de la inmersión de agua durante 24 horas para que no incluya vacíos entre partículas, comparando con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida

Densidad Aparente.- Definida como relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros saturables y no saturables, pero sin incluir los vacíos entre partículas y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida. (Arequipa Coba y Garzón, 2014).

En este ensayo se hizo conforme a la norma ASTM C-127 y ASTM C-128 Con las canteras ISLA y YOCARA.

Tabla 7.

Resultados de ensayo de peso específico de agregado fino cantera ISLA

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO FINO CANTERA ISLA		
Peso Esp. Masa	:	2.46 gr/cm³
Peso Esp. SSS	:	2.52 gr/cm³
Peso Esp. Aparente	:	2.60 gr/cm³

Tabla 8.

Resultados de ensayo de peso específico de agregado grueso cantera ISLA

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO GRUESO CANTERA ISLA		
Peso Esp. Masa	:	2.46 gr/cm³
Peso Esp. SSS	:	2.50 gr/cm³
Peso Esp. Aparente	:	2.57 gr/cm³

Tabla 9.

Resultados de ensayo de peso específico de agregado fino cantera YOCARA.

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO FINO CANTERA YOCARA		
Peso Esp. Masa	:	2.39 gr/cm³
Peso Esp. SSS	:	2.45 gr/cm³
Peso Esp. Aparente	:	2.54 gr/cm³

Tabla 10.

Resultados de ensayo de peso específico de agregado grueso cantera YOCARA

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO GRUESO CANTERA YOCARA		
Peso Esp. Masa	:	2.25 gr/cm³
Peso Esp. SSS	:	2.29 gr/cm³
Peso Esp. Aparente	:	2.35 gr/cm³

3.10.2.4. Capacidad de absorción

La capacidad de absorción de los agregados es conseguida mediante el desarrollo que consiste, número uno, se determinó la cantidad de agua que absorbe cada partícula de los agregados, y se sumergió los agregados en agua durante 24 horas para luego seguidamente de esto, se secó alcanzando el estado saturado con superficie seca o estado (SSS), inmediatamente luego fueron pesados y luego el agregado que se encuentra en estado SSS se llevó al horno, durante 24 horas, con una constante temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que los poros de los agregados estén libres partículas de Agua. La variación de pesos, se expresó en porcentaje de la masa seca en tanto esto es la capacidad de absorción de los agregados.

En este ensayo se utilizó la norma ATSM C-70 para las canteras de ISLA y YOCARA.

Tabla 11.

Resultados de ensayo de absorción de agregado fino cantera ISLA.

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO FINO CANTERA ISLA		
% de Absorción	:	2.10

Tabla 12.

Resultados de ensayo de absorción de agregado grueso cantera ISLA.

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO GRUESO CANTERA ISLA		
% de Absorción	:	1.75

Tabla 13.

Resultados de ensayo de absorción de agregado fino cantera YOCARA.

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO FINO CANTERA YOCARA		
% de Absorción	:	2.46

Tabla 14.

Resultados de ensayo de absorción de agregado grueso cantera YOCARA.

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO GRUESO CANTERA YOCARA		
% de Absorción	:	1.77

3.10.2.5. Contenido de Humedad

Herrería y Villegas (2008) también dice que el contenido de Humedad de un granulado es la porción de agua que requiere para cambiar de un estado seco al horno a un estado de humedad natural. Generalmente se expresa en porcentaje relacionado con la masa total de la muestra de agregados.

En este proyecto se utilizó la Norma conforme a la ASTM C-566. Los valores obtenidos en este ensayo, para las 2 canteras de ISLA y YOCARA.

Tabla 15.

Resultados de ensayo de contenido de humedad cantera ISLA.

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO FINO CANTERA ISLA	
Contenido de Humedad (%):	6.31

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO GRUESO CANTERA ISLA	
Contenido de Humedad (%):	2.68

Tabla 16.

Resultados de ensayo de contenido de humedad cantera YOCARA.

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO FINO CANTERA YOCARA	
Contenido de Humedad (%):	6.97

RESULTADOS DE MUESTRA AGREGADO GRUESO CANTERA YOCARA	
Contenido de Humedad (%):	2.96

3.10.2.6. Densidad aparente suelta y compactada

La densidad aparente es la relación que se encuentra entre la masa, sobre el volumen de los agregados, que también adiciona los poros impermeables, pero excluye los capilares o poros permeables.

En este proyecto se utilizó la norma conforme a la ASTM C-29 con las anteras de ISLA y YOCARA.

Tabla 17.

Resultados de ensayo de peso unitario de agregado fino cantera ISLA.

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO FINO SUELTO CANTERA ISLA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³):	1610.82

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO FINO COMPACTADO CANTERA ISLA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³):	1691.48

Tabla 18.

Resultados de ensayo de peso unitario de agregado grueso cantera ISLA.

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO GRUESO SUELTO CANTERA ISLA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³):	1605.17

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO GRUESO COMPACTADO CANTERA ISLA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³):	1699.18

Tabla 19.

Resultados de ensayo de peso unitario de agregado fino cantera YOCARA.

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO FINO SUELTO CANTERA YOCARA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³)	1579.67

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO FINO COMPACTADO CANTERA YOCARA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³)	1660.88

Tabla 20.

Resultados de ensayo de peso unitario de agregado grueso cantera YOCARA.

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO GRUESO SUELTO CANTERA YOCARA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³)	1613.48

RESULTADO DE MUESTRA AGREGADO GRUESO COMPACTADO CANTERA YOCARA	
Peso Unitario Seco (kg/m ³)	1744.66

3.10.2.7. Granulometría

Arequipa Coba y Garzón (2014) también menciona que este método consto en averiguar la granulometría de los agregados para definir una distribución de partícula que producirá resultados satisfactorios.

El proceso consto en clasificar mediante tamices los diversos tamaños de partículas y luego reunirlos en definidos porcentajes. El proceso consistió en clasificar tamices en serie, en forma descendente de mayor a menor, se colocó el material extraído sobre el tamiz mayor y

se realizó la operaciones de revolver el material, luego se pesó todo lo retenido en cada tamiz y se calculó el porcentaje que se obtiene y se compara con las curvas preestablecidas.

Tabla 21.

Resultados de ensayo de granulometría de hormigón de cantera ISLA.

RESULTADO DE MUESTRA GRANULOMETRIA HORMIGON CANTERA ISLA		
Tamaño Máximo	:	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	:	1"
Módulo de Fineza Agregado Fino	:	4.04

Tabla 22.

Resultados de ensayo de granulometría de agregado grueso de cantera ISLA.

RESULTADO DE MUESTRA GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO CANTERA ISLA	
Módulo de Fineza Agregado Grueso:	4.85
Tamaño Máximo:	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal:	1"

Tabla 23.

Resultados de ensayo de granulometría de agregado fino de cantera ISLA.

RESULTADO DE MUESTRA GRANULOMETRIA AGREGADO FINO CANTERA ISLA	
Módulo de Fineza Agregado Fino	: 3.41

Tabla 24.

Resultados de ensayo de granulometría de hormigón de cantera YOCARA.

RESULTADO DE MUESTRA GRANULOMETRIA HORMIGON CANTERA YOCARA		
Tamaño Máximo	:	2"
Tamaño Máximo Nominal	:	1 1/2"
Módulo de Fineza Agregado Fino	:	4.14

Tabla 25.

Resultados de ensayo de granulometría de agregado grueso de cantera YOCARA.

RESULTADO DE MUESTRA GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO CANTERA YOCARA	
Módulo de Fineza Agregado grueso:	5.08
Tamaño Máximo:	2"
Tamaño Máximo Nominal:	1 1/2"

Tabla 26.

Resultados de ensayo de granulometría de agregado fino de cantera YOCARA.

RESULTADO DE MUESTRA GRANULOMETRIA AGREGADO FINO CANTERA YOCARA	
Módulo de Fineza Agregado Fino	: 3.21

3.11. Pruebas y Diseño de mezclas

3.11.1. Diseño de mezclas para $F'c=210\text{kg/cm}^2$

El diseño será realizado para una resistencia a compresión de 210 kg/cm^2 . Consistió en un proceso para determinar las relación de los elementos que conforman el concreto, con el objetivo de obtener resultados satisfactorios y unas las propiedades esperadas, de igual manera en sus estados fresco y endurecido. Por esto, los materiales granulares son escogidos con el fin de conseguir las características únicas y esperadas en el concreto, teniendo en cuenta la adecuada dosificación, conforme a ello se obtendrá adecuados proporciones en el concreto.

Igualmente, con una adecuada dosis de los materiales, se logra evitar las principales irregularidades del concreto fresco y concreto endurecido, como la segregación de partículas, fisura miento por contracción secado.

3.12. Métodos de diseño

3.12.1. Método del A.C.I.

Pasquel (1993) Menciona que este método está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por la norma ASTM C-33, define el agua de mezcla empíricamente en función del tamaño máximo del agregado y del slump como medida de trabajabilidad, establece de manera empírica el volumen de agregado grueso compactado en seco en función del tamaño máximo de la piedra y el módulo de fineza de la arena exclusivamente, y correlaciona la relación Agua/Cemento en peso con la resistencia en compresión.

Las principales deficiencias de este método residen en que no está concebido para agregados marginales ni condiciones constructivas especiales, por otro lado, por motivos de simplificación no evalúa la granulometría integral de la mezcla de agregados, asumiendo que los valores empíricos de agregado grueso en función del módulo de fineza de la arena cubren con todas las posibilidades, lo cual no es cierto en la práctica pues no distingue entre agregados angulosos y redondeados ni entre zarandeados y chancados ni densos y porosos.

Adicionalmente está comprobado que este método tiende a producir concretos pedregosos, ya que responde a la idea tradicional de la época en que se originó, de que estos son los diseños más económicos pues necesitan menos agua y consecuentemente menos cemento para obtener determinada resistencia.

Se realizó ensayos anteriormente mencionados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA, para poder realizar el siguiente diseño de mezclas de concreto se determinó los siguientes datos de laboratorio:

Agregados:

- Análisis Granulométrico.
- Peso específico de la masa.
- Capacidad de absorción.
- Contenido de humedad.
- Densidad aparentemente compactada.

Cemento:

- Peso Específico.

3.12.1.1. Procedimiento del método American Concrete Institute A.C.I.

El concreto que se dosifico fue con el agua de mezclado ideal para garantizar una adecuada trabajabilidad, debido a que la presente investigación se trabajó con tamaños máximos nominales de 1" y 1 ½" según rivva lopez en el capítulo 9 selección del asentamiento se optó por tomar el diseño de "mezclas fluidas que son aquellas cuyo asentamiento esta entre cinco o más pulgadas" se seleccionó un asentamiento entre 6" - 7" y así se logró al momento de moldeo de probetas tener una trabajabilidad optima debido a los tamaños máximos nominales así mismo también se evitó la formación de cangrejas, tomando la consideraciones mencionadas se logró mejorar nuestro diseño de mezcla y se garantizó una máxima resistencia y durabilidad.

3.12.1.2. El concreto mezclado debe cumplir las siguientes propiedades:

1. Se deberá utilizar un agregado natural óptimo de la misma cantera proveniente sin presencia de arcillas, y así se podrá obtener un concreto económico.
2. Deberá contar con un asentamiento (consistencia) adecuada al tipo de agregado natural obtenido de la cantera que permita su colocación y compactación.
3. Con una durabilidad suficiente para soportar las condiciones ambientales y más agentes destructivos.
4. De resistencia igual, suficiente o mayor para soportar cargas sin peligros de falla.

3.12.1.3. Calculo de la resistencia promedio

Al momento de realizar el diseño de mezclas y no se cuenten con datos anteriores de los agregados naturales para poder determinar una adecuada resistencia se utilizara la siguiente tabla:

Tabla 27.

Resistencia a la compresión Promedio.

f'c	f'cr
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$f'c + 98$

Nota: Adaptado de Rivva, 2006.

Luego haber obtenido los datos de los ensayos anteriores con los primeros diseños de mezcla se realizó a calcular la resistencia promedio requerida la cual tuvo como base los datos anteriores para una adecuada proporción de mezcla deberá ser el mayor de los valores obtenidas de acuerdo a la desviación estándar de los ensayos realizados con las siguientes ecuaciones:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 \delta \quad (8)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 \delta - 35 \quad (9)$$

Además del cálculo de la desviación obtenida mediante la siguiente ecuación con los resultados obtenidos anteriormente:

$$\delta = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (10)$$

- δ : Desviación estándar.
- n: Numero de ensayos de la serie.
- X_1, X_2, \dots, X_n : Resultados de resistencia de muestras de ensayo individuales.
- \bar{X} : Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.

3.12.1.4. Asentamiento y Tamaño máximo de los agregados:

Se recomiendan ciertas limitaciones para la selección del asentamiento ideal y esto depende mucho del tipo de agregado natural. Deben siempre evitarse las mezclas extremadamente secas, pues no se puede colocar en obra sin generar cangrejeras, también tener en cuenta de no realizar mezclas muy húmedas, puesto que no se puede colocar en obra sin generar segregaciones, además que originan concreto muy pobres en resistencia:

- a) Mezclas secas, aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (0 mm a 50mm).
- b) Mezclas plásticas, aquellas cuyo asentamiento esta entre tres y cuatro pulgadas (75 mm a 100mm).
- c) Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cinco o más pulgadas (mayor de 125mm)

Para la selección de agregados el tamaño máximo tiene un papel muy importante debido a que estos agregados son naturales, y estos tiene una granulometría muy variada de acuerdo a la zona donde se obtengan estos la Norma ASTM C-33 menciona una tabla 2 de agregado fino y tabla 3 de agregado gruesos para la dosificación de acuerdo al tamaño

máximo nominal, representado en curvas granulométricas que corresponden a tamaños máximos nominales entre 2" y 3/8".

3.12.1.5. Contenido de agua en la mezcla:

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto, para producir una mezcla ideal deseada dependerá del tamaño máximo nominal y al asentamiento anteriormente seleccionador, otro factor que influye mucho es el perfil de los agregados naturales, si son redondeados o angulares al momento de realizar el tamizado se puede observar como es la composición de estos, en:

Tabla 28.

Volumen unitario de Agua

Tamaño máximo nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/ m^3 , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Nota: Adaptado de Rivva, 2006.

3.12.1.6. Contenido de Aire:

De acuerdo al tamaño máximo nominal de los agregados que se obtuvo de la granulometría se procede a seleccionar el aire de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 29.

Contenido de Aire Atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Nota: Adaptado de Rivva, 2006.

3.12.1.7. Relación Agua/Cemento:

Las exigencias para el diseño de calidad de un concreto son expresadas por la durabilidad y la resistencia mínima la siguiente tabla nos da valores diferentes de acuerdo a la resistencia promedio, ya que se trate de concreto con aire incorporado o sin aire incorporado.

Tabla 30.

Relación Agua/Cemento por Resistencia

f'cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43
450	0.38

Nota: Adaptado de Rivva, 2006.

El factor cemento necesario se puede calcular utilizando la relación agua/cemento máxima permisible y la cantidad de agua ya mencionada.

3.12.1.8. Cantidad de Agregado Grueso:

Se puede realizar una estimación aproximada, para la cantidad de agregado grueso necesario tomando en cuenta relaciones ya establecidas respecto al tamaño máximo nominal y al módulo de fineza del agregado fino como la siguiente tabla:

Tabla 31:*Peso del Agregado Grueso Por unidad de Volumen de Concreto*

Tamaño máximo Nominal del agregado grueso	volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del 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"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Adaptado de Rivva, 2006.

3.13. Diseño de mezclas para la cantera ISLA

Datos:

El concreto que se empleara es para estudio del módulo de elasticidad de este. Se elaboran cilindros estándar de 30cm de altura y 15cm de diámetro.

Resistencia a la compresión:	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$	
Condiciones ambientales:	Normales	
Cemento Portland IP:	Peso específico	3.00 gr/cm ³
Slump (fluido):	6" - 7"	diseño de 6"
Agua:	Peso específico	1000 kg/m ³

Agregados:	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1610.82	1605.17
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1691.48	1699.18
Peso Específico masa (kg/m ³)	2460	2460
Módulo de Fineza	3.41	4.85
Tamaño Máximo Nominal	---	1"
% Absorción	2.10	1.75
% Humedad	6.31	2.68

Se utilizó el asentamiento de 6" debido al tamaño máximo nominal de 1" ya mencionado a que según rivva lopez en el capítulo 9 selección del asentamiento se optó por tomar el diseño de "mezclas fluidas que son aquellas cuyo asentamiento esta entre cinco o más pulgadas" se seleccionó un asentamiento entre 6" - 7" debido a que la tabla brindada por este autor nos respalda al momento de la selección de este y así se logró al momento de moldeo de probetas tener una trabajabilidad optima debido a los tamaños máximos nominales así mismo también se evitó la formación de cangrejas.

VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES POR M3 DE CONCRETO

Cemento	:	351.79	/	3000.00	=	0.117
Agua	:	197.00	/	1000.00	=	0.197
Aire	:	1.50	/	100.00	=	0.015
Agregado Grueso	:	1104.47	/	2460.00	=	0.449
Agregado Fino	:	545.55	/	2460.00	=	0.222
					1m3	1.00

**PESO SECO DE LOS MATERIALES
ES POR M3 DE CONCRETO**

Cemento	:			=	351.79	Kg/m3
Agregado Grueso	:	0.45	x 2460.00	=	1104.47	Kg/m3
Agregado Fino	:	0.22	x 2460.00	=	546.12	Kg/m3
Agua Diseño	:			=	197.00	Lt/m3

**CORRECCION POR HUMEDAD
Y ABSORCION**

Agregado Grueso	:	0.0093	x 1134.07	=	10.55	Lts
Agregado Fino	:	0.0421	x 580.58	=	24.44	Lts
Agua Diseño	:	197.00	- 34.99	=	162.01	Lts

**PESO DE MATERIALES
CORREGIDOS POR M3 DE
CONCRETO**

Cemento	:			=	351.79	Kg/m3
Agregado Grueso	:	1104.47	x 1.03	=	1134.07	Kg/m3
Agregado Fino	:	546.12	x 1.06	=	580.58	Kg/m3
Agua	:			=	162.01	Lt/m3
					2228.45	

**LAS PROPORCIONES EN PESO
DE OBRA SERAN**

Cemento	:	351.79	/ 351.79	=	1.00	
Agregado Grueso	:	1134.07	/ 351.79	=	3.22	
Agregado Fino	:	580.58	/ 351.79	=	1.65	
Agua	:	162.01	/ 351.79	=	0.46	
		162.01	/ 8.28	=	19.57	Lt/bls

Dosificación para testigos de 30 cm x 15cm:

$$\text{Volumen briqueta} = 0.0053 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de concreto por briqueta} = 15 \text{ kg}$$

En general serán 10 briquetas moldeadas a este se le adiciona 2 briquetas para el control del slump debido a que el moldeo se realizara de solo 10 para esta cantera y durante el vaciado se controlara el slump.

$$\text{Peso de concreto por briqueta} = 180 \text{ kg}$$

Calculo en peso de los materiales a utilizar:

Son los ya calculados

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	1.65	3.22	0.46

Debido a que será en 1 vaciados de 12 briquetas los valores de acuerdo al peso serán de:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
28.44 kg	46.93 kg	91.58 kg	13.08 kg

3.14. Diseño de mezclas para la cantera YOCARA

Datos:

El concreto que se empleara es para estudio del módulo de elasticidad de este. Se elaboran cilindros estándar de 30cm de altura y 15cm de diámetro.

Resistencia a la compresión: $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

Condiciones ambientales: Normales

Cemento Portland IP:	Peso específico	3.00 gr/cm ³
Slump (fluido):	6” – 7”	Diseño de 6”
Agua:	Peso específico	1000 kg/m ³
Agregados:	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1579.67	1613.84
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1660.88	1744.66
Peso Específico masa (kg/m ³)	2390	2250
Módulo de Fineza	3.21	5.08
Tamaño Máximo Nominal	---	1 1/2”
% Absorción	2.46	1.77
% Humedad	6.97	2.96

Se utilizó el asentamiento de 6” debido al tamaño máximo nominal de 1 1/2” ya mencionado a que según rivva lopez en el capítulo 9 selección del asentamiento se optó por tomar el diseño de “mezclas fluidas que son aquellas cuyo asentamiento esta entre cinco o más pulgadas” se seleccionó un asentamiento entre 6” - 7” debido a que la tabla brindada por este autor nos respalda al momento de la selección de este y así se logró al momento de moldeo de probetas tener una trabajabilidad optima debido a los tamaños máximos nominales así mismo también se evitó la formación de cangrejeras.

**VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES
POR M3 DE CONCRETO**

Cemento	:	330.36	/	3000.00	=	0.110
Agua	:	185.00	/	1000.00	=	0.185
Aire	:	1.00	/	100.00	=	0.010
Agregado Grueso	:	1203.82	/	2250.00	=	0.535
Agregado Fino	:	382.04	/	2390.00	=	0.160
					1m3	1.00

**PESO SECO DE LOS MATERIALES
ES POR M3 DE CONCRETO**

Cemento	:			=	330.36	Kg/m3
Agregado Grueso	:	0.54	x	2250.00	=	1203.82 Kg/m3
Agregado Fino	:	0.16	x	2390.00	=	382.40 Kg/m3
Agua Diseño	:			=	185.00	Lt/m3

**CORRECCION POR HUMEDAD Y
ABSORCION**

Agregado Grueso	:	0.0119	x	1239.45	=	14.75	Lts
Agregado Fino	:	0.0451	x	409.05	=	18.45	Lts
Agua Diseño	:	185.00	-	33.20	=	151.80	Lts

**PESO DE MATERIALES
CORREGIDOS POR M3 DE
CONCRETO**

Cemento	:			=	330.36	Kg/m3
Agregado Grueso	:	1203.82	x	1.03	=	1239.45 Kg/m3
Agregado Fino	:	382.40	x	1.07	=	409.05 Kg/m3
Agua	:			=	151.80	Lt/m3
					2130.66	

**LAS PROPORCIONES EN PESO
DE OBRA SERAN**

Cemento	:	330.36	/	330.36	=	1.00
Agregado Grueso	:	1239.45	/	330.36	=	3.75
Agregado Fino	:	409.05	/	330.36	=	1.24
Agua	:	151.80	/	330.36	=	0.46
		151.80	/	7.77	=	19.54 Lt/bls

Dosificación para testigos de 30 cm x 15cm:

$$Volumen\ briqueta = 0.0053\ m^3$$

$$Peso\ de\ concreto\ por\ briqueta = 15\ kg$$

En general serán 10 briquetas moldeadas a este se le adiciona 2 briquetas para el control del slump debido a que el moldeo se realizara de solo 10 para esta cantera y durante el vaciado se controlara el slump.

$$\text{Peso de concreto por briketa} = 180 \text{ kg}$$

Calculo en peso de los materiales a utilizar:

Son los ya calculados

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	1.24	3.75	0.46

Debido a que será en 1 vaciados de 12 briquetas los valores de acuerdo al peso serán de:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
27.91 kg	34.61 kg	104.66 kg	12.84 kg

3.15. Probetas Estándar

3.15.1. Programación del total de probetas de concreto

Los testigos de concreto realizados en los ensayos estuvieron de acuerdo al tamaño máximo nominal de los agregados con lo cual se realizaron los testigos, utilizando para esta investigación probetas estándar con las siguientes medidas:

$$\text{Altura} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Diámetro} = 15 \text{ cm}$$

Estas medidas de moldes estándar se utilizaron para la toma de muestras testigo y fueron determinadas de acuerdo a la norma ASTM C-192 además el uso de estas dimensiones de la briketa está relacionada con la granulometría y el tamaño máximo nominal que se utilizó en la fabricación de concreto que para un tamaño máximo nominal de 3/4“de pulgada a 2” se utilizara las dimensiones ya mencionadas. Con este tipo de moldes se realizan

continuamente, la mayoría de controles de calidad en construcciones civiles ya que los resultados observados en este tipo de moldes, son satisfactorias.

Se fabricaran en total 60 probetas para los ensayos de compresión simple y Esfuerzo vs deformación, para una sola resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

- 30 probetas cantera ISLA: se utilizaran 20 probetas para la resistencia a compresión simple y 10 para el ensayo de esfuerzo vs deformación.
- 30 probetas cantera YOCARA: se utilizaran 20 probetas para la resistencia a compresión simple y 10 para el ensayo de esfuerzo vs deformación.

3.15.2. Programa de producción de probetas de concreto

La producción de las probetas de concreto, se realizó la elaboración de probetas de acuerdo al diseño de mezclas y a la obtención de resultados, primero se realiza la cantera ISLA en un día y al siguiente día la cantera YOCARA, procurando tener en cuenta lo siguiente:

- Se humedeció todo el equipo que se va a emplear, es decir, el molde de probeta, bandejas palas, varillas, cono de abrams, cucharas, etc. Con el fin de evitar pérdidas de agua en mezcla.
- Se guardó las probetas en un lugar fresco y bajo techo, para no tener pérdida de humedad en el concreto por efectos de temperatura, fuerte corrientes de aire o cambios de temperatura bruscos.
- El contenido de humedad de los agregados se determinó 24 horas antes de la elaboración de concreto sabiendo que las muestras fueron tomadas el día anterior a la elaboración, los agregados fueron obtenidos de la eliminación de 20 cm de la capa de agregados expuesta al clima y factores que modifiquen sus propiedades.

Para la producción de probetas de concreto de las canteras ISLA y YOCARA fueron realizadas en laboratorio, una vez que se realizó el debido diseño de mezclas y se determinó las cantidades en peso de los componentes del concreto, en base a la cantidad del muestreo y dosificaciones finales y a las correcciones por absorción de agregados y humedad de

agregados, además de lo ya mencionado anteriormente se procedió a la elaboración de la siguiente manera:

El concreto fue mezclado en una trompo de concreto de capacidad de una bolsa y media de cemento, de manera que se logró una mezcla homogénea, al poner en funcionamiento el trompo mezclador giratorio se procede a verter los componentes del concreto, los cuales guardan un cierto orden ya que fueron elaborados en laboratorio y no en obra, el orden será: Agregado Grueso, Agregado fino y cemento, dejando que por 40 segundos a 1 minutos se mezclen estos 3 componentes bien, luego de este tiempo estimado se procedió a dividir el agua dosificada en 4 partes iguales, y se fue colocando las 2 primeras partes de agua, luego la tercera parte, y al mismo tiempo controlar visualmente como se realizó el mezclado homogéneo de este moviendo el trompo para que todas las partículas se mezclaron y al final la cuarta parte del agua para limpiar los bordes del trompo y las paletas para así tener una mezcla homogénea, una vez colocado todos los componentes ya mencionados que conformaron el concreto, se mantuvo en funcionamiento el trompo durante un tiempo mínimo de mezcla de cinco minutos, esto permitió una mezcla homogénea de todos los componentes, para luego verificar el asentamiento con el ensayo de Cono de Abrams, que con este valor determináramos la trabajabilidad del concreto.

El asentamiento ideal para el tamaño máximo nominal y escogido por lo mencionado en el diseño de mezclas será de 6”.

Una vez verificado y llevado a cabo control del asentamiento se procedió a fabricar las probetas cilíndricas de concreto.

El presente ensayo tiene por objetivo la elaboraron los especímenes en base a las especificaciones (ASTM C-31).

Se homogeneizó el concreto, llenando los moldes de 15 cm x 30cm en tres capas de igual volumen, cada capa debe de ser apisonada 25 veces en forma de espiral hacia dentro con una varilla de 24” de largo y 5/8” de diámetro con la punta semiesférica, el apisonamiento fue la penetración de aproximadamente 1” de la capa anterior, los moldes deben de ser golpeados

con un mazo de 1.25 +/- 0.5 libra de 10 a 15 veces por capa, y se realizó un acabado y nivelado en la parte superior del espécimen.

Los especímenes se ensayaron a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días según la norma (ASTM C-39).

Tabla 32.

Tolerancia permisible de tiempo de ensayo

Edad	Tolerancia Permisible de Tiempo de ensayo
24 horas	±0.5 h ó 2.1%
3 días	2 h ó 2.8%
7 días	6 h ó 3.6%
28 días	20 h ó 3.0%
90 días	2 días ó 2.2%

Nota: Adaptado de Norma ASTM C-39.

El ensayo fue realizado en una máquina de compresión calibrada, a una velocidad de 30 a 40 psi (1.4 a 3.5 Kg/cm²) por segundo, las superficies de apoyo deben de estar planas y limpias, y el cilindro debe de estar centrado con los cabezales. Además los cilindros se cabecean con mortero especial de azufre o se usan con almohadillas o placas de neopreno para uso de cabezas no adheridas.

3.15.3. Curado de probetas

Otazzi (2004) Menciona que la edad del concreto con cemento tipo I la resistencia a los 7 días es aproximadamente 65% a 70% de la resistencia a los 28 días.

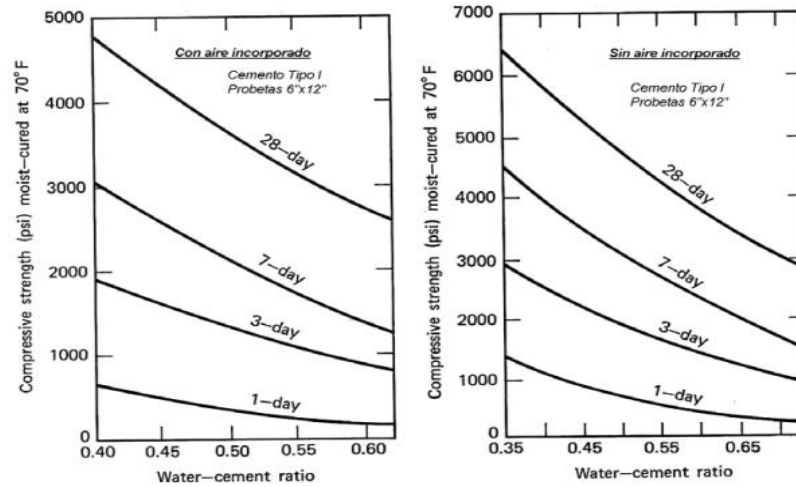


Figura 18. Efectos de agua-cemento en concreto con y sin aire incorporado. Adaptado de Otazzi 2004.

Luego de 24 horas del moldeo de probetas, se procedió al desencofrado de estos y se almacenaron en cilindros o piscina de curado saturada con agua con cal en la proporción de 3gramos/litro de agua, a una temperatura de $15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, que las cubren totalmente durante un periodo de 7,14 y 28 días, estos son los periodos en el que el concreto deberá cumplir con los requerimientos de resistencia establecidos en el diseño de mezcla.

Se realizó la elaboración de 20 probetas de concreto para las canteras ISLA y YOCARA respectivamente para poder corregir el diseño de mezclas de acuerdo a la desviación estándar y la resistencia de los especímenes mencionados.

Tabla 33.*Ensayo de Resistencia a la compresión simple de la Cantera ISLA días 28 días.*

Testigo	Diámetro	Fecha		Edad	Carga	Área	Resistencia
		Elaborado	Ensayado				
N°	cm			Días	Kg	cm ²	kg/cm ²
1	14.96	13/10/2016	10/11/2016	28	32120	176.47	182
	14.99						
	15.02						
2	14.99	13/10/2016	10/11/2016	28	35650	177.10	201
	15.02						
	15.04						
3	15.06	13/10/2016	10/11/2016	28	33670	176.79	190
	15.00						
	14.95						
4	15.09	13/10/2016	10/11/2016	28	35840	177.10	202
	15.10						
	14.86						
5	15.02	13/10/2016	10/11/2016	28	33410	177.10	189
	14.92						
	15.11						
6	15.06	13/10/2016	10/11/2016	28	31830	175.93	181
	14.98						
	14.86						
7	15.06	13/10/2016	10/11/2016	28	32780	175.61	187
	14.94						
	14.86						
8	15.12	13/10/2016	10/11/2016	28	31090	176.32	176
	14.94						
	14.89						
9	15.03	13/10/2016	10/11/2016	28	34470	177.18	195
	15.07						
	14.96						
10	15.20	13/10/2016	10/11/2016	28	32860	177.42	185
	14.86						
	15.03						

Tabla 34.*Ensayo de Resistencia a la compresión simple de la Cantera YOCARA los días 28 días.*

Testigo	Diámetro	Fecha		Edad	Carga	Área	Resistencia
		Elaborado	Ensayado				
N°	cm			Días	Kg	cm ²	kg/cm ²
1	14.91	14/10/2016	11/11/2016	28	36930	176.63	209
	15.07						
	15.01						
2	15.03	14/10/2016	11/11/2016	28	34540	176.00	196
	14.91						
	14.97						
3	14.93	14/10/2016	11/11/2016	28	32610	177.34	184
	15.08						
	15.07						
4	14.98	14/10/2016	11/11/2016	28	31320	175.22	179
	14.93						
	14.90						
5	15.05	14/10/2016	11/11/2016	28	31950	176.47	181
	14.82						
	15.10						
6	14.94	14/10/2016	11/11/2016	28	37480	176.71	212
	15.05						
	15.01						
7	15.12	14/10/2016	11/11/2016	28	34070	178.28	191
	15.01						
	15.07						
8	14.98	14/10/2016	11/11/2016	28	32340	176.32	183
	14.91						
	15.06						
9	14.98	14/10/2016	11/11/2016	28	34390	176.63	195
	14.84						
	15.17						
10	15.05	14/10/2016	11/11/2016	28	36010	176.63	204
	14.95						
	14.99						

De acuerdo a los resultados se puede apreciar que las probetas de las canteras ISLA y YOCARA no llegan a la resistencia diseñada por ello se realizara la corrección de estos resultados y diseños de mezcla.

3.16. Diseño de mezclas corregido para la cantera ISLA

Datos:

El concreto que se empleara es para estudio del módulo de elasticidad de este. Se elaboran cilindros estándar de 30cm de altura y 15cm de diámetro.

Resistencia a la compresión:	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$	
Condiciones ambientales:	Normales	
Cemento Portland IP:	Peso específico	3.00 gr/cm ³
Slump (fluido):	6" - 7"	diseño de 6"
Agua:	Peso específico	1000 kg/m ³
Agregados:	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1610.82	1605.17
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1691.48	1699.18
Peso Específico masa (kg/m ³)	2460	2460
Módulo de Fineza	3.41	4.85
Tamaño Máximo Nominal	---	1"
% Absorción	2.10	1.75
% Humedad	6.31	2.68

Se utilizó el asentamiento de 6" debido al tamaño máximo nominal de 1" ya mencionado a que según rivva lopez en el capítulo 9 selección del asentamiento se optó por

tomar el diseño de “mezclas fluidas que son aquellas cuyo asentamiento esta entre cinco o más pulgadas” se seleccionó un asentamiento entre 6” - 7” debido a que la tabla brindada por este autor nos respalda al momento de la selección de este y así se logró al momento de moldeo de probetas tener una trabajabilidad optima debido a los tamaños máximos nominales así mismo también se evitó la formación de cangrejas.

Determinación de la Resistencia Promedio:

De acuerdo a los resultados antes obtenidos y a las ecuaciones de cálculo de resistencia promedio por medio de la desviación estándar de ensayos anteriores se tiene:

Tabla 35.

Calculo de desviación estándar para corrección de diseño de mezclas cantera ISLA.

Muestra	x	x-X	(x _n -X) ²
1	182	-6.80	46.24
2	201	12.20	148.84
3	190	1.20	1.44
4	202	13.20	174.24
5	189	0.20	0.04
6	181	-7.80	60.84
7	187	-1.80	3.24
8	176	-12.80	163.84
9	195	6.20	38.44
10	185	-3.80	14.44
	1888		651.60
	n=	10.00	
	Σx=	1888.00	
	Σx/n=	188.8 kg/cm ²	
	Σ (x _n -X) ² =	651.60	
	δ ² =	72.40	
	δ=	8.51 kg/cm ²	
	V=	δ/X=	4.15%

A partir de la tabla se determinó y observo que la desviación estándar δ era de 8.51 kg/cm² y se procedió a determinar la resistencia promedio con las siguientes ecuaciones:

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34 \delta$$

$$f'_{cr} = 305 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 \delta - 35$$

$$f'_{cr} = 279 \text{ kg/cm}^2$$

Se escogió el mayor valor de $f'_{cr} = 305 \text{ kg/cm}^2$ para el diseño de mezcla corregido.

VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES POR M3 DE CONCRETO

Cemento	:	364.81	/	3000.00	=	0.122
Agua	:	197.00	/	1000.00	=	0.197
Aire	:	1.50	/	100.00	=	0.015
Agregado Grueso	:	1104.47	/	2460.00	=	0.449
Agregado Fino	:	533.82	/	2460.00	=	0.217
					1m3	1.00

PESO SECO DE LOS MATERIALES ES POR M3 DE CONCRETO

Cemento	:			=	364.81	Kg/m3
Agregado Grueso	:	0.45	x	2460.00	=	1104.47
Agregado Fino	:	0.22	x	2460.00	=	533.82
Agua Diseño	:			=	197.00	Lt/m3

CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION

Agregado Grueso	:	0.0093	x	1134.07	=	10.55	Lts
Agregado Fino	:	0.0421	x	567.50	=	23.89	Lts
Agua Diseño	:	197.00	-	34.44	=	162.56	Lts
	:						

PESO DE MATERIALES CORREGIDOS POR M3 DE CONCRETO

Cemento	:			=	364.81	Kg/m3
Agregado Grueso	:	1104.47	x	1.03	=	1134.07
Agregado Fino	:	533.82	x	1.06	=	567.50
Agua	:			=	162.56	Lt/m3
					2228.94	

LAS PROPORCIONES EN PESO DE OBRA SERAN

Cemento	:	364.81	/	364.81	=	1.00
Agregado Grueso	:	1134.07	/	364.81	=	3.11
Agregado Fino	:	567.50	/	364.81	=	1.56
Agua	:	162.56	/	364.81	=	0.45
		162.56	/	8.58	=	19.57 Lt/bls

Dosificación para testigos de 30 cm x 15cm:

Determinación del volumen del molde:

$$Volumen\ briqueta = 0.0053\ m^3$$

$$Peso\ de\ concreto\ por\ briqueta = 15\ kg$$

En general serán 20 briquetas moldeadas a este se le adiciona 2 briquetas para el control del slump debido a que el moldeo se realizara de solo 11 en 11 y durante el vaciado se controlara el slump.

$$Peso\ de\ concreto\ por\ briqueta = 330\ kg$$

Calculo en peso de los materiales a utilizar:

Son los ya calculados

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	1.56	3.11	0.45

Debido a que será en 2 vaciados de 11 briquetas los valores de acuerdo al peso serán de:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
27.19 kg	41.05 kg	84.54 kg	12.23 kg

3.17. Diseño de mezclas corregido para la cantera YOCARA

Datos:

El concreto que se empleara es para estudio del módulo de elasticidad de este. Se elaboran cilindros estándar de 30cm de altura y 15cm de diámetro.

Resistencia a la compresión:	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$	
Condiciones ambientales:	Normales	
Cemento Portland IP:	Peso específico	3.00 gr/cm ³
Slump (fluido):	6" - 7"	diseño de 6"
Agua:	Peso específico	1000 kg/m ³
Agregados:	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1579.67	1613.84
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1660.88	1744.66
Peso Específico masa (kg/m ³)	2390	2250
Módulo de Fineza	3.21	5.08
Tamaño Máximo Nominal	---	1 1/2"
% Absorción	2.46	1.77
% Humedad	6.97	2.96

Se utilizó el asentamiento de 6" debido al tamaño máximo nominal de 1 1/2" ya mencionado a que según rivva lopez en el capítulo 9 selección del asentamiento se optó por tomar el diseño de "mezclas fluidas que son aquellas cuyo asentamiento esta entre cinco o más pulgadas" se seleccionó un asentamiento entre 6" - 7" debido a que la tabla brindada por este autor nos respalda al momento de la selección de este y así se logró al momento de moldeo de

probetas tener una trabajabilidad optima debido a los tamaños máximos nominales así mismo también se evitó la formación de cangrejeras.

El tamaño máximo nominal:

Este dato se obtuvo de la granulometría obtenida por los ensayos realizados en laboratorio conjunto a la tabla propuesta por los agregados. T.M.N.: 1 1/2”.

Determinación de la Resistencia Promedio:

De acuerdo a los resultados antes obtenidos y a las ecuaciones de cálculo de resistencia promedio por medio de la desviación estándar de ensayos anteriores se tiene:

Tabla 36.

Calculo de desviación estándar para corrección de diseño de mezclas cantera YOCARA.

Muestra	x	x-X	(x-X)2
1	209	15.60	243.36
2	196	2.60	6.76
3	184	-9.40	88.36
4	179	-14.40	207.36
5	181	-12.40	153.76
6	212	18.60	342.96
7	191	-2.40	5.76
8	183	-10.40	108.16
9	195	1.60	2.56
10	204	10.60	112.36
	1934		1274.40
n=	10.00		
Σx=	1934.00		
Σx/n=	193.4 kg/cm ²		
Σ (x _n -x) ² =	1274.40		
δ ² =	141.60		
δ =	11.90 kg/cm ²		
V=	δ /X=	6.15%	

A partir de la tabla se determinó y observo que la desviación estándar δ era de 11.90 kg/cm² y se procedió a determinar la resistencia promedio con las siguientes ecuaciones:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 \delta$$

$$f'_{cr} = 310 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 \delta - 35$$

$$f'_{cr} = 287 \text{ kg/cm}^2$$

Se escogió el mayor valor de $f'_{cr} = 310 \text{ kg/cm}^2$ para el diseño de mezcla corregido.

VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES POR M3 DE CONCRETO

Cemento	:	342.59	/	3000.00	=	0.114
Agua	:	185.00	/	1000.00	=	0.185
Aire	:	1.00	/	100.00	=	0.010
Agregado Grueso	:	1203.82	/	2250.00	=	0.535
Agregado Fino	:	372.84	/	2390.00	=	0.156
					1m3	1.00

PESO SECO DE LOS MATERIALES ES POR M3 DE CONCRETO

Cemento	:			=	342.59	Kg/m3
Agregado Grueso	:	0.54	x	2250.00	=	1203.82
Agregado Fino	:	0.16	x	2390.00	=	372.84
Agua Diseño	:			=	185.00	Lt/m3

CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION

Agregado Grueso	:	0.0119	x	1239.45	=	14.75	Lts
Agregado Fino	:	0.0451	x	398.83	=	17.99	Lts
Agua Diseño	:	185.00	-	32.74	=	152.26	Lts
	:						

**PESO DE MATERIALES CORREGIDOS
POR M3 DE CONCRETO**

Cemento	:			=	342.59	Kg/m3
Agregado Grueso	:	1203.82	x	1.03	=	1239.45 Kg/m3
Agregado Fino	:	372.84	x	1.07	=	398.83 Kg/m3
Agua	:			=	152.26	Lt/m3
					2133.13	

**LAS PROPORCIONES EN PESO DE
OBRA SERAN**

Cemento	:	342.59	/	342.59	=	1.00
Agregado Grueso	:	1239.45	/	342.59	=	3.62
Agregado Fino	:	398.83	/	342.59	=	1.16
Agua	:	152.26	/	342.59	=	0.44
		152.26	/	8.06	=	18.89 Lt/bls

Dosificación para testigos de 30 cm x 15cm:

$$Volumen\ briqueta = 0.0053\ m^3$$

$$Peso\ de\ concreto\ por\ briqueta = 15\ kg$$

En general serán 20 briquetas moldeadas a este se le adiciona 2 briquetas para el control del slump debido a que el moldeo se realizara de solo 11 en 11 y durante el vaciado se controlara el slump.

$$Peso\ de\ concreto\ por\ briqueta = 330\ kg$$

Calculo en peso de los materiales a utilizar:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1	1.16	3.62	0.44

Debido a que será en 2 vaciados de 11 briquetas los valores de acuerdo al peso serán de:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
26.51 kg	30.75 kg	95.95 kg	11.66 kg

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Ensayos de las muestras

4.1.1. Ensayo de las muestras a los 7,14 y 28 días

Con el fin de definir cada una las propiedades mecánicas del concreto, principalmente la resistencia a la compresión simple, se ensayó testigos cilíndricos estándares de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, de acuerdo a una velocidad de carga rápida, hasta la fractura de testigo. El proceso es descrito en detalle en la Norma ASTM C-192.

Los testigos elaborados, se mantuvieron 24 horas en el molde, para luego del tiempo mencionado fueran trasladadas para el debido curado en los laboratorios.

Luego de alcanzar las edades mencionadas anteriormente de los testigos ya mencionadas, estos fueron dispuestos para el ensayo de compresión simple. Se tomaron datos como el diámetro de cada una de ellas que fueron medidas y registradas, también la altura de estas, y luego fueron ensayadas luego de obtener dichos datos, fijando y nivelando las caras superior e inferior de diámetro de 15cm teniendo un adecuado ensayo a compresión.

Los resultados obtenidos de los ensayos de compresión para la resistencia especificada de $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ para 7, 14 y 28 días se presentan los resultados de la cantera ISLA y YOCARA respecto a compresión simple y luego respecto a esfuerzo vs deformación respectivamente a continuación:

Tabla 37.*Ensayo de Resistencia a la compresión simple de la Cantera ISLA a los 7,14 y 28 días.*

Testigo	Diámetro		Fecha		Edad	Carga	Área	Resistencia	
	N°	cm	Elaborado	Ensayado	Días	Kg	cm ²	kg/cm ²	%
1	15.1								
	15.02		16/11/2016	23/11/2016	7	20070	177.58	113.02	54
	14.99								
2	15.04								
	14.97		16/11/2016	23/11/2016	7	18950	176.47	107.38	51
	14.96								
3	14.99								
	14.99		16/11/2016	23/11/2016	7	14400	176.47	81.6	39
	14.99								
4	14.96								
	15.07		16/11/2016	23/11/2016	7	20590	177.02	116.31	55
	15.01								
5	14.99								
	15.13		16/11/2016	30/11/2016	14	20990	179.39	117.01	56
	15.22								
6	15.02								
	15.11		16/11/2016	30/11/2016	14	24360	178.36	136.58	65
	15.08								
7	15.16								
	15.08		16/11/2016	30/11/2016	14	33287	178.21	186.79	89
	14.95								
8	14.88								
	15.09		16/11/2016	14/12/2016	28	38950	176.4	220.81	105
	14.99								
9	14.97								
	14.95		16/11/2016	14/12/2016	28	40250	176.63	227.88	109
	15.07								
10	14.77								
	14.79		16/11/2016	14/12/2016	28	40030	174.05	229.99	110
	15.1								

Tabla 38.*Ensayo de Resistencia a la compresión simple de la Cantera YOCARA a los 7,14 y 28 días.*

Testigo N°	Diámetro cm	Fecha		Edad Días	Carga Kg	Área		Resistencia kg/cm ² %
		Elaborado	Ensayado			cm ²	kg/cm ²	
1	15.00	17/11/2016	24/11/2016	7	23010	175.53	131.09	62
	14.90							
	14.95							
2	14.80	17/11/2016	24/11/2016	7	20100	170.87	117.63	56
	14.75							
	14.70							
3	14.95	17/11/2016	24/11/2016	7	19750	177.10	111.52	53
	15.00							
	15.10							
4	15.05	17/11/2016	24/11/2016	7	15970	177.65	89.89	43
	15.00							
	15.07							
5	14.85	17/11/2016	01/12/2016	14	30740	174.75	175.91	84
	14.89							
	15.01							
6	14.92	17/11/2016	01/12/2016	14	33500	175.85	190.51	91
	14.98							
	14.99							
7	14.98	17/11/2016	01/12/2016	14	37900	176.79	214.38	103
	15.07							
	14.96							
8	14.86	17/11/2016	15/12/2016	28	41203	176.08	234.00	111
	15.01							
	15.05							
9	15.13	17/11/2016	15/12/2016	28	39520	183.61	215.24	103
	15.70							
	15.04							
10	14.89	17/11/2016	15/12/2016	28	52270	176.55	296.06	141
	15.06							
	15.03							

Tabla 39.*Ensayo de Resistencia a la compresión simple de la Cantera ISLA 28 días.*

Testigo	Diámetro	Fecha		Edad	Carga	Área	Resistencia	
N°	cm	Elaborado	Ensayado	Días	Kg	cm²	kg/cm²	%
1	15.10	16/11/2016	14/12/2016	28	43150	179.07	240.96	115
2	15.05	16/11/2016	14/12/2016	28	44650	177.89	251.00	120
3	14.95	16/11/2016	14/12/2016	28	42470	175.53	241.95	115
4	15.00	16/11/2016	14/12/2016	28	43160	176.71	244.24	116
5	14.93	16/11/2016	14/12/2016	28	42780	175.06	244.37	116
6	14.88	16/11/2016	14/12/2016	28	42090	173.89	242.04	115
7	15.01	16/11/2016	14/12/2016	28	43050	176.95	243.29	116
8	15.00	16/11/2016	14/12/2016	28	43100	176.71	243.90	116
9	14.97	16/11/2016	14/12/2016	28	44020	176.00	250.11	119
10	14.94	16/11/2016	14/12/2016	28	42800	175.3	244.15	116

Tabla 40.*Ensayo de Resistencia a la compresión simple de la Cantera YOCARA 28 días.*

Testigo	Diámetro	Fecha		Edad	Carga	Área	Resistencia	
		Elaborado	Ensayado				Días	Kg
1	15.00	17/11/2016	15/12/2016	28	38950	176.71	220.42	105
2	15.05	17/11/2016	15/12/2016	28	39050	177.89	219.52	105
3	14.99	17/11/2016	15/12/2016	28	39120	176.47	221.67	106
4	15.06	17/11/2016	15/12/2016	28	40980	178.13	230.06	110
5	14.95	17/11/2016	15/12/2016	28	39450	175.53	224.74	107
6	14.95	17/11/2016	15/12/2016	28	37890	175.53	215.86	103
7	14.96	17/11/2016	15/12/2016	28	39850	175.77	226.72	108
8	15.00	17/11/2016	15/12/2016	28	38460	176.71	217.64	104
9	15.05	17/11/2016	15/12/2016	28	38520	177.89	216.54	103
10	14.95	17/11/2016	15/12/2016	28	42050	175.53	239.55	114

4.2. Diseño para $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Con los resultados obtenidos de los ensayos de 10 probetas de concreto (4 a los 7 días, 3 a los 14 días y 3 a los 28 días de edad), se tiene las siguientes resistencias promedio a la compresión para cada edad, así como los porcentajes de las resistencias de 210 kg/cm^2 especificada por diseño.

Tabla 41.

Resultados promedio de resistencia a la compresión simple en probetas cantera ISLA.

Edad		
Días	kg/cm²	%
7 días	104.58	49.80
14 días	146.79	69.90
28 días	226.23	107.73

Tabla 42.

Resultados promedio de resistencia a la compresión simple en probetas cantera YOCARA.

Edad		
Días	kg/cm²	%
7 días	112.53	53.59
14 días	193.60	92.19
28 días	248.43	118.30

En los cuadros de resumen, se puede observar que la resistencia a los 28 días tanto de la cantera ISLA como la cantera YOCARA son similares con una variación de $\pm 25 \text{ kg/cm}^2$ aproximadamente, ya que la primera cantera ISLA 226.23 kg/cm^2 con un 107.73% de resistencia obtenida y la YOCARA 248.43 kg/cm^2 con un 118.30% de resistencia promedio.

Se realizó una comparación de resultados de los ensayos en un solo gráfico para ver el crecimiento de las resistencias por días.

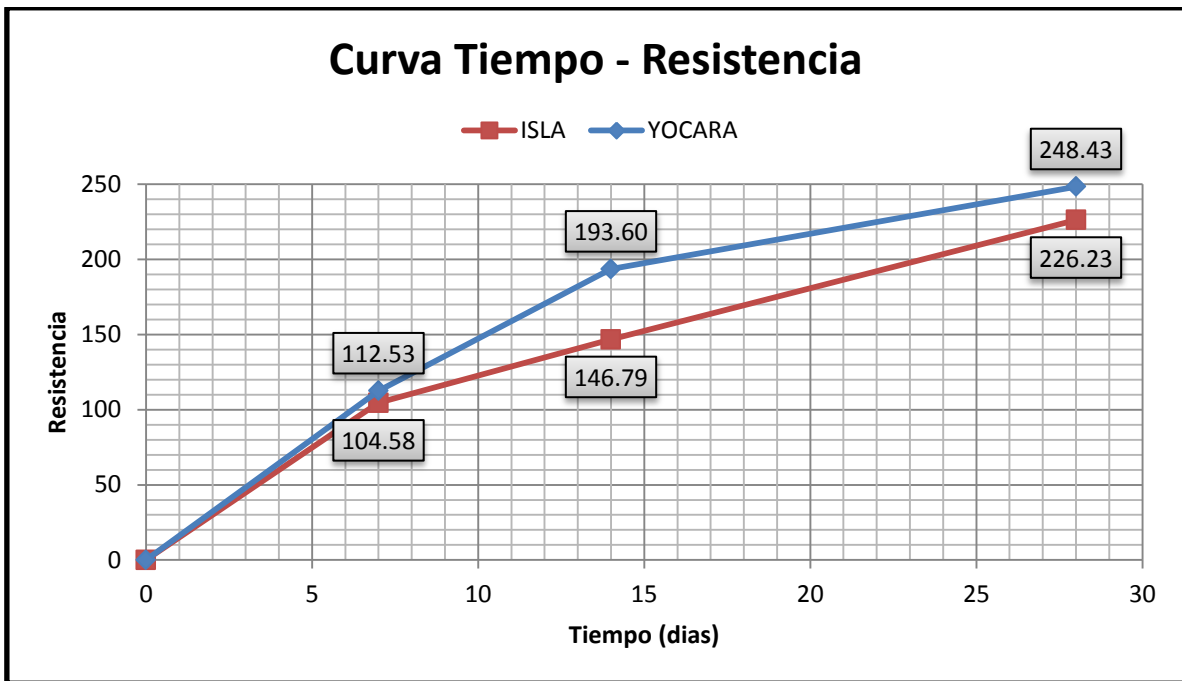


Figura 19. Curva esfuerzo vs deformación de las canteras ISLA y YOCARA. En esta imagen se puede observar el crecimiento de resistencia de color rojo respecto a la cantera ISLA y el crecimiento de resistencia de color azul respecto a la cantera YOCARA.

El comportamiento típico de incremento de resistencia del concreto con un curado continuo establece que se tiene resistencias con respecto a la alcanzada a los 28 días.

Vargas, Garzón, Coba & Arequipa (2012) mencionan que el porcentaje según la resistencia y el curado en días será de 65% a los 7 días, 80% a los 14 días y 100% a los 28 días. En este estudio como se muestra en las tablas anteriores y en la curva, se obtuvieron porcentaje casi similares al comportamiento típico de resistencias mencionadas. Lo que demuestra que el curado fue continuo y adecuado.

4 de los 10 primeras probetas ensayados para determinar una resistencia a la compresión en 7 días, no llegan a la resistencias deseadas fueron inferiores debido a que las fallas siempre fueron por la parte donde se encontraban los tamaño máximos de los agregados, de igual manera en las 3 probetas ensayadas a los 14 días sufren de los mismos fallos al momento de ser ensayados, y por ultimo las ultimas 3 probetas a los 28 días sufren algunas

llegan y superan las resistencia diseñada pero algunas llegan inferiores a los resultados debido al acomodo de partículas que no puede ser controlado al momento del vaciado de las probetas.

Pero en las probetas ensayadas a esfuerzo deformaciones todas superan la resistencia de diseño.

Se puede concluir que el diseño de mezcla por el método de ACI para la resistencia de 210 kg/cm² tiene un nivel de resistencia satisfactoria.

4.3. Preparación de equipos para medir las deformaciones del concreto, a través del ensayo de compresión simple.

Para una obtención ideal en experimentación de probetas de concreto en laboratorio, es de suma importancia los equipos que intervendrán en la obtención de datos por lo cual deberán estar debidamente calibrados y certificados, los instrumentos para así tener datos verdaderos y precisos, disminuyendo los errores de los resultados finales y los equipos que nos permitirán determinar el módulo de elasticidad del concreto son los siguientes:

- Prensa hidráulica de concreto.
- Compresómetro (deformímetro HUMBOLT).

4.3.1. Prensa hidráulica de concreto

Una máquina de prensa hidráulica tiene la función principal, de aplicar fuerzas de compresión compuesto por un sistema hidráulico que permite la rotura de probetas de concreto armado, que permite ver los resultados de los ensayos como son fecha, hora, tipo de ensayo, fuerza máxima, esfuerzo y velocidad de ensayo.

La prensa hidráulica de concreto que utilizamos para someter a una carga de compresión a las probetas, tiene una capacidad de 100 toneladas y su apreciación de lectura en la carga es de 10 kilogramos, además que esta calibrada y certificada.



Figura 20. Prensa hidráulica de concreto.

4.3.2. Compresómetro (Deformímetro HUMBOLT)

Es un instrumento de precisión, compuesto por tres collarines, los cuales se ubican de una forma concéntrica en el sentido transversal de la probeta de concreto, estos tres collarines están unidos por instrumentos llamados deformímetros cuya apreciación es una milésima de milímetro, permitiendo obtener lecturas de los desplazamientos verticales entre los tres collarines. Es importante tomar en cuenta que, las deformaciones no lleguen a la rotura del cilindro ya que se conoce que la falla del concreto sometido a cargas de compresión es explosiva por lo que se puede dañar el instrumento.



Figura 21. Compresometro (Deformímetro HUMBOLDT).

La longitud efectiva por la que está diseñado este instrumento entre los collarines es de 20 centímetros para cilindros estándar de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura. El equipo deberá estar nivelado al momento de ser acoplado a la probeta de ensayo.

Los resultados obtenidos de la prensa hidráulica de concreto y el compresometro, permitirán obtener el diagrama de esfuerzo vs deformación especificada.

4.4. Calculo de resistencia característica con los resultados de ensayos obtenidos

Para el cálculo de la resistencia a compresión simple se presenta un problema que representa a todo el grupo de 10 probetas ensayadas para diferentes canteras que se elaboraron con el fin del estudio del módulo de elasticidad del concreto. El gran problema que se tiene es la dispersión de valores de las resistencias obtenidas, Montoya, Meseguer & Moran (2000) menciona que si se tiene dos concretos con la misma resistencia media, no cabe duda de que es más fiable aquel que presenta menos dispersión.

Para no tener problemas al momento de procesar los datos por no tomar en cuenta la dispersión de los valores de resistencia obtenidos experimentalmente, debido a la rotura de las probetas de ensayo para el estudio de la ecuación del módulo de elasticidad del concreto, se definirá y calculará la resistencias recomendadas por tres autores, en otras tesis mencionadas como la de Vargas, Garzón, Coba & Arequipa y Tumi & montilla.

Se procederá con los datos calculados de máxima resistencia obtenida al final de cada ensayo de esfuerzo vs deformación a los 28 días, se calculará la resistencia característica para el diseño de 210 kg/cm^2 , según “Montoya-Meseguer-Moran, segunda Oscar Padilla, y Según Salider”.

Los valores son determinados en este capítulo de esta investigación y se tiene:

4.4.1. Resistencia característica de acuerdo a Montoya-Meseguer-Moran:

Se define como resistencia característica a “Fck”, aquel concreto que presenta un grado de confianza del 95 por 100, es decir existe una probabilidad de 0.95 de que se presenten valores individuales de resistencia de probetas más alto que fck. De acuerdo con esta definición y admitiendo la hipótesis de distribución estadística normal de acuerdo a la figura 22, la resistencia característica viene definida por la expresión:

$$fck = fcm(1 - 1.64\delta) \quad (11)$$

Donde fcm es la resistencia promedio y δ el coeficiente de variación de la población de resistencias:

$$fcm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n fci \quad (12)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{fci - fcm}{fcm} \right)^2} \quad (13)$$

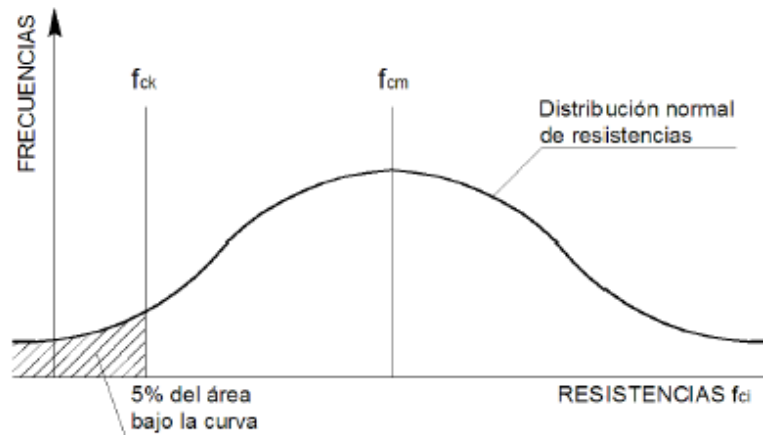


Figura 22. Definición de resistencia característica. Adaptado de Montoya, 2000.

Una vez definida la resistencia característica procederá a calcular con los datos experimentales para el diseño de mezclas.

Tabla 43.

Cantera ISLA resistencias máximas según montoya

TESTIGO RESISTENCIA	
N°	Mpa
T-1	24.10
T-2	25.10
T-3	24.19
T-4	24.42
T-5	24.44
T-6	24.20
T-7	24.33
T-8	24.39
T-9	25.01
T-10	24.41

Desviación estándar $S = 0.335$

Resistencia media $f_{cm} = 24.46$

Coefficiente de variación de resistencia $\delta = 0.014$

Resistencia característica

Fck = 23.91 Mpa

Tabla 44.

Cantera YOCARA resistencias máximas según montoya

TESTIGO RESISTENCIA	
N°	Mpa
T-1	22.04
T-2	21.95
T-3	22.17
T-4	23.01
T-5	22.47
T-6	21.59
T-7	22.67
T-8	21.76
T-9	21.65
T-10	23.95

Desviación estándar

S = 0.731

Resistencia media

fcm = 22.33

Coefficiente de variación de resistencia

$\delta = 0.0327$

Resistencia característica

Fck = 21.13Mpa

4.4.2. Resistencia característica de acuerdo a Oscar Padilla:

Este autor menciona que para determinar la resistencia característica es:

Primero: De todos los datos de resistencia a la compresión obtenidos al ensayar n probetas (en este caso 10), procedemos a ordénalos de mayor a menor.

Segundo: Ya ordenado los valores, dividimos el grupo de n ensayos en dos subgrupos de igual número de valores, si el número de ensayos es par, caso contrario eliminaremos el ensayo intermedio para poder tener de igual forma dos grupo de igual número de datos de resistencias.

Tercero: con estos dos subgrupos de datos de resistencias, sacamos el promedio de cada uno de ellos valiéndonos del concepto de media aritmética o promedio para luego, con ayuda de la siguiente ecuación calculas el valor de la resistencia característica de los “n” ensayos. La ecuación propuesta es:

$$fck = 2fcm1 - fcm2 \quad (14)$$

Dónde:

Fck: resistencia característica.

Fcm1: promedio de resistencia del primer subgrupo.

Fcm2: promedio de resistencia del segundo subgrupo.

Luego de definir la resistencia característica según Oscar Padilla se procederá al cálculo utilizando los datos en el ensayo de resistencia máxima para determinar el diagrama de esfuerzo vs deformación para el diseño de mezcla.

Tabla 45.

Cantera ISLA Resistencias Máximas según óscar padilla

TESTIGO RESISTENCIA	
N°	Mpa
T-2	25.1
T-9	25.01
T-5	24.44
T-4	24.42
T-10	24.41
T-8	24.39
T-7	24.33
T-6	24.2
T-3	24.19
T-1	24.1

Subgrupo 1		Subgrupo 2	
TESTIGO	RESISTENCIA	TESTIGO	RESISTENCIA
N°	Mpa	N°	Mpa
T-2	25.1	T-8	24.39
T-9	25.01	T-7	24.33
T-5	24.44	T-6	24.2
T-4	24.42	T-3	24.19
T-10	24.41	T-1	24.1

Fcm1 = 24.68 Mpa Fcm2 = 24.24 Mpa

Fck = 25.11 Mpa

Tabla 46.

Cantera YOCARA Resistencias Máximas según óscar padilla

TESTIGO	RESISTENCIA
N°	Mpa
T-10	23.95
T-4	23.01
T-7	22.67
T-5	22.47
T-3	22.17
T-1	22.04
T-2	21.95
T-8	21.76
T-9	21.65
T-6	21.59

Subgrupo 1		Subgrupo 2	
TESTIGO	RESISTENCIA	TESTIGO	RESISTENCIA
N°	Mpa	N°	Mpa
T-10	23.95	T-1	22.04
T-4	23.01	T-2	21.95
T-7	22.67	T-8	21.76
T-5	22.47	T-9	21.65
T-3	22.17	T-6	21.59

Fcm1 = 22.85 Mpa Fcm2 = 21.80 Mpa

Fck = 23.91 Mpa

4.4.3. Resistencia característica de acuerdo a Saliger:

Saliger menciona que la resistencia característica de un grupo de “n” resultados al ensayar a compresión “n” probetas, se adoptó como 75 por ciento del promedio de estos “n” valores, en otras palabras la resistencia según Saliger es el 75% de la resistencia media:

$$f_{ck} = 0.75 f_{cm} \quad (15)$$

Dónde:

Fck: resistencia característica.

Fcm: resistencia media de la población de resistencias.

A continuación se muestra el cálculo realizado por la resistencia características según el autor para nuestros resultados.

Tabla 47.

Cantera ISLA Resistencias Máximas según saliger

TESTIGO RESISTENCIA	
N°	Mpa
T-1	24.10
T-2	25.10
T-3	24.19
T-4	24.42
T-5	24.44
T-6	24.20
T-7	24.33
T-8	24.39
T-9	25.01
T-10	24.41

Desviación estándar $S = 0.335$

Resistencia media $f_{cm} = 24.46 \text{ Mpa}$

Resistencia Característica

Fck = 18.34 Mpa

Tabla 48.

Cantera YOCARA Resistencias Máximas según saliger

TESTIGO RESISTENCIA	
N°	Mpa
T-1	22.04
T-2	21.95
T-3	22.17
T-4	23.01
T-5	22.47
T-6	21.59
T-7	22.67
T-8	21.76
T-9	21.65
T-10	23.95

Desviación estándar

S = 0.7331

Resistencia media

fcm = 22.33 Mpa

Resistencia Característica

Fck = 16.75 Mpa

A continuación en las siguientes tablas, se presenta un resumen de las resistencias características calculadas según los distintos investigadores y para el diseño de mezcla 210 kg/cm².

Tabla 49.*Resistencia máximas medias cantera ISLA*

Diseño de mezcla 210 kg/cm² Cantera ISLA	
Autor	Resistencia Característica
	Fck
	Mpa
Resistencia Media	24.46
Montoya-Meseguer-Moran	23.91
Oscar Padilla	25.11
Saliger	18.34

Tabla 50.*Resistencia máximas medias cantera YOCARA*

Diseño de mezcla 210 kg/cm² Cantera YOCARA	
Autor	Resistencia Característica
	Fck
	Mpa
Resistencia Media	22.33
Montoya-Meseguer-Moran	21.13
Oscar Padilla	23.91
Saliger	16.74

En estas tablas se hace una comparación de la resistencia media y las demás obtenidas viendo que no existe una dispersión considerable.

4.5. Determinación del módulo de elasticidad del concreto

El módulo de elasticidad según el comité ACI 318 y el Reglamento Nacional de Edificaciones menciona que para el módulo de elasticidad E_c , para el concreto puede tomar como $Wc^{1.5}0.043\sqrt{f'c}$ en Mpa, para valores de Wc comprendidos entre 1450 y 2500 kg/m³. Para concreto con densidad normal E_c , puede tomarse como $E_c = 4700\sqrt{f'c}$.

El módulo de elasticidad según el comité ACI 363 en el capítulo 5 página 23 menciona que para el cálculo del módulo de elasticidad se puede usar la siguiente expresión: $E_c = 3320\sqrt{f'_c} + 6900$ en Mpa.

Entonces para realizar el cálculo del módulo teórico de elasticidad del concreto emplearemos las ecuaciones siguientes $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$ en Mpa del ACI 318 y el RNE y $E_c = 3320\sqrt{f'_c} + 6900$ del ACI 363 donde f'_c será igual a la resistencias características ya calculadas anteriormente según los autores Montoya-Meseguer-Moran, Oscar Padilla y Saliger.

4.5.1. Para la resistencia a compresión de 210 kg/cm²

Para el diseño de mezclas de 210 kg/cm², calculamos el módulo de elasticidad teórico del concreto en base a las ecuaciones de ACI y Reglamento Nacional de Edificaciones. Primero se presentó el cálculo del módulo de elasticidad utilizando con f'_c cada una respecto a las resistencias máximas obtenidas al ensayo de 10 probetas a los 28 días luego se calculó el módulo de elasticidad utilizando las resistencias características ya calculadas.

4.5.2. Para la cantera ISLA

Tabla 51.

Módulo de elasticidad teórico respecto a la resistencia cantera ISLA.

TESTIGO	RESISTENCIA	MODULO DE ELASTICIDAD TEORICO	
		ACI-318 y RNE	ACI-363
N°	Mpa	Mpa	Mpa
T-1	24.10	23073.12	23198.46
T-2	25.10	23546.95	23533.17
T-3	24.19	23116.17	23228.87
T-4	24.42	23225.80	23306.31
T-5	24.44	23235.31	23313.03
T-6	24.20	23120.94	23232.24
T-7	24.33	23182.96	23276.05
T-8	24.39	23211.53	23296.23
T-9	25.01	23504.70	23503.32
T-10	24.41	23221.04	23302.95
Media Aritmética	24.46	23243.85	23319.06

4.5.2.1. De acuerdo a Montoya-Meseguer-Moran.

La resistencia característica calculada anteriormente para la cantera ISLA para el diseño seleccionado según el autor fue de 23.91 Mpa. Reemplazando este valor en las ecuaciones planteadas por el A.C.I. y por el Reglamento Nacional de Edificaciones, se obtuvo teóricamente los siguientes módulos estáticos de elasticidad.

ACI-318 y Reglamento Nacional de Edificaciones

$$E_c = 4700\sqrt{23.91} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 22981.99 \text{ Mpa}$$

ACI-363

$$E_c = 3320\sqrt{23.91} + 6900 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23134.09 \text{ Mpa}$$

4.5.2.2. De acuerdo a Oscar Padilla.

La resistencia característica calculada anteriormente para la cantera ISLA para el diseño seleccionado según el autor fue de 25.11 Mpa. Reemplazando este valor en las ecuaciones planteadas por el A.C.I. y por el Reglamento Nacional de Edificaciones, se obtuvo teóricamente los siguientes módulos estáticos de elasticidad.

ACI-318 y Reglamento Nacional de Edificaciones

$$E_c = 4700\sqrt{25.11} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23551.64 \text{ Mpa}$$

ACI-363

$$E_c = 3320\sqrt{25.11} + 6900 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23536.48 \text{ Mpa}$$

4.5.2.3. De acuerdo a Saliger.

La resistencia característica calculada anteriormente para la cantera ISLA para el diseño seleccionado según el autor fue de 18.34 Mpa. Reemplazando este valor en las ecuaciones planteadas por el A.C.I. y por el Reglamento Nacional de Edificaciones, se obtuvo teóricamente los siguientes módulos estáticos de elasticidad.

ACI-318 y Reglamento Nacional de Edificaciones

$$E_c = 4700\sqrt{18.34} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 20127.86 \text{ Mpa}$$

ACI-363

$$E_c = 3320\sqrt{18.34} + 6900 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 21117.98 \text{ Mpa}$$

Resumiendo en la siguiente tabla se presenta los distintos módulos de elasticidad calculados para el diseño de la cantera ISLA.

Tabla 52.

Módulo de elasticidad teórico respecto a las medias de la resistencia cantera ISLA.

Resistencia Característica		Módulo de Elasticidad Teórico	
		ACI-318, RNE	ACI-363
Autor	Mpa	Mpa	Mpa
Resistencia Media	24.46	23244.81	23319.74
Montoya-Meseguer-Moran	23.91	22981.99	23134.09
Oscar Padilla	25.11	23551.64	23536.48
Saliger	18.34	20127.86	21117.98

4.5.3. Para la cantera YOCARA

Tabla 53.

Módulo de elasticidad teórico respecto a la resistencia cantera YOCARA.

TESTIGO	RESISTENCIA	MODULO DE ELASTICIDAD TEORICO	
		ACI-318 y RNE	ACI-363
N°	Mpa	Mpa	Mpa
T-1	22.04	22064.99	22486.33
T-2	21.95	22019.89	22454.47
T-3	22.17	22129.96	22532.23
T-4	23.01	22545.31	22825.62
T-5	22.47	22279.19	22637.64
T-6	21.59	21838.57	22326.39
T-7	22.67	22378.12	22707.52
T-8	21.76	21924.38	22387.01
T-9	21.65	21868.89	22347.81
T-10	23.95	23001.21	23147.66
Media Aritmética	22.33	22205.05	22585.27

4.5.3.1. De acuerdo a Montoya-Meseguer-Moran.

La resistencia característica calculada anteriormente para la cantera YOCARA para el diseño seleccionado según el autor fue de 21.13 Mpa. Reemplazando este valor en las ecuaciones planteadas por el A.C.I. y por el Reglamento Nacional de Edificaciones, se obtuvo teóricamente los siguientes módulos estáticos de elasticidad.

ACI-318 y Reglamento Nacional de Edificaciones

$$E_c = 4700\sqrt{21.13} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 21604.67 \text{ Mpa}$$

ACI-363

$$E_c = 3320\sqrt{21.13} + 6900 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 22161.17 \text{ Mpa}$$

4.5.3.2. De acuerdo a Oscar Padilla.

La resistencia característica calculada anteriormente para la cantera YOCARA para el diseño seleccionado según el autor fue de 23.91 MPa. Reemplazando este valor en las ecuaciones planteadas por el A.C.I. y por el Reglamento Nacional de Edificaciones, se obtuvo teóricamente los siguientes módulos estáticos de elasticidad.

ACI-318 y Reglamento Nacional de Edificaciones

$$E_c = 4700\sqrt{23.91} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 22981.99 \text{ Mpa}$$

ACI-363

$$E_c = 3320\sqrt{23.91} + 6900 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23134.09 \text{ Mpa}$$

4.5.3.3. De acuerdo a Saliger.

La resistencia característica calculada anteriormente para la cantera YOCARA para el diseño seleccionado según el autor fue de 16.74 Mpa. Reemplazando este valor en las ecuaciones planteadas por el A.C.I. y por el Reglamento Nacional de Edificaciones, se obtuvo teóricamente los siguientes módulos estáticos de elasticidad.

ACI-318 y Reglamento Nacional de Edificaciones

$$E_c = 4700\sqrt{16.74} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 19229.84 \text{ Mpa}$$

ACI-363

$$E_c = 3320\sqrt{16.74} + 6900 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 20483.63 \text{ Mpa}$$

Resumiendo en la siguiente tabla se presenta los distintos módulos de elasticidad calculados para el diseño de la cantera YOCARA.

Tabla 54.

Módulo de elasticidad teórico respecto a las medias de la resistencia cantera YOCARA.

Resistencia Característica		Módulo de Elasticidad Teórico	
		ACI-318, RNE	ACI-363
Autor	Mpa	Mpa	Mpa
Resistencia Media	22.33	22209.68	22588.54
Montoya-Meseguer-Moran	21.13	21604.67	22161.17
Oscar Padilla	23.91	22981.99	23134.09
Saliger	16.74	19229.84	20483.63

4.6. Determinación del módulo de elasticidad experimental y procesamiento estadístico de los resultados

Al momento de realizar un diseño de edificaciones de concreto armado en base teórica a la resistencia ultima o momento último, solo se tenga en consideración los criterios de resistencia. Pero se debe asegurar que las condiciones estructurales de una edificación sea optima, es decir que no sucedan deflexiones excesivas, ni agrietamientos en los elementos estructurales que compondrán estas, es decir que no ocurra falla frágil, es decir falla por diseño mal elaborado del concreto, ni falla dúctil falla excesiva por sobredimensionamiento del acero.

Y es así que a consecuencia de malos diseños y criterios erróneos se diseñan secciones menores, con menor rigidez, que producen mayores deformaciones y mayor tamaño de fisura.

Por esto es necesario verificar el adecuado comportamiento de los elementos hasta cierto límite, se usan los criterios de teoría elástica. Esta teoría se basa en el comportamiento elástico lineal de los materiales, los materiales se comportan elásticamente, además existe una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación.

El concreto no es un material elástico lineal, sino un material compuesto por denominado como un pseudosólido elastoviscoplastico, y para poder definir la estructura de este son necesarias formulas empíricas. Para poder definir el valor del módulo de elasticidad del concreto, este se define por 2 factores importantes como el modulo tangente inicial o también llamado punto determinado de la curva esfuerzo vs deformación y el modulo secante entre dos puntos.

Modulo tangente: es la pendiente de la recta tangente a la curva esfuerzo vs deformación, en cualquier punto de esta.

$$E_c = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad (16)$$

Modulo tangente inicial: es el valor de la pendiente de la tangente es el origen de la curva. Corresponde a un esfuerzo nulo.

Modulo secante: es la pendiente de la recta secante a la curva, que une el origen con otro cualquiera de la curva.

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (17)$$

Como se menciona en el marco teórico utilizaremos la ecuación para determinar el módulo de elasticidad experimental del concreto:

$$E_c = \frac{0.4\sigma_{max} - \sigma(0.00005)}{\varepsilon 0.4\sigma_{max} - 0.00005} \quad (18)$$

Dónde:

- E: Módulo de Elasticidad del concreto
- σ_{max} : Esfuerzo de rotura

- $\sigma(0.00005)$: Esfuerzo conforme a una deformación unitaria de 0.00005.
- $\varepsilon 0.4\sigma_{max}$: Deformación Unitaria al 40% del esfuerzo de rotura.

En esta capitulo se presentara los datos obtenido de esfuerzo vs deformación, los gráficos de estos y el cálculo del módulo de elasticidad experimental para cada probeta de ensayo.

4.6.1. Procesamiento de resultados Esfuerzo vs Deformación.

Los resultados obtenidos del módulo de elasticidad del concreto experimental se determinaran de acuerdo a Montoya, Meseguer & Moran (2000) que menciona que el concepto de resistencia característica se refiere, a la resistencia a la compresión media sobre probetas cilíndricas 15cm x 30cm de 28 días de edad, fabricadas conservadas y rotas según métodos normalizados, pero puede hacerse extensivo a cualquier tipo de ensayo, clase de probeta, modo de conservación y edad de concreto, ya que se trata de una definición de tipo estadístico.

Teniendo el sustento teórico necesario se procedió a continuar los ensayos según Montoya-Meseguer-Moran y se extiende el concepto de resistencia característica, para calcular un módulo de elasticidad característica para la resistencia diseñada con la siguiente ecuación:

$$E_{ck} = E_{cm}(1 - 1.64\delta) \quad (19)$$

Dónde: E_{cm} es el módulo de elasticidad medio, S es la desviación estándar y δ el coeficiente de variación de la población de módulos:

$$E_{cm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{ci} \quad (20)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{ci} - E_{cm})^2}{n-1}} \quad (21)$$

$$\delta = \frac{S}{E_{cm}} \quad (22)$$

Cuevas (2005) menciona que se tiene un grado de control de laboratorio, si se obtiene un coeficiente de variación entre 5-6%. De esta manera se puede usar el coeficiente de variación, como una medida de control en la fábrica de probetas de concreto, y debido a que se encuentran en menor a estos porcentajes también se consideran de control de laboratorio.

4.6.2. Módulos de elasticidad experimentales ISLA y YOCARA

En esta tabla se muestra las distintas probetas módulos de elasticidad experimentales obtenidos por cada testigo ensayado.

Tabla 55.

Cantera ISLA Módulos de elasticidades experimentales.

Testigo	Módulo de elasticidad ASTM C-469
N°	Mpa
T-1	13165.43
T-2	13489.76
T-3	13058.55
T-4	13476.20
T-5	13113.19
T-6	12974.47
T-7	12815.27
T-8	14737.13
T-9	13321.60
T-10	13150.74
Media Aritmética	13330.23
Desviación Estándar	537.30
Coefficiente de variación	4.03%
Control	Laboratorio

A continuación se muestran las hojas de cálculo de los resultados de los ensayos, con el cálculo de módulo de elasticidad experimental y el diagrama esfuerzo vs deformación de cada probeta de acuerdo al anexo A.

Tabla 56.

Cantera YOCARA Módulos de elasticidades experimentales.

Testigo	Módulo de elasticidad ASTM C-469
N°	Mpa
T-1	11100.45
T-2	11211.75
T-3	11490.46
T-4	11270.39
T-5	11807.96
T-6	11139.18
T-7	11394.74
T-8	11308.13
T-9	11292.03
T-10	11462.6
Media Aritmética	11347.77
Desviación Estándar	205.85
Coefficiente de variación	1.81%
Control	Laboratorio

A continuación se muestran las hojas de cálculo de los resultados de los ensayos, con el cálculo de módulo de elasticidad experimental y el diagrama esfuerzo vs deformación de cada probeta de acuerdo al anexo B.

4.6.3. Determinación teórica del módulo de elasticidad según la propuesta A.C.I. y RNE

En este capítulo se realizó el cálculo de resistencia promedio y las resistencias características según los autores Montoya, Oscar Padilla y Saliger. De acuerdo a las normativas de ACI-318, RNE y el ACI-363. Se procedió a establecer el valor necesario del módulo de elasticidad estático, según el ACI y el RNE. Este valor fue calculado por Montoya debido al sustento teórico de este y así poder realizar una comparación entre el módulo de elasticidad experimental.

Tabla 57.

Selección de módulo de elasticidad según Montoya cantera ISLA.

Resistencia Característica	Módulo de Elasticidad	Módulo de Elasticidad	
		ACI-318, RNE	ACI-363
Criterios	Mpa	Mpa	Mpa
Resistencia Media	24.46	23244.81	23319.74
Montoya-Meseguer-Moran	23.91	22981.99	23134.09
Oscar Padilla	25.11	23551.64	23536.48
Saliger	18.34	20127.86	21117.98
Módulo de elasticidad teórico		22981.99	23134.09

Tabla 58.

Selección de módulo de elasticidad según Montoya cantera YOCARA.

Resistencia Característica		Módulo de Elasticidad	
		ACI-318, RNE	ACI-363
Autor	Mpa	Mpa	Mpa
Resistencia Media	22.33	22209.68	22588.54
Montoya-Meseguer-Moran	21.13	21604.67	22161.17
Oscar Padilla	23.91	22981.99	23134.09
Saliger	16.74	19229.84	20483.63
Módulo de elasticidad teórico		21604.67	22161.17

4.6.4. Comparación de los módulos de elasticidad experimentales y teóricos.

Vargas, Garzón, Coba & Arequipa (2012) menciona que existe una relación entre el módulo de elasticidad experimental determinado según las recomendaciones de la Norma ASTM C-469 y los módulos de elasticidad teórico según los comités ACI 318 y 363.

$$\%relacion = \frac{E_{astm}}{E_{aci}} * 100$$

Tabla 59.

Comparación del módulo de elasticidad experimental media, con la resistencia característica media utilizando los reglamentos y comités mencionados cantera ISLA.

Resistencia Característica	Módulo de Elasticidad			Relación ASTM-C469	
	ASTMC469	ACI-318,RNE	ACI-363	ACI-318 , RNE	ACI-363
Mpa	Mpa	Mpa	Mpa		
23.91	13330.23	22981.99	23134.09	58.00%	57.62%

Tabla 60.

Comparación del módulo de elasticidad experimental media, con la resistencia característica media utilizando los reglamentos y comités mencionados cantera YOCARA.

Resistencia Característica	Módulo de Elasticidad			Relación ASTM-C469	
	ASTMC469	ACI-318,RNE	ACI-363	ACI-318 , RNE	ACI-363
Mpa	Mpa	Mpa	Mpa		
21.13	11347.77	21604.67	22161.17	52.52%	51.21%

4.6.5. Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad.

Nuestra ecuación para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto será identificada de acuerdo al A.C.I. y al Reglamento Nacional de edificaciones.

Para definirla solo se hizo un despeje de la ecuación ya conocida para determinar dicho factor, valor o constante que necesitamos para obtener la nueva ecuación del módulo de elasticidad del concreto, entonces dicho factor valor o constante se obtuvo de la siguiente formula.

$$E_c = \text{factor} \sqrt{f'c} \quad (23)$$

$$factor = \frac{Ec}{\sqrt{f'c}} \quad (24)$$

Dónde:

- Ec: módulo de elasticidad del concreto, en nuestro caso será el módulo de elasticidad experimental, de 10 ensayos realizados.
- F'c: Resistencia especificada a la compresión del concreto, de acuerdo a la resistencia característica según, Montoya, Oscar padilla y Saliger.

Tabla 61.

Calculo de factor de la ecuación de módulo de elasticidad según Montoya

Cantera	Resistencia Característica	Módulo de Elasticidad Característico	Factor
	Mpa	Mpa	
ISLA	23.91	13330.23	2726.14
YOCARA	21.13	11347.77	2468.66
Factor ISLA adoptado			2730
Factor YOCARA adoptado			2470

Tabla 62.

Calculo de factor de la ecuación de módulo de elasticidad según Oscar Padilla

Cantera	Resistencia Característica	Módulo de Elasticidad Característico	Factor
	Mpa	Mpa	
ISLA	25.11	13330.23	2660.2
YOCARA	23.91	11347.77	2320.71
Factor ISLA adoptado			2665
Factor YOCARA adoptado			2325

Tabla 63.

Calculo de factor de la ecuación de módulo de elasticidad según Saliger

Cantera	Resistencia Característica	Módulo de Elasticidad Característico	Factor
	Mpa	Mpa	
ISLA	18.34	13330.23	3112.71
YOCARA	16.74	11347.77	2773.53
Factor ISLA adoptado			3115
Factor YOCARA adoptado			2775

4.6.6. Ecuación del módulo de elasticidad propuesta.

La nueva ecuación para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto propuesta, fue determinada con la resistencia característica y según Montoya, ya que para determinar el modulo experimental característica se utilizó el mismo concepto estadístico.

La ecuación para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto, cuando se utilice agregados (hormigón) sin selección de tamaños de las canteras aledañas a la ciudad de Juliaca será:

Para la cantera ISLA será de:

$$E_c = 2730\sqrt{f'_c} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 8715\sqrt{f'_c} \text{ Kg/cm}^2$$

Para la cantera YOCARA será de:

$$E_c = 2470\sqrt{f'_c} \text{ Mpa}$$

$$E_c = 7885\sqrt{f'_c} \text{ Kg/cm}^2$$

4.6.7. Comparación de la Resistencia Característica

El cálculo de la resistencia característica es un valor representativo de una serie de resultado de ensayos a compresión simple y la cual se realizó una comparación de los resultados obtenido de ambas canteras.

Tabla 64.

Comparación de resistencias características media.

Criterio	ISLA YOCARA	
	Resistencia Característica	
	Mpa	Mpa
Resistencia Media	24.46	22.33
Montoya-Meseguer-Moran	23.91	21.13
Oscar Padilla	25.11	23.91
Saliger	18.34	16.74

Realizando la comparación vemos que los primero 3 resultados de resistencia característica de Resistencia Media, Montoya y Oscar padilla son casi similares y la de Saliger variada más.

Al realizar la comparación de resistencia representativas de las 10 probetas ensayadas a compresión simple, calculadas bajo el criterio de Montoya, ya que este autor tiene el mejor procesamientos estadístico de los resultados. Para la cantera ISLA se obtuvo una resistencia de 23.91 Mpa y para la cantera YOCARA una resistencia de 21.13 Mpa viendo que la variación de resultados no es muy excesiva sino en un +/-2 Mpa.

4.6.8. Comparación de módulos de elasticidad Experimental

Al realizar a ensayo de compresión simple a 10 probetas de concreto y así según la norma ASTM C-469, Se determinó el módulo de elasticidad, que en la cantera ISLA es de 13330.23 Mpa y la cantera YOCARA es de 11347.77 Mpa estos 2 con el diseño a la compresión simple de 210 kg/cm² realizado, teniendo un porcentaje de 58% y 52% respectivamente a A.C.I. 318 y al Reglamento Nacional de Edificaciones y 57% y 51% respecto a A.C.I. 363.

4.7. Relación entre resultados obtenidos de resistencia máxima y módulo de elasticidad experimental

Con el propósito de generar una relación entre el objetivo general y los objetivos específicos donde se busca tener una relación existente entre la resistencia máxima que adopta cada probeta de concreto y el módulo de elasticidad experimental también de cada probeta de concreto, como variable dependiente es que se toma el módulo de elasticidad, y la resistencia máxima la variable como variable independiente ya que la resistencia máxima depende mucho de la conformación de las propiedades de los agregados, todos estos mencionados en el Capítulo III.

En las siguientes figuras se muestra un diagrama de dispersión, donde la variable dependiente que es el módulo de elasticidad se grafica en el eje de las ordenadas y la variable independiente que es la resistencia máxima se grafica en el eje de las abscisas tanto de la cantera ISLA y YOCARA respectivamente.

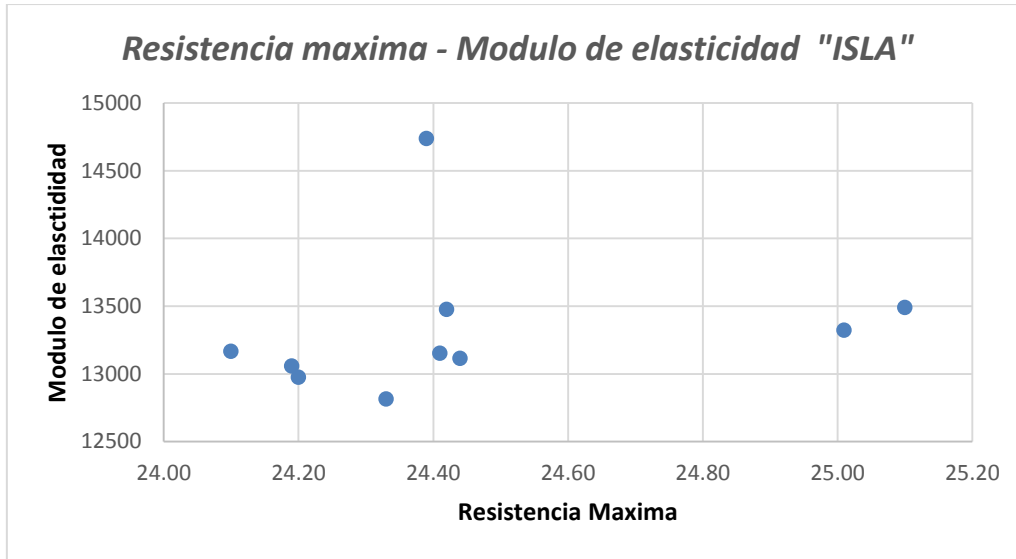


Figura 23. Diagrama de dispersión Resistencia máxima – Modulo de elasticidad cantera ISLA.

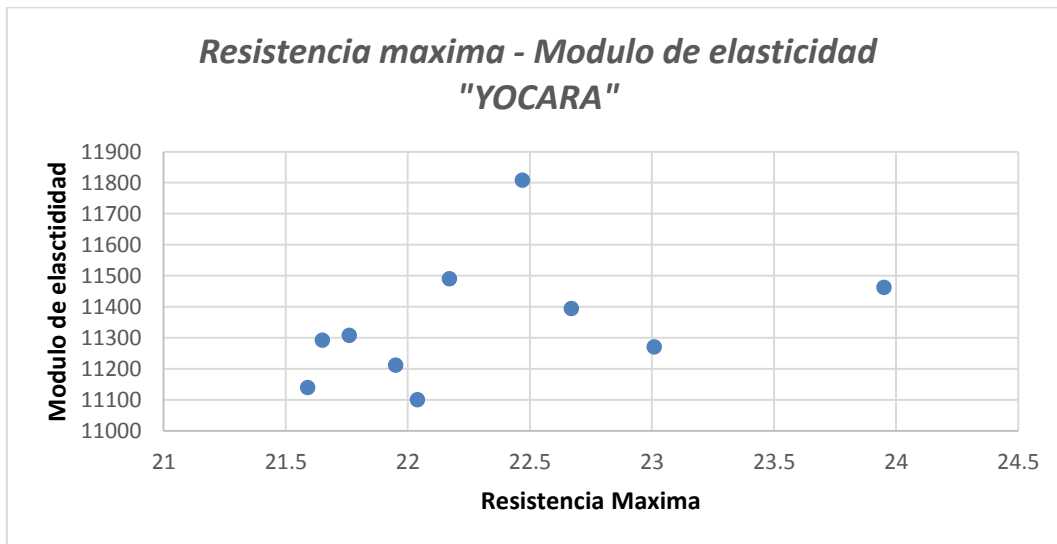


Figura 24. Diagrama de dispersión Resistencia máxima – Modulo de elasticidad cantera YOCARA.

En las 2 figuras de diagrama de dispersión de resistencias máxima – módulo de elasticidad de las canteras ISLA y YOCARA en la que no puede ser establecida una

correlación a simple vista, ya que la correlación existente debe ser dada por una recta o curva de aproximación entre el módulo de elasticidad y la resistencia máxima, para poder determinar el tipo de correlación existente que se ajustara al diagrama de dispersión, que pueden ser de tipo de relación lineal, logarítmico, exponencial o potencial. A continuación se realizara el análisis para cada tipo de relación mencionada, también las ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación r^2 y cada correlación es realizada por el software Microsoft Excel.

Myers S., Myers R., & Walpole R. (1999) mencionan que el coeficiente de determinación muestra es r^2 y que expresa la proporción de la variación total en los valores de variable Y que da una razón o se pueden explicar mediante una relación lineal con los valores de la variable X. de esta manera una correlación de 0.36 significa 0.36. O 36%, de la variación total de los valores de Y en nuestra muestra se explica mediante una relación lineal con los valores de X.

De acuerdo a lo ya mencionado la primera decisión de correlación que se realizo es con el tipo de relación lineal para ambas canteras ISLA y YOCARA respectivamente la cual da un coeficiente de terminación de $r^2=0.034$ ISLA y $r^2=0.1527$ YOCARA entonces podemos decir que la aproximación es de 3.40% para la cantera ISLA y 15.27% para la cantera YOCARA de la variación de los valores aplicando una relación lineal como se observa a continuación:

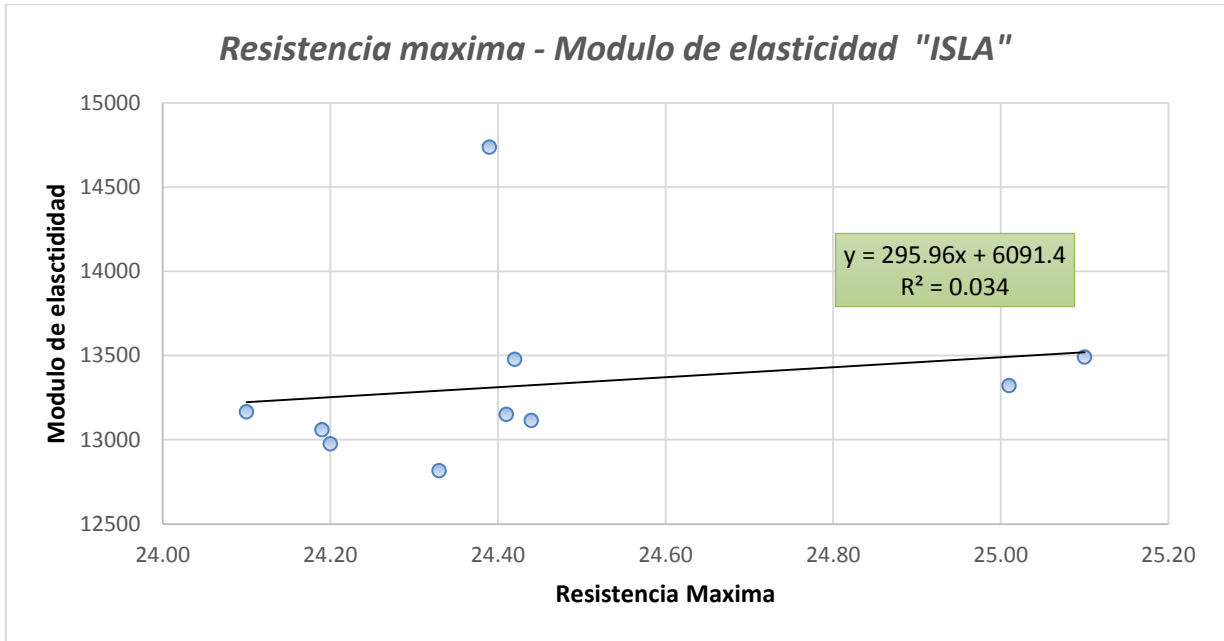


Figura 25. Relación Lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA.

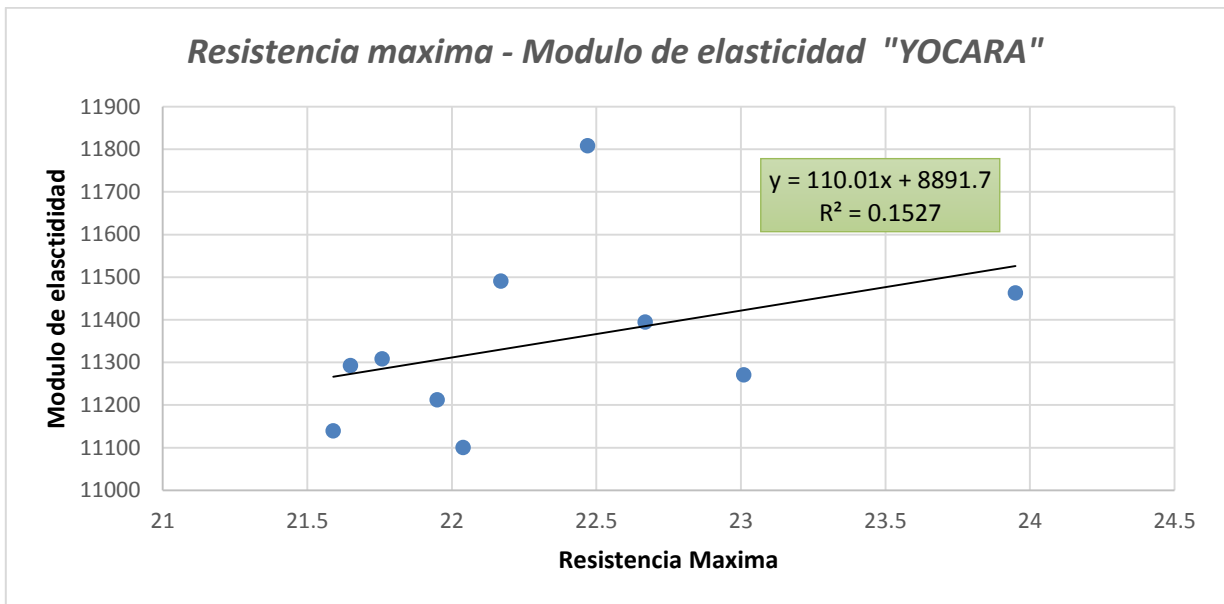


Figura 26. Relación Lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA.

Como se puede observar las figuras de regresión lineal tanto como la cantera ISLA y YOCARA se puede notar a simple vista que el coeficiente de determinación r^2 es muy bajo

por ellos se decidió a la eliminación de los datos más disperso que son la probeta número 8 de la cantera ISLA y la probeta número 5 de la cantera YOCARA y se obtuvo lo siguiente:

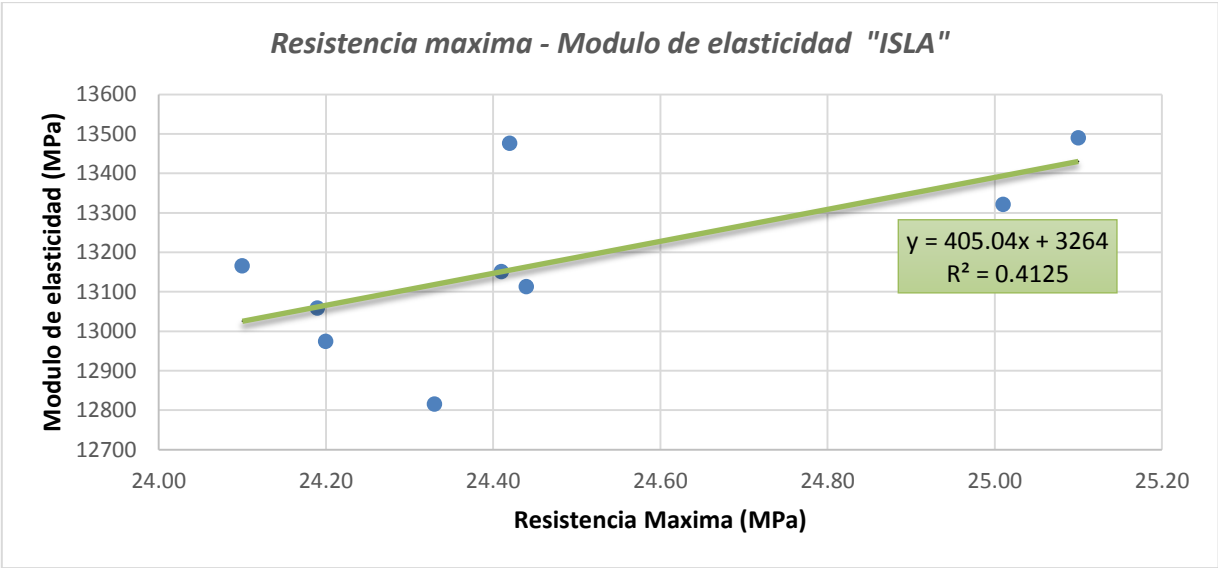


Figura 27. Nueva Relación Lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA.

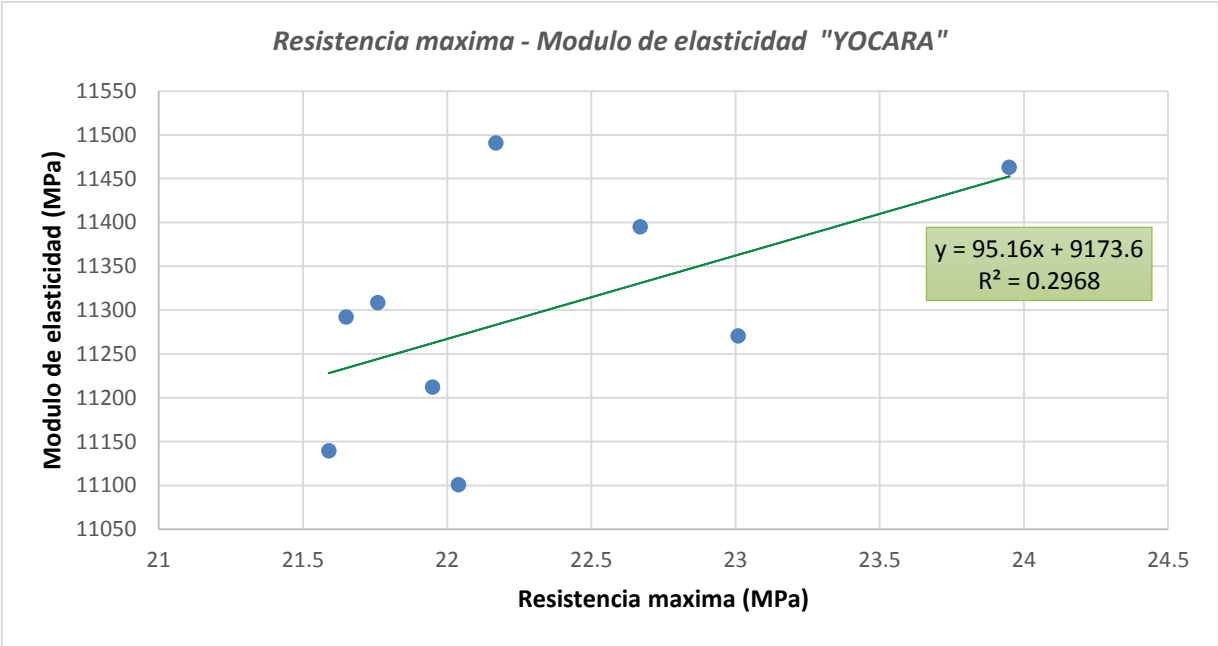


Figura 28. Nueva Relación Lineal resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA.

De acuerdo a la 2 figuras anteriores y a la primera alternativa de correlación que se realizó de tipo de relación lineal para ambas canteras ISLA y YOCARA respectivamente la cual da un coeficiente de terminación de $r^2=0.4125$ ISLA y $r^2=0.2968$ YOCARA entonces podemos decir que la aproximación es de 41.25 % para la cantera ISLA y 29.68 % para la cantera YOCARA.

La segunda decisión se optó por tomar el tipo de relación logarítmico en donde se observa que el coeficiente de determinación de $r^2=0.4121$ ISLA y $r^2=0.2976$ YOCARA entonces decimos que la aproximación es de 41.21% para la cantera ISLA y 29.76% para la cantera YOCARA como se ve en las siguientes figuras:

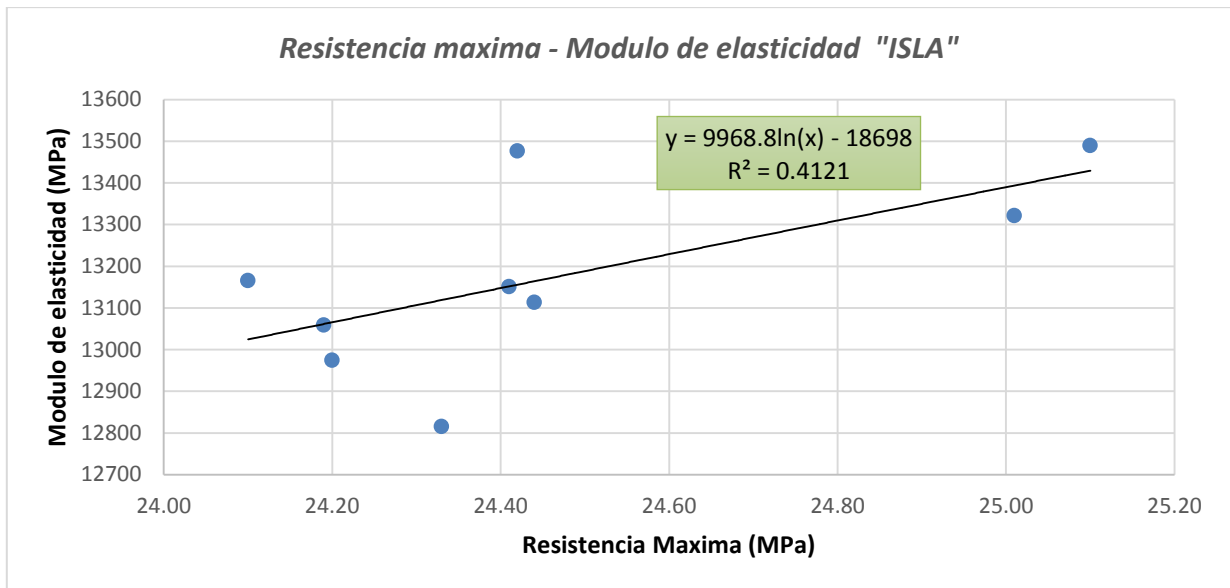


Figura 29. Relación logarítmica resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA.

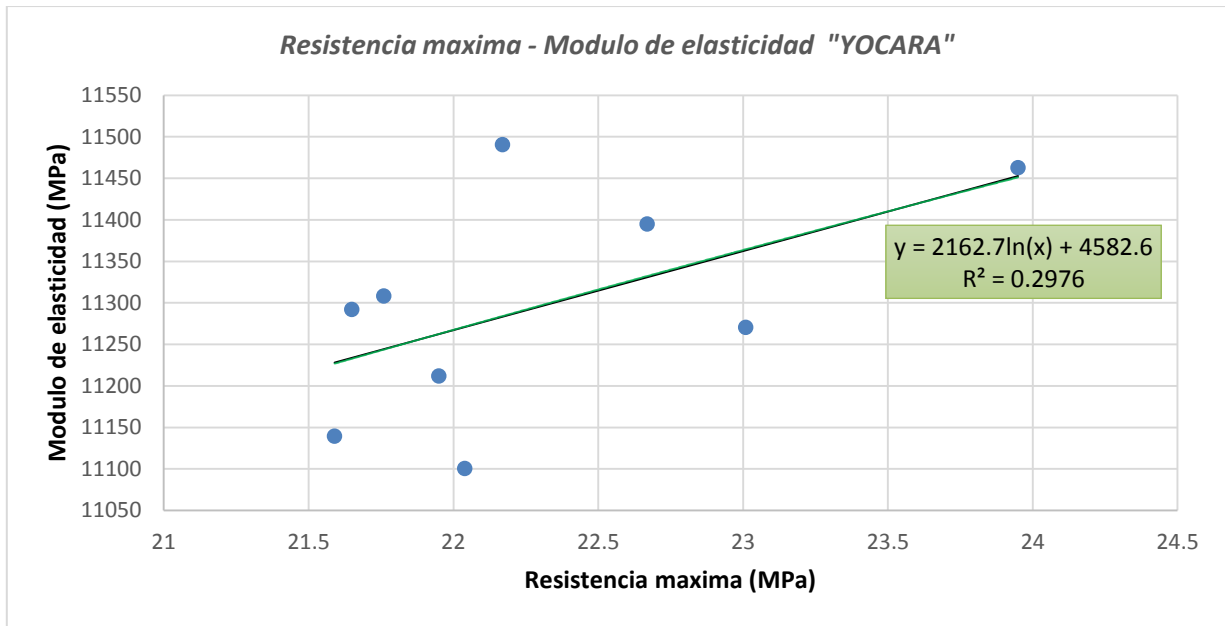


Figura 30. Relación logarítmico resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA.

La tercera decisión se optó por tomar el tipo de relación exponencial en donde se observa que el coeficiente de determinación de $r^2=0.41$ ISLA y $r^2=0.2962$ YOCARA entonces decimos que la aproximación es de 41.00% para la cantera ISLA y 29.62% para la cantera YOCARA como se ve en las siguientes figuras:

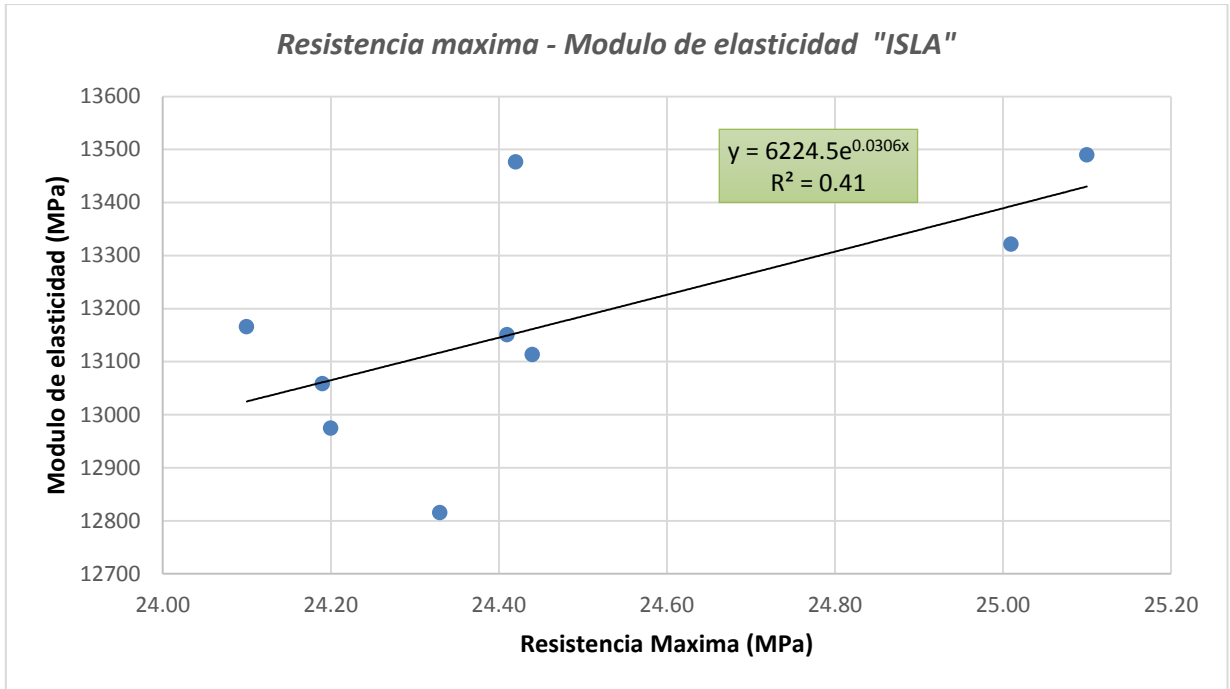


Figura 31. Relación exponencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA.

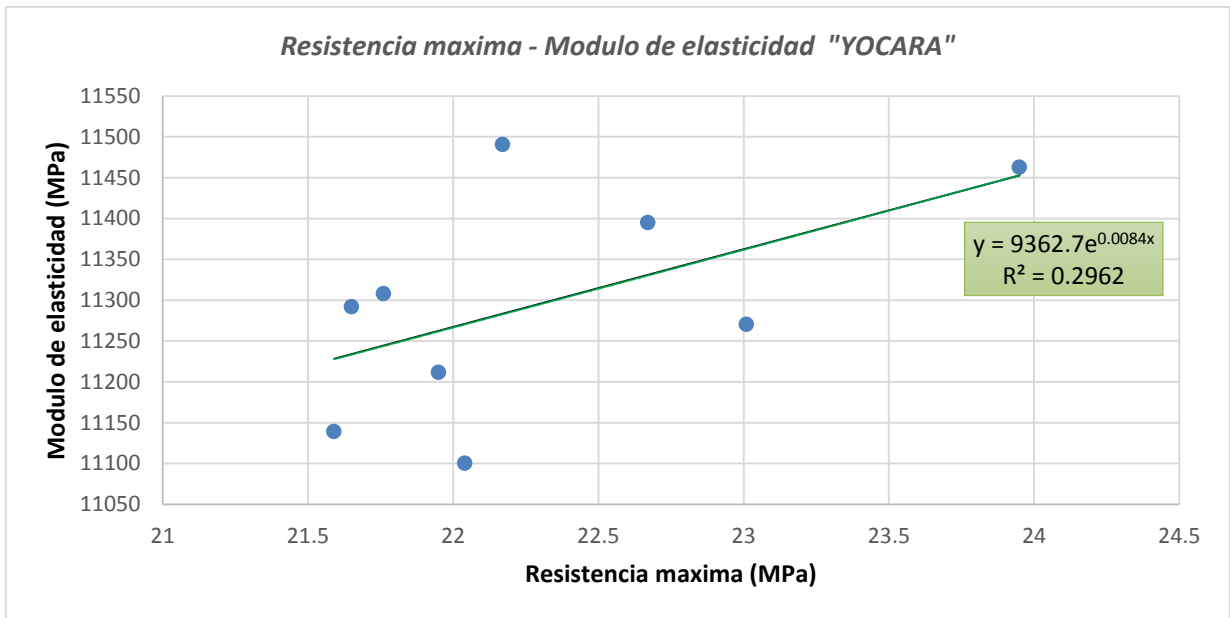


Figura 32. Relación exponencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA.

La cuarta decisión y última se optó por tomar el tipo de relación potencial en donde se observa que el coeficiente de determinación de $r^2=0.4096$ ISLA y $r^2=0.2968$ YOCARA entonces decimos que la aproximación es de 40.96% para la cantera ISLA y 29.68% para la cantera YOCARA como se ve en las siguientes figuras:

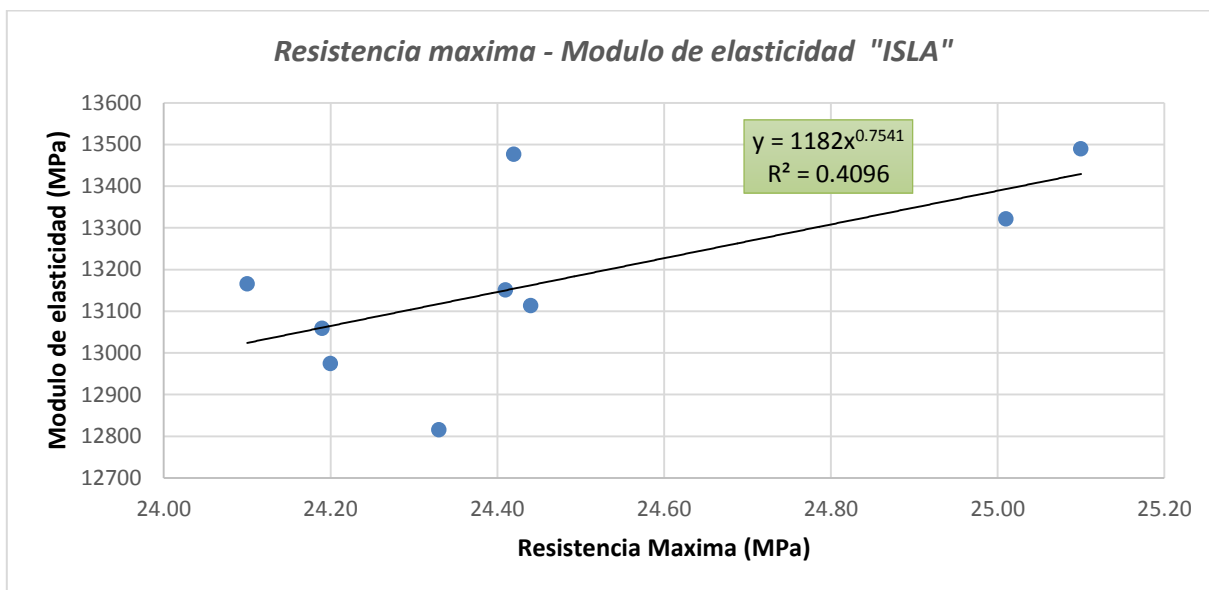


Figura 33. Relación potencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera ISLA.

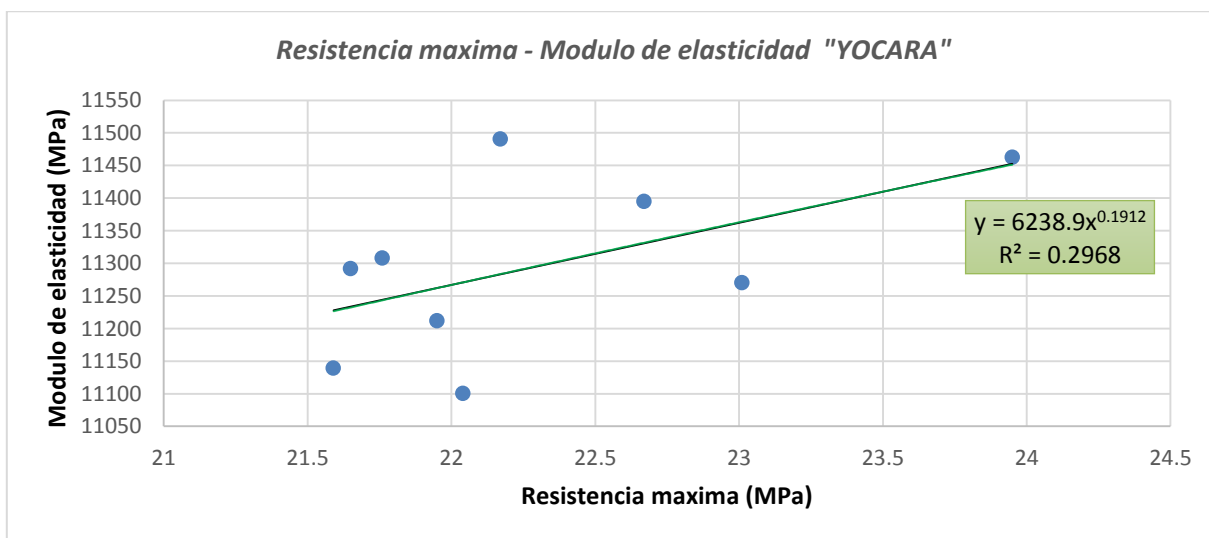


Figura 34. Relación potencial resistencia máxima – módulo de elasticidad cantera YOCARA.

Luego de realizar cada una de las relaciones lineales, logarítmicas, exponenciales y potencias a cada diagrama de dispersión se realizó una tabla de recopilación de ecuaciones y coeficiente de determinación que es la siguiente:

Tabla 65.

Resumen de correlaciones entre la resistencia máxima y el módulo de elasticidad.

Tipo de relación	Cantera	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación
Lineal	ISLA	$Y = 405.04x + 3264$	0.4125
	YOCARA	$Y = 95.16x + 9173.6$	0.2968
Logarítmico	ISLA	$Y = 9968 \ln(x) - 18698$	0.4121
	YOCARA	$Y = 2162.7 \ln(x) + 4582.6$	0.2976
Exponencial	ISLA	$Y = 6224.5e^{0.0306x}$	0.4100
	YOCARA	$Y = 9362.7e^{0.0084x}$	0.2962
Potencial	ISLA	$Y = 1182x^{0.7541}$	0.4096
	YOCARA	$Y = 6238.9x^{0.1912}$	0.2968

Myers S., Myers R., & Walpole R. (1999) menciona que el coeficiente de determinación r^2 puede interpretarse como la acción de la variación total que se aplica por la recta de regresión de mínimos cuadrados, es decir que si la variación total se explica por la recta de regresión $r^2=1$ decimos que hay correlación lineal perfecta y si $r^2=0$ no se puede explicar la variación total, también r^2 se encuentra entre 0 y 1.

Entonces por lo mencionado por Myers S., Myers R., & Walpole R. y la tabla de Resumen de correlaciones entre el módulo de elasticidad y resistencia la máxima podemos decir que los mejores datos de coeficiente de determinación que se aproximan a 1 son los de tipo de relación lineal puesto que esta recta lineal es la que mejor explica la relación que existe entre el módulo de elasticidad y la resistencia máxima entonces:

Para la cantera ISLA

$$Y = 405.04x + 3264 \quad (25)$$

Entonces la variable “Y” representa al módulo de elasticidad del concreto E_c y la variable “X” a la resistencia máxima.

Para la cantera YOCARA

$$Y = 95.16x + 9173.6 \quad (26)$$

Entonces la variable “Y” representa al módulo de elasticidad del concreto E_c y la variable “X” a la resistencia máxima.

4.8. Prueba de hipótesis para la prueba de hipótesis específica

La hipótesis formulada es:

Al realizar un análisis comparativo de los módulos de elasticidad los concretos obtenidos y los propuestos por los comités ACI 318-RNE y ACI 363, se obtendrán valores iguales. Debido a la gran influencia de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA.

4.8.1. La hipótesis nula y la hipótesis alternativa

Se demostrara que no existe una similitud entre las ecuaciones obtenidas y las propuestas por los comités A.C.I y el R.N.E.

Para esto la hipótesis nula H_0 puede ser planteada de la siguiente manera “Existe igualdad entre la ecuación obtenida y la ecuación propuesta por los comités A.C.I. y el R.N.E. debido a la influencia de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA” y la hipótesis alternativa H_a se plantea de la siguiente manera “Diferencia entre la ecuación obtenida y la ecuación propuesta por los comités A.C.I. y el R.N.E. debido a la influencia de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA”

Entonces:

$$H_0: u_1 = u_2$$

$$H_a: u_1 \neq u_2$$

Dónde:

u_1 =Módulo de elasticidad del concreto obtenido en laboratorio.

u_2 =Módulo de elasticidad del concreto de acuerdo al comité A.C.I. y R.N.E.

4.8.2. El estadístico de prueba de bondad de ajuste (Ji o Chi- Cuadrada)

Este dato se determina a partir de los datos de las muestras observadas y se realiza una comparación con las muestras esperadas y respecto a estas muestras se realizara la aceptación de la hipótesis nula o el rechazo de esta y la aceptación de la hipótesis alternativa, el estadístico de prueba de bondad de ajuste Ji o Chi-cuadrada está dada por la siguiente ecuación:

$$X^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (27)$$

Dónde:

X^2 = Ji o chi-cuadrada.

O_i = Frecuencia Observada

E_i = Frecuencia Esperada

A continuación se ve el cálculo de la prueba de bondad de ajuste, que es la variable a probar.

Tabla 67.

Calculo de bondad de ajuste observado vs esperado cantera ISLA y YOCARA.

N°	<i>O_i</i>		<i>E_i</i>		<i>X</i>		<i>X</i>	
	ISLA	Tesis	ACI 318-RNE	Tesis	ACI 363	ACI 318, RNE	ACI 363	
1	24.10	13165.43	23073.12	13165.43	23198.46	4254.40	4339.15	
2	25.10	13489.76	23546.95	13489.76	23533.17	4295.55	4286.29	
3	24.19	13058.55	23116.17	13058.55	23228.87	4375.97	4452.88	
4	24.42	13476.20	23225.80	13476.20	23306.31	4092.63	4146.13	
5	24.44	13113.19	23235.31	13113.19	23313.03	4409.55	4462.60	
6	24.20	12974.47	23120.94	12974.47	23232.24	4452.71	4529.13	
7	24.33	12815.27	23182.96	12815.27	23276.05	4636.55	4701.31	
8	24.39	14737.13	23211.53	14737.13	23296.23	3093.96	3144.64	
9	25.01	13321.60	23504.70	13321.60	23503.32	4411.69	4410.76	
10	24.41	13150.74	23221.04	13150.74	23302.95	4367.20	4422.93	
					Σ	42390.22	42895.83	
						X^2	X^2	
						ACI 318, RNE	ACI 363	

N°	<i>O_i</i>		<i>E_i</i>		<i>X</i>		<i>X</i>	
	YOCARA	Tesis	ACI 318-RNE	Tesis	ACI 363	ACI 318, RNE	ACI 363	
1	22.04	11100.45	22064.99	11100.45	22486.33	5448.50	5765.20	
2	21.95	11211.75	22019.89	11211.75	22454.47	5305.02	5629.11	
3	22.17	11490.46	22129.96	11490.46	22532.23	5115.19	5410.95	
4	23.01	11270.39	22545.31	11270.39	22825.62	5638.59	5849.71	
5	22.47	11807.96	22279.19	11807.96	22637.64	4921.48	5180.84	
6	21.59	11139.18	21838.57	11139.18	22326.39	5241.96	5605.64	
7	22.67	11394.74	22378.12	11394.74	22707.52	5390.74	5635.97	
8	21.76	11308.13	21924.38	11308.13	22387.01	5140.61	5482.71	
9	21.65	11292.03	21868.89	11292.03	22347.81	5115.48	5469.45	
10	23.95	11462.60	23001.21	11462.60	23147.66	5788.37	5898.68	
					Σ	53105.96	55928.27	
						X^2	X^2	
						ACI 318, RNE	ACI 363	

Datos de ji o chi –cuadrada obtenidas para ISLA ACI 318 y RNE $X^2=42390.22$ y ACI 363 $X^2= 42895.83$ y para YOCARA ACI 318 y RNE $X^2=53105.96$ y ACI 363 $X^2= 55928.27$.

4.8.3. Región de rechazo

Esta región de rechazo está conformada por una prueba de hipótesis de una cola debido a que la hipótesis nula puede ser rechazada o aceptada.

Hernández R., Fernández C., & Baptista P. (2010) menciona que el nivel de significancia para materiales de construcción debe ser de $\alpha=0.01$ (1%), debido a estos se escogió un nivel de significancia de 1% para este caso entonces debido a los resultados se obtendrá si la hipótesis nula es aceptada o rechazada y de la misma forma la hipótesis alternativa es rechazada o aceptada.

Mendenhall W., Beaver R., & Beaver B. (2010) también indican que para la estadística estandarizada recibe el nombre de variable ji o chi cuadrada y tiene una distribución de muestreo llamada distribución de probabilidad ji o chi cuadrada, con $n-1$ grados de libertad (df).

Tabla 68.

Valores críticos de Ji o chi-cuadrada.

df	$X^2_{0.0025}$	$X^2_{0.005}$	$X^2_{0.01}$	$X^2_{0.025}$	$X^2_{0.05}$
1	9.1404	7.8794	6.6349	5.0239	3.8415
2	11.9827	10.5965	9.2104	7.3778	5.9915
3	14.3202	12.8381	11.3449	9.3484	7.8147
.
.
.
.
8	23.7742	21.9549	20.0902	17.5345	15.5073
9	25.4625	23.5893	21.6660	19.0228	16.9190
10	27.1119	25.1881	23.2093	20.4832	18.3070
11	28.7291	26.7569	24.7250	21.9200	19.6752
12	30.3182	28.2997	26.2170	23.3367	21.0261

Nota: Adaptado de Mendenhall W., Beaver R., & Beaver B., 2010.

A continuación mediante la gráfica de una cola se podrá definir si la hipótesis nula es aceptada o rechazada y así de la misma manera si la hipótesis alternativa es rechazada o aceptada, el punto o valor crítico el cual divide la región de rechazo y aceptación está establecido de acuerdo a la tabla 68 anterior Valores críticos de Ji o chi-cuadrada, con un nivel de significancia del 1% o $X^2_{0.01}$ y con 9 grados de libertad para ISLA y YOCARA respectivamente.

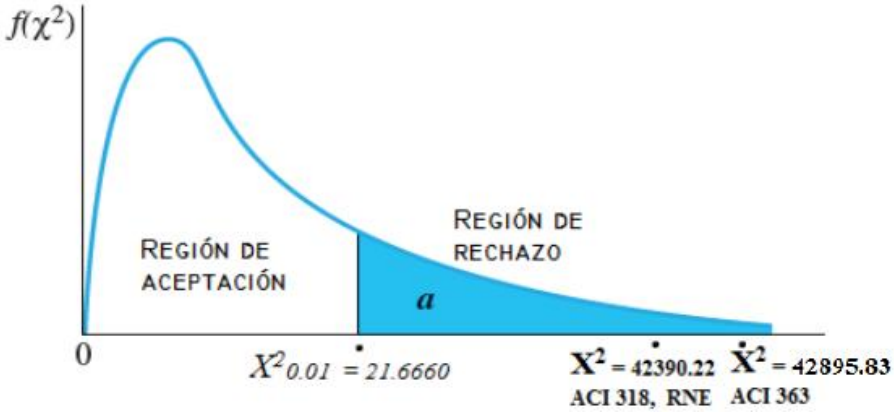


Figura 35. Región de aceptación y región de rechazo de la hipótesis específica de la cantera ISLA.

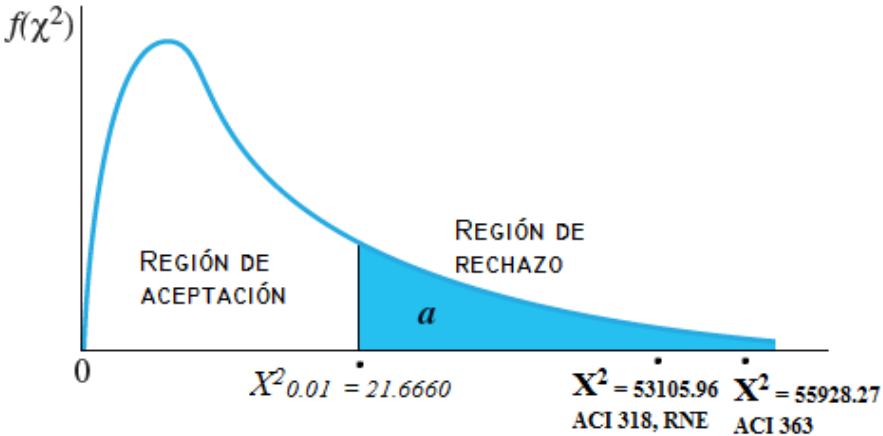


Figura 36. Región de aceptación y región de rechazo de la hipótesis específica de la cantera YOCARA.

4.8.4. Conclusión de hipótesis

En esta parte observando los 2 gráficos anteriores se llegó a la conclusión de como los valores tanto de la cantera ISLA y YOCARA respectivamente los valores estadísticos calculados de prueba son Datos de ji o chi –cuadrada obtenidas para ISLA ACI 318 y RNE $X^2=42390.22$ y ACI 363 $X^2= 42895.83$ y para YOCARA ACI 318 y RNE $X^2=53105.96$ y ACI 363 $X^2= 55928.27$, por lo que estos 4 valores de X^2 caen en la región de rechazo, por lo que cumple la condición para realizar el rechazo de la hipótesis nula.

La decisión final llegada es **rechazar** la hipótesis nula que menciona que “Existe igualdad entre la ecuación obtenida y la ecuación propuesta por los comités A.C.I. y el R.N.E. debido a la influencia de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA” y **aceptar** la hipótesis alternativa que dice “Diferencia entre la ecuación obtenida y la ecuación propuesta por los comités A.C.I. y el R.N.E. debido a la influencia de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA”.

Entonces la conclusión se modifica la hipótesis, afirmando que existe una diferencia entre la ecuación obtenida y la ecuación propuesta por los comités A.C.I. y el R.N.E. debido a la influencia de los agregados de las canteras ISLA y YOCARA, además que es confiable debido a la gran diferencia que existe entre los resultados observados y los resultados esperados.

En las siguiente 2 figuras se verá la diferencia que existe entre los resultados observados y los esperados de ambas canteras tanto ISLA y YOCARA también respecto a los comités ACI 318, RNE y ACI 363.

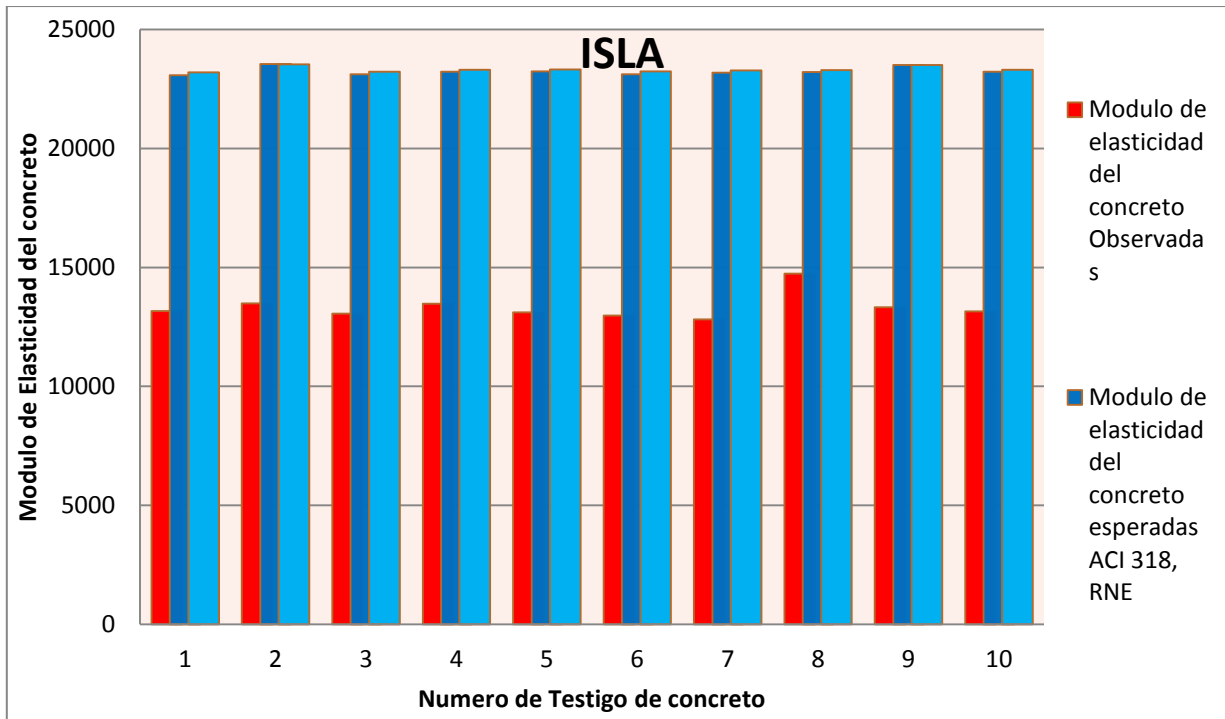


Figura 37. Comparación de resultados observados y resultados esperados de la cantera ISLA.

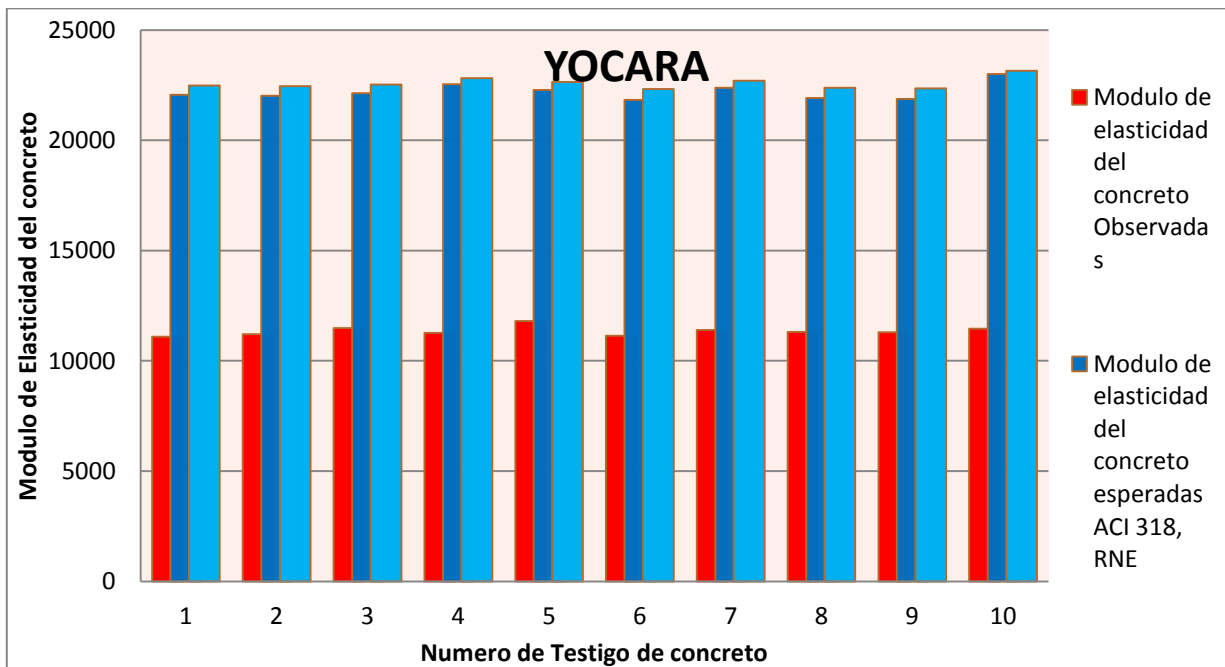


Figura 38. Comparación de resultados observados y resultados esperados de la cantera YOCARA.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La ecuación para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto, en base a la resistencia a la compresión simple respecto a los agregados naturales (hormigón).

Para la cantera ISLA es de:

$$E_c = 2730\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \text{ ó } E_c = 8715\sqrt{f'_c} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Para la cantera YOCARA es de:

$$E_c = 2470\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \text{ ó } E_c = 7885\sqrt{f'_c} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Los agregados tanto de la cantera ISLA y YOCARA respectivamente, que se utilizó en la elaboración de concreto, son materiales provenientes de cauce de ríos es decir son materiales aluviales y fluviales, generando así un depósito de material para la explotación de estas.

La granulometría de agregado grueso tanto para la cantera ISLA y YOCARA respectivamente cumplen los HUSOS mencionados en el marco teórico como son el HUSO 57 para la cantera ISLA y el HUSO 467 para la cantera YOCARA cumpliendo la norma NTP 400.12.

La granulometría de agregado fino para la cantera ISLA y YOCARA respectivamente no se encuentran dentro de los límites propuestos es por estos que los valores del módulo de fineza son de 3.41 ISLA y 3.21 YOCARA no cumpliendo la norma NTP 400.011 que dice que el rango es de 2.3 a 3.1.

El peso unitario suelto del agregado fino tanto para la cantera ISLA y YOCARA respectivamente es de 1.61 y 1.58, la norma NTP 400.017 que indica que el rango es de 1.4 a 1.6 entonces cumple la norma.

El peso unitario compactado del agregado fino tanto para la cantera ISLA y YOCARA respectivamente es de 1.69 y 1.66, la norma NTP 400.017 que indica que el rango es de 1.5 a 1.7 entonces cumple la norma.

El peso unitario suelto del agregado grueso tanto para la cantera ISLA y YOCARA respectivamente es de 1.60 y 1.61, la norma NTP 400.017 que indican que el rango es de 1.5 a 1.6 entonces cumple la norma.

El peso unitario compactado del agregado grueso tanto para la cantera ISLA y YOCARA respectivamente es de 1.70 y 1.74, la norma NTP 400.017 que indican que el rango es de 1.6 a 1.9 entonces cumple la norma.

Los agregados provenientes tanto de la cantera ISLA y YOCARA respectivamente proviene de la trituración de rocas naturales producto del cauce de los ríos y el tiempo de transporte, el porcentaje de pérdida por abrasión es de 17.51% ISLA y 21.78% YOCARA haciendo que la norma NTP 400.019 se cumpla.

La absorción tanto de los agregados fino y gruesos provenientes de la cantera ISLA y YOCARA se encuentre dentro de 1.5% y 2.4% indicando que retiene poca agua, lo cual fue bueno ya que se realizó una buena dosificación del concreto.

Se concluye que en esta investigación se utilizó Cemento Portland IP debido a que es el más comercializado y el peso específico obtenido fue de un valor de 3.00gr/cm^3 .

Los diseños de mezcla realizados para la resistencia a la compresión simple de 210 kg/cm^2 : alcanzaron la máxima resistencia y adecuada a los 28 días para ambas canteras ISLA y YOCARA llegando inclusive a más del 100%, debido a que los cementos adicionados como son el cemento Portland IP con adición de puzolana tienden a ganar su máxima resistencia a los 28 días.

Se obtuvieron resistencias muy bajas a tempranas edades, como el gráfico de esfuerzo vs deformación de la cantera ISLA y YOCARA para luego incrementar la resistencia respecto al tiempo, debido a la calidad de los agregados utilizados en la fabricación de concreto.

La comparación realizada entre los ensayos para la obtención de acuerdo a la resistencia a la compresión simple obtenida y el módulo de elasticidad experimental fueron:

Para la cantera ISLA respecto al ACI 318 – RNE fue un total de un 58.00% respecto a esta fórmula propuesta por dicho comité y dicho reglamento. Y respecto al ACI 363 fue la un 57.62 % de variación respecto a la fórmula propuesta por este comité.

Para la cantera YOCARA respecto al ACI 318 – RNE fue un total de un 52.52% respecto a esta fórmula propuesta por dicho comité y dicho reglamento. Y respecto al ACI 363 fue la un 51.21 % de variación respecto a la fórmula propuesta por este comité.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar la ecuación matemática planteada en esta investigación para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto cuando se utilicen agregados de las canteras ISLA y YOCARA respectivamente ubicados a las cercanías de la Ciudad de Juliaca.

Se recomienda que para los agregados provenientes de la cantera ISLA y la cantera YOCARA, se realice por el método propuesto de American Concrete Institute, ya que los resultados obtenidos con óptimos.

Se recomienda al realizar que al momento de la explotación de las Canteras ISLA y YOCARA, se tenga en cuenta el Tamaño Máximo de estos, ya que varían de acuerdo a la profundidad con que son extraídos y a veces contiene grumos de arcillas.

Se recomienda al momento de explotar estos agregados realizar la explotación definir para el tipo de estructuras que este agregado conforme debido al tamaño máximo nominal de estos y así poder zarandear estos agregados para la elaboración de concreto.

Se recomienda Comprar agregado procesado debido a que el Ministerio del medio ambiente prohíbe la explotación ilegal de las canteras mencionadas.

Se recomienda que la toma del contenido de humedad de los agregados se deba ser tomar 24 horas antes de la fabricación de concreto, ya que este valor influirá mucho al realizar una adecuada corrección por humedad en el diseño de mezclas.

Se recomienda que al momento de construir elementos estructurales en edificaciones con tamaños máximos de 1” y 1 1/2” de pulgada de Tamaño máximo nominal de agregados no

ser habitadas hasta los 28 días o mas debido a que a esta edad alcanza la resistencia necesaria en la que fue diseñada, ya que en los demás días de 7 y 14 días no llego ni a los valores mínimos de estos.

El curado de las probetas de concreto debe ser continuo y sumergido para obtener un crecimiento de la resistencia constante.

En función al resultado obtenido en la investigación, se recomienda utilizar los agregados de la cantera ISLA y YOCARA con tamaños máximos nominales de 1" y 1 1/2" para elementos estructurales pero si para elaboración de pavimentos, y la utilización de esto con menor tamaño máximo nominal para elaboración de elementos estructurales como 3/4" o menos pero con una debida zarandeada.

Referencias

Alvarado Alcaraz, N. de J. (2010). *Influencia de la morfología de pétreos: Volcánicos, Triturados y Cantos Rodados; correlacionando matemáticamente los Módulos de Elasticidad, Estático y Dinámico, en cilindros de concreto de 10cm x 20 cm*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Amaya Valencia, M., & Diaz Acosta, C. (2011). Manual de Guías de laboratorios enfocadas Al Control De Calidad De Materiales Para Las Asignaturas Ingeniería De Materiales Y Tecnología Del Concreto . Universidad de el Salvador.

Arequipa Maldonado, E. R., Coba Santa Maria, W. A., Garzon Chavez, D. F., & Vargas Quishpe, L. A. (2012). Módulo estático de elasticidad del hormigón en base a su resistencia a la compresión simple $F'_c=21\text{MPa}$ y 30MPa . Universidad Central Del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3014/1/T-UCE-0011-123.pdf>

Canciani, J. M., Napoli, S., & Hormigón, T. D. E. L. (2009). Tecnología del hormigón. In A. Carrillo (Ed.), Estructuras II (p. 8).

Gutiérrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Saudi Med J (Segunda Ed, Vol. 2). Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Harmesen, T. E. (2002). Diseño de Estructuras de concreto armado (Primera ed). Perú.

Darwin, D., & Nilson A. (2001). Diseño de Estructuras de concreto (Duodécima ed.). Colombia. ISBN 958-600-953-X.

Hernández R., Fernández C., & Baptista P. (2010). Metodología de la investigación. Metodología de La Investigación (Cuarta ed.). México. ISBN 970-10-5753-8.

Herreria Cisnero, S. E., & Villegas Davila, F. M. (2008). Módulos de elasticidad y curvas de esfuerzo deformación, en base a la compresión del hormigón a 21, 28 ,35 MPA. Escuela Politécnica del Ejército.

Mendoza Alvarez, adolfo, Molina Orantes, E., & Moya Turcios, V. (2004). Determinación de la correlación entre el módulo de elasticidad y el módulo de ruptura para pavimentos de concreto hidráulico con materiales en condiciones locales. Universidad de el Salvador. Retrieved from http://ri.ues.edu.sv/2157/1/Determinaci?n_de_la_correlaci?n_entre_el_m?dulo_de_elasticidad_y_el_m?dulo_de_ruptura_para_pavimentos_de_concreto_hidr?ulico.pdf

- Neville, a. M., & Brooks, J. J. (2010). Concrete Technology. England: Pearson.
- Ottazzi Pasino, G. (2004). Material de Apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del Concreto Armado. Pontifica Universidad Católica Del Perú.
- Pasquel Carbajal, E. (1993). Tópicos de tecnología del concreto en el Perú (Libro 17). Lima.
- Pineda Samayoa, L. de J. (2009). Determinación del Módulo de Elasticidad estático de los concretos premezclados de mayor uso, en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala. Journal of Chemical Information and Modeling. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rivera, G. (2013). Concreto Simple. In Tecnología del concreto (primera ed, p. 256). Cauca: Cauca.
- Rivva, E. (2006). Durabilidad Y Patología Del Concreto. Retrieved from www.asocem.org.pe/bivi/re/dt/cons/durabilidad_patologia.pdf
- Rivva Lopez, E. (2002). Concretos de Alta Resistencia (Primera Ed). Perú: Fondo Editorial ICG.
- Torrado Gomez, L. M. (2009). Determinación de las Ecuaciones del Módulo de elasticidad estático y dinámico del concreto producido en Bucaramanga y su Área metropolitana. Journal of Chemical Information and Modeling. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.
- Cuevas, Oscar M. (2005). Aspectos fundamentales del concreto reforzado (Cuarta Ed.). Mexico: Limusa. ISBN 968-18-6446-8.
- Montoya P., Meseguer A., & Moran F. (2000). Hormigón Armado (Catorceava Ed.). España: Gustavo Gili. ISBN 84-252-1825-X.
- Mendenhall W., Beaver R., & Beaver B. (2010). Introducción a la probabilidad y estadística (treceava Ed.) México: Cengage Learning. ISBN 978-607-481-466-8.
- Murray S. (1975). Teoría y problemas de probabilidad y estadística. (Primera Ed.) México: McGraw Hill.
- Myers S., Myers R., & Walpole R. (1999). Probabilidad y estadística para ingenieros. (Sexta Ed.) México: Pearson. ISBN 970-17-0264-6.

ANEXOS

CANTERA ISLA

ANEXO A.

Certificados de ensayos de esfuerzo vs deformación



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 1	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.10 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 43150.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 151.00 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	ÁREA	: 17907.86 mm ²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	12	40
3	2000	1.09	17	57
4	3000	1.64	32	107
5	4000	2.19	54	180
6	5000	2.74	67	223
7	6000	3.28	78	260
8	7000	3.83	103	343
9	8000	4.38	116	387
10	9000	4.93	124	413
11	10000	5.47	133	443
12	11000	6.02	151	503
13	12000	6.57	164	547
14	13000	7.11	176	587
15	14000	7.66	183	610
16	15000	8.21	194	647
17	16000	8.76	205	683
18	17000	9.30	211	703
19	18000	9.85	243	810
20	19000	10.40	258	860
21	20000	10.94	276	920
22	21000	11.49	301	1003
23	22000	12.04	313	1043
24	23000	12.59	334	1113
25	24000	13.13	356	1187
26	25000	13.68	381	1270
27	26000	14.23	393	1310
28	27000	14.78	403	1343
29	28000	15.32	427	1423
30	29000	15.87	434	1447
31	30000	16.42	443	1477

MÓDULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 13165.43 \text{ Mpa}$$

δ_{max} : 9.64 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.88 Mpa

$\epsilon(0.4 \text{ max})$: 715.58 Mpa

UANCV - FICP
 CAP/INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio M.S.C.A. JEFATURA
 Ing. Wilfredo David Supo Pastor
 Especialista en Geotecnia y Pavimentos
 GIP. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 2	RESISTENCIA MÁXIMA	: 25.10 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 44650.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.50 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17789.46 mm ²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	11	37
3	2000	1.10	18	60
4	3000	1.65	26	87
5	4000	2.20	34	113
6	5000	2.75	59	197
7	6000	3.31	67	223
8	7000	3.86	76	253
9	8000	4.41	101	337
10	9000	4.96	116	387
11	10000	5.51	127	423
12	11000	6.06	136	453
13	12000	6.61	148	493
14	13000	7.16	155	517
15	14000	7.71	161	537
16	15000	8.26	173	577
17	16000	8.81	199	663
18	17000	9.37	208	693
19	18000	9.92	227	757
20	19000	10.47	243	810
21	20000	11.02	258	860
22	21000	11.57	269	897
23	22000	12.12	274	913
24	23000	12.67	301	1003
25	24000	13.22	318	1060
26	25000	13.77	336	1120
27	26000	14.32	340	1133
28	27000	14.87	351	1170
29	28000	15.42	363	1210
30	29000	15.98	387	1290
31	30000	16.53	403	1343

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$E_c = 13489.76 \text{ Mpa}$

δ_{max} : 10.04 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.87 Mpa

$\epsilon(0.4 \text{ max})$: 730.07 Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 3	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.19 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 42470.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.50 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17553.85 mm²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	10	33
3	2000	1.12	15	50
4	3000	1.67	26	87
5	4000	2.23	39	130
6	5000	2.79	57	190
7	6000	3.35	76	253
8	7000	3.91	98	327
9	8000	4.47	103	343
10	9000	5.02	117	390
11	10000	5.58	124	413
12	11000	6.14	138	460
13	12000	6.70	154	513
14	13000	7.26	163	543
15	14000	7.82	177	590
16	15000	8.37	183	610
17	16000	8.93	201	670
18	17000	9.49	209	697
19	18000	10.05	220	733
20	19000	10.61	236	787
21	20000	11.17	245	817
22	21000	11.72	257	857
23	22000	12.28	263	877
24	23000	12.84	273	910
25	24000	13.40	287	957
26	25000	13.96	291	970
27	26000	14.52	303	1010
28	27000	15.07	328	1093
29	28000	15.63	341	1137
30	29000	16.19	350	1167
31	30000	16.75	361	1203

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 9.68 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 1.12 Mpa

$E_c = 13058.55$ Mpa

$\epsilon(0.4 \delta_{max})$: 705.59 Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 4	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.42 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 43160.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.00 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17671.46 mm²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	11	37
3	2000	1.11	18	60
4	3000	1.66	29	97
5	4000	2.22	48	160
6	5000	2.77	75	250
7	6000	3.33	82	273
8	7000	3.88	93	310
9	8000	4.44	108	360
10	9000	4.99	126	420
11	10000	5.55	145	483
12	11000	6.10	163	543
13	12000	6.65	177	590
14	13000	7.21	184	613
15	14000	7.76	198	660
16	15000	8.32	200	667
17	16000	8.87	205	683
18	17000	9.43	210	700
19	18000	9.98	238	793
20	19000	10.54	261	870
21	20000	11.09	284	947
22	21000	11.65	305	1017
23	22000	12.20	323	1077
24	23000	12.76	338	1127
25	24000	13.31	346	1153
26	25000	13.86	368	1227
27	26000	14.42	397	1323
28	27000	14.97	401	1337
29	28000	15.53	418	1393
30	29000	16.08	420	1400
31	30000	16.64	431	1437

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 9.77 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 0.87 Mpa

$E_c = 13476.20$ Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 710.27 Mpa

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Laboratorio M.S.C.A. JEPATURA
 Ing. Wilfredo David Supo priori
 Especialista en Geotecnia y Pavimentos
 CIP. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 5	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.44 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 42780.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.30 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17506.91 mm ²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	11	37
3	2000	1.12	25	83
4	3000	1.68	37	123
5	4000	2.24	56	187
6	5000	2.80	68	227
7	6000	3.36	81	270
8	7000	3.92	96	320
9	8000	4.48	103	343
10	9000	5.04	117	390
11	10000	5.60	124	413
12	11000	6.16	139	463
13	12000	6.72	168	560
14	13000	7.28	177	590
15	14000	7.84	193	643
16	15000	8.40	201	670
17	16000	8.96	209	697
18	17000	9.52	218	727
19	18000	10.08	242	807
20	19000	10.64	273	910
21	20000	11.20	298	993
22	21000	11.76	303	1010
23	22000	12.32	311	1037
24	23000	12.87	338	1127
25	24000	13.43	347	1157
26	25000	13.99	369	1230
27	26000	14.55	388	1293
28	27000	15.11	402	1340
29	28000	15.67	416	1387
30	29000	16.23	449	1497
31	30000	16.79	458	1527

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

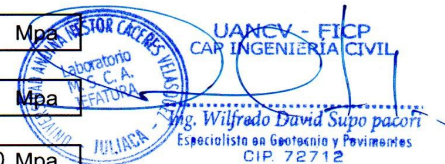
δ_{max} : 9.77 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{csp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 0.72 Mpa

$E_c =$ 13113.19 Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 740.50 Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 6	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.20 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 42090.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 148.80 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17389.85 mm ²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	11	37
3	2000	1.13	38	127
4	3000	1.69	57	190
5	4000	2.25	63	210
6	5000	2.82	85	283
7	6000	3.38	91	303
8	7000	3.94	98	327
9	8000	4.51	103	343
10	9000	5.07	115	383
11	10000	5.64	123	410
12	11000	6.20	146	487
13	12000	6.76	158	527
14	13000	7.33	189	630
15	14000	7.89	197	657
16	15000	8.45	203	677
17	16000	9.02	218	727
18	17000	9.58	223	743
19	18000	10.14	243	810
20	19000	10.71	268	893
21	20000	11.27	271	903
22	21000	11.83	293	977
23	22000	12.40	313	1043
24	23000	12.96	325	1083
25	24000	13.53	339	1130
26	25000	14.09	341	1137
27	26000	14.65	355	1183
28	27000	15.22	364	1213
29	28000	15.78	370	1233
30	29000	16.34	392	1307
31	30000	16.91	405	1350

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{esp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 12974.47 \text{ Mpa}$$

δ_{max} : 9.68 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.65 Mpa

$\epsilon(0.4 \text{ max})$: 746.33 Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 7	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.33 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 43050.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.10 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17695.03 mm²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	11	37
3	2000	1.11	24	80
4	3000	1.66	38	127
5	4000	2.22	56	187
6	5000	2.77	71	237
7	6000	3.32	86	287
8	7000	3.88	106	353
9	8000	4.43	123	410
10	9000	4.98	131	437
11	10000	5.54	143	477
12	11000	6.09	159	530
13	12000	6.65	164	547
14	13000	7.20	177	590
15	14000	7.75	203	677
16	15000	8.31	210	700
17	16000	8.86	218	727
18	17000	9.42	223	743
19	18000	9.97	246	820
20	19000	10.52	264	880
21	20000	11.08	273	910
22	21000	11.63	287	957
23	22000	12.18	306	1020
24	23000	12.74	311	1037
25	24000	13.29	322	1073
26	25000	13.85	347	1157
27	26000	14.40	362	1207
28	27000	14.95	378	1260
29	28000	15.51	393	1310
30	29000	16.06	418	1393
31	30000	16.61	437	1457

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 9.73 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{E_{esp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 0.72 Mpa

$E_c = 12815.27$ Mpa

$E(0.4 \max)$: 752.86 Mpa/mm

UANCV - FICP
 CAP/INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio
 M. S. C. A.
 JEFEATURA
 Ing. Wilfredo David Supo padori
 Especialista en Geotecnia y Pavimentos
 CIP. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 8	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.39 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 43100.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.00 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17671.46 mm ²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	12	40
3	2000	1.11	19	63
4	3000	1.66	27	90
5	4000	2.22	34	113
6	5000	2.77	56	187
7	6000	3.33	68	227
8	7000	3.88	76	253
9	8000	4.44	93	310
10	9000	4.99	107	357
11	10000	5.55	113	377
12	11000	6.10	120	400
13	12000	6.65	128	427
14	13000	7.21	132	440
15	14000	7.76	141	470
16	15000	8.32	159	530
17	16000	8.87	172	573
18	17000	9.43	188	627
19	18000	9.98	198	660
20	19000	10.54	201	670
21	20000	11.09	213	710
22	21000	11.65	226	753
23	22000	12.20	246	820
24	23000	12.76	255	850
25	24000	13.31	263	877
26	25000	13.86	278	927
27	26000	14.42	309	1030
28	27000	14.97	312	1040
29	28000	15.53	330	1100
30	29000	16.08	346	1153
31	30000	16.64	357	1190

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{\max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{\text{esp}}(0.4 \delta_{\max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 14737.13 \text{ Mpa}$$

δ_{\max} : 9.76 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.79 Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 658.23 Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 9	RESISTENCIA MÁXIMA	: 25.01 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 44020.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.70 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17600.84 mm ²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	8	27
3	2000	1.11	19	63
4	3000	1.67	25	83
5	4000	2.23	36	120
6	5000	2.78	43	143
7	6000	3.34	63	210
8	7000	3.90	76	253
9	8000	4.45	84	280
10	9000	5.01	92	307
11	10000	5.57	101	337
12	11000	6.12	111	370
13	12000	6.68	132	440
14	13000	7.24	153	510
15	14000	7.80	163	543
16	15000	8.35	194	647
17	16000	8.91	206	687
18	17000	9.47	213	710
19	18000	10.02	230	767
20	19000	10.58	251	837
21	20000	11.14	263	877
22	21000	11.69	277	923
23	22000	12.25	289	963
24	23000	12.81	300	1000
25	24000	13.36	314	1047
26	25000	13.92	329	1097
27	26000	14.48	343	1143
28	27000	15.03	358	1193
29	28000	15.59	374	1247
30	29000	16.15	391	1303
31	30000	16.70	420	1400

MÓDULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 10.00 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 0.91 Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 732.57 Mpa

$E_c = 13321.60$ Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 10	RESISTENCIA MÁXIMA	: 24.41 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 42800.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 16/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.40 mm
FECHA DE ENSAYO	: 14/12/2016	AREA	: 17530.37 mm ²
CANTERA	: ISLA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	13	43
3	2000	1.12	34	113
4	3000	1.68	55	183
5	4000	2.24	61	203
6	5000	2.80	73	243
7	6000	3.35	84	280
8	7000	3.91	93	310
9	8000	4.47	101	337
10	9000	5.03	113	377
11	10000	5.59	128	427
12	11000	6.15	149	497
13	12000	6.71	154	513
14	13000	7.27	186	620
15	14000	7.83	192	640
16	15000	8.39	201	670
17	16000	8.94	215	717
18	17000	9.50	221	737
19	18000	10.06	246	820
20	19000	10.62	264	880
21	20000	11.18	277	923
22	21000	11.74	295	983
23	22000	12.30	311	1037
24	23000	12.86	328	1093
25	24000	13.42	334	1113
26	25000	13.98	342	1140
27	26000	14.53	359	1197
28	27000	15.09	364	1213
29	28000	15.65	375	1250
30	29000	16.21	380	1267
31	30000	16.77	413	1377

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{esp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$E_c = 13150.74 \text{ Mpa}$

$\delta_{max} : 9.77 \text{ Mpa}$

$\delta(0.00005) : 0.61 \text{ Mpa}$

$\epsilon(0.4 \text{ max}) : 746.06 \text{ Mpa}$



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Wilfredo David Supo pácori
Especialista en Geotecnia y Pavimentación
CIP. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

CANTERA YOCARA

ANEXO B.

Certificados de ensayos de esfuerzo vs deformación



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 1	RESISTENCIA MÁXIMA	: 22.04 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 38950.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.00 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17671.46 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	15	50
3	2000	1.11	36	120
4	3000	1.66	42	140
5	4000	2.22	68	227
6	5000	2.77	74	247
7	6000	3.33	85	283
8	7000	3.88	97	323
9	8000	4.44	109	363
10	9000	4.99	112	373
11	10000	5.55	135	450
12	11000	6.10	157	523
13	12000	6.65	170	567
14	13000	7.21	196	653
15	14000	7.76	214	713
16	15000	8.32	223	743
17	16000	8.87	239	797
18	17000	9.43	246	820
19	18000	9.98	251	837
20	19000	10.54	263	877
21	20000	11.09	278	927
22	21000	11.65	283	943
23	22000	12.20	292	973
24	23000	12.76	304	1013
25	24000	13.31	326	1087
26	25000	13.86	341	1137
27	26000	14.42	367	1223
28	27000	14.97	386	1287
29	28000	15.53	409	1363
30	29000	16.08	426	1420
31	30000	16.64	448	1493

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

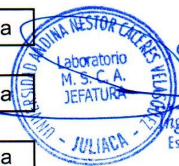
$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$E_c = 11100.45 \text{ Mpa}$

δ_{max} : 8.82 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.55 Mpa

$E(0.4 \text{ max})$: 794.29 Mpa



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. Wilfredo David Supo pascari
Especialista en Geotecnia y Pavimentos
C.I.P. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 2	RESISTENCIA MÁXIMA	: 21.95 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 39050.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.50 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17789.46 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	15	50
3	2000	1.10	26	87
4	3000	1.65	35	117
5	4000	2.20	59	197
6	5000	2.75	72	240
7	6000	3.31	81	270
8	7000	3.86	93	310
9	8000	4.41	106	353
10	9000	4.96	129	430
11	10000	5.51	141	470
12	11000	6.06	152	507
13	12000	6.61	173	577
14	13000	7.16	195	650
15	14000	7.71	206	687
16	15000	8.26	218	727
17	16000	8.81	236	787
18	17000	9.37	249	830
19	18000	9.92	253	843
20	19000	10.47	264	880
21	20000	11.02	278	927
22	21000	11.57	286	953
23	22000	12.12	290	967
24	23000	12.67	305	1017
25	24000	13.22	320	1067
26	25000	13.77	346	1153
27	26000	14.32	368	1227
28	27000	14.87	387	1290
29	28000	15.42	406	1353
30	29000	15.98	423	1410
31	30000	16.53	448	1493

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 11211.75 \text{ Mpa}$$

δ_{max} : 8.78 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.55 Mpa

$\epsilon(0.4 \text{ max})$: 784.01 Mpa



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Wilfredo David Siffo Pacori
Especialista en Geotecnia y Pavimentos
CIP. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 3	RESISTENCIA MÁXIMA	: 22.17 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 39120.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.90 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17647.90 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	8	27
3	2000	1.11	16	53
4	3000	1.67	22	73
5	4000	2.22	53	177
6	5000	2.78	64	213
7	6000	3.33	74	247
8	7000	3.89	86	287
9	8000	4.44	94	313
10	9000	5.00	112	373
11	10000	5.55	137	457
12	11000	6.11	154	513
13	12000	6.66	173	577
14	13000	7.22	194	647
15	14000	7.77	205	683
16	15000	8.33	214	713
17	16000	8.88	220	733
18	17000	9.44	241	803
19	18000	10.00	263	877
20	19000	10.55	281	937
21	20000	11.11	308	1027
22	21000	11.66	321	1070
23	22000	12.22	342	1140
24	23000	12.77	362	1207
25	24000	13.33	386	1287
26	25000	13.88	401	1337
27	26000	14.44	415	1383
28	27000	14.99	423	1410
29	28000	15.55	433	1443
30	29000	16.10	445	1483
31	30000	16.66	459	1530

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 8.87 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{esp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 1.04 Mpa

$E_c = 11490.46$ Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 731.05 Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N° : 5	RESISTENCIA MÁXIMA : 22.47 Mpa
EDAD : 28 DIAS	CARGA DE ROTURA : 39450.00 Kg
MATERIAL : Hormigón	APRECIACIÓN : 0.001 mm
FECHA DE VACIADO : 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO : 149.50 mm
FECHA DE ENSAYO : 15/12/2016	AREA : 17553.85 mm²
CANTERA : YOCARA	NORMA : ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	14	47
3	2000	1.12	25	83
4	3000	1.67	38	127
5	4000	2.23	57	190
6	5000	2.79	78	260
7	6000	3.35	86	287
8	7000	3.91	97	323
9	8000	4.47	105	350
10	9000	5.02	113	377
11	10000	5.58	138	460
12	11000	6.14	159	530
13	12000	6.70	168	560
14	13000	7.26	184	613
15	14000	7.82	193	643
16	15000	8.37	208	693
17	16000	8.93	227	757
18	17000	9.49	236	787
19	18000	10.05	248	827
20	19000	10.61	263	877
21	20000	11.17	283	943
22	21000	11.72	304	1013
23	22000	12.28	315	1050
24	23000	12.84	323	1077
25	24000	13.40	346	1153
26	25000	13.96	354	1180
27	26000	14.52	361	1203
28	27000	15.07	389	1297
29	28000	15.63	405	1350
30	29000	16.19	418	1393
31	30000	16.75	436	1453

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{csp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$E_c =$ 11807.96 Mpa

δ_{max} : 8.99 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.61 Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 759.73 Mpa



UANCV + FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Wilfredo David Suppacori
Especialista en Geotecnia y Pavimentos
G.I.P. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 6	RESISTENCIA MÁXIMA	: 21.59 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 37890.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.50 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17553.85 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	8	27
3	2000	1.12	13	43
4	3000	1.67	23	77
5	4000	2.23	46	153
6	5000	2.79	68	227
7	6000	3.35	83	277
8	7000	3.91	92	307
9	8000	4.47	101	337
10	9000	5.02	117	390
11	10000	5.58	135	450
12	11000	6.14	156	520
13	12000	6.70	179	597
14	13000	7.26	192	640
15	14000	7.82	203	677
16	15000	8.37	215	717
17	16000	8.93	220	733
18	17000	9.49	236	787
19	18000	10.05	249	830
20	19000	10.61	258	860
21	20000	11.17	267	890
22	21000	11.72	273	910
23	22000	12.28	296	987
24	23000	12.84	307	1023
25	24000	13.40	313	1043
26	25000	13.96	325	1083
27	26000	14.52	346	1153
28	27000	15.07	366	1220
29	28000	15.63	389	1297
30	29000	16.19	421	1403
31	30000	16.75	446	1487

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 8.63 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 1.34 Mpa

$E_c = 11139.18$ Mpa

$E(0.4 \max)$: 704.82 Mpa



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Mg. Wilfredo David Saborido
Especialista en Geotecnia y Pavimentos
CIP. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 7	RESISTENCIA MÁXIMA	: 22.67 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 39850.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.60 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17577.34 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	22	73
3	2000	1.12	35	117
4	3000	1.67	41	137
5	4000	2.23	56	187
6	5000	2.79	62	207
7	6000	3.35	76	253
8	7000	3.90	82	273
9	8000	4.46	103	343
10	9000	5.02	124	413
11	10000	5.58	136	453
12	11000	6.13	167	557
13	12000	6.69	192	640
14	13000	7.25	213	710
15	14000	7.81	225	750
16	15000	8.36	231	770
17	16000	8.92	243	810
18	17000	9.48	258	860
19	18000	10.04	265	883
20	19000	10.59	283	943
21	20000	11.15	292	973
22	21000	11.71	307	1023
23	22000	12.27	328	1093
24	23000	12.82	346	1153
25	24000	13.38	368	1227
26	25000	13.94	397	1323
27	26000	14.50	414	1380
28	27000	15.05	426	1420
29	28000	15.61	436	1453
30	29000	16.17	456	1520
31	30000	16.73	468	1560

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{csp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$E_c = 11394.74 \text{ Mpa}$

δ_{max} : 9.07 Mpa

$\delta(0.00005)$: 0.26 Mpa

$\epsilon(0.4 \text{ max})$: 823.27 Mpa



UANCV - FICP
 CAR INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Wilfredo David Suppacori
 Especialista en Geotecnia y Pavimentación
 CIP 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 8	RESISTENCIA MÁXIMA	: 21.76 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 38460.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.00 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17671.46 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	10	33
3	2000	1.11	23	77
4	3000	1.66	34	113
5	4000	2.22	56	187
6	5000	2.77	61	203
7	6000	3.33	76	253
8	7000	3.88	84	280
9	8000	4.44	102	340
10	9000	4.99	113	377
11	10000	5.55	124	413
12	11000	6.10	138	460
13	12000	6.65	156	520
14	13000	7.21	178	593
15	14000	7.76	191	637
16	15000	8.32	213	710
17	16000	8.87	228	760
18	17000	9.43	236	787
19	18000	9.98	258	860
20	19000	10.54	279	930
21	20000	11.09	292	973
22	21000	11.65	305	1017
23	22000	12.20	323	1077
24	23000	12.76	348	1160
25	24000	13.31	356	1187
26	25000	13.86	384	1280
27	26000	14.42	403	1343
28	27000	14.97	428	1427
29	28000	15.53	446	1487
30	29000	16.08	457	1523
31	30000	16.64	461	1537

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 8.71 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{esp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 0.77 Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 751.95 Mpa

$E_c = 11308.13$ Mpa



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 9	RESISTENCIA MÁXIMA	: 21.65 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 38520.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 150.50 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17789.46 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.55	6	20
3	2000	1.10	15	50
4	3000	1.65	23	77
5	4000	2.20	54	180
6	5000	2.75	76	253
7	6000	3.31	82	273
8	7000	3.86	105	350
9	8000	4.41	112	373
10	9000	4.96	127	423
11	10000	5.51	132	440
12	11000	6.06	160	533
13	12000	6.61	174	580
14	13000	7.16	193	643
15	14000	7.71	200	667
16	15000	8.26	211	703
17	16000	8.81	220	733
18	17000	9.37	235	783
19	18000	9.92	259	863
20	19000	10.47	283	943
21	20000	11.02	302	1007
22	21000	11.57	313	1043
23	22000	12.12	348	1160
24	23000	12.67	356	1187
25	24000	13.22	368	1227
26	25000	13.77	391	1303
27	26000	14.32	402	1340
28	27000	14.87	430	1433
29	28000	15.42	445	1483
30	29000	15.98	458	1527
31	30000	16.53	469	1563

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL

δ_{max} : 8.66 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{esp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 1.10 Mpa

$E_c = 11292.03$ Mpa

$\epsilon(0.4 \max)$: 719.46 Mpa



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. Wilfredo David Supo Pacori
Especialista en Geotecnia y Pavimentos
CIP. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ROTURA Y DEFORMACIÓN DE BRIQUETA

TEMA : "DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, ELABORADOS CON LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS ISLA Y YOCARA DE LA CIUDAD DE JULIACA"

SOLICITANTE : BACHILLER. BRAYAN XAVIER VARGAS ALARCÓN

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2016

CILINDRO N°	: 10	RESISTENCIA MÁXIMA	: 23.95 Mpa
EDAD	: 28 DIAS	CARGA DE ROTURA	: 42050.00 Kg
MATERIAL	: Hormigón	APRECIACIÓN	: 0.001 mm
FECHA DE VACIADO	: 17/11/2016	DIAMETRO MEDIDO	: 149.50 mm
FECHA DE ENSAYO	: 15/12/2016	AREA	: 17553.85 mm ²
CANTERA	: YOCARA	NORMA	: ASTM C-469-94

N°	CARGA (kg)	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACIÓN (1mmX10-3)	DEF. ESPECIFICA 1mm/mm x 10-6
1	0	0.00	0	0
2	1000	0.56	12	40
3	2000	1.12	25	83
4	3000	1.67	47	157
5	4000	2.23	58	193
6	5000	2.79	61	203
7	6000	3.35	70	233
8	7000	3.91	82	273
9	8000	4.47	94	313
10	9000	5.02	106	353
11	10000	5.58	129	430
12	11000	6.14	136	453
13	12000	6.70	157	523
14	13000	7.26	179	597
15	14000	7.82	201	670
16	15000	8.37	220	733
17	16000	8.93	235	783
18	17000	9.49	246	820
19	18000	10.05	269	897
20	19000	10.61	287	957
21	20000	11.17	300	1000
22	21000	11.72	328	1093
23	22000	12.28	335	1117
24	23000	12.84	354	1180
25	24000	13.40	367	1223
26	25000	13.96	384	1280
27	26000	14.52	394	1313
28	27000	15.07	420	1400
29	28000	15.63	449	1497
30	29000	16.19	456	1520
31	30000	16.75	473	1577

MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL δ_{max} : 9.58 Mpa

$$E_c = \frac{0.4 \delta_{max} - \delta(0.00005)}{\epsilon_{sp}(0.4 \delta_{max}) - 0.00005}$$

$\delta(0.00005)$: 0.69 Mpa

$E_c = 11462.60$ Mpa $\epsilon(0.4 \max)$: 825.99 Mpa



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Ing. Wilfrado David Supo Pacori
 Especialista en Geotecnia y Pavimentos
 C.I.P. 72712

OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.