

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL
EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y
ENDURECIDO**

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

AUTOR

KATHERINE DEL ROCIO PAREDES CASTRO

ASESOR

CESAR EDUARDO CACHAY LAZO

<https://orcid.org/0000-0002-0547-522X>

Chiclayo, 2022

**INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL MUCÍLAGO
DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN
ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO**

PRESENTADA POR:

KATHERINE DEL ROCIO PAREDES CASTRO

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Ángel Alberto Lorren Palomino

PRESIDENTE

Juan Ignacio Luna Mera

SECRETARIO

Cesar Eduardo Cachay Lazo

VOCAL

Dedicatoria

Dedico mi tesis a mi familia por brindarme su apoyo, por motivarme cada día para cumplir mis objetivos y por estar en cada paso de mi carrera profesional.

Agradecimientos

A Dios, por estar conmigo en cada paso de mi vida y por ayudarme a superar los obstáculos.

A mi madre, mis hermanas y mi sobrino por el apoyo incondicional, que con su amor y fuerzas me ayudaron a salir adelante.

A mi asesor, que gracias a su paciencia y el trabajo en conjunto se culminó el proceso de desarrollo de esta investigación.

Índice

Resumen	24
Abstract	25
I. Introducción	26
II. Marco teórico	27
2.1. Antecedentes del problema	27
2.2. Bases Teórico Científicas	30
2.2.1 Concreto	30
2.2.1.1 Componentes del concreto	30
2.2.1.1.1 Cemento	30
2.2.1.1.2 Agregados	31
2.2.1.1.3 Agua	33
2.2.1.2 Propiedades del concreto en estado fresco	34
2.2.1.2.1 Trabajabilidad	34
2.2.1.2.2 Segregación	34
2.2.1.2.3 Consistencia	34
2.2.1.2.4 Peso unitario	35
2.2.1.2.5 Contenido de aire	35
2.2.1.2.6 Exudación	35
2.2.1.2.7 Tiempo de fraguado	36
2.2.1.2.8 Temperatura	36
2.2.1.3 Propiedades del concreto en estado endurecido	36
2.2.1.3.1 Resistencia a la compresión	36
2.2.1.3.2 Resistencia a la tracción	37
2.2.1.3.3 Resistencia a la flexión	38
2.2.1.3.4 Durabilidad del concreto – Resistencia al desgaste o abrasión	38
2.2.1.3.5 Módulo de elasticidad	40
2.2.1.3.6 Permeabilidad del concreto	41
2.2.2 Nopal	42
2.2.2.1 Origen	42
2.2.2.2 Nopal como recurso natural	43
2.2.2.3 Composición química del Nopal (cladodios)	43

2.2.2.4	Mucilago de nopal.....	44
2.2.2.5	Extracción del mucilago de nopal.....	45
2.2.3	Diseño de mezclas - Método del comité 211 del ACI.....	47
III.	Metodología.....	50
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	50
3.2.	Diseño de investigación.....	51
3.3.	Población, muestra, muestreo.....	51
3.4.	Criterios de selección.....	55
3.5.	Operacionalización de variables.....	59
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
3.6.1.	Técnica.....	61
3.6.2.	Fuentes y programas.....	61
3.7.	Procedimientos.....	61
3.7.1.	Ensayo de los materiales.....	61
3.7.1.1.	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.....	61
3.7.1.2.	Contenido de humedad del agregado fino y grueso.....	66
3.7.1.3.	Peso específico de masa y grado de absorción del agregado fino.....	68
3.7.1.4.	Peso específico de masa y grado de absorción del agregado grueso.....	72
3.7.1.5.	Peso volumétrico suelto del agregado fino y grueso.....	76
3.7.1.6.	Peso volumétrico varillado del agregado fino y grueso.....	78
3.7.2.	Ensayos al mucílago de nopal.....	80
3.7.2.1.	Densidad del mucílago de nopal.....	80
3.7.3.	Ensayos de la calidad de concreto.....	82
3.7.3.1.	Concreto en estado fresco.....	82
3.7.3.1.1.	Asentamiento.....	82
3.7.3.1.2.	Peso unitario del concreto fresco.....	84
3.7.3.1.3.	Contenido de aire del concreto por el método de presión.....	86
3.7.3.1.4.	Métodos de ensayo para determinar la exudación del concreto.....	91
3.7.3.1.5.	Tiempo de fraguado del concreto.....	94

3.7.3.1.6. Temperatura del concreto.	98
3.7.3.2. Concreto en estado endurecido.	99
3.7.3.2.1. Resistencia a la compresión	99
3.7.3.2.2. Resistencia a la tracción.	103
3.7.3.2.3. Resistencia a la flexión	105
3.7.3.2.4. Durabilidad del concreto – Resistencia al desgaste o abrasión.....	109
3.7.3.2.5. Módulo de elasticidad del concreto.	110
3.7.3.2.6. Permeabilidad – Absorción Capilar	115
3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos	120
3.9. Matriz de consistencia.....	122
3.10. Consideraciones éticas	124
IV. Resultados	125
4.1 Ensayo de los materiales	125
4.1.1 Análisis granulométrico	125
4.1.1.1 Análisis Granulométrico del Agregado Fino	125
4.1.1.2 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	128
4.1.2 Contenido de humedad del agregado fino y grueso.....	131
4.1.3 Peso específico y grado de absorción del agregado fino y grueso.....	132
4.1.4 Peso unitario del agregado fino y grueso	133
4.2 Ensayo del mucílago de nopal.	134
4.2.1. Densidad del mucílago de nopal.	134
4.3 Ensayos de la calidad del concreto	135
4.3.1 Concreto en estado fresco	135
4.3.1.1 Asentamiento	135
4.3.1.2 Peso Unitario del Concreto Fresco	135
4.3.1.3 Contenido de aire del concreto	138
4.3.1.4 Exudación del concreto	138
4.3.1.5 Tiempo de fraguado del concreto – Penetración.....	138
4.3.1.6 Temperatura del concreto	142
4.3.2 Concreto en estado endurecido	143

4.3.2.1 Resistencia a la Compresión	143
4.3.2.2 Resistencia a la Tracción	146
4.3.2.3 Resistencia a la Flexión	148
4.3.2.4 Resistencia a la abrasión (desgaste del concreto)	149
4.3.2.5 Módulo de Elasticidad	150
4.3.2.6 Permeabilidad – Absorción capilar	156
V. Discusión.....	169
5.1. Influencia del mucílago de nopal en el concreto en estado fresco.....	169
5.2. Influencia del mucílago de nopal en el concreto en estado endurecido.....	174
5.3. Evaluación económica	183
VI. Conclusiones	187
VII. Recomendaciones.....	190
VIII. Referencias.....	191
IX. Anexos.....	194

Lista de tablas

TABLA I. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$	29
TABLA II. COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND.....	31
TABLA III. REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO.....	32
TABLA IV. REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO..	33
TABLA V. PESOS UNITARIOS DEL CONCRETO.....	35
TABLA VI. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CLADODIOS DE DISTINTAS EDADES (PORCENTAJE MATERIA SECA).....	44
TABLA VII. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL NOPAL (OPUNTIA FICUS-INDICA).....	44
TABLA VIII. ASENTAMIENTOS PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURAS.....	47
TABLA IX. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO.....	48
TABLA X. AGUA EN L/M ³ , PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADO GRUESO	48
TABLA XI. RELACIÓN AGUA/CEMENTO	49
TABLA XII. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO	49
TABLA XIII. NÚMERO DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE ASENTAMIENTO. ..	52
TABLA XIV. NÚMERO DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE PESO UNITARIO. ...	52
TABLA XV. NÚMERO DE MUESTRAS PARA LOS ENSAYOS DE EXUDACIÓN, CONTENIDO DE AIRE Y TIEMPO DE FRAGUADO.....	52
TABLA XVI. NÚMERO DE PROBETAS PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	53
TABLA XVII. NÚMERO DE PROBETAS PARA LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.	54
TABLA XVIII. NÚMERO DE VIGAS PARA LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	54
TABLA XIX. NÚMERO DE PROBETAS PARA LA RESISTENCIA AL DESGASTE.	54
TABLA XX. NÚMERO DE PROBETAS PARA EL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	54
TABLA XXI. NÚMERO DE PROBETAS PARA PERMEABILIDAD - SUCCIÓN CAPILAR.....	54
TABLA XXII. MÉTODO 1 Y 2 PARA LA OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.	56
TABLA XXIII. LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO.....	63

TABLA XXIV. CANTIDAD MÍNIMA DEL AGREGADO GRUESO A ENSAYAR	64
TABLA XXV. LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO	65
TABLA XXVI. TOLERANCIAS PERMITIDAS PARA EL ENSAYO DE LOS TESTIGOS.	100
TABLA XXVII. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	125
TABLA XXVIII. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO	127
TABLA XXIX. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO	128
TABLA XXX. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	130
TABLA XXXI. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO	131
TABLA XXXII. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	131
TABLA XXXIII. PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO	132
TABLA XXXIV. PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS	132
TABLA XXXV. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO	133
TABLA XXXVI. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	134
TABLA XXXVII. DENSIDAD DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.....	134
TABLA XXXVIII. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO	135
TABLA XXXIX. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP.....	136
TABLA XL. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.....	136
TABLA XLI. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.....	137
TABLA XLII. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.....	137

TABLA XLIII. CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO.....	138
TABLA XLIV. EXUDACIÓN DEL CONCRETO.....	138
TABLA XLV. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP	139
TABLA XLVI. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	140
TABLA XLVII. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	141
TABLA XLVIII. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	142
TABLA XLIX. TEMPERATURA DEL CONCRETO	143
TABLA L. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA UN F'c=210 KG/CM2.....	144
TABLA LI. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO	147
TABLA LII. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO	148
TABLA LIII. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (%).....	150
TABLA LIV. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.	151
TABLA LV. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM2) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.....	151
TABLA LVI. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1% MN	152
TABLA LVII. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM2) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1% MN.....	152
TABLA LVIII. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2% MN.	153
TABLA LIX. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM2) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2% MN.....	153
TABLA LX. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3% MN.	154
TABLA LXI. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM2) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3% MN.....	154
TABLA LXII. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PARA TODOS LOS DISEÑOS DE MEZCLAS.	155

TABLA LXIII. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP.	156
TABLA LXIV. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.....	158
TABLA LXV. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.....	159
TABLA LXVI. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1%M.N.....	160
TABLA LXVII. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	161
TABLA LXVIII. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2%M.N.....	163
TABLA LXIX. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	164
TABLA LXX. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3%M.N.....	165
TABLA LXXI. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL CONCRETO ($\text{gr/m}^2 \cdot \text{seg}^{0.5}$).....	168
TABLA LXXII. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LA EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	184
TABLA LXXIII. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO F´C=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP)	184
TABLA LXXIV. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO F´C=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1%M.N.).....	185
TABLA LXXV. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO F´C=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2%M.N.).....	185
TABLA LXXVI. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO F´C=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3%M.N.).....	186

Lista de figuras

Ilustración 1. Prueba radial del cilindro	37
Ilustración 2. Curva genérica de Esfuerzo - Deformación unitaria del concreto	40
Ilustración 3. Pencas de Nopal.	45
Ilustración 4. Pencas de nopal sin espinas y limpias.....	45
Ilustración 5. Corte en trozos del nopal de 1 a 2cm de lado.	46
Ilustración 6. Nopales cortados en trozos.....	46
Ilustración 7. Peso del nopal en trozos	46
Ilustración 8. Proceso de escaldado para obtener el mucílago.	46
Ilustración 9. Colado y obtención del mucílago de nopal.	46
Ilustración 10. Mucílago de nopal obtenido.....	46
Ilustración 11. Gel del nopal extraído - Método 1.	57
Ilustración 12. Gel del nopal extraído - Método 2.	57
Ilustración 13. Mucílago de nopal obtenido por el método 1.....	57
Ilustración 14. Mucílago de nopal obtenido por el método 2.....	57
Ilustración 15. Nopales procedentes de Jesús - Cajamarca.....	58
Ilustración 16. Nopales procedentes de La Compuerta - Chiclayo.	58
Ilustración 17. Peso del agregado fino para la granulometría (500gr).	63
Ilustración 18. Lavado de la muestra para eliminar finos en la malla N° 200.	63
Ilustración 19. Tamices para la granulometría del agregado fino.	63
Ilustración 20. Cuarteo del agregado grueso.	66
Ilustración 21. Pesado del agregado grueso (5kg).....	66
Ilustración 22. Tamices para el análisis granulométrico del agregado grueso.	66
Ilustración 23. Peso del agregado fino para ensayo de contenido de humedad (500gr).	68
Ilustración 24. Peso del agregado grueso para ensayo de contenido de humedad (5kg).	68
Ilustración 25. Peso del agregado fino para el ensayo de peso específico y absorción (500gr).	71

Ilustración 26. Peso del frasco (fiola) para el ensayo del peso específico y absorción del agregado fino.....	71
Ilustración 27. Colocación del agregado fino en la fiola con la ayuda de un embudo.....	71
Ilustración 28. Agitar la fiola para eliminar burbujas de aire.....	71
Ilustración 29. Reposo del agregado fino en la fiola por 24hr.	72
Ilustración 30. Peso de la muestra + fiola + agua.....	72
Ilustración 31. Retiro de la muestra a un recipiente.	72
Ilustración 32. Peso de la muestra secada al horno + recipiente.	72
Ilustración 33. Tamiz N°4 para la retención de la muestra a ensayar.	75
Ilustración 34. Agregado grueso sumergido 24hr en agua.	75
Ilustración 35. Acomodo de la muestra después de ser retirada del agua.	76
Ilustración 36. Secado del agregado grueso a temperatura ambiente.	76
Ilustración 37. Canastilla para que el agregado grueso esté sumergida en el agua.....	76
Ilustración 38. Agregado grueso listo para ser colocada en el horno por 24hr.	76
Ilustración 39. Peso del molde para determinar el peso unitario suelto del agregado fino y grueso.	78
Ilustración 40. Llenado del molde con agregado hasta rebalsar el material.	78
Ilustración 41. Apisonado del agregado 25 veces de manera distribuida.	80
Ilustración 42. Golpeé con el mazo de goma el contorno del molde por 15 veces.	80
Ilustración 43. Peso de la fiola graduada.....	81
Ilustración 44. Peso de la fiola + mucílago de nopal.	81
Ilustración 45. Registro de datos obtenidos en el ensayo - Densidad del Mucílago de Nopal. 82	
Ilustración 46. Chuceado del concreto 25 veces para cada capa.....	83
Ilustración 47. Medición del asentamiento del concreto (SLUMP).....	83
Ilustración 48. Slump de la muestra patrón 2.8".	83
Ilustración 49. Varillado del concreto (25 golpes de forma uniforme).....	85
Ilustración 50. Golpe con el mazo de goma 15 veces en todo el contorno.	85
Ilustración 51. Peso del recipiente de medida más el concreto.	86

Ilustración 52. Medidor de presión Tipo A.	87
Ilustración 53. Medidor de presión Tipo B.	88
Ilustración 54. Mezcla de concreto en el trompo para muestra de ensayo.	89
Ilustración 55. Varillado del concreto (25 golpes de forma uniforme) en el recipiente de medición.	89
Ilustración 56. Golpe con el mazo de goma 15 veces por el contorno del recipiente de medición.	90
Ilustración 57. Ajuste de las abrazaderas (2 a la vez, de diferente dirección).	90
Ilustración 58. Colocación de agua por una de las llaves de purga.	90
Ilustración 59. Pequeños golpes en el medidor para eliminar aire.	90
Ilustración 60. Bombeo de aire a la olla Washington.	90
Ilustración 61. Lectura final del dial - Porcentaje del Contenido de Aire.	90
Ilustración 62. Muestra de concreto en el recipiente cilíndrico.	93
Ilustración 63. Taco de 5cm debajo del recipiente para tener mejor extracción de agua.	93
Ilustración 64. Exudación del concreto.	93
Ilustración 65. Extracción del agua exudada de la muestra de concreto.	93
Ilustración 66. Colocación del agua exudada en la probeta de 100ml.	94
Ilustración 67. Probeta de 100ml contenida con el agua extraída de la muestra de concreto. .	94
Ilustración 68. Toma de la muestra de concreto para el tiempo de fraguado.	96
Ilustración 69. Colocación del concreto en el tamiz N°04.	96
Ilustración 70. Tamizado del concreto a través de la malla N°04.	97
Ilustración 71. Colocación de la muestra ya tamizada en el recipiente.	97
Ilustración 72. Tapado con la franela húmeda para evitar la evaporación de la muestra.	97
Ilustración 73. Extracción del agua generada por la exudación del concreto.	97
Ilustración 74. Colocación de las agujas de penetración en el dispositivo.	97
Ilustración 75. Penetración de la aguja en la muestra.	97
Ilustración 76. Resultado final de la muestra ensayada.	98
Ilustración 77. Temperatura de la muestra de concreto.	99

Ilustración 78. Tipos de falla del ensayo a la compresión.	102
Ilustración 79. Marcación de probetas para poder identificarlas.	102
Ilustración 80. Testigo listo para ser colocado en la compresora.....	102
Ilustración 81. Aplicación de la carga – Resistencia a la Compresión.	103
Ilustración 82. Marcación de las líneas diametrales de los testigos.	105
Ilustración 83. Posición adecuada del testigo para ser ensayado.	105
Ilustración 84. Aplicación de la carga – Resistencia a la Tracción.....	105
Ilustración 85. Falla del testigo en toda su longitudinal.....	105
Ilustración 86. Diagrama de dispositivo para el ensayo a flexión de las vigas.....	106
Ilustración 87. Dispositivo instalado para el ensayo a flexión de las vigas.	108
Ilustración 88. Vista lateral de la viga a ser ensayada.....	108
Ilustración 89. Posición de la viga a ser ensayada - Resistencia a la flexión.....	108
Ilustración 90. Falla de la viga dentro del tercio central.	108
Ilustración 91. Equipo instalado para el ensayo de desgaste del concreto.	110
Ilustración 92. Probeta dispuesta para la Resistencia al desgaste.	110
Ilustración 93. Resultado final del ensayo. Desgaste después de 3 ciclos.	110
Ilustración 94. Probetas ensayadas - Resistencia al desgaste.....	110
Ilustración 95. Diagrama de desplazamientos.....	113
Ilustración 96. Medición del diámetro del testigo.....	114
Ilustración 97. Medición de la altura del testigo.	114
Ilustración 98. Colocación del equipo compresómetro – extensómetro en el testigo.....	114
Ilustración 99. Testigo con el equipo compresómetro – extensómetro listo para ser ensayado.	114
Ilustración 100. Posición del testigo a ser ensayado – Módulo de elasticidad.....	114
Ilustración 101. Obtención de la muestras de ensayo.	116
Ilustración 102. Vista frontal del ensayo de Absorción Capilar - Permeabilidad.....	116
Ilustración 103. Peso de la muestra seca (Referencia: Diseño Ajuste por Slump + 2%M.N).	119

Ilustración 104. Muestras en uno de contenedores.	119
Ilustración 105. Altura del agua 3mm.	119
Ilustración 106. Cubrir las muestras con una tapa no absorbente.	119
Ilustración 107. Retiro de la probeta del contenedor para ser pesada.	119
Ilustración 108. Peso de la probeta a las 120hr (Referencia: Diseño Ajuste por Slump).	119

Lista de gráficos

Gráfico 1. Relación entre el aumento de masa del agua por unidad de área y el tiempo.....	42
Gráfico 2. Capacidad de absorción capilar del concreto.....	117
Gráfico 3. Velocidad de absorción capilar del concreto	118
Gráfico 4. Curva granulométrica del agregado fino – Cantera “Bomboncito” Tres Tomas..	126
Gráfico 5. Curva granulométrica del agregado fino – Cantera “La Victoria” Pátapo.	127
Gráfico 6. Curva granulométrica del agregado grueso – Cantera “La Victoria” Pátapo.	129
Gráfico 7. Curva granulométrica del agregado fino – Cantera “Bomboncito” Tres Tomas..	130
Gráfico 8. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump.	139
Gráfico 9. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 1%M.N.	140
Gráfico 10. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 2%M.N.	141
Gráfico 11. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 3%M.N.	142
Gráfico 12. Resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$ - Diseño de mezclas ajuste por Slump y Diseño de mezclas con (1%, 2% y 3% de Mucílago de Nopal).....	145
Gráfico 13. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump.....	151
Gráfico 14. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump + 1%M.N.	152
Gráfico 15. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump + 2%M.N.	153
Gráfico 16. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump + 3%M.N.	154
Gráfico 17. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump.....	157
Gráfico 18. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump.....	158
Gráfico 19. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 1%M.N.....	159
Gráfico 20. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump + 1%M.N.	161
Gráfico 21. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 2%M.N.....	162

Gráfico 22. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump + 2% M.N.	163
Gráfico 23. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 3% M.N.....	164
Gráfico 24. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump + 3% M.N.	166
Gráfico 25. Curva de la capacidad de absorción capilar del concreto.	167
Gráfico 26. Asentamiento del concreto.....	169
Gráfico 27. Peso unitario de las mezclas del concreto.....	170
Gráfico 28. Contenido de aire de las mezclas de concreto.....	171
Gráfico 29. Exudación del concreto de las mezclas de concreto	171
Gráfico 30. Tiempo de fraguado del concreto - Penetración	172
Gráfico 31. Tiempo de fraguado del concreto.....	173
Gráfico 32. Resistencia a la compresión de las mezclas – 7 días de edad, $f'c=210\text{kg/cm}^2$...	174
Gráfico 33. Resistencia a la compresión de las mezclas - 14 días de edad, $f'c=210\text{kg/cm}^2$.	175
Gráfico 34. Resistencia a la compresión de las mezclas – 28 días de edad, $f'c=210\text{kg/cm}^2$.	176
Gráfico 35. Resistencia a la tracción (%) con respecto al $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y al $f'c$ de cada diseño a los 28 días de edad.	177
Gráfico 36. Resistencia a la tracción del concreto, $f'c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.....	178
Gráfico 37. Resistencia a la Flexión del concreto (%) con respecto al 0.1% $f'c$ de cada diseño a los 28 días y con el M_r para pavimentos.	179
Gráfico 38. Resistencia a la Flexión del concreto, $f'c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.	180
Gráfico 39. Resistencia al desgaste del concreto	181
Gráfico 40. Módulo de elasticidad del concreto	181
Gráfico 41. Velocidad de Absorción Capilar del Concreto.	182

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Resistencia radial del cilindro	38
Ecuación 2. Contenido de humedad del agregado fino y grueso	67
Ecuación 3. Peso específico de masa del agregado fino.	69
Ecuación 4. Peso específico de la masa saturada superficialmente	70
Ecuación 5. Peso específico aparente del agregado fino.....	70
Ecuación 6. Grado de absorción del agregado fino.....	71
Ecuación 7. Peso específico del agregado grueso.	74
Ecuación 8. Peso específico de la masa saturada superficialmente seca del agregado grueso.	74
Ecuación 9. Peso específico aparente del agregado grueso.	75
Ecuación 10. Grado de absorción (%) del agregado grueso.	75
Ecuación 11. Peso unitario suelto seco del agregado fino o grueso.....	77
Ecuación 12. Peso unitario compactado del agregado fino y grueso.	79
Ecuación 13. Densidad del material (kg/cm ³)	81
Ecuación 14. Peso unitario del concreto en estado fresco.....	85
Ecuación 15. Rendimiento del concreto en estado fresco.	85
Ecuación 16. Contenido aparente de aire - Medidor tipo A.....	87
Ecuación 17. Masa del agua contenido en la muestra (gr).....	92
Ecuación 18. Porcentaje de exudación.....	92
Ecuación 19. Resistencia a la Penetración en lb/pulg ² o en MPA.....	96
Ecuación 20. Resistencia a la Compresión del Concreto	101
Ecuación 21. Esfuerzo de tracción indirecta.	104
Ecuación 22. Esfuerzo de tracción con respecto al f'c del concreto.	104
Ecuación 23. Módulo de ruptura si la falla ocurre dentro del tercio central.	107
Ecuación 24. Módulo de ruptura si la falla ocurre fuera del tercio central.	107
Ecuación 25. Porcentaje de desgaste - Resistencia a la Abrasión.....	109
Ecuación 26. Módulo de Elasticidad del concreto.	112

Ecuación 27. Deformación (ϵ)	113
Ecuación 28. Masa por unidad de área (gr/m ²)	117
Ecuación 29. Velocidad de absorción del concreto.....	118

Lista de anexos

ANEXO 1. ESTUDIO DE CANTERAS	194
ANEXO 2. OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.....	198
ANEXO 3. DIA DE LLENADO DE LAS PROBETAS Y VIGAS	200
ANEXO 4. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	201
ANEXO 5. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.	205
ANEXO 6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	217
ANEXO 7. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO.....	218
ANEXO 8. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO.....	219
ANEXO 9. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	220
ANEXO 10. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO	221
ANEXO 11. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	222
ANEXO 12. PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO.....	223
ANEXO 13. PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.	224
ANEXO 14. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO.....	225
ANEXO 15. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS.....	226
ANEXO 16. DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO.....	227
ANEXO 17. DENSIDAD DEL MUCILAGO DEL NOPAL.....	231
ANEXO 18. CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO.....	232
ANEXO 19. EXUDACIÓN DEL CONCRETO.....	233
ANEXO 20. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP	234

ANEXO 21. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	235
ANEXO 22. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	236
ANEXO 23. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	237
ANEXO 24. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA UN F'c=210 KG/CM2.....	238
ANEXO 25. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO	239
ANEXO 26. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO.....	240
ANEXO 27. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (%).....	241
ANEXO 28. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.	242
ANEXO 29. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1% MN	243
ANEXO 30. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2% MN.	244
ANEXO 31. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3% MN.	245
ANEXO 32. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PARA TODOS LOS DISEÑOS DE MEZCLAS	246
ANEXO 33. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP.....	247
ANEXO 34. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP	248
ANEXO 35. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.....	249
ANEXO 36. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N	250
ANEXO 37. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.....	251
ANEXO 38. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	252
ANEXO 39. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.....	253

ANEXO 40. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N	254
ANEXO 41. CURVA DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR DEL CONCRETO	255
ANEXO 42. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL CONCRETO (GR/M ² .SEG ^{0.5})	256

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la influencia del mucílago de nopal en el concreto en sus propiedades en estado fresco y endurecido. Tiene como variable independiente al mucílago de nopal y variable dependiente al comportamiento del concreto en estado fresco, cuyos indicadores son: el asentamiento, peso unitario, contenido de aire, tiempo de fraguado y temperatura del concreto. Y al comportamiento del concreto en estado endurecido cuyos indicadores son: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión, módulo de elasticidad y permeabilidad.

Las muestras para el concreto en estado fresco son 1 muestra por ensayo de laboratorio para cada diseño de mezclas y para el concreto en estado endurecido serán 40 probetas para la resistencia a compresión, 8 probetas para la resistencia a tracción, 8 vigas para la resistencia a flexión, 8 probetas para el módulo de elasticidad, 12 probetas de 15x5cm para la resistencia al desgaste y 12 probetas de 10x5cm para el ensayo de permeabilidad.

Se concluyó que el 2% de mucílago de nopal presenta mejores características en las propiedades del concreto, obteniendo en el asentamiento 3.5", en el peso unitario 2368.15kg/cm³, en el contenido de aire 1.45%, en el tiempo de fraguado 98min; en la resistencia a compresión alcanzó a los 28 días 254.45kg/cm², en la resistencia a la tracción obtuvo 30.4kg/cm², en la resistencia a la flexión alcanzó 34.9kg/cm², en la resistencia al desgaste el 0.026% más que el diseño patrón, en el módulo de elasticidad alcanzó el 268880.94kg/cm² y en permeabilidad obtuvo una velocidad de absorción capilar de 2.368 gr/m².seg^{0.5}.

PALABRAS CLAVE: Mucílago de nopal, concreto en estado fresco, concreto en estado endurecido.

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the influence of nopal mucilage in concrete, its properties in a fresh and hardened state. Its independent variable is the nopal mucilage and the dependent variable is the behavior of the concrete in the fresh state, whose indicators are: settlement, unit weight, air content, setting time and temperature of the concrete. Also the behavior of concrete in hardened state whose indicators are: compressive strength, tensile strength, flexural strength, abrasion resistance, modulus of elasticity and permeability.

The samples for concrete in fresh state are 1 sample per laboratory test for each mixture design and for concrete in hardened state there will be 40 specimens for compressive strength, 8 specimens for tensile strength, 8 beams for tensile strength, 8 specimens for the modulus of elasticity, 12 specimens of 15x5cm for wear resistance and 12 specimens of 10x5cm for the permeability test.

It was concluded that 2% of nopal mucilage has better characteristics in the properties of concrete, obtaining 3.5" in settlement, in unit weight 2368.15kg/cm³, in air content 1.45%, in setting time 98min; in compressive strength it reached 254.45kg/cm² at 28 days, in tensile strength it reached 30.4kg/cm², in flexural strength it reached 34.9kg/cm², in wear resistance 0.026% more than the standard design, in the modulus of elasticity it reached 268880.94kg/cm² and in permeability it obtained a capillary absorption rate of 2.368 gr/m².seg0.5.

Keywords: Nopal mucilage, fresh concrete, hardened concrete.

I. Introducción

Uno de los estudios en el concreto es la adición de materiales que puedan mejorar sus propiedades tanto en estado endurecido como fresco, así evitando el uso de químicos que generan altos costos de producción, es por tal motivo la utilización de componentes naturales que puedan ser útiles en el mejoramiento del concreto y que no afecten en sus propiedades.

La adición de componentes al concreto deberá resistir las condiciones ambientales verificando la calidad de los materiales, el diseño de mezcla que esté acorde a lo establecido y la preparación del concreto puesto que son algunos de los factores que puedan afectar la durabilidad arriesgando el deterioro del concreto.

Existe una variedad de productos industriales que mejoran las propiedades del concreto, pero generan mayores costos en la construcción, por ende, se ve la medida de reducir estos costos utilizando productos naturales que son estudiadas para verificar si existe una mejora en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido; por eso se realizará un análisis de la influencia del mucílago del nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

En el **aspecto ambiental**, Evita la utilización de químicos que podrían contaminar el medio ambiente. Se está dando un valor importante al nopal, al ser estudiado en el mundo de la construcción y observar cómo actúa frente a las propiedades del concreto evitando el uso de materiales industriales que pueden afectar al medio ambiente. Al incorporar el mucílago de nopal permite conseguir un concreto más ecológico, reduciendo el porcentaje de químicos.

En el **aspecto económico**, Disminución de los costos de producción al incorporar agentes naturales y no industriales que generaría un gasto excesivo en agentes químicos. El nopal por ser de origen natural y que crece en abundancia en distintas partes del país como: Ancash, Lima, Moquegua, Ayacucho, Huancavelica, y parte de Cajamarca, se puede aprovechar este recurso natural para incorporarlas en la ingeniería como aporte positivo en las propiedades del concreto, lo cual generaría ingresos en los sitios que se produce el nopal y disminuiría los costos en el concreto por ser un componente natural y no se requiere de procesos costosos para su extracción.

En el **aspecto social**, La población al saber que la planta del nopal está siendo estudiada en diferentes campos, uno de ellos en la ingeniería civil, tendrán ventajas al producir más de esta especie porque las características que posee pueden dar resultados positivos en el concreto, reduciendo el uso de aditivos industriales.

Se plantea la siguiente hipótesis: La incorporación del mucílago del nopal influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Siendo el objetivo general, analizar la influencia del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Objetivos Específicos, realizar un diseño de mezcla óptimo para la elaboración de concreto. Determinar el porcentaje de mucílago de nopal que se incorporará con respecto al peso del cemento. Evaluar la influencia del mucílago de nopal sobre las propiedades del concreto en estado fresco que engloba el asentamiento, el peso unitario, el contenido de aire, la exudación del concreto, el tiempo de fraguado y la temperatura. Analizar la influencia del mucílago de nopal sobre las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión, módulo de elasticidad y permeabilidad.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes del problema

J.C. Ramos Vásquez, “Influencia en las propiedades mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la Adición de Mucílago de Tuna, Chimbote, Ancash – 2017” en la Universidad César Vallejo, Ancash, 2017.

En esta tesis se estudió la influencia que tiene el mucílago de tuna en las propiedades mecánicas del concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$; donde se evaluó la resistencia a compresión, tracción y flexión del diseño de mezclas patrón y las adiciones de 1%, 1.5% y 2% de mucílago de tuna con respecto al peso del cemento (el mucílago utilizado fue en polvo). Tuvo como muestra 72 probetas y 36 vigas, evaluándose cada ensayo a los 7, 14 y 28 días [1].

Llegó a determinar que, el mucílago de tuna logra de manera positiva mejorar las propiedades mecánicas del concreto, alcanzando para el 1% de mucílago la resistencia a compresión de +4.31%, para el 1.5% la resistencia a compresión de +18.05% y para el 2% de

mucílago alcanzó el 25.46% de resistencia. En cuanto a la resistencia a la tracción, obtuvo con el 1% de mucílago un incremento de +8.27%, con el 1.5% de mucílago de tuna alcanzó un +8.40% y con el 2% llegó a +8.68% de resistencia a la tracción. Evaluó también la resistencia a la flexión en donde el mucílago de tuna mejora la resistencia a la flexión; obteniendo que, al incorporar el 1% obtuvo un incremento de +2.51%, con el 1.5% de mucilago alcanzó el +3.29% y con el 2% llegó a tener el +4% de resistencia a la flexión. Hace referencia también que la trabajabilidad aumenta y acelera la resistencia del concreto a los 7 días de curado [1].

Concluyendo en sus resultados que al incorporarle el 2% de mucílago de tuna se obtuvo mejores resultados en la resistencia a compresión, tracción y flexión.

C. J. Primo Cubas, “Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia Ficus – Indica) en la resistencia a compresión del concreto”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2014.

La siguiente investigación consiste en el efecto que produce el extracto de tuna en la resistencia a compresión del concreto; teniendo como muestra de estudio a 36 probetas con adiciones de 1%, 3% y 5% de paleta de tuna. Determinando que al adicionar el 1% de extracto de paleta de tuna el concreto aumenta en un 21% en resistencia a la compresión, pero cuando se analiza con el 3% y 5% el concreto no llega alcanzar la resistencia a los 28 días obteniendo una disminución del 10% y 38% repectivamente; por lo que concluye que a medida que se incorpora mayor porcentaje de extracto de paleta de tuna la resistencia a compresión disminuye [2].

T. Y. Vera Mostacero, “Resistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal”. Universidad San Pedro, Cajamarca, 2018.

En esta investigación se analizó la influencia que tiene el nopal (el mucílago utilizado fue en ceniza) en la resistencia a compresión de un concreto 210kg/cm^2 . Teniendo 18 muestras entre el concreto patrón y el concreto con adición, evaluadas a los 7, 14 y 28 días de edad. Obteniendo como resultados que, el concreto con adición no llegó a alcanzar los porcentajes de resistencia evaluados en dichos días [3]. En la tabla siguiente se muestra la resistencia a la compresión del diseño patrón y de las probetas con la sustitución del cemento en 15% de tuna:

TABLA I. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F´C=210KG/CM2.

Días de curado	Resistencia de concreto con sustitución de cemento ceniza de tuna o nopal	
	Patrón	15%
7	205,99	122,38
14	227,49	141,97
28	257,97	145,93

Fuente [3]

S. Ramírez Arellanes, P.F de J.Cano Barrita, F. Julian Caballero y C. Gómez Yánez, “Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural”. Instituto Politécnico Nacional de Oaxaca, vol 62, pp. 307, 327-341. 2012.

En el siguiente artículo se evaluó el efecto del mucílago de nopal en los tiempos de fraguado, hidratación y absorción capilar de agua en el concreto, donde las relaciones de mucílago/cemento y agua/cemento fueron 0.3, 0.45 y 0.60 con una concentración del 3% sustituyendo el agua de la mezcla. Obteniendo en sus resultados que el mucílago de nopal retarda los tiempos de fraguado, reduce la fluidez y retarda la hidratación del cemento; en cuanto a la absorción capilar, las muestras que contenían mucílago de nopal disminuyen la absorción; en donde, la relación m/c=0.45 presentó que el mucílago de nopal hizo al concreto menos permeable en comparación a los especímenes de referencia [4].

S. Ramírez Arellanes, “Propiedades mecánicas y microestructura de concreto conteniendo mucílago de nopal como aditivo natural” en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, 2008.

Este trabajo estudia la influencia que tiene el mucílago de nopal en la microestructura de pastas de cemento, así como la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del concreto para la relación agua/cemento y mucílago/cemento de 0.3, 0.45 y 0.60. También se realizaron análisis de difracción de rayos X donde se identificó las fases mineralógicas producidas por la hidratación del cemento y se observó la influencia que tiene el mucílago de nopal en la hidratación [5].

La muestra de estudio fue de 180 probetas en total para la resistencia a compresión y módulo de elasticidad. En donde se observó que la relación m/c de 0.45 y 0.60 desarrolló una

menor resistencia a la compresión y módulo de elasticidad que aquellas muestras que solo contenían agua. Mientras que, con la relación m/c de 0.3 aumenta la resistencia a compresión y módulo de elasticidad [5].

2.2. Bases Teórico Científicas

2.2.1 Concreto

Según [6] el concreto es la mezcla de cemento, agregados (fino y grueso), aire y agua en proporciones adecuadas para lograr resultados satisfactorios. Los porcentajes que abarca cada elemento son el 60 a 70% de agregados, el 1 a 3% de aire, el 15 a 22% de agua y el cemento entre el 7 y 15%. Donde [7] denota al concreto inicialmente como una estructura plástica y moldeable y que posteriormente pierde esa característica adquiriendo una consistencia rígida, y sólida; esto hace que sea un material ideal para la construcción.

En el concreto, la pasta es la mezcla del cemento y el agua que une a los agregados para formar una masa rígida; esto se da cuando el cemento entra en contacto con el agua produciendo una reacción química, obteniendo el endurecimiento del concreto. La calidad del concreto depende de los materiales que se emplean en su fabricación así como también del buen proceso de mezclado; en donde, la pasta de cemento cubre todas las partículas de los agregados y los espacios que existen entre estas generando un concreto adecuadamente confeccionado [8].

2.2.1.1 Componentes del concreto

2.2.1.1.1 Cemento

Según [7] el cemento es un aglomerante hidrófilo a consecuencia de la calcinación de las rocas calizas, areniscas y arcillas que son molidas para obtener un polvo muy fino. Los principales componentes químicos de las materias primas son: Óxido de Calcio – CaO (Rocas Calizas), Óxido de Sílice - SiO₂ (Areniscas), Óxido de Aluminio – Al₂O₃ (Arcillas); donde estos 5 componentes químicos componen el 95% del cemento y el Óxido de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeso componen solo el 5%.

Para el proceso de fabricación del cemento se inicia con la explotación de canteras para obtener las materias primas que inicialmente pasan por un chancado primario, reduciendo la materia prima a 5" y luego se pasa a un chancado secundario reduciendo el tamaño a 3/4" para posteriormente someterla a molienda convirtiéndolas en polvo; se dosifican dependiendo al tipo

de cemento que se desea obtener para luego ser introducidas al horno a temperaturas máximas entre 1250 y 1900°C. Finalmente cuando se produce la fusión de alrededor de 20% y 30% de la carga en la zona de mayor temperatura, la cal, el sílice y la alúmina se combinan formándose nódulos de varios tamaños de color negro donde al enfriarse son duros y relucientes, llamados Clinker. Para obtener ya el cemento, el Clinker se muele con yeso (en pequeñas cantidades) y el tamaño de las partículas pasan por el tamiz N°200 [7].

Composición del Cemento portland, se obtiene después de la formación del Clinker y la molienda final:

TABLA II. COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND

Tabla 1.1 Compuestos principales del cemento portland		
Nombre del compuesto	Composición de óxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrita tetracálcica	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente [9]

Entre los tipos de cementos se tiene [7]:

- Tipo I: Es el cemento para uso general.
- Tipo II: Es el cemento de moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Se recomienda su uso en estructuras expuestas a ambientes agresivos.
- Tipo III: Llega a tener la resistencia rápida y tiene un elevado calor de hidratación. Se recomienda su uso en climas fríos.
- Tipo IV: Tiene bajo calor de hidratación y se usa en concretos masivos.
- Tipo V: Cuenta con alta resistencia a los sulfatos. Se recomienda su uso en ambientes altamente agresivos.

2.2.1.1.2 Agregados

Los agregados para el concreto ocupan entre el 60 y 70% del volumen total del concreto; estos influyen en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido [8]. Los agregados para el concreto son el agregado fino y agregado grueso.

- Agregado fino: Es aquel agregado proveniente de la arena natural, donde sus partículas son menores a 5mm (0.2") [8].

En el Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060. El agregado fino es la arena natural o manufacturada donde debe estar libre de materia orgánica u otras sustancias que pueden ser dañinas para el agregado.

Según [10] el agregado fino para el concreto es aquel que pasa al 100% por el tamiz 9.5mm (3/8") y se retiene en el tamiz N°200.

TABLA III. REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO

TAMIZ STANDARD	PORCENTAJE QUE PASA
9.52mm (3/8")	100 a 100
4.75mm (N°4)	95 a 100
2.36mm (N°8)	80 a 100
1.18mm (N°16)	50 a 85
0.60mm (N°30)	25 a 60
0.30mm (N°50)	10 a 30
0.15mm (N°100)	2 a 10

Fuente [10]

- Agregado grueso: Es aquel agregado que consiste en una o en la combinación de piedras trituradas o gravas, donde sus partículas son mayores que 5mm (0.2") y generalmente se encuentran entre 9.5mm (3/8") y 37.5mm (1/2") [8].

En el Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060. El agregado grueso está constituido por la grava natural o triturada que esté libre de materias orgánicas, que sean resistentes y de textura rugosa.

Según [10] el agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la siguiente tabla:

TABLA IV. REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO

N° ASTM	Tamaño nominal	% que pasa por los tamices normalizados												
		100mm (4")	90mm (3 ½")	75mm (3")	63mm (2 ½")	50mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25.0mm (1")	19.0mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (¾")	4.75mm (N° 4)	2.36mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)
1	90 a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25.0mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19.0 mm (1 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	25.0 a 9.5 mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8)						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5		
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19.0 a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19.0 a 4.75 mm (¾" a N° 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm (½" a N° 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm (¾" a N° 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente [10]

Las características físicas de los agregados:

- Contenido de Humedad: Es la cantidad de agua superficial retenida en las partículas de los agregados y contribuye en el incremento de agua de la mezcla del concreto [7].
- Peso específico: Según [7] el peso específico es la división del peso de las partículas del agregado entre el volumen sin considerar los vacíos y [8] nos muestra que para la mayoría de los agregados naturales el peso específico está comprendido entre 2400 a 2900kg/m³.
- Absorción: Es la capacidad de los agregados de llenar los vacíos al interior de las partículas con agua. Este fenómeno se produce por capilaridad pero no se llega a llenar completamente los poros porque siempre habrá aire atrapado [7].
- Peso unitario: Para [7] es la división del peso del agregado entre el volumen total incluyendo los vacíos y debe estar comprendidos entre 1200 a 1750 kg/m³.

2.2.1.1.3 Agua

El agua que se utiliza para la mezcla de concreto debe ser agua natural potable y que no presente un fuerte sabor u olor [8].

Para [7] el agua de la mezcla debe de cumplir 3 funciones: 1. El agua debe reaccionar con el cemento para hidratarlo, 2. Debe de contribuir en la trabajabilidad del concreto y 3. Procurar la estructura de vacíos necesarios en la pasta.

Según [8] el exceso de impurezas en el agua puede afectar en el tiempo de fraguado como en las resistencias del concreto, así como también puede causar eflorescencias, corrosión en el acero y disminución en la durabilidad del concreto.

2.2.1.2 Propiedades del concreto en estado fresco

2.2.1.2.1 Trabajabilidad

Se define a la trabajabilidad como la característica que da al concreto la facilidad de poder ser mezclado, transportado y colocado de una manera correcta en las estructuras con menor trabajo y buen resultado de homogeneidad [6].

Según [8] existen factores que afectan a la trabajabilidad como el tiempo en que el concreto es transportado, las características de los materiales, la consistencia del concreto, la cantidad de agua colocada, la temperatura (del concreto y ambiental) y el aire incorporado.

2.2.1.2.2 Segregación

La segregación es la separación del agregado grueso con el mortero cuando se generan fuerzas que pueden separar los materiales del concreto aun cuando está en estado fresco. Algunas causas pueden ser cuando la gravedad específica del agregado grueso difiere significativamente al del agregado fino o cuando el tamaño máximo del agregado grueso es grande en relación con las dimensiones de donde será colocado el concreto [6].

Según [9] hay 2 formas de segregación en el concreto, la primera es cuando el agregado grueso llega a separarse porque tiende a moverse o a asentarse más que el agregado fino y la segunda forma ocurre en mezclas demasiado húmedas cuando se separa la lechada de la mezcla.

2.2.1.2.3 Consistencia

La consistencia es la propiedad del concreto que se identifica por la fluidez de la mezcla debido a la humedad que tenga ésta, es decir que cuanto mayor humedad tenga el concreto mejor será la colocación [6].

2.2.1.2.4 Peso unitario

Según [6] el peso unitario es el peso del concreto varillado de una muestra, expresada en kg/cm³. Se define también como la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica.

Peso unitario según el tipo de concreto:

TABLA V. PESOS UNITARIOS DEL CONCRETO

Tipo de concreto	Peso Unitario (kg/cm ³)
Ligero	400 – 2000
Normal	2000 – 2500
Pesado	2500 – 5600

Fuente [11]

2.2.1.2.5 Contenido de aire

El contenido de aire se localiza en los poros no saturables del agregado y las burbujas que se generan entre los componentes del concreto en el proceso de mezclado. El contenido de aire en el concreto está entre el 1 y 2% del volumen de la mezcla, pero para aquellos concretos con aire incorporado los porcentajes de contenido de aire están entre el 4 y el 8% [12].

2.2.1.2.6 Exudación

La exudación del concreto se da cuando parte del agua de la mezcla asciende a la superficie del concreto; es una propiedad que inevitablemente se produce en el concreto, pero es importante que sea evaluada y observada para evitar efectos negativos [7].

La exudación está influenciada por las proporciones y características de los materiales. Si es excesiva la cantidad de agua exudada es necesario revisar la granulometría y angularidad del agregado fino [6].

Según [12] si no se controla la exudación del concreto puede traer consecuencias como el debilitamiento de la parte superior del concreto haciendo que sea menos resistente a la abrasión y a ataques agresivos; además, si la evaporación del agua en el concreto es más rápido que la exudación se pueden producir fisuras en el concreto.

2.2.1.2.7 Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado es aquel tiempo que demora el concreto en pasar del estado fresco (plástico) al estado endurecido. Se inicia a contabilizar el tiempo al instante en que el cemento y el agua entran en contacto en el proceso de mezclado.

Según [12] los aditivos pueden influenciar en el tiempo de fraguado del concreto, si se le agrega al concreto un aditivo retardante hará que el concreto demore en endurecer; pero, si se le incorpora un aditivo acelerante, el tiempo de fraguado será más rápido.

2.2.1.2.8 Temperatura

Es necesario la verificación de la temperatura del concreto porque es la que controla las reacciones químicas que se producen en la mezcla, por ende modifica las propiedades del concreto en ambos estados [12]. Por ello se debe tener presente la temperatura de la mezcla puesto que puede tener efecto positivo o negativo en el concreto.

2.2.1.3 Propiedades del concreto en estado endurecido

2.2.1.3.1 Resistencia a la compresión

Según [8] la resistencia a la compresión es la medida máxima que puede llegar a resistir las muestras de concreto cuando se le aplica una carga axial; esta resistencia se expresa en kg/cm^2 , en MPa o lb/pul^2 y son sometidas en diferentes edades del concreto; en donde, a los 7 días de edad el concreto debe tener aproximadamente el 75% de resistencia que se alcanza a los 28 días. Cuando el concreto tiene 56 y 90 días el porcentaje de resistencia es mayor que la resistencia a los 28 días, un aproximado del 10 y 15%.

La resistencia del concreto depende principalmente de la relación agua/cemento. El curado también es un factor que ayuda a complementar el proceso de hidratación del concreto donde se puede desarrollar las características resistentes [7].

Los concretos para uso general tienen resistencias a la compresión entre 200 y 400kg/cm^2 , pero aquellos concretos que son utilizados en puentes especiales o edificios altos pueden llegar alcanzar resistencias entre 700 y 1400kg/cm^2 [8].

La determinación de la resistencia se realiza a través de ensayos, cuyas probetas de concreto son cilindros de 150mm de diámetro y 300mm de altura o 100mm de diámetro y 200mm de altura [8].

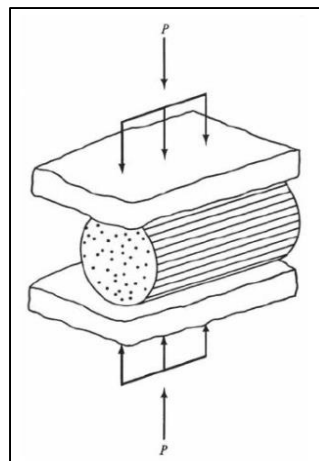
2.2.1.3.2 Resistencia a la tracción

Según [13] la resistencia a la tracción directa del concreto varía entre el 8 y 15% de la resistencia a compresión; una de las razones principales por las cuales la resistencia es baja es que, el concreto posee unas pequeñas grietas finas que tienen poca importancia cuando están sometidas a resistencias de compresión porque éstas se cierran y permite la transmisión de compresión en el concreto, lo que no sucede cuando se está evaluando para las cargas a tracción ya que estas grietas ocasionan la falla del concreto.

La resistencia de tracción no varía en proporción directa a la resistencia última de compresión del concreto, sino que varía aproximadamente en proporción a la raíz cuadrada del f'_c , pero es difícil que sean medidas bajo cargas axiales directas de tensión debido a los problemas que se tienen en el agarre de las probetas de prueba y otras dificultades que impiden tener un resultado acertado; es por eso que, se utilizan métodos para determinar la resistencia a la tracción del concreto [13].

Una de las pruebas para determinar la resistencia a la tracción es la prueba radial, que consiste en colocar el cilindro acostado en la máquina compresora para aplicar una carga de compresión uniforme a lo largo de la longitudinal de la probeta, como se muestra en la Ilustración 1 [13].

Ilustración 1. Prueba radial del cilindro



Fuente [13]

Cuando el concreto llega a su resistencia se producirá una falla en la mitad de toda la longitudinal y se encontrará la resistencia radial del cilindro utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Resistencia radial del cilindro

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD}$$

Fuente [13]

Donde P es la fuerza máxima de compresión, L es la longitud de la probeta y D el diámetro.

2.2.1.3.3 Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión puede ser una medida indirecta de la resistencia a la tracción puesto que, otro método para encontrar la resistencia a la tracción es determinando el módulo de rotura en vigas; pero lo que hace que no se recomiende encontrar la resistencia a tracción con este método es que el esfuerzo determinado no es muy exacto porque la fórmula que se emplea es para flexión; es por eso que se recomienda utilizar el método de prueba radial o tracción indirecta.

En tal sentido la resistencia a flexión se evalúa en vigas simplemente apoyadas, siguiendo el método especificado en la NTP 339.078, donde dependiendo del tipo de falla de la viga se calcula el módulo de rotura (Mpa o Kg/cm²), estos valores se utiliza en el diseño de pavimentos o en losas.

La resistencia a la flexión es aproximadamente el 10% de la resistencia a compresión del concreto, los resultados que se obtienen en el ensayo se compara con el 10% f'c para verificar que el diseño del concreto pueda resistir a flexión.

2.2.1.3.4 Durabilidad del concreto – Resistencia al desgaste o abrasión

Así como la resistencia del concreto es fundamental, la durabilidad también es parte imprescindible del concreto; es por eso que se realiza el estudio de durabilidad del concreto para evaluar en este caso la resistencia al desgaste. Pues bien para [9] los factores que afectan la durabilidad del concreto son aquellos factores externos o de causas internas dentro del concreto mismo. La abrasión, erosión, cavitación e impacto son daños mecánicos mientras que,

el ataque de iones agresivos, gases naturales o industriales son ataques externos que perjudican al concreto.

Según [8] la resistencia a compresión está relacionada con la resistencia a la abrasión; puesto que, la resistencia a compresión depende de la relación a/c (agua/cemento) y del curado, a menor relación a/c mayor es la resistencia. El tipo de agregado y el acabado superficial tienen gran influencia en la resistencia a la abrasión. Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas son las estructuras que están expuestas al desgaste.

Para [9] la resistencia a la abrasión del concreto es difícil de valorar ya que depende de las causas por las cuales el concreto ha sufrido daños y ningún procedimiento de prueba es satisfactorio para evaluar todas las condiciones.

También [9] presenta algunos factores que influyen en la resistencia a la abrasión:

- La resistencia a la compresión del concreto es el principal factor que controla la resistencia a la abrasión, si un concreto tiene altas resistencias a la compresión, la resistencia a la abrasión también será alta, por ejemplo si se aumenta la resistencia de compresión de 50 MPa a 100 MPa, la resistencia a la abrasión aumenta en un 50%.
- El proceso de acabado en la parte superficial del concreto también es un factor para la resistencia a la abrasión, si se tiene un buen acabado no perjudicará al concreto cuando está expuesta al desgaste.
- El curado es parte importante para alcanzar buena resistencia a la abrasión.

Algunas recomendaciones para el control de la abrasión según [14] :

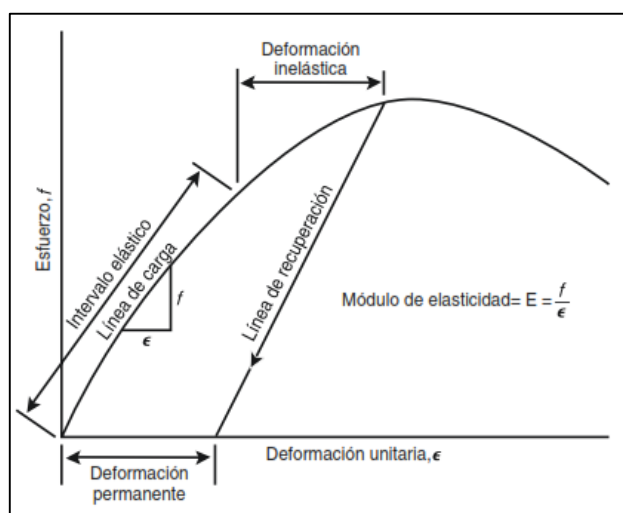
- La superficie expuesta debe tener como mínimo una resistencia a compresión de 280kg/cm² para que la durabilidad de la estructura sea mayor; para esa resistencia la relación agua/cemento es menor.
- Parte fundamental del concreto es el acabado superficial, si se impide la exudación del concreto hará que la capa superficial se debilite, por eso es recomendable dejar que el concreto elimine por completo el agua exudada para realizar los trabajos de acabados.
- Muchas veces se observa que se espolvorea cemento en el concreto fresco sin que este haya exudado por lo que no es recomendable hacerlo; pero, si se realiza después de la exudación del concreto, el efecto que se genera es beneficioso ya que se reduce la relación agua/cemento e incrementa la resistencia.

Existen diferentes normas para evaluar la resistencia a la abrasión, cada una de ellas utiliza diferentes procedimientos pero se enfocan en el mismo objetivo. La norma ASTM C 418 (Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión del concreto por pulido con chorro de arena), la norma ASTM C779 (Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión de superficies horizontales de hormigón), la norma ASTM C1138 (Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión del hormigón (método subacuático)) y la norma ASTM C944 (Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión de superficies de concreto o mortero mediante el método de cortador giratorio), esta última norma es la que utilizaremos en la investigación.

2.2.1.3.5 Módulo de elasticidad

Para [8] el módulo de elasticidad, es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria del concreto en el rango elástico y se denota por la letra E. Esto se produce en el rango elástico de la curva esfuerzo – deformación (Ilustración 2). El módulo de elasticidad de densidad normal del concreto esta entre 140,000 a 420,000 kg/cm² que dependen de la resistencia a compresión y el tipo de agregados.

Ilustración 2. Curva genérica de Esfuerzo - Deformación unitaria del concreto



Fuente [8]

El módulo de elasticidad en concretos con agregados cuya densidad es normal y su resistencia a la compresión está entre 210 y 360kg/cm², se puede estimar el módulo de elasticidad como 15000 veces la raíz cuadrada del $f'c$ (kg/cm²). Para concretos estructurales ligeros el módulo de elasticidad está entre 70,000 y 180,000kg/cm² [8].

2.2.1.3.6 Permeabilidad del concreto

El estudio de permeabilidad es parte de la durabilidad del concreto. Para [8] la durabilidad es la habilidad que tiene el concreto al resistir el deterioro causado por el medio ambiente o a las condiciones en donde se sitúa el concreto.

La permeabilidad del concreto es la velocidad por la cual ingresan los fluidos por medio de la capilaridad a través del sistema de poros.

Existen 3 fluidos que pueden ingresar en el concreto: el agua (pura o que lleva iones agresivos), el dióxido de carbono y el oxígeno; ingresan al concreto a través de los poros y pueden moverse de maneras diferentes a través del concreto, entonces, cuando esto sucede el concreto es permeable [9].

Los poros influyen en la permeabilidad de manera significativa, se encuentran dentro del volumen de la pasta endurecida o en la zona de interfaz entre la pasta y los agregados; esta a su vez ocupa desde un tercio hasta medio volumen total del cemento endurecido. Los poros importantes en la permeabilidad son aquellos con diámetro de 120 o 160nm, estos poros son continuos, pero también existen poros que no son efectivos como aquellos discontinuos, los que contienen agua absorbida y los que presentan una entrada angosta [9].

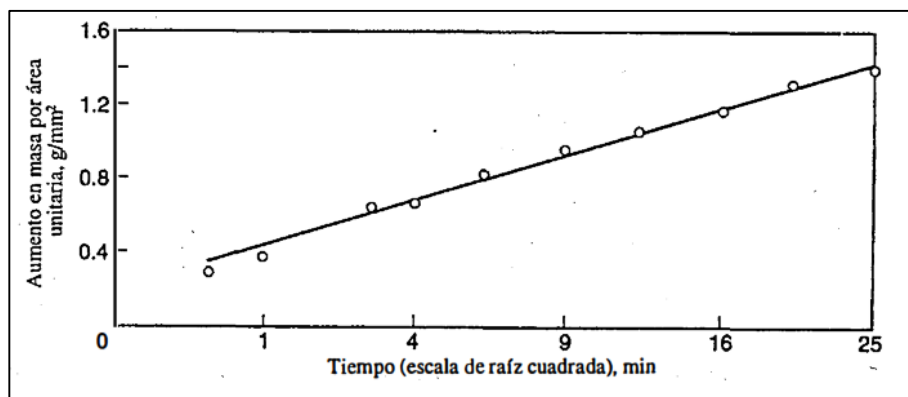
Los agregados también tienen poros pero no contribuyen en la permeabilidad porque estos son envueltos por la pasta de cemento.

Un punto importante de [9] es la diferencia entre porosidad y permeabilidad. La porosidad se expresa en porcentaje y es el volumen total del concreto que es ocupado por los poros; entonces, si la porosidad es alta y los poros están interconectados van a contribuir con el transporte de líquidos en el concreto y por ende hacen que la permeabilidad sea alta. Y cuando los poros son discontinuos la permeabilidad es baja, aun si la porosidad es elevada.

La absorción capilar para [9] es el resultado del movimiento capilar cuando los poros están abiertos al medio ambiente, la absorción capilar ocurre cuando el concreto está parcialmente seco, para aquellos concretos que están completamente secos o saturados no hay absorción capilar. La absorción capilar se puede medir con el aumento de masa del concreto cuando se sumerge en agua hasta tener una masa constante

La capacidad de absorción del agua es una prueba que determina la velocidad o rapidez en la que una muestra de concreto absorbe el agua por capilaridad, estas muestras descansan en pequeños soportes y el agua debe tener una altura entre 2 a 5mm. El registro de los datos se hace durante un periodo de tiempo [9]

Gráfico 1. Relación entre el aumento de masa del agua por unidad de área y el tiempo



Fuente [9]

Se puede reducir la permeabilidad en el concreto cuando la relación agua/cemento es más baja.

2.2.2 Nopal

2.2.2.1 Origen

Los nopales para [15] son originarios de América tropical y subtropical, pero también se han difundido por África, Asia Europa y Oceanía; los nopales se encuentran hoy en día en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivadas. El nopal pertenece a la familia Cactácea, donde su nombre científico es *Opuntia* que fue asignado por Tournefort en 1700 por su semejanza con una planta espinosa que crecía en el poblado de Opus en Grecia.

Los países que presenta mayor distribución del nopal son: Canadá, Chile, Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, México, Perú, Venezuela, América central y el Caribe. También se puede encontrar en países como: Australia, India, Grecia, Italia, Turquía, Francia, Egipto, Argelia, Marruecos, Túnez; existiendo especies tanto cultivadas como silvestres [15].

2.2.2.2 Nopal como recurso natural

Según [15] las plantas del género *Opuntia* son nativas y crecen en muchos ambientes ya sea en zonas áridas a nivel del mar o en territorios de mayor altura como los Andes del Perú. En las regiones tropicales de México crece en abundancia el nopal ya que las temperaturas están por encima de los 5°C; incluso crecen en temperaturas bajo 0 como en Canadá que llega a -40°C.

Las lluvias aisladas hacen que se formen raíces secundarias que facilitan la absorción de agua y nutrientes; al iniciarse la sequía, las raíces no pierden tan agua porque tienden a contraerse de forma radial [15].

Los cladodios son pencas en donde se produce la fotosíntesis, estas pencas están cubiertas por una capa gruesa llamada cutícula y sobre ella existen diminutos pelos y cera que ayuda a disminuir la pérdida del agua. Estos poseen parénquima un tejido en donde se puede almacenar abundante agua permitiendo que la planta pueda soportar o sobrevivir a largas sequías porque tienen buena capacidad de retención del agua [15].

Las distintas especies de nopales poseen características comunes y diversas a la vez; la capacidad para resistir altas temperaturas y periodos prolongados de sequía las hace atractivas en zonas áridas y semiáridas.

El uso del nopal es variado, mencionaremos algunos usos: Utilizan el nopal como fruta, como sustrato para la producción de cochinilla, como planta medicinal, como materia prima en la producción de cosméticos y para elaborar bebidas alcohólicas,

2.2.2.3 Composición química del Nopal (cladodios)

Según Rodríguez – Feélix y Cantwell (1988) citado en [15], indica que la composición química de los nopalitos frescos es principalmente agua con 91%, 1.5% de proteínas, 0.2% de lípidos, 4.5% de hidratos de carbono totales, 1.3% de ceniza; de la cual el 90% es calcio.

TABLA VI. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CLADODIOS DE DISTINTAS EDADES (PORCENTAJE MATERIA SECA)

Edad (años)	Descripción	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
0,5	Renuevos o nopalitos	9,4	1,00	21,0	8,0	60,6
1	Penca	5,4	1,29	18,2	12,0	63,1
2	Penca	4,2	1,40	13,2	14,5	66,7
3	Penca	3,7	1,33	14,2	17,0	63,7
4	Tallos suberificados	2,5	1,67	14,4	17,5	63,9

Fuente: López (1977) citado por [15]

La Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ha realizado estudios al nopal teniendo los siguientes resultados en su composición química.

TABLA VII. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL NOPAL (OPUNTIA FICUS-INDICA)

Componente	Cladodio	
	De 1 mes de edad (aprox.)	De 1 año de edad (aprox.)
Humedad %	92,57	94,33
Proteína (x, 6.25) %	0,94	0,48
Grasa %	0,17	0,11
Fibra %	0,30	1,06
Cenizas %	0,08	1,60
Carbohidratos %	5,96	2,43
Vitamina C(mg/100g*)	37,27	23,11
Ca %	0,042	0,339
Na %	0,0018	0,0183
K%	0,00098	0,145
Fe %	0,0792	0,322

Fuente: López (1977) citado por [2].

2.2.2.4 Mucilago de nopal

Las pencas de nopal extraen una sustancia viscosa llamada mucilago, es un polisacárido fibroso, donde su peso molecular es alrededor de 13×10^6 g/mol.

Por debajo de la cutícula del nopal se encuentra el cuerpo del nopal o pulpa, esta pulpa es una sustancia en forma de gel y está conformada por mono o di-sacáridos que, cuando interactúan producen polisacáridos, Chandra (1998) citado por [5].

El mucílago de nopal es un polisacárido compuesto por un alto contenido de azúcares, es también una sustancia pegajosa y en forma de gel que, es difícil de ser manejable [5].

Entre los azúcares más abundantes del mucílago se encuentra 44% de arabinosa, 20% de galactosa, 7% de ramnosa, 7% de ácido galacturónico y 22% de xilosa, pero también se ha encontrado presencia de fructosa, galactosa, sacáridos y maltosa [5].

El mucílago de nopal es capaz de retener el agua según Sáenz (2003) citado por [1] y tiene la propiedad de actuar como retardante según Chandra (1998) citado por [1].

2.2.2.5 Extracción del mucilago de nopal

Para la extracción del mucílago del nopal se realizará a través del método de escaldado:

1. Seleccionar los nopales que presenten buenas características.
2. Retirar las espinas cuidadosamente de los nopales.
3. Lavar el nopal para eliminar las impurezas.
4. Pelar el nopal y cortarlas en trozos de 1cm a 2 cm de lado.
5. Pesar el nopal cortado para agregar agua en relación 1:2 (1kg de nopal y 2lt de agua)
6. Dejar reposar por 24 horas el nopal con el agua, para que este reaccione y pueda fluir la baba del nopal.
7. Colocar la muestra en una olla y hacer el proceso de escaldado, que consiste en hervir la muestra por 15 minutos para eliminar el agua y solo obtener el mucílago.
8. Dejar enfriar la muestra y pasarlas por el colador, en donde los trozos retenidos son desechados, quedándonos solamente con el gel (mucílago de nopal).

Ilustración 3. Pencas de Nopal.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4. Pencas de nopal sin espinas y limpias.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5. Corte en trozos del nopal de 1 a 2cm de lado.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6. Nopales cortados en trozos.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 7. Peso del nopal en trozos



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 8. Proceso de escaldado para obtener el mucílago.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 9. Colado y obtención del mucílago de nopal.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 10. Mucílago de nopal obtenido.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Diseño de mezclas - Método del comité 211 del ACI.

A continuación se detallan los pasos a seguir para determinar el diseño de mezclas del concreto:

1. Selección del asentamiento (Slump)

Para el asentamiento se tendrá en cuenta el tipo de estructura para la cual se requiere diseñar, el código presenta una tabla de valores que se consideran para cada estructura:

TABLA VIII. ASENTAMIENTOS PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURAS

Tipo de estructura	SLUMP	
	Max.	Min.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente [16]

2. Selección del tamaño máximo nominal de agregado grueso

Es el primer tamiz en donde queda retenido el agregado grueso, lo que nos da a conocer que es el máximo tamaño que puede tener el agregado y servirá para la obtención de los valores para el diseño de mezclas.

3. Determinación del contenido de aire

El código muestra una tabla que, dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado grueso se puede determinar el contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto.

TABLA IX. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

TMN Agregado grueso		Aire Atrapado %
3/8"	9.5 mm	3
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19 mm	2
1"	25 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1
2"	50 mm	0.5
3"	75 mm	0.3
6"	150 mm	0.2

Fuente [16]

4. Selección del contenido de agua

Es la cantidad de agua que necesita por m³ de concreto, en donde se requiere del valor del asentamiento y del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

TABLA X. AGUA EN L/M³, PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADO GRUESO

Concreto sin aire incorporado									
Asentamiento		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1"	2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3"	4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6"	7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado									
Asentamiento		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1"	2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3"	4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6"	7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: [16]

5. Selección de la relación agua/cemento

La relación agua/cemento está en función a la resistencia a la compresión de los distintos tipos de estructuras, dependiendo del f'_c y si el concreto tiene aire incorporado o no; se determina el valor de a/c en peso.

TABLA XI. RELACIÓN AGUA/CEMENTO

f'c (kg/cm ²)	Relación a/c en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
420	0.41	

Fuente: [16]

6. Selección del peso del agregado grueso

Los valores dependen del TMN (Tamaño máximo nominal) y del módulo de fineza del agregado fino; el comité señala que es posible determinar el factor b_o que resulta de la división del peso seco del agregado grueso requerido por m³ entre el peso unitario compactado del agregado. A este valor se le multiplica por el peso unitario suelto compactado.

TABLA XII. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO

TMN del agregado grueso		Módulo de finura del agregado fino						
		2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
3/8"	9.5 mm	0.5	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53
3/4"	19 mm	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.6
1"	25 mm	0.71	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7
2"	50 mm	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72
3"	75 mm	0.81	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
6"	150 mm	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81

Fuente: [16]

7. Ajustes por humedad de los agregados

Se debe de tener en cuenta en el diseño de mezclas el ajuste por humedad tanto para el agregado fino como el agregado grueso. Puesto que, los agregados cuando son pesados están en su estado natural (contienen humedad en sus partículas) es por eso, que se tiene que sumar el peso de agua que tienen los agregados.

$$PH_{\text{agregado}} = PS_{\text{agregado}}(1 + (\%H))$$

8. Cálculo de agua efectiva

El agua efectiva es el agua de diseño menos el agua de aporte por humedad del agregado.

$$Ap = PS_{\text{agregado}}(\% H - \% A)$$

$$Aef = Ad - Ap$$

III. Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo al tipo de investigación es experimental porque interviene la manipulación de la variable independiente que es analizada, estudiada y controlada por el investigador para efectos determinados que se producen en las variables dependientes.

En tal caso la manipulación de la variable independiente (mucílago de nopal) producirá cambios en el concreto en estado fresco y endurecido (variables dependientes) con los diferentes porcentajes de mucílago de nopal para llegar a determinar el objetivo general que es el análisis de la influencia del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

De acuerdo al fin que se persigue es: Aplicativa, puesto que se generará nuevos conocimientos que son destinados a solucionar problemas existenciales, permitiendo dar una justificación económica, técnica, ambiental y social.

3.2. Diseño de investigación

En el desarrollo de la investigación, se han definido métodos y técnicas, que se caracterizan por ser de carácter investigativo a través de ensayos, de los cuales se extraerán datos que servirán para evaluar lo planteado como problemática y en base a ellos poder plantear una solución que satisfaga al objetivo.

3.3. Población, muestra, muestreo

Población: Está constituido por el mucílago de nopal. Se elaborarán concreto con mucílago de nopal, teniendo en cuenta las tablas establecidas para el diseño.

Muestra:

- Concreto en estado fresco.

Se determina por la cantidad de muestra que se tendrá para cada uno de los ensayos del concreto en estado fresco.

Para determinar el asentamiento del concreto se necesitarán 1 muestra para cada diseño, pero es recomendable que para cada día de llenado se realice el ensayo para verificar que el SLUMP este correcto. En total son 3 las muestras para el diseño de mezclas como para las adiciones.

En el peso unitario del concreto serán 10 el número de muestras para el diseño de mezclas y 10 para cada uno de los diseños con porcentaje de mucílago de nopal (1%, 2% y 3%), de esta manera se obtendrá un promedio que indicará el peso unitario. En total se tendrá 40 muestras como se indica en la Tabla XIV.

Para los ensayos de exudación, contenido de aire y penetración (tiempo de fraguado) se necesitará de 1 muestra tanto para el diseño de mezclas como para el diseño de mezclas con las adiciones de mucílago de nopal (1%, 2% y 3%), tal como se muestra en la Tabla XV.

TABLA XIII. NÚMERO DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE ASENTAMIENTO.

ASENTAMIENTO	
MUESTRA	N° de ensayos
Diseño Patrón	1
D.P. + 1% MN	1
D.P. + 2% MN	1
D.P. + 3% MN	1
Total:	4

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XIV. NÚMERO DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE PESO UNITARIO.

PESO UNITARIO	
MUESTRA	N° de ensayos
Diseño Patrón	10
D.P. + 1% MN	10
D.P. + 2% MN	10
D.P. + 3% MN	10
Total:	40

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XV. NÚMERO DE MUESTRAS PARA LOS ENSAYOS DE EXUDACIÓN, CONTENIDO DE AIRE Y TIEMPO DE FRAGUADO.

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
MUESTRA	EXUDACIÓN	CONTENIDO DE AIRE	TIEMPO DE FRAGUADO
	N° de ensayos	N° de ensayos	N° de ensayos
Diseño Patrón	1	1	1
D.P. + 1% MN	1	1	1
D.P. + 2% MN	1	1	1
D.P. + 3% MN	1	1	1
Total:	4	4	4

Fuente: Elaboración propia.

- Concreto en estado endurecido.

Se determina por la cantidad de probetas y vigas de acuerdo a lo que exige las normas para cada ensayo, considerando la adición del mucílago de nopal en porcentaje, para tal caso los porcentajes son el 1%, 2% y 3% de mucílago de nopal.

Para la resistencia a la compresión del concreto se utilizarán 2 probetas por diseño considerando la ruptura de estas a los 7, 14 y 28 días, mostrados en la Tabla XVI, haciendo un total de 24 probetas con dimensiones de 6" x 12".

La resistencia a la tracción se realizará a los 28 días con probetas de 6" x 12" considerando 2 muestras representativas tanto para el diseño patrón y el diseño con las adiciones

de mucílago de nopal (1%, 2% y 3%), teniendo un total de 8 probetas como se presenta en la Tabla XVII.

En cuanto a la resistencia a la flexión serán vigas de 15cm de ancho, 15cm de alto y 46cm de largo, se encontrará el módulo de ruptura a los 28 días de edad de las vigas realizadas por el diseño patrón y los porcentajes de mucílago de nopal (1%, 2% y 3%). Considerando 2 vigas para cada diseño, obteniendo un total de 8 vigas a ensayar como se muestra en la Tabla XVIII.

Se usarán probetas cilíndricas de 15x5cm para el ensayo de resistencia al desgaste; considerando para cada diseño 3 probetas representativas que nos ayudará a determinar la resistencia que tiene el concreto normal o con mucílago de nopal al desgaste expresada en porcentaje. En total serán ensayadas 12 probetas como se muestra en la Tabla XIX.

Para el módulo de elasticidad se ensayarán 1 probeta para determinar la resistencia a la compresión y 1 probeta para determinar el módulo de elasticidad siendo evaluada al 40% de la resistencia a compresión; las dimensiones de las probetas son de 6" x 12" y serán evaluadas a los 28 días. Se obtendrán 8 probetas en total del diseño de mezclas patrón y el diseño incorporando el mucílago de nopal como se observa en la Tabla XX.

Finalmente se tendrán probetas de 10x5cm para el ensayo de permeabilidad que serán ensayadas a los 28 días de edad del concreto, teniendo 3 probetas para el diseño de mezclas y 3 probetas para cada uno de los porcentajes de mucílago de nopal. En total se ensayarán 12 probetas como se registra en la Tabla XXI.

TABLA XVI. NÚMERO DE PROBETAS PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Testigo a ensayar (6"x12")			
F'c=210 kg/cm²	EDADES:		
	7 días	14 días	28 días
Diseño Patrón	2	2	2
D.P. + 1% MN	2	2	2
D.P. + 2% MN	2	2	2
D.P. + 3% MN	2	2	2
Total:			24

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XVII. NÚMERO DE PROBETAS PARA LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
Testigo a ensayar (6"x12")	
F'c=210 kg/cm2	EDAD
Diseño Patrón	2
D.P. + 1% MN	2
D.P. + 2% MN	2
D.P. + 3% MN	2
Total:	8

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XVIII. NÚMERO DE VIGAS PARA LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	
Viga a ensayar (15x15x46cm)	
F'c=210 kg/cm2	EDAD
Diseño Patrón	2
D.P. + 1% MN	2
D.P. + 2% MN	2
D.P. + 3% MN	2
Total:	8

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XIX. NÚMERO DE PROBETAS PARA LA RESISTENCIA AL DESGASTE.

RESISTENCIA AL DESGASTE	
Testigo a ensayar (15x5cm)	
F'c=210 kg/cm2	EDAD
Diseño Patrón	3
D.P. + 1% MN	3
D.P. + 2% MN	3
D.P. + 3% MN	3
Total:	12

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XX. NÚMERO DE PROBETAS PARA EL MÓDULO DE ELASTICIDAD.

MODULO DE ELASTICIDAD		
Testigo a ensayar (6"x12")		
F'c=210 kg/cm2	EDAD: 28 días	
		Resistencia a la Compresión
Diseño Patrón	1	1
D.P. + 1% MN	1	1
D.P. + 2% MN	1	1
D.P. + 3% MN	1	1
Total:	4	4

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXI. NÚMERO DE PROBETAS PARA PERMEABILIDAD - SUCCIÓN CAPILAR

PERMEABILIDAD-SUCCIÓN CAPILAR	
Testigo a ensayar (10x5)	
F'c=210 kg/cm2	EDAD
Diseño Patrón	3
D.P. + 1% MN	3
D.P. + 2% MN	3
D.P. + 3% MN	3
Total:	12

Fuente: Elaboración propia

Muestreo: Es no probabilístico, porque depende del criterio del investigador mas no de la probabilidad en la selección de elementos.

3.4. Criterios de selección

Para la selección del agregado fino y grueso, se ha realizado un estudio de canteras, tomando en cuenta 2 canteras diferentes del departamento de Lambayeque: “Tres Tomás” y “La Victoria”. Los ensayos para la selección del agregado se determinaron de acuerdo a la NTP y la ASTM C; en donde, el agregado deberá cumplir con los requisitos dados por las normas para ser utilizadas en el diseño de mezclas. El agregado fino seleccionado fue de la cantera “La Victoria” y el agregado grueso de la cantera “Tres Tomas” ya que presentaron mejores características y los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las normas.

El cemento seleccionado es el Tipo I, porque es de uso general.

Para la selección de nopal, se realizó un estudio de comparación entre los nopales de la costa (Chiclayo) y los nopales de la sierra (Cajamarca), para la cual primero se verificó cuál de los dos métodos de extracción de nopal utilizaremos en la investigación:

TABLA XXII. MÉTODO 1 Y 2 PARA LA OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.

MÉTODO 1	MÉTODO 2
PROCEDIMIENTO	
1. Se retiran las espinas cuidadosamente de las pencas de nopal.	1. Se retiran las espinas cuidadosamente de las pencas de nopal.
2. Se lavan los nopales para eliminar impurezas.	2. Se lavan los nopales para eliminar impurezas.
3. Se cortan los nopales en trozos de 1cm a 2cm de lado.	3. Se cortan los nopales en trozos de 1cm a 2cm de lado.
4. Se pelan los trozos de nopal para eliminar la cáscara.	4. No se pelan los nopales.
5. Se colocan agua en relación 1:2 (1kg de nopal pelado y 2lt de agua)	5. Se colocan agua en relación 1:2 (1kg de nopal sin pelar y 2lt de agua)
6. Se deja reposar por 24hr, ya que el nopal reacciona con el agua.	6. Se deja reposar por 24hr, ya que el nopal reacciona con el agua.
7. Se obtiene el mucílago por el método de escaldado (hervir los trozos por 15min para eliminar el agua)	7. Se obtiene el mucílago por el método de escaldado (hervir los trozos por 15min para eliminar el agua)
8. No se licua, solo se deja enfriar.	8. Se deja enfriar y se licua lo que se obtuvo del proceso de escaldado.
9. Se cola y se obtiene el mucílago de nopal (se elimina lo que queda retenido).	9. Se cola y se obtiene el mucílago de nopal (se elimina las pequeñas partículas que queda del licuado).
RESULTADOS	
Se obtuvo un color crema amarillento.	Se obtuvo un color verde oscuro.
El gel obtenido en el ensayo era más espesa, se presenta mayor contenido de baba.	El gel obtenido en el ensayo era más líquida (no era tan notorio el espeso del mucílago de nopal ya que es la principal característica).
En el proceso no se utilizó licuadora lo que genera un gasto menos.	Se utilizó licuadora en este método lo que hace que se alargue el proceso de fabricación del mucílago y aumente los costos.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11. Gel del nopal extraído - Método 1.



Ilustración 12. Gel del nopal extraído - Método 2.



Ilustración 13. Mucílago de nopal obtenido por el método 1.



Ilustración 14. Mucílago de nopal obtenido por el método 2.



Fuente: Elaboración propia.

Concluyendo que el método que presenta mejores características es el método 1, observando en la Ilustración 11 que el gel del mucílago de nopal es más espesa y genera mayor cantidad de baba, la cual la utilizaremos en esta investigación para determinar cómo influye el mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Teniendo el método seleccionado para su extracción, se analizó qué nopal es el que presenta mejores características en cuanto a tamaño, peso y cantidad de mucílago extraído. Determinando que el nopal de la sierra genera mayor cantidad de mucílago de nopal que el de la costa y son de mayor tamaño y grosor, observándose que contiene mayor fibra o cuerpo de la planta; mientras que los nopales de la costa eran más delgados, no contenía mucha fibra por lo tanto, se utilizarán mayor cantidad de nopal para obtener el mucílago.

Ilustración 15. Nopales procedentes de Jesús - Cajamarca.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 16. Nopales procedentes de La Compuerta - Chiclayo.



Fuente: Elaboración propia.

En la selección del porcentaje de mucílago de nopal, me basé en el proceso de investigación de las diferentes fuentes bibliográficas, así como también de mis antecedentes, concluyendo en porcentajes de 1%, 2% y 3% de mucílago de nopal para determinar la influencia que tiene en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

3.5. Operacionalización de variables

Variable Independiente	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice	Instrumento de recojo de información
Mucílago de Nopal	Muestra	Peso	Balanza	Kilogramos (kg)	Formato Técnico de registro
	Recolección de muestra	Proceso para la obtención del mucílago de nopal	Balanza, recipiente, olla, colador.	Kilogramos (kg)	
	Ensayos	Densidad del mucílago	Probeta, balanza.	Gr/cm ³	
Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice	Instrumento de recojo de información
Comportamiento del concreto	Concreto en estado fresco	Temperatura	Basados en la NTP 339.184.	°C	Formato Técnico de registro
		Asentamiento	Basados en la NTP 339.035.	kg/m ³	
		Peso unitario	Basados en la NTP 339.046.	Pulgadas (plg)	
		Contenido de aire	Basados en la NTP 339.083.	Porcentaje (%)	
		Exudación	Basados en la NTP 339.077.	Porcentaje (%)	
		Penetración	Basados en la NTP 339.082.	Lb/pulg ²	
	Concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión	Basados en la NTP 339.034.	kg/cm ²	
		Resistencia a la tracción	Basados en la NTP 339.084.	kg/cm ²	

		Resistencia a la flexión	Basados en la NTP 339.78.	kg/cm ²	
		Resistencia a la abrasión	Basados en la ASTM C-944.	Porcentaje (%)	
		Módulo de elasticidad	Basados en la ASTM C-469.	kg/cm ²	
		Permeabilidad – Absorción capilar	Basados en la IRAM 1871.	gr/(m ² .seg ^{0.5})	
Variable Interviniente	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice	Instrumento de recojo de información
Diseño de mezclas	Ensayos de los agregados	Análisis granulométrico	Basados en la NTP 400.037.	Porcentaje (%)	Formato Técnico de registro
		Contenido de humedad	Basados en la NTP 339.185.	Porcentaje (%)	
		Peso específico	Basados en la NTP 400.022 para el agregado fino y NTP 400.021 para el agregado grueso.	Kg/m ³	
		Peso volumétrico suelto	Basados en la NTP 400.017.	Kg/m ³	
		Peso volumétrico compactado	Basados en la NTP 400.017.	Kg/m ³	

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica

Observación directa: Permite la visualización directa de algunos ensayos de laboratorio tales como el asentamiento, exudación, contenido de aire, entre otros.

Experimentos: Representa la manipulación de las variables de los diferentes ensayos de laboratorio, en este caso abarca los ensayos que se realizan al concreto en estado endurecido.

Análisis de contenido: Se interpreta los resultados de los diferentes ensayos con la información obtenida de las fuentes bibliográficas y antecedentes.

Los resultados obtenidos de cada ensayo de laboratorio son registrados en formatos destinados para cada uno y que cumplan con los requisitos de las normas para encontrar respuestas o resultados finales de cada ensayo.

3.6.2. Fuentes y programas

- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- ✓ Diseño de Mezclas ACI.
- ✓ Normas Técnicas Peruana (NTP).
- ✓ Normas ASTM.
- ✓ Norma IRAM 1871.
- ✓ Microsoft office: Excel, Word

3.7. Procedimientos

3.7.1. Ensayo de los materiales

3.7.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso

El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de agregado de igual tamaño, para determinar que la gradación del agregado se encuentre dentro de los límites granulométricos establecidos en la norma.

Normativa:

Análisis granulométrico para la determinación de la gradación del agregado fino y grueso, basado en las normas ASTM C136 ó NTP 400.012 y la NTP 400.037.

Objetivos:

- Establecer el tamaño del agregado fino y grueso a través del tamizado.
- Determinar el tamaño máximo nominal y el módulo de fineza del agregado fino y grueso.
- Verificar que la curva granulométrica obtenida en el ensayo esté dentro de los parámetros establecidos en la norma.

Instrumentos:

- Tamices para el agregado grueso (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16 y fondo).
- Tamices para el agregado fino (1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo) y el tamiz N°200.
- Balanza electrónica con precisión de 0.1g o 0.1% para el agregado fino y 0.5g o 0.1% para el agregado grueso.
- Recipientes o tazones que tengan la capacidad de abastecer todo el material a ensayar.
- Horno con la capacidad de mantener una temperatura uniforme de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Cucharones.
- Brocha.

Procedimiento:**1. Agregado fino**

- Para la muestra pesar 500gr de agregado fino en condiciones húmedas (estado natural).
- Lavar la muestra a través del tamiz N°200, eliminando completamente los finos que pasan dicho tamiz.
- Colocar en un recipiente la muestra que se retiene en el tamiz N°200 y llevarla al horno por 24hr a una temperatura constante de $100 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Retirar del horno el agregado fino y dejar enfriar para posteriormente pesarlo.
- Armar los tamices y el fondo de manera ordenada tal como se muestra en la parte de instrumentos, donde se vierte la muestra por el tamiz superior colocando la tapa para no perder finos.
- Mover de manera lateral los tamices por un periodo de tiempo hasta verificar que ya no pasa el agregado en cada tamiz.

- Colocar un recipiente o tazón en la balanza y tararla para que el peso de dicho recipiente no sea considerado. El agregado que se retiene en cada uno de los tamices será pesado y anotado como pesos retenidos, donde se encontrará el porcentaje retenido, el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje acumulado que pasa la cual se verificará que este último porcentaje esté dentro de los parámetros dispuestos en la NTP 400.012; donde para cada uno de los tamices hay límites de gradación y el porcentaje acumulado que pasa debe estar entre estos límites para satisfacer que la curva granulométrica se encuentre dentro de los parámetros.

TABLA XXIII. LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO

TAMIZ STANDARD	PORCENTAJE QUE PASA	
	9.52mm (3/8")	100
4.75mm (N°4)	95	100
2.36mm (N°8)	80	100
1.18mm (N°16)	50	85
0.60mm (N°30)	25	60
0.30mm (N°50)	10	30
0.15mm (N°100)	2	10

Fuente [10]

- Para el módulo de fineza se suman los porcentajes retenidos de cada una de los tamices y la suma se divide entre 100; tal como se menciona en la NTP 400.012.

Ilustración 17. Peso del agregado fino para la granulometría (500gr).



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 18. Lavado de la muestra para eliminar finos en la malla N° 200.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 19. Tamices para la granulometría del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

2. Agregado grueso

- Colocar el agregado grueso en el suelo formando un círculo para poder cuartear (colocar el agregado en 4 partes tal como se muestra en la Ilustración 20), seleccionar dos partes diagonales no consecutivas, en donde se vea que el agregado no solo tenga piedra grande ni piedra pequeña, si no que contemplen ambas para que tenga una buena gradación.
- La cantidad de agregado grueso a ensayar deberá ser según lo indicado en la norma NTP 400.012. En este caso el TMN del agregado grueso fue 3/4" por lo que necesitamos 5kg de muestra.
- Llevar al horno la muestra seleccionada a una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$.

TABLA XXIV. CANTIDAD MÍNIMA DEL AGREGADO GRUESO A ENSAYAR

Tamaño Máximo Nominal (TMN) mm (pulg)	Cantidad de Muestra a Ensayar kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.9 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente [17]

- Retirar del horno el agregado grueso y dejar enfriar para posteriormente pesarlo.
- Armar los tamices y el fondo de manera ordenada tal como se muestra en la parte de instrumentos, donde se vierte poco a poco la muestra por el tamiz superior colocando la tapa para no perder material.
- Mover de manera lateral los tamices por un periodo de tiempo hasta verificar que ya no pasa el agregado en cada tamiz.

- Colocar un recipiente o tazón en la balanza y tararla para que el peso de dicho recipiente no sea considerado. El agregado que se retiene en cada uno de los tamices será pesado y anotado como pesos retenidos, donde se encontrará el porcentaje retenido, el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje acumulado que pasa la cual se verificará que este último porcentaje esté dentro de los parámetros dispuestos en la NTP 400.012, donde para cada una de los tamices hay límites de gradación y el porcentaje acumulado que pasa debe estar entre estos límites para satisfacer que la curva granulométrica se encuentre dentro de los parámetros.

TABLA XXV. LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO

HUSO	TMN	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados							
		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
5	1"-1/2"	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
56	1"-3/8"	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
57	1"-N°4	100	90 a 100	57.5 a 80	25 a 60	12.5 a 35	0 a 10	0 a 5	-
6	3/4"-3/8"	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-
67	3/4"-N°4	-	100	90 a 100	55 a 77.5	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-
7	1/2"-N°4	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-

Fuente [17]

- Hallar el Tamaño Máximo y el Tamaño Máximo Nominal según lo descrito en la NTP 400.037.
- Para el módulo de fineza se suman los porcentajes retenidos de cada una de los tamices como: 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y la suma se divide entre 100; tal como se menciona en la NTP 400.012.

Ilustración 20. Cuarteo del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 21. Pesado del agregado grueso (5kg).



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 22. Tamices para el análisis granulométrico del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.2. Contenido de humedad del agregado fino y grueso

Se establece el procedimiento para obtener el porcentaje total de humedad evaporable del agregado (fino o grueso) por secado. La humedad evaporable es la que se encuentra contenida en los poros del agregado y la humedad superficial [18].

Normativa

Determinación del contenido de humedad para el agregado fino y grueso según la ASTM C 566 ó NTP 339.185.

Objetivo:

Determinar el contenido de humedad expresado en porcentaje del agregado fino y grueso.

Instrumentos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Horno con la capacidad de mantener una temperatura uniforme de $100\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
- Recipientes o tazones que tengan la capacidad de abastecer todo el material a ensayar y no se vea afectado por el calor.

Procedimiento:

- Se pesa 500gr de agregado fino y 5000gr de agregado grueso.
- Se coloca en el horno por 24hr a una temperatura constante de $100 \pm 5\text{ °C}$.
- Retirar las muestras del horno y dejar enfriar para posteriormente pesarlas, anotar los pesos en condiciones húmedas y los pesos después de ser retiradas del horno.

Cálculo:

Para obtener el contenido de humedad de los agregados usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Contenido de humedad del agregado fino y grueso

$$H = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_2} \right) \times 100$$

Fuente [18]

Donde:

H: Contenido de humedad.

W_1 : Peso del agregado fino o grueso en condiciones naturales.

W_2 : Peso del agregado fino o grueso en condiciones secas.

Ilustración 23. Peso del agregado fino para ensayo de contenido de humedad (500gr).



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 24. Peso del agregado grueso para ensayo de contenido de humedad (5kg).



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.3. Peso específico de masa y grado de absorción del agregado fino

Se necesita de este ensayo para calcular el volumen que ocupa el agregado fino en diferentes mezclas que contienen agregados, cemento y otras mezclas que son analizadas en base al volumen absoluto. La absorción calcula el cambio de masa que tiene el agregado fino debido al agua absorbida en los espacios de los poros de las partículas [19].

Normativa:

Determinación del peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a ASTM C 128 ó NTP 400.022.

Objetivos:

Determinar el peso específico de masa, peso específico de masa saturado superficialmente seco, peso específico aparente y el grado de absorción del agregado fino.

Instrumentos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Horno con la capacidad de mantener una temperatura uniforme de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Fiola de 500 cm³.

- Tamiz N°04.
- Recipientes o tazones que tengan la capacidad de abastecer todo el material a ensayar.
- Pipeta.
- Embudo.

Procedimiento:

- Pasar la muestra por el tamiz N°4, utilizar la muestra que pasa y pesar 2 muestras de 500gr cada una.
- Pesar cada fiola para obtener el peso del frasco.
- Con la ayuda de un embudo se vierte en el frasco (fiola) los 500gr de agregado fino con mucho cuidado para no perder los finos, como se muestra en la Ilustración 27.
- Agregar agua destilada en el frasco y agitar para eliminar las burbujas de aire, si se requiere de más agua agregar hasta la línea que indica la fiola.
- Una vez se hayan eliminado completamente las burbujas de aire dejar reposar cada una de las muestras por 24hr y posterior a eso pesarlas para tener el peso de la muestra + frasco + agua.
- Extraer el contenido de las fiolas en un recipiente con mucho cuidado, dejar sedimentar para retirar con la ayuda de la pipeta el agua que está excediendo.
- Colocar las muestras en el horno por 24hr a una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Retirar las muestras del horno y dejar enfriar para posteriormente ser pesadas y tener el peso del agregado fino secada al horno.

Cálculo:

- Para obtener el peso específico del agregado fino usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Peso específico de masa del agregado fino.

$$\gamma_{A.F} = \frac{W_s}{V_f - V_{\text{agua}}}$$

Fuente [19]

Donde:

γ_{AF} : Peso específico del agregado fino.

W_s : Peso de la arena secada al horno (muestra en estado seco).

V_f : Volumen del frasco.

Vagua: Peso del volumen de agua contenida en el frasco.

- Para obtener el peso específico de la masa saturada superficialmente seco utilizamos la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Peso específico de la masa saturada superficialmente seco del agregado fino.

$$\gamma_{SSS} = \frac{W_S}{W_S - V_{\text{agua}}}$$

Fuente [19]

Donde:

γ_{SSS} : Peso específico de la masa saturada superficialmente seca.

W_S : Peso de la arena secada al horno.

V_{agua} : Peso del volumen de agua contenida en el frasco.

- Para obtener el peso específico aparente del agregado fino usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Peso específico aparente del agregado fino.

$$\gamma_{ap} = \frac{W_S}{(V_f - V_{\text{agua}}) - (W_{SSS} - W_S)}$$

Fuente [19]

Donde:

γ_{ap} : Peso específico aparente.

W_S : Peso de la arena secada al horno.

W_{SSS} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

V_f : Volumen del frasco.

V_{agua} : Peso del volumen de agua contenida en el frasco.

- Para obtener el grado de absorción del agregado fino necesitaremos de la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Grado de absorción del agregado fino.

$$\%A = \frac{W_{SSS} - W_s}{W_s} \times 100$$

Fuente [19]

Donde:

%A: Grado de absorción.

W_s: Peso de la arena secada al horno (muestra en estado seco).

W_{sss}: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

Ilustración 25. Peso del agregado fino para el ensayo de peso específico y absorción (500gr).



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 26. Peso del frasco (fiola) para el ensayo del peso específico y absorción del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 27. Colocación del agregado fino en la fiola con la ayuda de un embudo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 28. Agitar la fiola para eliminar burbujas de aire.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 29. Reposo del agregado fino en la fiola por 24hr.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 30. Peso de la muestra + fiola + agua.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 31. Retiro de la muestra a un recipiente.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 32. Peso de la muestra secada al horno + recipiente.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.4. Peso específico de masa y grado de absorción del agregado grueso

Se necesita de este ensayo para calcular el volumen que ocupa el agregado grueso en diferentes mezclas que contienen agregados, el cemento y otras mezclas que son analizadas en base al volumen absoluto. La absorción calcula el cambio de masa que tiene el agregado grueso debido al agua absorbida en los espacios de los poros de las partículas [20].

Normativa:

Determinación del peso específico y grado de absorción del agregado grueso de acuerdo a ASTM C 127 ó NTP 400.021.

Objetivos:

Determinar el peso específico de masa, peso específico de masa saturado superficialmente seco, peso específico aparente y el grado de absorción del agregado grueso.

Instrumentos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.5%.
- Horno con la capacidad de mantener una temperatura uniforme de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Canastilla con abertura no mayor de 3mm.
- Tanque de agua o depósito con la capacidad suficiente de abastecer la canastilla y el agregado.
- Recipientes o tazones que tengan la capacidad de abastecer todo el material a ensayar.
- Tamiz N°04.
- Franela.

Procedimiento:

- Primero pesar 4kg de agregado grueso que se obtiene a través del método de cuarteo en donde se selecciona dos partes de agregado (2000g cada una) que tengan buena gradación, esta muestra pasar por el tamiz N°04 para que el agregado que pasa dicho tamiz no sea considerado en el ensayo.
- Lavar cuidadosamente la muestra para eliminar el polvo y sumergirla por 24hr en un depósito o balde con la capacidad de abastecer toda la muestra.
- Retirar el agua cuidadosamente sin perder ninguna piedra y dejar secar el agregado a temperatura ambiente o con la ayuda de una franela secarlas superficialmente.
- Pesar el agregado y anotar el peso de la muestra saturada superficialmente seca.
- Se pesa la canastilla dentro del agua y se vierte el agregado para obtener el peso de la muestra dentro del agua + el peso de la canastilla.
- Luego se retira el agregado y se coloca en un recipiente para que se seque en el horno por 24 hr.

- Finalmente se retira el agregado grueso del horno y se deja enfriar para posteriormente pesarlas y obtener el peso de la muestra secada al horno.

Cálculo:

- Para obtener el peso específico del agregado grueso usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 7. Peso específico del agregado grueso.

$$\gamma_{A.G} = \frac{W_s}{W_{SSS} - W_{sa}}$$

Fuente [20]

Donde:

γ_{AG} : Peso específico del agregado grueso.

W_s : Peso de la piedra secada al horno (muestra en estado seco).

W_{SSS} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

W_{sa} : Peso de la muestra saturada dentro del agua.

- Para obtener el peso específico de la masa saturada superficialmente seca usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 8. Peso específico de la masa saturada superficialmente seca del agregado grueso.

$$\gamma_{SSS} = \frac{W_{SSS}}{W_{SSS} - W_{sa}}$$

Fuente [20]

Donde:

γ_{SSS} : Peso específico de la masa saturada superficialmente seca.

W_{sa} : Peso de la muestra saturada dentro del agua.

W_{SSS} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

- Para obtener el peso específico aparente del agregado grueso necesitaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 9. Peso específico aparente del agregado grueso.

$$\gamma_{ap} = \frac{W_s}{W_s - W_{sa}}$$

Fuente [20]

Donde:

γ_{ap} : Peso específico aparente.

W_s : Peso de la piedra secada al horno (muestra en estado seco).

W_{sa} : Peso de la muestra saturada dentro del agua.

- Para obtener el porcentaje de absorción del agregado grueso necesitaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 10. Grado de absorción (%) del agregado grueso.

$$\%A = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \times 100$$

Fuente [20]

Donde:

$\%A$: Grado de absorción.

W_s : Peso de la piedra secada al horno (muestra en estado seco).

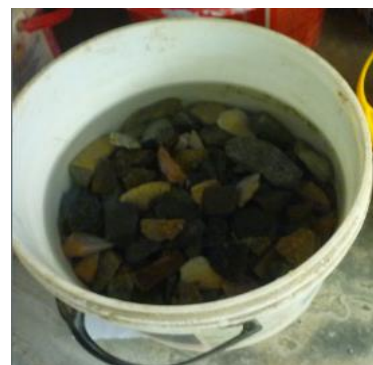
W_{sss} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

Ilustración 33. Tamiz N°4 para la retención de la muestra a ensayar.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 34. Agregado grueso sumergido 24hr en agua.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 35. Acomodo de la muestra después de ser retirada del agua.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 36. Secado del agregado grueso a temperatura ambiente.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 37. Canastilla para que el agregado grueso esté sumergida en el agua.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 38. Agregado grueso listo para ser colocada en el horno por 24hr.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.5. **Peso volumétrico suelto del agregado fino y grueso**

También conocido como peso unitario, consiste en determinar el peso por unidad de volumen (kg/m^3).

Normativa:

Determinación del peso volumétrico suelto para el agregado fino y grueso según la ASTM C 29 ó NTP 400.017.

Objetivo:

Determinar la densidad de masa o peso unitario del agregado fino y grueso.

Instrumentos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Moldes cilíndricos de acero (D=6", H=12").
- Cucharón.
- Brocha.
- Regla de metal.

Procedimiento:

- Pesar el molde en donde se verterá el agregado.
- Con la ayuda de un cucharón llenar el recipiente con agregado a una altura entre el cucharón y el recipiente no mayor de 5cm.
- Se llena hasta que rebose el agregado en el molde y enrazar con la regla metálica o con una varilla lisa.
- Limpiar los excesos o el polvo que no esté dentro del molde con ayuda de la brocha y pesar la muestra, en donde se obtiene el peso de la muestra + molde.
- Realizar varias veces el ensayo para seleccionar dos muestras consecutivas que no difiera mucho en sus pesos.

Cálculo:

Para obtener el peso unitario suelto seco del agregado fino y grueso usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 11. Peso unitario suelto seco del agregado fino o grueso.

$$\text{PUSS} = \frac{\text{PUSH}}{1 + H}$$

Fuente [21]

Donde:

PUSS: Peso unitario suelto seco del agregado fino o grueso.

PUSH: Peso unitario suelto húmedo del agregado fino o grueso que se obtiene de la división del peso del agregado entre el volumen del molde.

H: Contenido de humedad del agregado fino o grueso.

Ilustración 39. Peso del molde para determinar el peso unitario suelto del agregado fino y grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 40. Llenado del molde con agregado hasta rebalsar el material.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.6. Peso volumétrico varillado del agregado fino y grueso

Normativa:

Determinación del peso volumétrico varillado para el agregado fino y grueso según la ASTM C 29 ó NTP 400.017.

Objetivo:

Determinar la densidad de masa o peso unitario del agregado fino y grueso.

Instrumentos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Moldes cilíndricos de acero (D=6", H=12").
- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeada).
- Brocha

Procedimiento:

- Pesar el molde en donde se colocará el agregado.

- Con la ayuda de un cucharón llenar el recipiente con agregado a una altura entre el cucharón y el recipiente no mayor de 5cm, llenar con agregado hasta una tercera parte del molde.
- Con la varilla lisa apisonar 25 veces el agregado de manera distribuida y golpear con el mazo de goma 15 veces uniformemente por todo el contorno del molde.
- El mismo procedimiento para los 2/3 de llenado de molde y para la última capa llenar hasta rebosar.
- Enrasar con la varilla lisa y eliminar los excesos que no estén dentro del recipiente para pesar la muestra, en donde se obtiene el peso de la muestra + molde.
- Realizar varias veces el ensayo para seleccionar dos muestras consecutivas que no difiera mucho en sus pesos.

Cálculo:

Para obtener el peso unitario compactado seco del agregado fino y grueso usaremos la ecuación siguiente:

Ecuación 12. Peso unitario compactado del agregado fino y grueso.

$$\text{PUCS} = \frac{\text{PUCH}}{1+H}$$

Fuente [21]

Donde:

PUCS: Peso unitario compactado seco del agregado fino o grueso.

PUCH: Peso unitario compactado húmedo del agregado fino o grueso se obtiene de la división del peso del agregado entre el volumen del molde.

H: Contenido de humedad del agregado fino o grueso.

Ilustración 41. Apisonado del agregado 25 veces de manera distribuida.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 42. Golpeé con el mazo de goma el contorno del molde por 15 veces.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.2. Ensayos al mucílago de nopal.

3.7.2.1. Densidad del mucílago de nopal.

La densidad de un material se determina dividiendo la masa por unidad de volumen; por lo tanto, en un volumen determinado, a mayor cantidad de masa mayor será la densidad. La densidad se expresa en kg/cm^3 [22].

Objetivo

Calcular la densidad del mucílago de nopal necesario para el diseño de mezclas.

Instrumentos empleados:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Probeta graduada de 100ml.

Procedimiento:

- Pesar la probeta de 100ml con aproximación de 2 decimales y anotar su masa.
- Colocar el mucílago de nopal en la probeta y pesarla, para obtener el peso de la probeta + mucílago de nopal.
- Registrar la cantidad de mucílago de nopal contenida en la probeta (ml).

Cálculo:

Para obtener la densidad del mucílago de nopal usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 13. Densidad del material (kg/cm³)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Fuente [22]

Donde:

ρ = Densidad.

m= Masa del líquido contenido en la probeta.

V= Volumen del líquido contenido en la probeta.

Ilustración 43. Peso de la fiola graduada.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 44. Peso de la fiola + mucílago de nopal.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 45. Registro de datos obtenidos en el ensayo -
Densidad del Mucílago de Nopal.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3. Ensayos de la calidad de concreto

3.7.3.1. Concreto en estado fresco

3.7.3.1.1. Asentamiento

Normativa:

Determinar el asentamiento según la norma ASTM C143 ó NTP 339.035.

Instrumentos empleados:

- Cono de Abrams con las siguientes dimensiones: el diámetro superior de 100mm, el inferior es de 200mm, la altura de 300mm.
- Varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeadas).
- Bandeja metálica.
- Cucharón.
- Wincha métrica.

Procedimiento:

- Mientras el concreto se va mezclando humedecer los instrumentos que se van a utilizar, como el cono de Abrams, la varilla lisa, el cucharón y la superficie en donde se realizará el ensayo.
- El cono se llenará en 3 capas, verificando que cada capa sea un aproximado de la tercera parte del volumen del cono.

- Colocar la primera capa en el cono de Abrams con la ayuda del cucharón y compactar con la varilla 25 golpes distribuidos uniformemente para que así toda la mezcla de concreto llegue acomodarse.
- Realizar el mismo procedimiento para la 2da capa; para la 3era capa llenar en exceso el cono de Abrams y compactar con la varilla 25 golpes. Posterior a eso enrasar con la varilla o con la plancha de albañilería la parte superior y limpiar el concreto que sobra alrededor del cono de Abrams.
- Realizar el ensayo cuidadosamente sin dejar de asegurar firmemente el molde contra la base porque puede ocasionar el fallido del ensayo.
- Retirar cuidadosamente, pero de manera rápida el cono de Abrams de forma vertical, sin levantar el cono de manera diagonal o lateral.
- Se procede a medir el asentamiento, volteando el cono en donde el diámetro mayor se encuentre en la parte superior (200mm), colocar la varilla de forma horizontal sobre el cono y medir el asentamiento con la wincha desde la parte central de la mezcla hasta la varilla (que delimita la parte superior del cono de Abrams) o la resta de la altura total del cono de Abrams y la altura del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.
- En caso se produzca un asentamiento tipo corte (separación de una parte de la masa), se deberá hacer nuevamente el ensayo; si vuelve a suceder entonces el concreto carece de plasticidad y cohesión lo cual no es apto para este ensayo.

Ilustración 46. Chuceado del concreto 25 veces para cada capa.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 47. Medición del asentamiento del concreto (SLUMP).



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 48. Slump de la muestra patrón 2.8".



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.1.2. Peso unitario del concreto fresco

Normativa:

Para la determinación del peso unitario nos basamos en las normas ASTM C138 ó NTP 339.046.

Instrumentos empleados:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Recipiente de medida metálico.
- Varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeadas).
- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Plancha de albañilería.

Procedimiento

- Determinar las medidas interiores del molde cilíndrico para obtener el volumen del molde que será contemplado en los cálculos.
- Pesar el molde.
- Colocar la mezcla con la ayuda del cucharón en 3 capas, cada una de ellas a un tercio del volumen del molde. Para cada capa se varilla con 25 golpes distribuidos de manera uniforme sin tener que chocar con el fondo del molde y golpear con el mazo de goma 15 veces alrededor del molde para que el concreto se acomode, cierre cualquier vacío o elimine las burbujas de aire.
- Enrazar la parte superior con la ayuda de la plancha de albañilería y limpiar el exceso de concreto que no se encuentre dentro del molde.
- Pesar el molde + el concreto en estado fresco.

Cálculo:

- Para obtener el peso unitario del concreto en estado fresco usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Peso unitario del concreto en estado fresco.

$$PU = \frac{W_c - W_m}{V_m}$$

Fuente [23]

Donde:

PU: Peso unitario del concreto.

Wc: Peso del recipiente de medida lleno de concreto

Wm: Peso del recipiente de medida

Vm: Volumen del recipiente de medida.

- Para obtener el rendimiento del concreto en estado fresco usaremos siguiente la ecuación:

Ecuación 15. Rendimiento del concreto en estado fresco.

$$R = \frac{PU_{teórico}}{PU}$$

Fuente [23]

Donde:

R: Rendimiento.

PUteórico: Masa total de los materiales por tanda.

PU: Peso unitario del concreto.

Ilustración 49. Varillado del concreto (25 golpes de forma uniforme).



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 50. Golpe con el mazo de goma 15 veces en todo el contorno.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 51. Peso del recipiente de medida más el concreto.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.1.3. Contenido de aire del concreto por el método de presión

Consiste en la determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado mediante la observación del cambio de volumen del concreto producido por un cambio de presión [24].

Normativa:

Determinación del contenido de aire por el método de presión, obtenida por las normas ASTM C-231 ó N.T.P.339.083.

Instrumentos:

- Medidores de aire:

Existen dos aparatos diseñados para determinar el contenido de aire del concreto recién mezclado; estos emplean el principio de la Ley de Boyle y son designados como Medidor Tipo A y B.

Tipo A: Es un medidor de aire que contiene un recipiente de medición y una tapa ensamblada. Lo que realiza este aparato es que al introducir agua a una altura predeterminada sobre la muestra de un concreto de volumen conocido (Ilustración 52) la presión de aire que se le aplica posteriormente hará que el nivel de agua y de la

muestra desciendan, anotando la h_1 . Luego liberar gradualmente la presión de aire golpeado ligeramente los lados del recipiente para poder registrar el nivel de agua h_2 . Se Calcula el contenido de aire aparente utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 16. Contenido aparente de aire - Medidor tipo A.

$$A_1 = h_1 - h_2$$

Fuente [24]

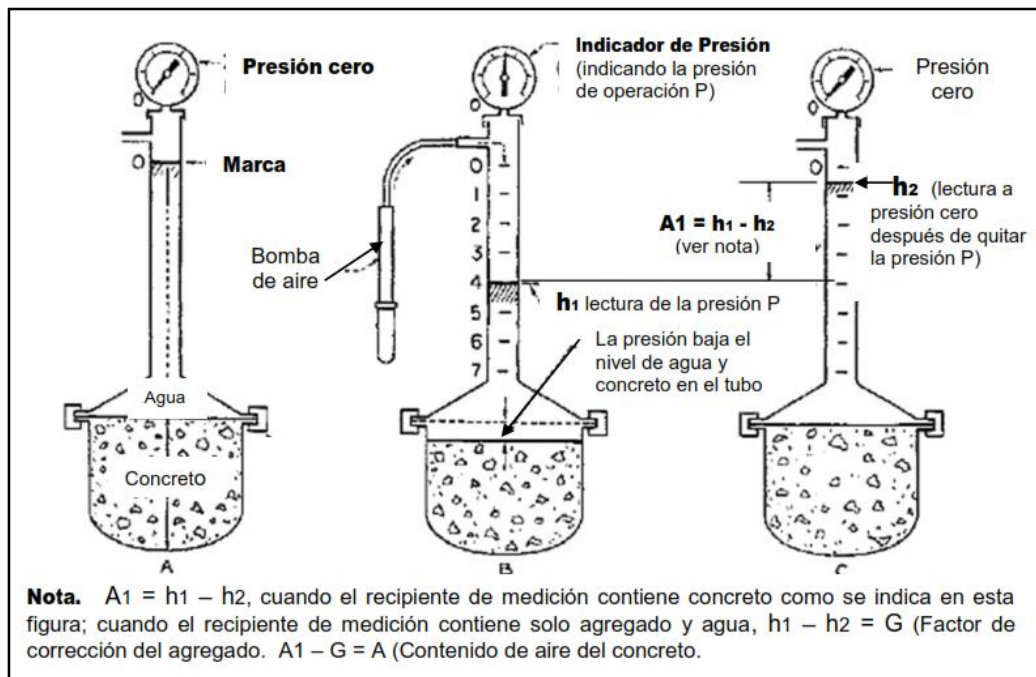
Donde:

A_1 : Contenido aparente de aire.

h_1 : Nivel de agua leído a la presión.

h_2 : Nivel de agua leído a la presión cero después de descargar la presión.

Ilustración 52. Medidor de presión Tipo A.

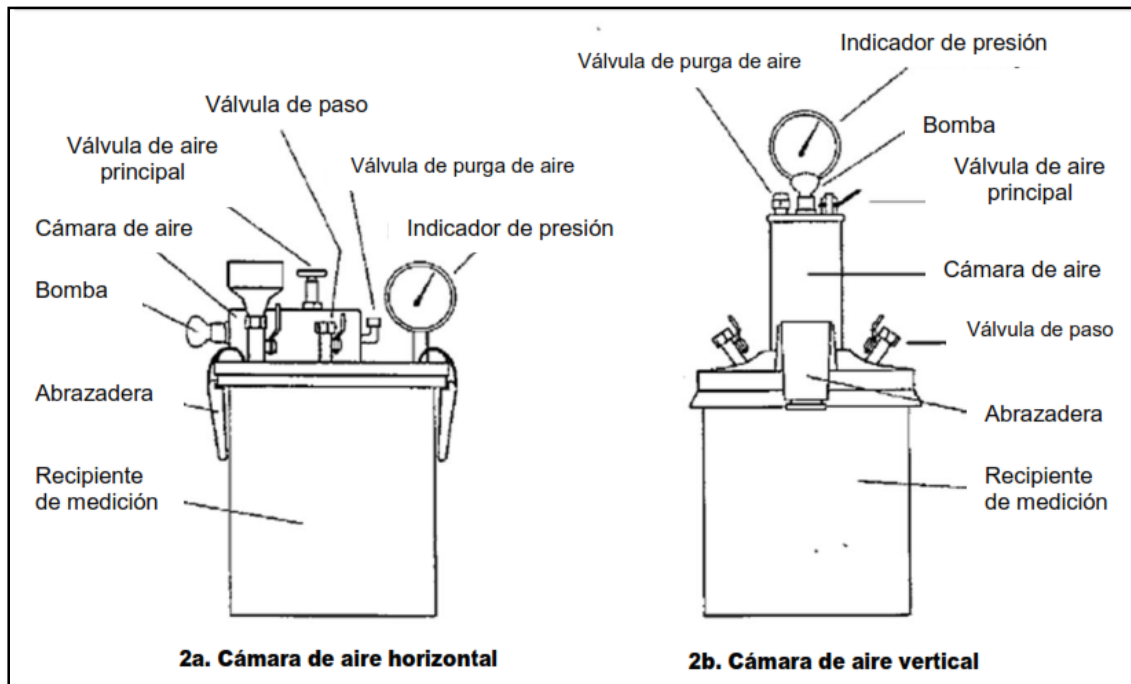


Fuente [24]

Tipo B: Este tipo de medidor contiene un recipiente de medición y una tapa ensamblada. Consiste en igualar un volumen conocido de aire a una presión conocida en una cámara de aire sellada. La muestra de concreto se coloca en el recipiente de medición tal como se describe en la parte de procedimiento; las características del recipiente son las siguientes: El recipiente de medición debe ser de forma cilíndrica, el material del recipiente es de acero, el diámetro mínimo de 0.75 a 1.25 veces la altura y una capacidad de 5.7lt, contará con una brida para que se pueda ajustar con la tapa.

Las características de la tapa ensamblada son: El material de la tapa es de acero, contará con una brida (para mantener una unión hermética y firme con el recipiente), los dispositivos de lectura directa del contenido de aire, las válvulas de purga de aire y llaves de paso.

Ilustración 53. Medidor de presión Tipo B.



Fuente [24]

- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeadas).
- Plancha de albañilería.

Procedimiento:

- Mientras el concreto se va mezclando humedecer los instrumentos que se van a utilizar como la olla Washington (recipiente de medición), la varilla lisa y el cucharón.
- Colocar la primera capa en la olla Washington con la ayuda del cucharón y compactar con la varilla 25 golpes distribuidos de manera uniforme sin tener que chocar con el fondo del molde, golpear con el mazo de goma 15 veces alrededor del molde para que el concreto se acomode y evitar que las burbujas de aire queden atrapadas; realizar este procedimiento en las 3 capas de concreto.

- En la última capa enrazar con la plancha de albañilería y limpiar el excedente del concreto que no se encuentre dentro del recipiente.
- Colocar la sección superior en la olla (tapa ensamblada) y ajustar las abrazaderas como se muestra en la ilustración 57.
- Una vez aseguradas las abrazaderas se abren las llaves de purga y se cierra la válvula principal de aire.
- Colocar el agua por una de las llaves de purga hasta que rebose el agua por la otra llave que está opuesta a esta, cuando se realiza esta parte del procedimiento se da pequeños golpes al medidor para eliminar el aire y que este sea expulsado.
- Cerrar las llaves de sangrado (la válvula de escape de aire) y se bombea aire a la olla hasta que el dial esté ubicado en la línea de presión inicial, si el dial no llega a la línea en donde dicta 0 y está por debajo de ella se debe golpear ligeramente la pantalla de medición hasta que llegue a estabilizarse.
- Abrir la válvula principal de aire que a raíz de esto va a tomar lectura, pero se debe de dar unos pequeños golpes hasta que el dial se estabilice.
- Una vez estabilizado se toma lectura del porcentaje de aire que se tiene en la mezcla.
- Antes de retirar la cubierta de la olla se debe de cerrar la válvula de aire principal y abrir la llave de escape de aire.
- Comparar el contenido de aire de cada mezcla con el % de aire atrapado en el diseño de mezclas.

Ilustración 54. Mezcla de concreto en el trompo para muestra de ensayo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 55. Varillado del concreto (25 golpes de forma uniforme) en el recipiente de medición.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 56. Golpe con el mazo de goma 15 veces por el contorno del recipiente de medición.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 57. Ajuste de las abrazaderas (2 a la vez, de diferente dirección).



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 58. Colocación de agua por una de las llaves de purga.



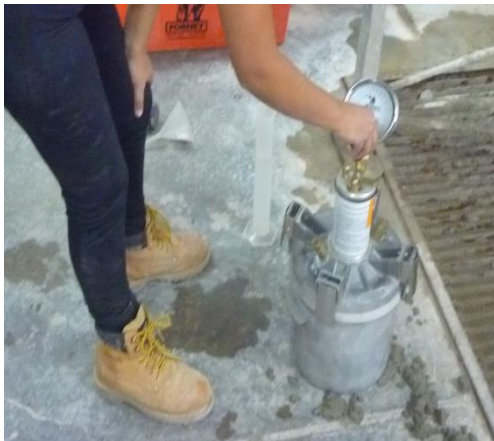
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 59. Pequeños golpes en el medidor para eliminar aire.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 60. Bombeo de aire a la olla Washington.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 61. Lectura final del dial - Porcentaje del Contenido de Aire.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.1.4. Métodos de ensayo para determinar la exudación del concreto

Se encarga de determinar la cantidad relativa de agua que exudará el concreto en estado fresco.

Normativa:

Método para determinar la exudación del concreto basado en las normas ASTM C-232 ó N.T.P.339.077.

Métodos de ensayo

Según la norma se establece 2 métodos para determinar la cantidad relativa que se puede exudar de la mezcla de concreto. El agua exudada no producirá los mismos resultados cuando se realice el ensayo de las muestras por ambos métodos.

Método A: Se aplica el método A cuando el concreto puesto en el molde sea lo mismo que cuando se realiza el peso unitario del concreto fresco, sin tener la necesidad de que exista vibraciones externas.

Método B: Se utiliza este método para una muestra que sea consolidada por vibración, teniendo en cuenta una mesa vibratoria, donde simulando lo que ocurre en obra cuando el concreto está colocado está sujeto a vibraciones.

En este caso se ha utilizado el método A:

Instrumentos:

- Recipiente cilíndrico de 14lt de capacidad, $D_i=255\text{mm} \pm 5\text{mm}$, $H_i=280\text{mm} \pm 5\text{mm}$, $e=2.67\text{mm}$ a 3.40mm .
- Recipiente metálico
- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Pipeta.
- Probeta graduada de 100ml de capacidad.
- Martillo de goma.
- Varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeadas).
- Plancha de albañilería.

- Termómetro.
- Cronómetro.
- Franela.

Procedimiento:

- Tomar la temperatura ambiental que esté entre los 18°C y 24°C y permanezca así durante todo el ensayo.
- Realizar el llenado en el molde metálico, de la misma forma para llenar una probeta de concreto, colocar el molde sobre una superficie en donde no exista vibraciones y la plataforma sea nivelada.
- Cubrir el recipiente o molde con una franela para evitar la evaporación del agua.
- Tomar con la pipeta el agua exudada cada 10 minutos durante los primero 40min, posterior a eso tomar el agua exudada cada 30min hasta que ya no exista exudación.
- La norma nos recomienda que para tener una mejor extracción de agua exudada inclinar el molde y colocar un taco no mayor a 5cm debajo del molde para que tenga soporte y se pueda extraer el agua con facilidad, colocar cada contenido de agua en la probeta de 100ml y anotar la cantidad de agua que se exuda en los intervalos de tiempo.
- Si solo se requiere el volumen total del agua exudada solamente se hace una sola extracción sin considerar los periodos de tiempo.

Cálculo:

Cálculo del porcentaje de agua exudada acumulada con el agua de la mezcla contenida en el molde, usando la siguiente ecuación:

Ecuación 17. Masa del agua contenido en la muestra (gr).

$$C_m = \frac{W}{W} \times S$$

Fuente [25]

Ecuación 18. Porcentaje de exudación.

$$\%E = \frac{A_{total}}{C_m} \times 100$$

Fuente [25]

Donde:

Cm: Masa del agua contenida en la muestra (gr)

w: Agua de la mezcla sin considerar el agua que absorbe los agregados (kg).

W: Masa total que tiene la tanga (kg).

S: Masa de la muestra (gr).

%E: Porcentaje de exudación (%).

Atotal: Agua total exudada (gr).

Ilustración 62. Muestra de concreto en el recipiente cilíndrico.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 63. Taco de 5cm debajo del recipiente para tener mejor extracción de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 64. Exudación del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 65. Extracción del agua exudada de la muestra de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 66. Colocación del agua exudada en la probeta de 100ml.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 67. Probeta de 100ml contenida con el agua extraída de la muestra de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.1.5. Tiempo de fraguado del concreto

Consiste en determinar el tiempo de fraguado a través de mediciones de resistencia a la penetración de la mezcla de concreto (mortero tamizado). El fraguado representa a la pérdida de plasticidad y proceso de endurecimiento de la muestra; el fraguado inicial marca el inicio del endurecimiento y se desarrolla cuando la resistencia a la penetración es de 500 lb/plg² mientras que el fraguado final marca el endurecimiento completo de la muestra teniendo como resistencia a la penetración de 4000 lb/plg².

Normativa:

Determinación del tiempo de fraguado del concreto por penetración, basándose de la norma ASTM C-403 ó N.T.P. 339.082.

Instrumentos:

- Aparato de aplicación de carga: Es un dispositivo capaz de tener la fuerza que se requiere para que las agujas penetren en la muestra de concreto, cuenta con una fuerza de penetración de $\pm 10\text{N}$ ($\pm 2\text{lb}$) con una capacidad de 600N (130 lb).
- Agujas de penetración que van desde: 1, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20 y 1/40 expresada en pulg² o 645, 323, 161, 65, 32 y 16 expresada en mm².
- Recipiente de 150mm de diámetro y 150mm de altura.

- Varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeadas).
- Tamiz N°04.
- Bandeja.
- Cucharón.
- Pipeta.
- Termómetro.
- Cronómetro.
- Franela.

Procedimiento:

- El tiempo de inicio se toma cuando el cemento y el agua entre en contacto en la mezcla de concreto.
- Una vez que se tenga la mezcla de concreto con la ayuda del cucharón colocar el concreto en el tamiz N°04 y tamizar sobre una bandeja para que el concreto que pasa sea utilizado en el ensayo, eliminando el concreto que queda retenido.
- Colocar el concreto que pasa por el tamiz N°04 en el recipiente como si estuviera llenando una probeta (con las mismas indicaciones).
- Medir la temperatura ambiental, que deben de estar entre 20°C a 25°C (en un ambiente de laboratorio) para prevenir que se evapore la muestra y colocar una franela húmeda cubriendo la muestra hasta que se realice el ensayo de penetración.
- Como el concreto que está en el recipiente comienza a exudar se retira el agua con la ayuda de la pipeta. Para darle una mejor extracción se recomienda inclinar la muestra unos 10° de la horizontal apoyados con un taco para que facilite el recojo del agua exudada.
- Después de 3 o 4hr de que el cemento tuvo contacto con el agua se comienza a colocar la primera aguja en el aparato de aplicación de carga, se posiciona la muestra en el lugar de ensayo y se gira la palanca hasta que penetre la aguja en la muestra a una profundidad de 24 ± 2 mm y se toma la lectura.
- Para cada una de las penetraciones la distancia libre debe ser de 1 pulg así como también la misma distancia hacia el lado del recipiente.
- Para las lecturas de penetración con las siguientes agujas se debe de hacer en intervalos de 1/2 a 1 hora y anotar las lecturas de penetración de cada aguja.

Cálculo:

La resistencia de la penetración para cada una de las agujas se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 19. Resistencia a la Penetración en lb/pulg² o en MPA.

$$P = \frac{F}{A}$$

Fuente [26]

Donde:

P: Resistencia a la Penetración en lb/pulg² o en MPA.

F: Fuerza en lb, que es la lectura dada para cada aguja.

A: Área de cada una de las agujas de penetración en pulg² o en mm².

Se obtiene la resistencia a la penetración con cada una de las agujas en el tiempo que corresponde a cada una de ellas. Con estos datos se forma la curva Tiempo Vs. Resistencia a la penetración, en donde se encontrará el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final.

El tiempo de fraguado inicial se da cuando la resistencia a la penetración es 500 lb/pulg² (3.5 MPA) y el tiempo de fraguado final se da cuando la resistencia a la penetración es 4000 lb/pulg² (27.6 MPA), la resta de ambos es el tiempo que demora el concreto en fraguar.

Ilustración 68. Toma de la muestra de concreto para el tiempo de fraguado.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 69. Colocación del concreto en el tamiz N°04.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 70. Tamizado del concreto a través de la malla N°04



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 71. Colocación de la muestra ya tamizada en el recipiente.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 72. Tapado con la franela húmeda para evitar la evaporación de la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 73. Extracción del agua generada por la exudación del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 74. Colocación de las agujas de penetración en el dispositivo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 75. Penetración de la aguja en la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 76. Resultado final de la muestra ensayada.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.1.6. Temperatura del concreto.

Es importante que se determine la temperatura de concreto fresco para evitar que sobrepase los 32°C que es lo máximo que exige la E.060 porque puede generar pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías. Si el concreto llega a exceder los 32°C se debe de tomar medidas para proteger el concreto.

Normativa:

Método de Ensayo para para determinar la temperatura del concreto, basado en la norma NTP 339.184.

Instrumentos:

- Dispositivo para medición de temperatura (a lo largo de todo el rango de temperatura debe tener entre 0°C a 50°C).
- Recipiente de medida metálico.
- Varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeadas).
- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Plancha de albañilería.

Procedimiento:

- Acondicionar la muestra en el recipiente de medición, verificando que el dispositivo para medir la temperatura pueda estar rodeado por lo menos de 7.5cm de concreto en todas las direcciones.
- Colocar el termómetro en la mezcla de tal manera que esté sumergido como mínimo 7.5cm; para que la temperatura del medio ambiente no afecte en el ensayo se debe de acomodar el concreto que se encuentra alrededor del dispositivo de medición de temperatura.
- Dejar por lo menos 2 min o hasta que la lectura pueda estabilizarse y anotar el resultado final.
- Tener en cuenta que el ensayo debe de contemplarse dentro de los 5min después de haberse obtenido la muestra.

Ilustración 77. Temperatura de la muestra de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.2. Concreto en estado endurecido.**3.7.3.2.1. Resistencia a la compresión**

Consiste en la determinación de la resistencia que tiene el concreto cuando se le aplica una carga axial sobre un área determinada; la lectura final de la carga se da cuando el concreto falle y la resistencia se obtiene dividiendo la carga obtenida entre el área del testigo.

Normativa:

Método de Ensayo para determinar la resistencia a la compresión, basado en la norma ASTM C-39 ó N.T.P.339.034.

Equipo:

- Máquina de ensayo a la compresión.
- Vernier.

Elaboración de probetas:

- Realizar testigos de concreto con diámetro de 6" y altura de 12", llenar los testigos con 3 capas; cada capa a un tercio del volumen del molde. Dar 25 golpes con la varilla de acero distribuidos de manera uniforme y golpear con el mazo de goma 15 veces por todo el contorno para que el concreto se acomode, cierre cualquier vacío o elimine las burbujas de aire.
- Desmoldar los testigos después de 24hr y colocar en la cámara de curado.

Procedimiento:

- El ensayo se realiza cuando el testigo de concreto se haya retirado del curado.
- Los testigos se ensayan dentro de la tolerancia de tiempo especificada en la norma, como en la siguiente tabla:

TABLA XXVI. TOLERANCIAS PERMITIDAS PARA EL ENSAYO DE LOS TESTIGOS.

Edad de ensayo	Tolerancia Permisible
24 horas	± 0.5h o 2.1%
3 días	± 2h o 2.8%
7 días	± 6h o 3.6%
28 días	± 20h o 3%
90 días	± 48h o 2.2%

Fuente [27]

- Se mide en diámetro con la ayuda del vernier (el diámetro no debe diferir el 2% con otro diámetro del mismo testigo) y se registra cada diámetro de los diferentes testigos.

- Colocar las almohadillas de neopreno en la parte inferior y superior del testigo para que la carga se distribuya uniformemente.
- Colocar el testigo junto con las almohadillas de neopreno en la prensa y verificar que en la pantalla de lectura se encuentre en 0.
- Aplicar la carga en forma continua y constante con una velocidad que depende de la sección transversal, en tal sentido para diámetros iguales a 15cm y altura 30cm la velocidad es 15 MPa y 55 MPa y para diámetros de 10 cm con altura 20cm la velocidad es 17 MPa y 32 MPa.
- Se continúa comprimiendo hasta que se muestre la carga en la pantalla y se verifica el tipo de falla de cada testigo.

Cálculo:

La resistencia a la compresión de cada uno de los testigos se obtiene con la siguiente ecuación:

Ecuación 20. Resistencia a la Compresión del Concreto

$$F'C = \frac{F}{A} \text{ kg/cm}^2$$

Fuente [27]

Donde:

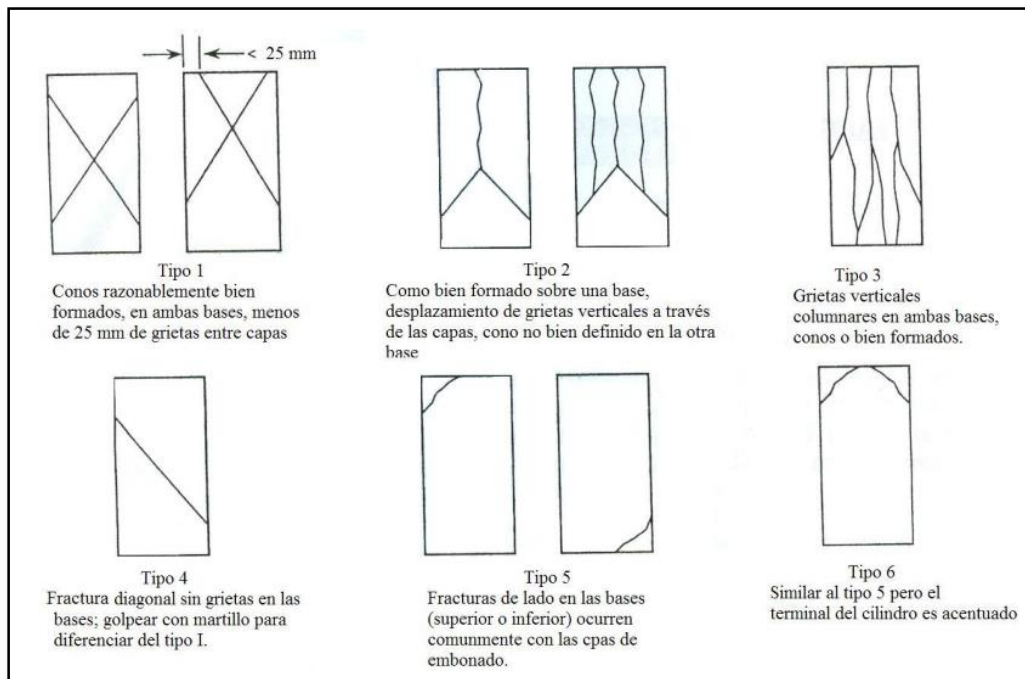
F'C: Resistencia a la Compresión en kg/cm².

F: Fuerza en kgf.

A: Área superficial del testigo en cm².

Para determinar el tipo de falla que se presenta en los testigos se evalúa según la ilustración:

Ilustración 78. Tipos de falla del ensayo a la compresión.



Fuente [27]

Ilustración 79. Marcación de probetas para poder identificarlas.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 80. Testigo listo para ser colocado en la compresora.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 81. Aplicación de la carga
– Resistencia a la Compresión.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.2.2. Resistencia a la tracción.

Consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral en todo el sentido longitudinal del testigo hasta que este falle, para determinar la resistencia que tiene en concreto a la tracción.

Normativa:

Para determinar la resistencia a la tracción de las muestras cilíndricas de concreto nos basamos en las siguientes normas ASTM C-496 ó N.T.P.339.084.

Equipo:

- Máquina de ensayo, debe cumplir con los requisitos de la ASTM C-39.
- Placa suplementaria: La dimensión de las placas debe ser mayor a la longitud del testigo; son placas que se colocan en la parte inferior y superior del testigo.
- Listones de apoyo: En este caso se ha utilizado dos listones de madera, de longitud mayor al testigo, con espesor de 3mm y un ancho de 3cm.

Elaboración de probetas:

Realizar testigos de concreto como lo descrito en el Item 3.7.3.2.1. Resistencia a la compresión.

Procedimiento:

- Marcar las líneas diametrales en cada extremo del testigo con la ayuda de una regla y un marcador.
- Medir el diámetro y la longitud de cada uno de los testigos y anotar.
- Habilitar la máquina de ensayo colocando la plataforma o placa en la parte inferior, sobre ella colocar el listón de madera y centrarla para que la probeta recaiga sobre ella y la línea central que se dibujaron en el testigo coincida con la parte central del listón. Para el listón de la parte superior se realiza lo mismo verificando que la central de esta coincida con la línea tangencial del testigo.
- Se aplica la carga hasta que se presente la lectura en la pantalla de la máquina. La velocidad que se le aplica debe ser constante de 100 a 200 PSI/min.
- Anotar cada carga mostrada en la pantalla.

Cálculos:

La determinación del esfuerzo a tracción de cada uno de los testigos se obtiene con la siguiente ecuación:

Ecuación 21. Esfuerzo de tracción indirecta.

$$T = \frac{2P}{\pi Ld}$$

Fuente [28]

Donde:

T: Esfuerzo de tracción kg/cm².

P: Carga aplicada por la máquina de ensayo (kgf).

L: Longitud del testigo (cm).

d: Diámetro del testigo (cm).

La determinación del esfuerzo de tracción con respecto al f'_c del diseño de mezclas (210) y el f'_c que se obtendrá en el ensayo a compresión de cada diseño; se obtiene con la ecuación del comité del ACI y Norma Peruana:

Ecuación 22. Esfuerzo de tracción con respecto al f'_c del concreto.

$$f_r = 2 \times \sqrt{f'_c}$$

Fuente [28]

Ilustración 82. Marcación de las líneas diametrales de los testigos.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 83. Posición adecuada del testigo para ser ensayado.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 84. Aplicación de la carga – Resistencia a la Tracción.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 85. Falla del testigo en toda su longitudinal.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.2.3. Resistencia a la flexión

Consiste en la determinación de la resistencia a la flexión de una viga simplemente apoyada. Los resultados que se obtienen se denominan Módulo de Ruptura y se consigue a través del tipo de falla de la viga. Se utiliza este ensayo para la construcción de losas y pavimentos.

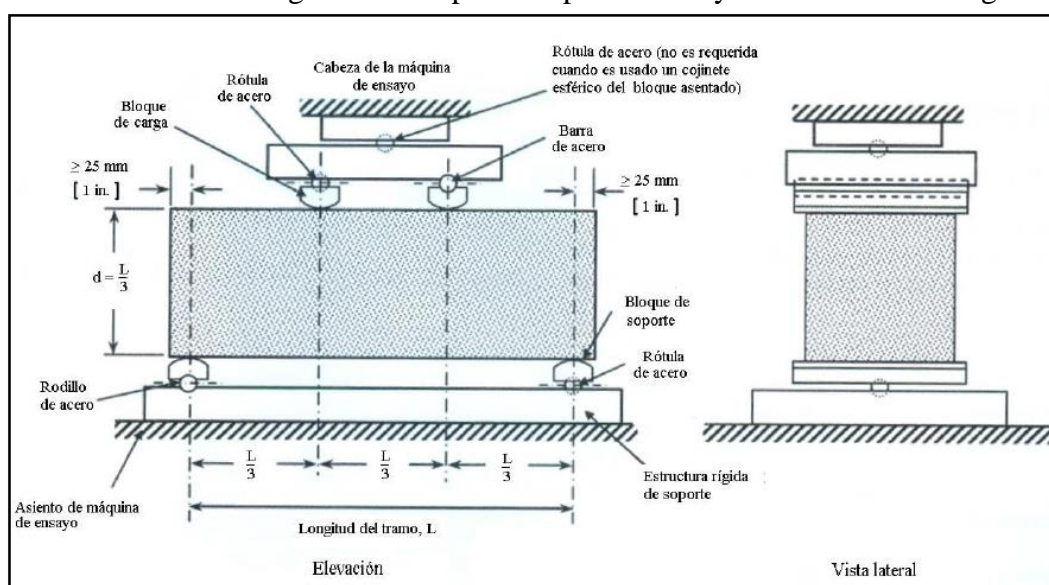
Normativa

Para determinar la resistencia a la flexión de las muestras de concreto nos basamos en las siguientes normas ASTM C-78 ó N.T.P.339.078.

Equipo:

- Máquina de ensayo, debe cumplir con los requisitos de la ASTM C-39.
- Dispositivo para el ensayo a flexión de las vigas.

Ilustración 86. Diagrama de dispositivo para el ensayo a flexión de las vigas.



Fuente [29]

Elaboración de las vigas:

- Se hicieron moldes de 150mm x 150mm x 460mm.
- Para el vaciado de concreto se utilizar una varilla lisa de acero (5/8" y 60cm de largo, con una de las puntas redondeadas), un cucharón y un mazo de goma.
- Hacer el mismo procedimiento que el llenado de testigos, a tres capas de llenado y cada una con 25 golpes uniforme por toda la viga y 15 golpes laterales para que el concreto se acomode.
- Desmoldar después de 24horas y llevarlas a curar.

Procedimiento:

- Colocar el soporte en la máquina de ensayo (parte inferior); armar el conjunto de placas en la parte superior que está compuesto por el bloque de carga, rótulo de acero y la barra de acero (Ilustración 86).
- Para la viga, medir 2.5cm desde el extremo de la viga (cara lateral) con dirección al centro, y marcarla para tenerlo como referencia.
- Colocar la viga en el dispositivo de ensayo y verificar que las líneas marcadas coincidan con el centro del bloque de soporte.
- Verificar que la viga esté correctamente ubicada como en la Ilustración (88) y observar que el bloque de carga recaiga en cada tercio de la viga.
- Aplicar la carga y registrar la fuerza obtenida de cada viga.

Cálculos:

Para analizar el módulo de ruptura de la viga, se evalúa con la ecuación 23 cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz:

Ecuación 23. Módulo de ruptura si la falla ocurre dentro del tercio central.

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Fuente [29]

Donde:

Mr: Módulo de Ruptura kg/cm².

P: Carga aplicada por la máquina de ensayo (kg).

L: Longitud libre entre apoyos (cm).

b: Ancho de la viga (cm).

h: Altura de la viga (cm).

Para analizar el módulo de ruptura de la viga si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se analiza con la siguiente ecuación:

Ecuación 24. Módulo de ruptura si la falla ocurre fuera del tercio central.

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Fuente [29]

Donde:

Mr: Módulo de Ruptura kg/cm^2 .

P: Carga aplicada por la máquina de ensayo (kg).

b: Ancho de la viga (cm).

h: Altura de la viga (cm).

a: Distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano (cm).

Ilustración 87. Dispositivo instalado para el ensayo a flexión de las vigas.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 88. Vista lateral de la viga a ser ensayada.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 89. Posición de la viga a ser ensayada - Resistencia a la flexión.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 90. Falla de la viga dentro del tercio central.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.2.4. Durabilidad del concreto – Resistencia al desgaste o abrasión

Normativa:

Determinación de la resistencia de abrasión o desgaste basado en la norma ASTM C-944.

Equipo:

- Equipo de desgaste, taladro de desgaste con arandelas dentadas.
- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Cronómetro.

Procedimiento:

- Se procede a realizar los testigos de concreto con diámetro igual a 15cm y altura de 2” a 3”, llenar los testigos con 3 capas pequeñas, 25 golpes con la varilla de acero y 15 golpes laterales con el mazo de goma. Desmoldar después de 24hr y colocarlas en la cámara de curado.
- Después de que las probetas cumplan los 28 días de edad proceder a realizar el ensayo.
- Tomar el peso inicial de cada uno de los testigos y registrar.
- Acondicionar las arandelas en el dispositivo (este tiene que tener una velocidad de 200rpm) y acoplar a la máquina que ejerce la fuerza de 9.8N (10kg) a la probeta.
- Hacer 3 ciclos de 2 minutos cada uno, después de cada ciclo limpiar la parte superficial del testigo que queda con residuos propios del desgaste y pesar los testigos después de cada ciclo.

Cálculo:

La resistencia a la abrasión se expresa en % y se obtiene con la siguiente ecuación:

Ecuación 25. Porcentaje de desgaste - Resistencia a la Abrasión.

$$\%D = \frac{P_I - P_F}{P_I} * 100$$

Fuente [30]

Donde:

%D: Porcentaje de desgaste.

P_I: Peso inicial en gr.

P_F: Peso final después de cada ciclo en gr.

Ilustración 91. Equipo instalado para el ensayo de desgaste del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 92. Probeta dispuesta para la Resistencia al desgaste.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 93. Resultado final del ensayo. Desgaste después de 3 ciclos.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 94. Probetas ensayadas - Resistencia al desgaste.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.2.5. Módulo de elasticidad del concreto.

Consiste en la determinación del módulo de elasticidad del concreto cuando está sometida a una carga de compresión longitudinal. El módulo de elasticidad es la pendiente de una recta trazada por dos puntos que representa la parte elástica de la curva Esfuerzo – Deformación; también representa la resistencia que tiene el concreto a la deformación.

Este ensayo se avalúa dentro del 40% de la resistencia última a la compresión del concreto donde, se determina también la razón entre la deformación lateral y longitudinal del concreto.

Normativa:

Método de Ensayo para para determinar el módulo de elasticidad del concreto basado en la norma ASTM C-469.

Equipo:

- Máquina de ensayo a la compresión.
- Equipo compresómetro – extensómetro.

Compresómetro: Tiene una aproximación de medición de 5 millonésimas (0,00005) de la deformación promedio en dos micrómetros diametrales puestos de forma perpendicular con respecto a los ejes centrales del testigo (paralelos al eje horizontal y vertical). Tiene 2 anillos, uno en la parte superior que se ajusta y fija la muestra para que quede centrada (con respecto al eje del testigo) y el otro en la parte inferior que se ajusta al testigo dejando el mismo espacio entre el anillo y el testigo en todas sus direcciones.

Extensómetro: Se utiliza para determinar la relación de Poisson y la deformación transversal, mediante 2 deformómetros colocados opuestamente en la mitad de la altura del testigo.

El equipo compresómetro – extensómetro contiene un tercer anillo (que se fijan al testigo), este anillo se encuentra entre los dos anillos del compresómetro, separados entre sí por un pivote que los mantiene a una distancia constante.

El equipo contiene 2 barras opuestas que une los 3 anillos para impedir que estos se deformen o se muevan cuando se está colocando en el testigo. Una vez que todo el equipo compresómetro – extensómetro esté correctamente ubicada en el testigo se deben de retirar las 2 barras para continuar con el ensayo.

- Vernier.

Elaboración de probetas:

Realizar testigos de concreto como lo descrito en el Ítem 3.7.3.2.1. Resistencia a la compresión.

Procedimiento:

- Determinar la carga de la resistencia a la compresión de cada uno de los testigos; del cual el 40% de dicha carga se tomará para realizar el ensayo del módulo de elasticidad.
- Medir la longitud y diámetro del testigo y colocar el equipo compresómetro – extensómetro en el testigo (Ilustración 98).
- Colocar el testigo más el equipo compresómetro – extensómetro en la máquina compresora alineando cuidadosamente el eje del testigo con el centro del cabezal del apoyo superior de la compresora. Cargar el testigo por lo menos 2 veces pero no registrar los datos ya que servirá para fijar los deformómetros (diales). Aplicar la carga hasta llegar al 40% de la carga a compresión.
- Registrar los datos de las cargas y los datos de las deformaciones en el punto (1) cuando la deformación longitudinal es de 50 millonésimas y el punto (2) cuando la carga aplicada es el 40% de la carga a compresión. Para encontrar el módulo de elasticidad se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 26. Módulo de Elasticidad del concreto.

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\varepsilon_2 - 0.00005)}$$

Fuente [31]

Donde:

E: Modulo de elasticidad, kg/cm².

S₂: Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última o de ruptura, kg/cm².

S₁: Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal.

ε₁: de 50 millonésimas, kg/cm².

ε₂: Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S₂.

- Registrar también la lectura de los diales cuando la carga está al 10%, 20%, 30% y 40% de la carga a compresión del concreto a los 28 días de edad.

Para encontrar la deformación en cada punto se debe utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 27. Deformación (ϵ)

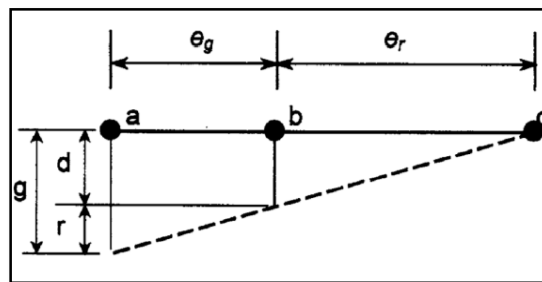
$$d = \frac{ge_r}{(e_r + e_g)}$$

Fuente [31]

Donde:

d: Deformación total a lo largo de la longitud efectiva μm (μin).g: Lectura del deformómetro μm (μpulg).e_r: Distancia perpendicular, medida en milímetros (pulg), desde la barra pivote al plano vertical que pasa a través de los puntos de soporte del anillo rotativo.e_g: Distancia perpendicular medida en milímetros (pulg), desde el deformómetro al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del anillo rotativo.

Ilustración 95. Diagrama de desplazamientos.



Fuente [31]

Donde:

d: desplazamiento debido a la deformación del espécimen.

r: desplazamiento debido a la rotación del anillo alrededor de la barra pivote.

a: localización del deformómetro.

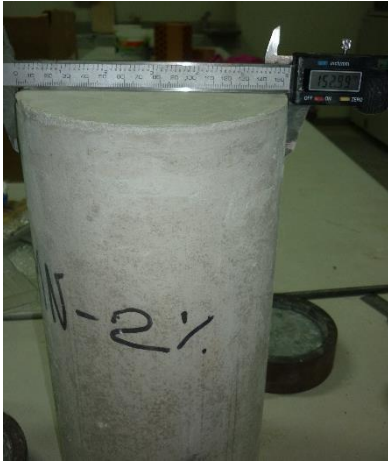
b: punto de soporte del anillo rotativo.

c: localización de la barra pivote.

g: lectura del deformómetro.

La ecuación 27 se utiliza cuando las distancias del centro del espécimen al pivote y al dial son diferentes. Pero, si las distancias e_g y e_r son iguales, el desplazamiento sería la mitad de la lectura del deformómetro ($g/2$). Teniendo este desplazamiento se puede encontrar la deformación en cada punto dividiendo el desplazamiento entre la altura del espécimen.

Ilustración 96. Medición del diámetro del testigo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 97. Medición de la altura del testigo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 98. Colocación del equipo compresómetro – extensómetro en el testigo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 99. Testigo con el equipo compresómetro – extensómetro listo para ser ensayado.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 100. Posición del testigo a ser ensayado – Módulo de elasticidad.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.2.6. Permeabilidad – Absorción Capilar

Este ensayo consiste en determinar la capacidad y velocidad de absorción capilar que tiene las muestras de concreto cuando están en contacto con el agua. La absorción capilar es el incremento de masa por unidad de área conforme va pasando el tiempo expresada en gr/m² y la velocidad de absorción capilar se da mediante una regresión lineal que involucra el aumento de peso de la muestra a medida que pasa el tiempo y representa la rapidez que el agua es absorbida por el concreto por medio de la capilaridad.

Objetivo:

- Determinar la capacidad de absorción capilar de las muestras de concreto expresada en gr/m².
- Determinar la velocidad de absorción del agua en las muestras de concreto, midiendo el incremento de peso en función del tiempo expresado en gr/(m².seg^{0.5}).

Normativa:

Determinación de la permeabilidad del concreto a través de la absorción capilar se basa en la norma IRAM 1871.

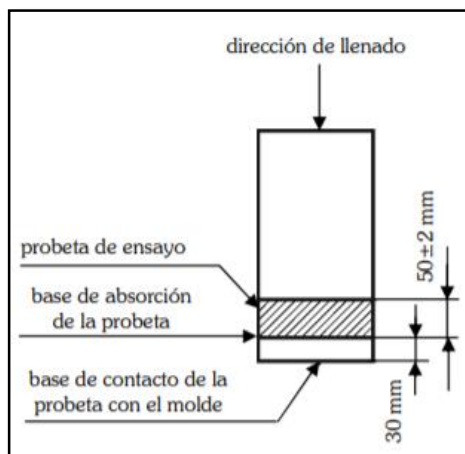
Instrumentos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Contenedores con lapas no absorbentes.
- Impermeabilizante.
- Franela.
- Cronómetro.

Procedimiento:

- Llenar probetas de 10x20cm para cada una de las mezclas y desmoldar después de 24 horas para posteriormente curarlas.
- Después de curarlas aserrar o cortar cada probeta obteniendo 5cm de espesor. Realizar el primer corte a 3cm desde la parte inferior de la probeta tal como se muestra en la Ilustración 101 (obtener 3 muestras para cada diseño).

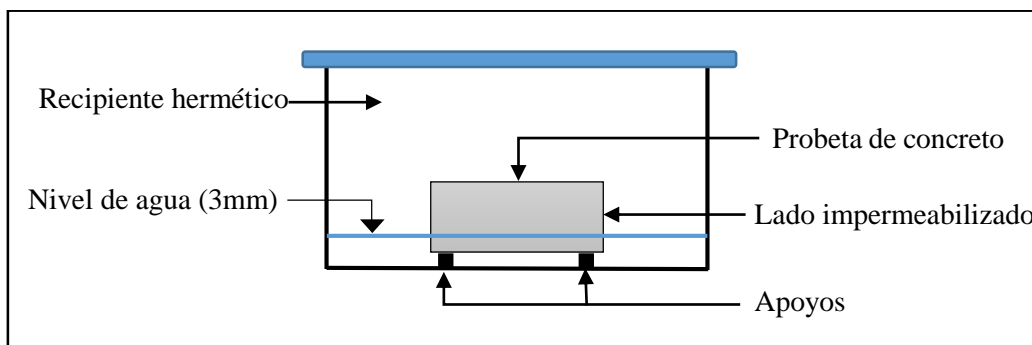
Ilustración 101. Obtención de la muestras de ensayo.



Fuente [32]

- Luego de cortar cada una de las probetas impermeabilizar la parte lateral de cada una de ellas para evitar la absorción de esa parte.
- Pesar cada una de las probetas y anotar los pesos iniciales o pesos secos.
- Colocar las probetas en los contenedores sobre unos pequeños apoyos y agregar agua hasta una altura de 3mm. Contabilizar el tiempo desde que las probetas tienen contacto con el agua.

Ilustración 102. Vista frontal del ensayo de Absorción Capilar - Permeabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

- Pesar cada probeta a los 30 min, 1hr, 2hr, 3hr, 4hr, 5hr, 6hr, 24hr, 48hr; así cada 24hr hasta que la variación del peso sea el 0,1% de dos pesos consecutivos (antes de pesarlas, con la ayuda de una franela húmeda dar pequeños topes a la parte de la probeta que estuvo en contacto con el agua).

Cálculo:

- Para la determinación de la masa por unidad de área se obtiene de la siguiente ecuación:

Ecuación 28. Masa por unidad de área (gr/m²)

$$M_i = \frac{P_F - P_I}{A}$$

Fuente [32]

Donde:

Mi: Masa por unidad de área en gr/m².

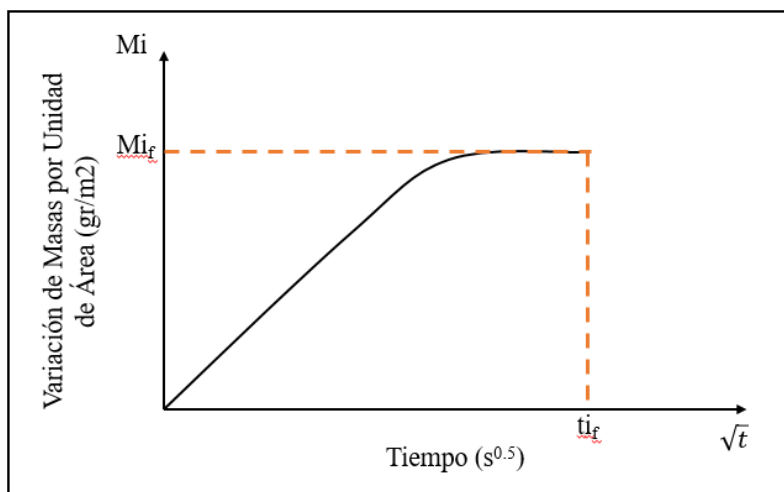
Pf: Peso de cada muestra después de ser sacadas del agua en gr.

Pi: Peso de cada muestra en estado seco (peso inicial) en gr.

A: Área superficial que está en contacto con el agua en m².

Para dibujar la curva que representa el incremento de masa por unidad de área en función de la raíz cuadrada del tiempo se debe de tener los resultados del Mi y del tiempo en el que son pesados (s^{0.5}), como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 2. Capacidad de absorción capilar del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

El M_{if} es la variación de masa de la muestra menor al 0.1% entre dos muestras sucesivas y el t_{if} es la raíz cuadrada del tiempo que corresponde cuando la variación de masas es menor al 0.1%.

- Para determinar la velocidad de absorción que tiene el concreto se determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 29. Velocidad de absorción del concreto.

$$C_i = \frac{P_F - P_I}{A \cdot \sqrt{t}}$$

Fuente [32]

Donde:

C_i : Velocidad de absorción expresada en $\text{gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{seg}^{0.5})$.

P_f : Peso de cada muestra después de ser sacadas del agua en gr.

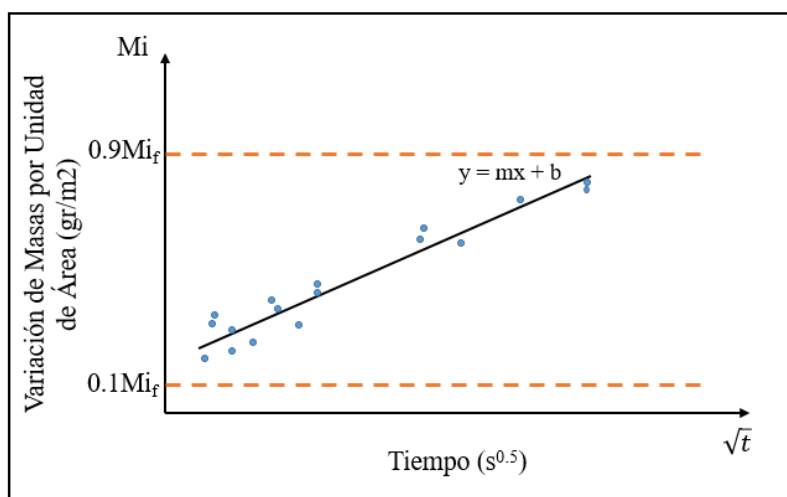
P_i : Peso de cada muestra en estado seco (peso inicial) en gr.

A : Área superficial que está en contacto con el agua en m^2 .

t : Tiempo transcurrido en seg.

Para determinar la recta que representa a la velocidad de absorción capilar del concreto se obtiene a través del método de mínimos cuadrados. Donde los puntos de selección (X,Y) son aquellos datos de Variación de Masa por Unidad de Área que se encuentran entre $0.1M_{if}$ y $0.9M_{if}$. Donde los datos para X representa la raíz cuadrada del tiempo y los datos para Y la variación de masa por unidad de área comprendidas en el rango ($0.1M_{if}$ y $0.9M_{if}$).

Gráfico 3. Velocidad de absorción capilar del concreto



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 103. Peso de la muestra seca (Referencia: Diseño Ajuste por Slump + 2%M.N).



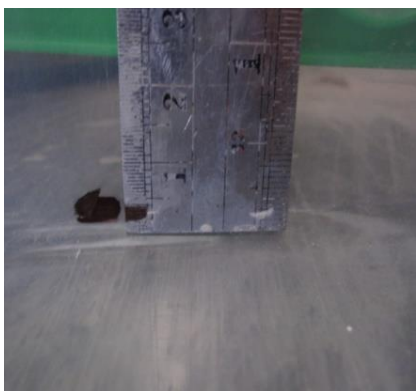
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 104. Muestras en uno de contenedores.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 105. Altura del agua 3mm.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 106. Cubrir las muestras con una tapa no absorbente.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 107. Retiro de la probeta del contenedor para ser pesada.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 108. Peso de la probeta a las 120hr (Referencia: Diseño Ajuste por Slump).



Fuente: Elaboración propia.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Esta investigación presenta un plan de procesamiento para análisis de datos dividida en 6 fases, las cuales se describen a continuación:

FASE 1: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

- Recopilación de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.
- Recolección de información de las normas: NTP, ASTM y ACI.

FASE 2: SELECCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.

- Obtención y selección de los agregados de 2 canteras diferentes, Tres Tomas y La Victoria; tomando para el diseño de mezclas la arena de La Victoria y la piedra de Tres Tomas ya que cumplen con lo estipulado en las Normas.
- Ensayo de laboratorio para los agregados:
 - Granulometría
 - Contenido de humedad
 - Contenido de absorción
 - Peso específico
 - Peso unitario suelto
 - Peso unitario compactado.
- Almacenamiento de los materiales en laboratorio o en terceros.
- Visita y programación de los ensayos en laboratorio

FASE 3: DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN, ELABORACIÓN Y ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO.

- Diseño de mezcla. Se utilizaron los agregados seleccionados en el estudio de canteras para el diseño de mezclas según el método del ACI.
- Elaboración de testigos o probetas de la muestra patrón.
- Elaboración de vigas de la muestra patrón.
- Ensayos del concreto fresco:
 - Asentamiento.
 - Peso unitario.
 - Exudación.
 - Contenido de aire.

- Tiempo de fraguado.
- Temperatura.
- Ensayos del concreto endurecido:
 - Resistencia a la compresión.
 - Resistencia a la tracción.
 - Resistencia a la flexión.
 - Resistencia a la abrasión.
 - Módulo de elasticidad.
 - Permeabilidad – Absorción capilar.
- Visita y programación de los ensayos en laboratorio. X²

FASE 4: OBTENCIÓN DEL MUCÍLGO DE NOPAL.

- Obtención de las pencas de nopal, se evaluaron 2 muestras de nopales de diferentes zonas (Cajamarca y Chiclayo).
- Obtención del mucílago de nopal, se seleccionaron los nopales de Cajamarca ya que generó mayor cantidad de mucílago y presentó mejores características.
- Obtención de la densidad del mucílago de nopal.

FASE 5: INCORPORACIÓN DEL MUCÍLGO DE NOPAL EN EL CONCRETO Y ENSAYOS EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO.

- Visita y programación de los ensayos en laboratorio.
- Elaboración de probetas y vigas para los diferentes porcentajes de mucílago de nopal.
- Ensayos del concreto fresco.
 - Asentamiento.
 - Peso unitario.
 - Exudación.
 - Contenido de aire.
 - Tiempo de fraguado.
 - Temperatura.
- Ensayos del concreto endurecido:
 - Resistencia a la compresión.
 - Resistencia a la tracción.
 - Resistencia a la flexión.

- Resistencia a la abrasión.
- Módulo de elasticidad.
- Permeabilidad – Absorción capilar.

FASE 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- Análisis de resultados y elección de diseño de mezcla final, con el % adecuado de mucílago de nopal que presenta mejores características en el concreto en estado fresco y endurecido.
- Costos unitarios para determinar el costo del concreto por m³ y el costo del concreto más el porcentaje de mucílago de nopal.
- Conclusiones y Recomendaciones.
- Anexos.

3.9. Matriz de consistencia

TÍTULO	“Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido”
PROBLEMA	¿De qué manera influye la utilización del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido?
OBJETIVOS	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar la influencia del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar un diseño de mezcla óptimo para la elaboración del concreto (Resistencia para este estudio $f'c=210\text{kg/cm}^2$). - Determinar el porcentaje de mucílago de nopal que se incorporará con respecto al peso del cemento. - Evaluar la influencia del mucílago de nopal sobre las propiedades del concreto en estado fresco que engloba el asentamiento, el peso unitario, el contenido de aire, la exudación del concreto, el tiempo de fraguado y la temperatura. - Analizar la influencia del mucílago de nopal sobre las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia

	a la flexión, resistencia a la abrasión, módulo de elasticidad y permeabilidad.
HIPOTESIS	La incorporación del mucílago del nopal influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
VARIABLES	<p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mucílago de Nopal. <p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolección de la muestra. - Ensayo de densidad. <p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento del concreto. <p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Concreto en estado fresco. - Concreto en estado endurecido. <p>Variable interviniente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de mezclas. <p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de los agregados.
METODOLOGÍA	<p>Tipo de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo al tipo de investigación es experimental porque interviene la manipulación de la variable independiente que es analizada, estudiada y controlada por el investigador para efectos determinados que se producen en las variables dependientes. - De acuerdo al fin que se persigue es: Aplicativa, puesto que se generará nuevos conocimientos que son destinados a solucionar problemas existentes, permitiendo dar una justificación económica, técnica, ambiental y social.
POBLACIÓN	<p>Población:</p> <p>Concreto con mucílago de nopal, teniendo en cuenta las tablas establecidas para el diseño.</p>

	<p>Muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concreto en estado fresco: Para los ensayos de asentamiento, exudación, contenido de aire y tiempo de fraguado se usarán 1 muestra para cada diseño de mezclas (0%, 1%, 2% y 3% de mucílago de nopal) y para determinar el peso unitario serán 10 muestras para cada diseño. - Concreto en estado endurecido: 40 probetas de 6"x12" (24 para la resistencia a la compresión, 8 para la resistencia a la tracción y 8 para determinar el módulo de elasticidad), 8 vigas de 15x15x46cm para la resistencia a la flexión, 12 probetas de 15x5cm para la resistencia al desgaste y 12 probetas de 10x5cm para la permeabilidad.
--	--

3.10. Consideraciones éticas

Se evaluó la influencia que tiene el mucílago de nopal en el concreto en estado fresco y endurecido a través de los ensayos realizados en el laboratorio; los resultados de cada ensayo se registraron en formatos que han sido analizados y evaluados respetando las exigencias dadas en las Normas. El técnico de laboratorio fue el encargado de firmar los ensayos dando conformidad de lo obtenido.

Las investigaciones que se han obtenido para la elaboración de la tesis y se han tomado como referencia para esta investigación, han sido debidamente citadas así como también los libros o normas mencionadas en la realización de la tesis.

IV. Resultados

4.1 Ensayo de los materiales

4.1.1 Análisis granulométrico

Para el análisis granulométrico del agregado fino y grueso se realizaron según el procedimiento que exige la norma NTP 400.012 y la ASTM C136 donde, se realizó un estudio de canteras tanto para el agregado fino como para el agregado grueso. Las canteras seleccionadas fueron “La Victoria” – Pátapo y “Bomboncito” – Tres Tomas, de ambas canteras se determinó que agregado cumple con lo establecido en la norma.

4.1.1.1 Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Se ha realizado el análisis granulométrico del agregado fino proveniente de ambas canteras utilizando tamices desde 1/2” hasta la N°100, en donde se pudo calcular los valores del peso retenido, porcentaje retenido y el porcentaje que pasa para obtener los porcentajes acumulados que pasan y que estén dentro de los parámetros establecidos en la norma; así como también que el módulo de fineza se encuentre dentro de los rangos establecidos.

- Granulometría del agregado fino proveniente de la cantera “Bomboncito” - Tres Tomas:

TABLA XXVII. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS

Peso Inicial muestra húmeda:	500 g
Peso Inicial muestra seca:	466 g

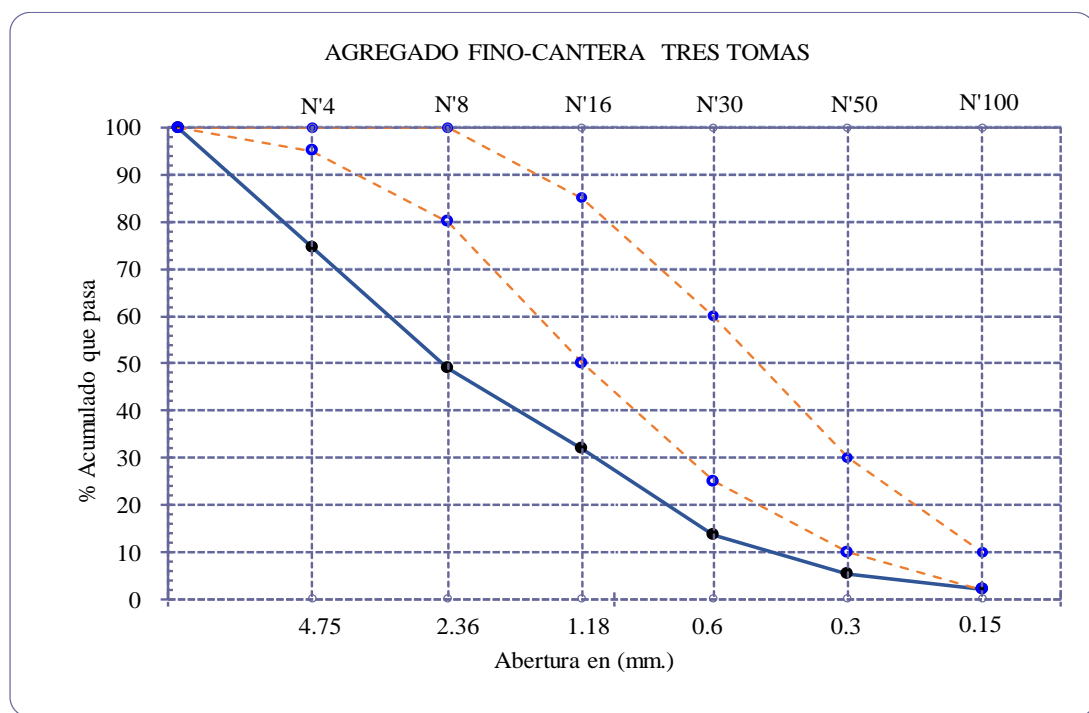
Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones N.T.P. 400.037 ó ASTM C33	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.70	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.50	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N°04	4.75	118.10	25.32	25.32	74.68	95	100
N°08	2.36	119.98	25.73	51.05	48.95	80	100
N°16	1.18	79.30	17.00	68.05	31.95	50	85
N°30	0.60	85.50	18.33	86.38	13.62	25	60.00
N°50	0.30	38.50	8.26	94.64	5.36	10	30.00
N°100	0.15	15.00	3.22	97.86	2.14	2	10.00
Fondo		10	2.14	100.00	0.00		

Módulo de Fineza	4.23
Abertura de malla de referencia (mm.)	4.75

Rango: 2.3 — 3.10 No cumple

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Curva granulométrica del agregado fino – Cantera “Bomboncito” Tres Tomas.



Fuente: Elaboración propia.

El agregado fino de esta cantera no cumple las condiciones necesarias de granulometría puesto que tiene mayor contenido de partículas gruesas retenidas en los tamices y los porcentajes acumulados que pasa no están dentro de los parámetros que establece la NTP 400.037.

El módulo de fineza no se encuentra entre el rango de 2.3 y 3.10, ya que el obtenido de esta cantera fue de 4.23.

- Granulometría del agregado fino proveniente de la cantera “La Victoria” - Pátapo:

**TABLA XXVIII. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO -
CANTERA "LA VICTORIA" - PÁTAPU**

Peso Inicial muestra húmeda:	500 g
Peso Inicial muestra seca:	446 g

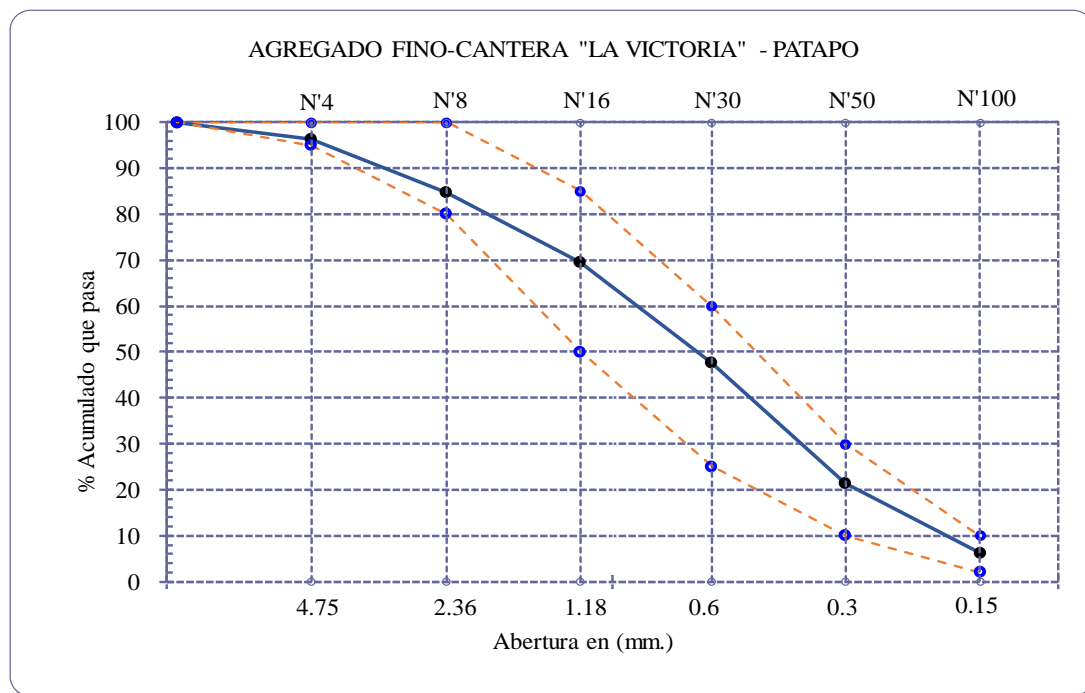
Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones N.T.P. 400.037 ó ASTM C33	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.70	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.50	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N°04	4.75	16.91	3.79	3.79	96.21	95	100
N°08	2.36	51.23	11.49	15.28	84.72	80	100
N°16	1.18	68.24	15.30	30.58	69.42	50	85
N°30	0.60	96.63	21.66	52.24	47.76	25	60.00
N°50	0.30	118.01	26.46	78.70	21.30	10	30.00
N°100	0.15	66.87	14.99	93.69	6.31	2	10.00
Fondo		28.15	6.31	100.00	0.00		

Módulo de Fineza	2.74
Abertura de malla de referencia (mm.)	4.75

Rango: 2.3 — 3.10

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Curva granulométrica del agregado fino – Cantera "La Victoria" Pátapu.



Fuente: Elaboración propia.

El agregado fino de esta cantera cumple con los requisitos comprendidos en la norma y la gradación se encuentra dentro de los límites que se establecen en la NTP 400.037. Además el módulo de fineza es de 2.74 y se encuentra dentro de los rangos establecidos.

El agregado fino seleccionado para el diseño de mezclas ($f'c=210\text{kg/cm}^2$) fue de la cantera “La victoria”.

4.1.1.2 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

Se ha realizado el análisis granulométrico del agregado grueso proveniente de ambas canteras utilizando tamices desde 2” hasta la N°16, en donde se pudo obtener los valores del peso retenido, porcentaje retenido y el porcentaje que pasa para obtener los porcentajes acumulados que pasan y que estén dentro de los parámetros establecidos en la norma; así como también que el módulo de fineza se encuentre dentro de los rangos establecidos.

- Granulometría del agregado grueso proveniente de la cantera “La Victoria” – Pátapo:

TABLA XXIX. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPÓ

Peso Inicial muestra húmeda:	5500 g
Peso Inicial muestra seca:	5486 g

HUSO: 1"-N°4" 57

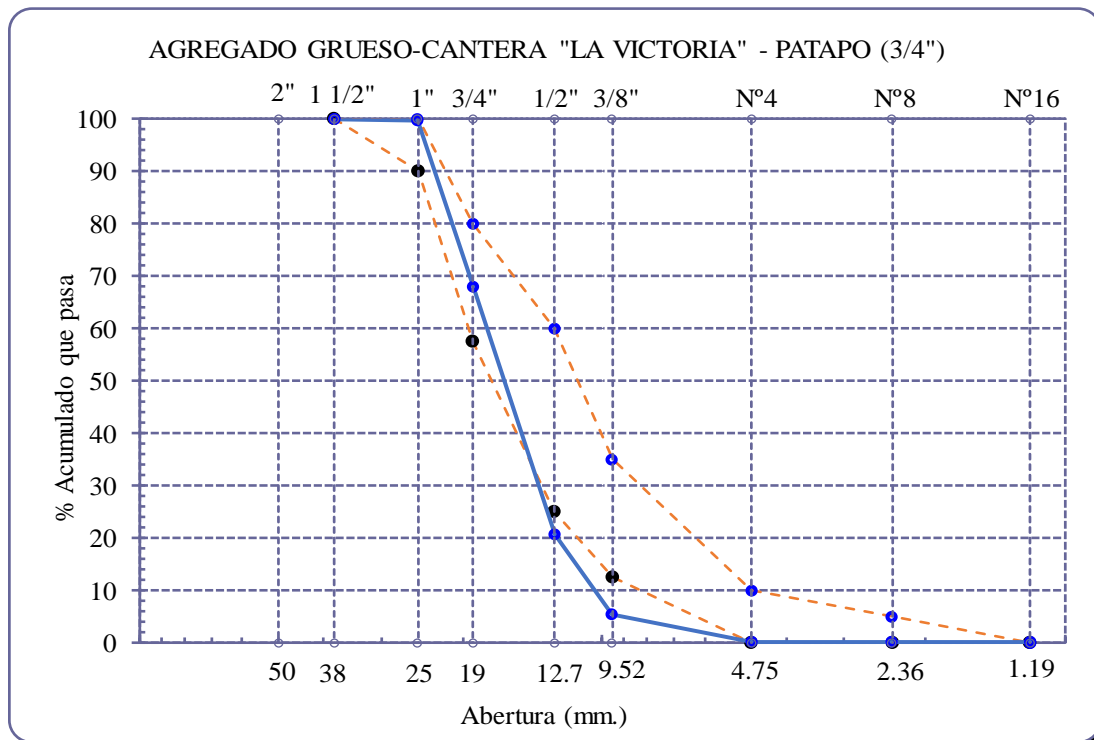
Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones ASTM C67	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	20.00	0.36	0.36	99.64	90	100
3/4"	19.00	1741.00	31.74	32.10	67.90	57.5	80
1/2"	12.70	2588.00	47.18	79.28	20.72	25	60
3/8"	9.52	838.00	15.28	94.55	5.45	12.5	35
N°04	4.75	284.00	5.18	99.73	0.27	0	10
N°08	2.36	2.59	0.05	99.78	0.22	0	5
N°16	1.19	1.16	0.02	99.80	0.20	0	0
Fondo		11.00	0.20	100.00	0.00		

Tamaño Máximo	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	1"

Módulo de fineza	7.25	Rango: 5.3 — 7.2
------------------	------	------------------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Curva granulométrica del agregado grueso – Cantera “La Victoria” Pátapo.



Fuente: Elaboración propia.

El agregado grueso de esta cantera no cumple las condiciones necesarias de granulometría puesto que el porcentaje acumulado que pasa en las mallas de 1/2" y de 3/8" no están dentro del rango establecido y su módulo de fineza es mayor al límite.

- Granulometría del agregado grueso proveniente de la cantera “Bomboncito” - Tres Tomas:

**TABLA XXX. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO -
CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS**

Peso Inicial muestra húmeda:	5000 g
Peso Inicial muestra seca:	4490 g

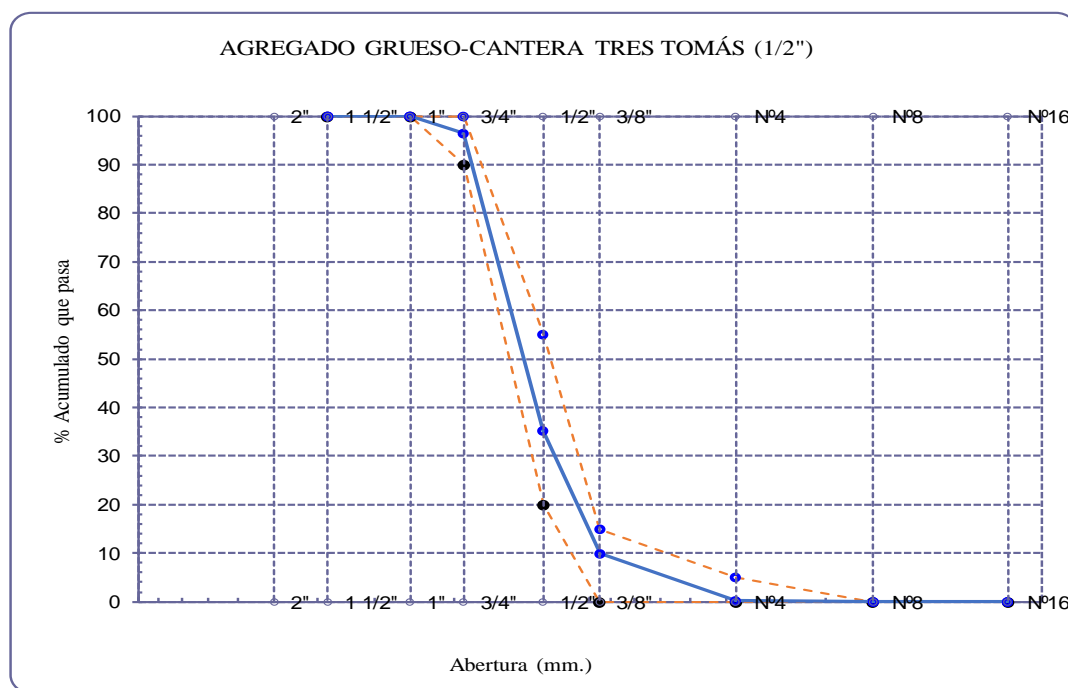
Malla Pulg.	(mm.)	Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones ASTM C67	
2"	50.00	0	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.00	0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	156	3.47	3.47	96.53	90	100
1/2"	12.70	2753	61.32	64.79	35.21	20	55
3/8"	9.52	1133	25.24	90.03	9.97	0	15
N°04	4.75	440	9.80	99.83	0.17	0	5
N°08	2.36	2.1	0.05	99.88	0.12	0	0
N°16	1.19	0.49	0.01	99.89	0.11	0	0
Fondo		5.1	0.11	100.00	0.00		

Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"

Módulo de fineza	6.93	Rango: 5.3 — 7.2
------------------	------	------------------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Curva granulométrica del agregado fino – Cantera “Bomboncito” Tres Tomas.



Fuente: Elaboración propia.

El agregado grueso de esta cantera cumple las condiciones necesarias de granulometría y fue seleccionado para el diseño de mezcla ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$). El módulo de fineza se encuentra dentro del rango de 5.3 y 7.2.

4.1.2 Contenido de humedad del agregado fino y grueso

TABLA XXXI. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO - CANTERA "LA VICTORIA" - PÁTAPO

1. Peso de la muestra húmeda	(gr)	500	500
2. Peso de la muestra seca	(gr)	496.28	497.71
3. Contenido de humedad	%	0.75	0.46
4. Contenido de humedad(promedio)	%	0.60	

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el contenido de humedad del agregado fino para la cual se requirió el peso de la muestra húmeda (500 gr), que te pide la norma como mínimo según el tamaño máximo nominal (Malla N°04 - Según la granulometría es la primera malla en que se retiene la muestra). También se pesó la muestra seca para poder reemplazarla en la ecuación (2) de la NTP 339.185. Donde, el contenido de humedad promedio de 2 muestras es de 0.60%, este porcentaje se utilizó en el diseño de mezclas.

TABLA XXXII. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA "BOMBONCITO" – TRES TOMAS

1. Peso de la muestra húmeda	(gr)	5000	5000
2. Peso de la muestra seca	(gr)	4984	4982
3. Contenido de humedad	%	0.32	0.36
4. Contenido de humedad(promedio)	%	0.34	

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el contenido de humedad del agregado grueso para la cual se requirió el peso de la muestra húmeda (5000 gr), que te pide la norma como mínimo (4000gr) según el tamaño máximo nominal (Malla 1" - Según la granulometría es la primera malla en que se retiene la muestra). También se pesó la muestra seca para poder reemplazar en la ecuación (2) de la NTP 339.185. Donde, el contenido de humedad promedio de 2 muestras es de 0.34%, que se trabajó para el diseño de mezclas puesto que es el agregado grueso seleccionado en la granulometría.

4.1.3 Peso específico y grado de absorción del agregado fino y grueso

TABLA XXXIII. PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPU

A. DATOS

1. Peso de la muestra Sat Sup Seca	(g)	500.00	500.0
2. Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	947.95	945.3
3. Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	638.79	639.0
4. Peso del Agua	(g)	309.16	306.2
5. Peso del Frasco	(g)	138.79	139.03
6. Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	636.94	637.2
7. Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	498.15	498.2
8. Volumen del frasco	(cm ³)	500.00	500.0

B. RESULTADOS

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.610	2.571	2.591
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.636	2.596	2.616
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.636	2.596	2.616
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.37	0.37	0.370

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó el ensayo de peso específico del agregado fino según los procedimientos dispuestos en la NTP 400.022 y la ASTM C128, obteniendo el peso específico igual a 2.591gr/cm³, resultante del promedio de dos muestras ensayadas.

TABLA XXXIV. PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA “BOMBONCITO” – TRES TOMAS

A. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1982	1986
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1992	1996
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2154	2157
4.- Peso de la canastilla	(g)	890	890
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1264	1267

B. RESULTADOS

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.723	2.724	2.723
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.736	2.738	2.737
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.760	2.762	2.761
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.50	0.50	0.504

Fuente: Elaboración Propia

Se determinó el peso específico del agregado grueso según los procedimientos dispuestos en la NTP 400.021 y la ASTM C127, obteniendo como resultado 2.723gr/cm³ que es la resultante del promedio de dos muestras.

4.1.4 Peso unitario del agregado fino y grueso

TABLA XXXV. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - CANTERA “LA VICTORIA” - PÁTAPO

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	gr	18850	18856
2.- Peso del recipiente	gr	10095	10095
3.- Peso del material	gr	8755	8761
4.- Constante ó Volumen	m ³	0.00552	
5.- Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1588	
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	kg/m ³	1578	

1.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	gr	19765	19760
2.- Peso del recipiente	gr	10095	10095
3.- Peso del material	gr	9670	9665
4.- Constante ó Volumen	m ³	0.00552	
5.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	kg/m ³	1753	
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	kg/m ³	1742	

Fuente: Elaboración Propia

Para el peso unitario suelto y compactado del agregado fino, se determinó según los procedimientos descritos en NTP 400.017 y ASTM C29 cuyo objetivo fue la determinación de la densidad de masa del agregado ya sea suelto o compactado expresado en kg/m³, incluyendo el volumen de las partículas y de vacíos, donde el resultado para el peso unitario suelto seco fue de 1578 kg/cm³ y para el peso unitario compactado seco fue 1742 kg/cm³; ambos resultados se utilizaron para el diseño de mezclas.

**TABLA XXXVI. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA
“BOMBONCITO” – TRES TOMAS**

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	gr	17744	17746
2.- Peso del recipiente	gr	9982	9982
3.- Peso del material	gr	7762	7764
4.- Constante ó Volumen	m3	0.00552	
5.- Peso unitario suelto húmedo	kg/m3	1407	
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	kg/m3	1402	

1.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	gr	18556	18564
2.- Peso del recipiente	gr	9982	9982
3.- Peso del material	gr	8574	8582
4.- Constante ó Volumen	m3	0.00552	
5.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	kg/m3	1555	
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	kg/m3	1550	

Fuente: Elaboración Propia

Para el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso se determinó según los procedimientos descritos en NTP 400.017 y ASTM C29 cuyo objetivo fue la determinación de la densidad de masa del agregado ya sea suelto o compactado expresado en kg/m³, incluyendo el volumen de las partículas y de vacíos, donde el resultado para el peso unitario suelto seco fue 1402 kg/cm³ y para el peso unitario compactado seco fue 1550 kg/cm³; ambos resultados se utilizaron para el diseño de mezclas.

4.2 Ensayo del mucílago de nopal.

4.2.1. Densidad del mucílago de nopal.

Se determinó la densidad del mucílago de nopal con la ecuación de densidad (masa/volumen), obteniendo el siguiente resultado:

TABLA XXXVII. DENSIDAD DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.

Peso de la probeta:	114.52 gr
Peso de la probeta + M.N:	192.09 gr
Masa (gr)	77.57 gr
Volumen (cm ³):	78 cm ³

Densidad (ρ):	0.994 gr/cm ³
----------------------	--------------------------

Fuente: Elaboración propia.

Si: $1\text{cm}^3 = 1\text{ml}$, entonces:

$$\rho = 0.9914 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} \times \frac{1\text{kg}}{1000\text{gr}} \times \frac{1000\text{ml}}{1\text{lt}} = 0.994 \text{ kg/lt}$$

Determinando que la densidad del mucílago de nopal es 0.994 kg/lt.

4.3 Ensayos de la calidad del concreto

4.3.1 Concreto en estado fresco

4.3.1.1 Asentamiento

Se determinó el asentamiento del concreto fresco con el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump y las adiciones de los porcentajes de Mucílago de Nopal (1%, 2% y 3%) observando que, mientras se incorpore mayor cantidad de mucílago de nopal el asentamiento es mayor.

TABLA XXXVIII. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO

F' C= 210 kg/cm²	
DISEÑO DE MEZCLAS-AJUSTE POR SLUMP	SLUMP (pulg)
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	2.8
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	3
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	3.5
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	5

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2 Peso Unitario del Concreto Fresco

El peso unitario del concreto fresco se realizó de acuerdo a la NTP 339.046, donde se encontró el peso unitario promedio de 10 muestras representativas del diseño de mezclas ajuste por slump y del diseño de mezclas con el mucílago de nopal (1%, 2% y 3%). Además se obtuvo el rendimiento del concreto dividiendo el peso unitario teórico entre el peso unitario real. A continuación se presentan las tablas del peso unitario y rendimiento de cada uno de los diseños de mezclas:

TABLA XXXIX. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP

DISEÑO DE MEZCLAS - AJUSTE POR SLUMP F'C=210kg/cm ²							
N°	PESO CONCRETO + MOLDE	PESO MOLDE	PESO CONCRETO	VOL. DE MOLDES CILÍNDRICOS	PESO UNITARIO		RENDIMIENTO
					TEÓRICO	REAL	
1	13.325	0.275	13.050	0.00552	2309.90	2365.70	0.98
2	13.445	0.280	13.165	0.00552	2309.90	2386.55	0.97
3	13.385	0.275	13.110	0.00552	2309.90	2376.58	0.97
4	13.370	0.280	13.090	0.00552	2309.90	2372.95	0.97
5	13.335	0.275	13.060	0.00552	2309.90	2367.51	0.98
6	13.325	0.285	13.040	0.00552	2309.90	2363.89	0.98
7	13.310	0.280	13.030	0.00552	2309.90	2362.08	0.98
8	13.250	0.275	12.975	0.00552	2309.90	2352.11	0.98
9	13.280	0.275	13.005	0.00552	2309.90	2357.54	0.98
10	13.270	0.280	12.990	0.00552	2309.90	2354.82	0.98
Promedio						2365.97	0.98

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XL. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.

DISEÑO DE MEZCLAS - AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N. F'C=210kg/cm ²							
N°	PESO CONCRETO + MOLDE	PESO MOLDE	PESO CONCRETO	VOL. DE MOLDES CILÍNDRICOS	PESO UNITARIO		RENDIMIENTO
					TEÓRICO	REAL	
1	13.380	0.275	13.105	0.00552	2313.86	2375.67	0.97
2	13.370	0.280	13.090	0.00552	2313.86	2372.95	0.98
3	13.190	0.275	12.915	0.00552	2313.86	2341.23	0.99
4	13.320	0.280	13.040	0.00552	2313.86	2363.89	0.98
5	13.295	0.275	13.020	0.00552	2313.86	2360.26	0.98
6	13.130	0.275	12.855	0.00552	2313.86	2330.35	0.99
7	13.315	0.280	13.035	0.00552	2313.86	2362.98	0.98
8	13.330	0.285	13.045	0.00552	2313.86	2364.79	0.98
9	13.315	0.280	13.035	0.00552	2313.86	2362.98	0.98
10	13.335	0.285	13.050	0.00552	2313.86	2365.70	0.98
Promedio						2360.08	0.98

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA XLI. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS –
AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.**

DISEÑO DE MEZCLAS - AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N. F'C=210kg/cm ²							
N°	PESO CONCRETO + MOLDE	PESO MOLDE	PESO CONCRETO	VOL. DE MOLDES CILÍNDRI COS	PESO UNITARIO		RENDIMIE NTO
					TEÓRICO	REAL	
1	13.230	0.275	12.955	0.00552	2317.82	2348.48	0.99
2	13.300	0.280	13.020	0.00552	2317.82	2360.26	0.98
3	13.325	0.275	13.050	0.00552	2317.82	2365.70	0.98
4	13.390	0.285	13.105	0.00552	2317.82	2375.67	0.98
5	13.335	0.285	13.050	0.00552	2317.82	2365.70	0.98
6	13.360	0.285	13.075	0.00552	2317.82	2370.23	0.98
7	13.400	0.285	13.115	0.00552	2317.82	2377.48	0.97
8	13.355	0.280	13.075	0.00552	2317.82	2370.23	0.98
9	13.395	0.285	13.110	0.00552	2317.82	2376.58	0.98
10	13.365	0.285	13.080	0.00552	2317.82	2371.14	0.98
Promedio						2368.15	0.98

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA XLII. PESO UNITARIO DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS –
AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.**

DISEÑO DE MEZCLAS - AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N. F'C=210kg/cm ²							
N°	PESO CONCRETO + MOLDE	PESO MOLDE	PESO CONCRETO	VOL. DE MOLDES CILÍNDRI COS	PESO UNITARIO		RENDIMIE NTO
					TEÓRICO	REAL	
1	13.205	0.275	12.930	0.00552	2321.79	2343.95	0.99
2	13.215	0.280	12.935	0.00552	2321.79	2344.85	0.99
3	13.185	0.275	12.910	0.00552	2321.79	2340.32	0.99
4	13.315	0.280	13.035	0.00552	2321.79	2362.98	0.98
5	13.160	0.275	12.885	0.00552	2321.79	2335.79	0.99
6	13.195	0.275	12.920	0.00552	2321.79	2342.13	0.99
7	13.180	0.280	12.900	0.00552	2321.79	2338.51	0.99
8	13.125	0.275	12.850	0.00552	2321.79	2329.45	1.00
9	13.300	0.285	13.015	0.00552	2321.79	2359.36	0.98
10	13.230	0.285	12.945	0.00552	2321.79	2346.67	0.99
Promedio						2344.40	0.99

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.3 Contenido de aire del concreto

Se determinó el contenido de aire del concreto para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump y para cada diseño con adición de Mucílago de Nopal, realizando el procedimiento descrito en la NTP 339.083 y ASTM C231.

TABLA XLIII. CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE	CONTENIDO DE AIRE IN SITU
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	2.00 %	1.20 %
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	2.00 %	1.30 %
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	2.00 %	1.45 %
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	2.00 %	1.80 %

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4 Exudación del concreto

La exudación del concreto se realizó de acuerdo a la NTP 339.077, determinando el porcentaje de exudación para cada diseño, observando que el diseño de ajuste por Slump de 2% y 3% llegó a exudar hasta los 100 minutos.

TABLA XLIV. EXUDACIÓN DEL CONCRETO

MUESTRA	Exudación (ml)							Vol. Agua en molde (ml)	EXUDACIÓN (%)
	10 min	20 min	30 min	40 min	70 min	100 min	Agua Total(ml)		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	0	0	2	4	6	0	12	1732	0.693
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	0	0	2	4.5	7	0	13.5	1732	0.779
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	0	1	0.5	1	0.5	1	4	443	0.903
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	0.5	1.5	1.5	2	1.5	1.5	8.5	709	1.199

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.5 Tiempo de fraguado del concreto – Penetración

El tiempo de fraguado se determinó mediante mediciones de resistencia a la penetración de la mezcla de concreto siguiendo los procedimientos de la NTP 339.077. A través de los resultados obtenidos en el ensayo pudo concluirse el tiempo de fraguado inicial cuando la resistencia a la penetración es de 500 lb/plg² y el tiempo de fraguado final cuando la resistencia a la penetración de 4000 lb/plg². A continuación mostramos las tablas y los gráficos obtenidos de cada diseño de mezclas:

TABLA XLV. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP

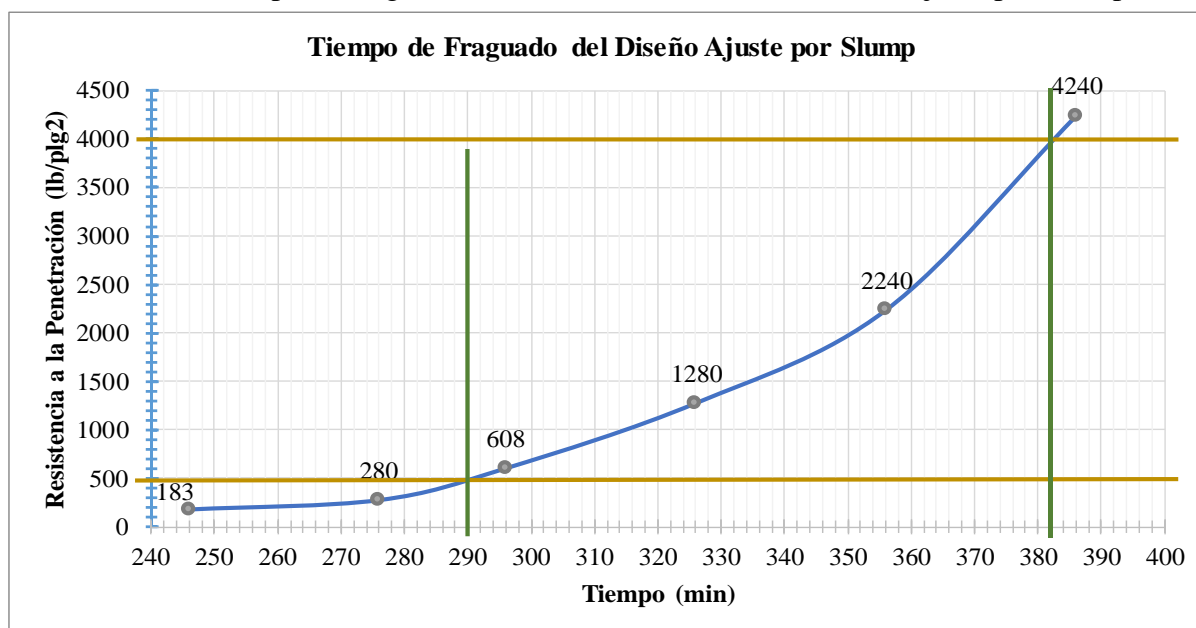
Tiempo de Fraguado - Penetración Diseño Ajuste por Slump, $f'c=210\text{kg/cm}^2$					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	246	1	183	183	1.262
246	276	1/2	140	280	1.931
276	296	1/4	152	608	4.192
296	326	1/10	128	1280	8.825
326	356	1/20	112	2240	15.444
356	386	1/40	106	4240	29.234

Fraguado inicial	290 min
Fraguado final	382 min

Tiempo de Fraguado	92 min
--------------------	--------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA XLVI. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.

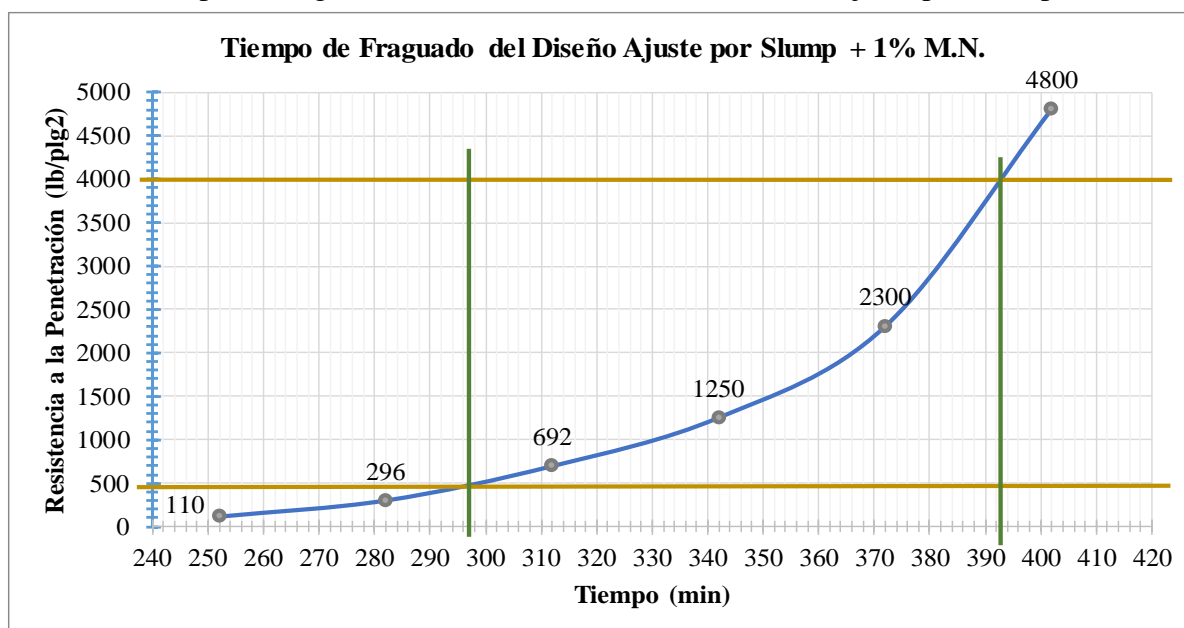
Tiempo de Fraguado - Penetración					
Diseño Ajuste por Slump + 1% M.N. $f'c=210\text{kg/cm}^2$					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	252	1	110	110	0.758
252	282	1/2	148	296	2.041
282	312	1/4	173	692	4.771
312	342	1/10	125	1250	8.618
342	372	1/20	115	2300	15.858
372	402	1/40	120	4800	33.095

Fraguado inicial	297 min
Fraguado final	393 min

Tiempo de Fraguado	96 min
--------------------	--------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 1% M.N.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA XLVII. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.

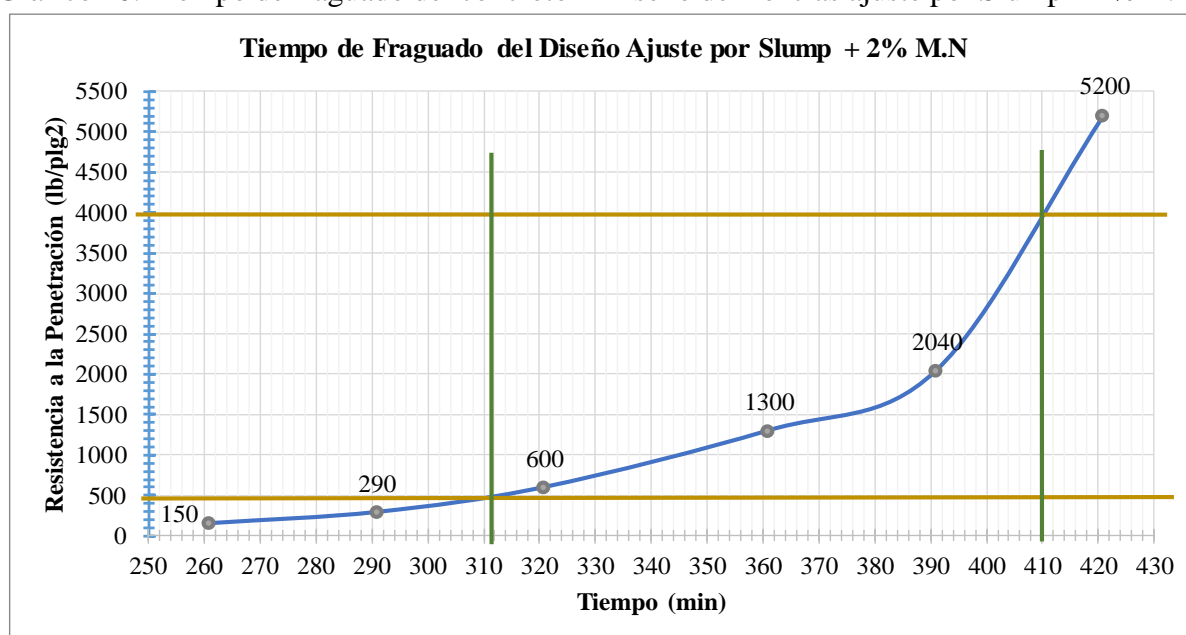
Tiempo de Fraguado - Penetración					
Diseño Ajuste por Slump + 2% M.N. $f'c=210\text{kg/cm}^2$					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	261	1	150	150	1.034
261	291	1/2	145	290	1.999
291	321	1/4	150	600	4.137
321	361	1/10	130	1300	8.963
361	391	1/20	102	2040	14.065
391	421	1/40	130	5200	35.853

Fraguado inicial	312 min
Fraguado final	410 min

Tiempo de Fraguado	98 min
--------------------	--------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 2% M.N.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA XLVIII. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.

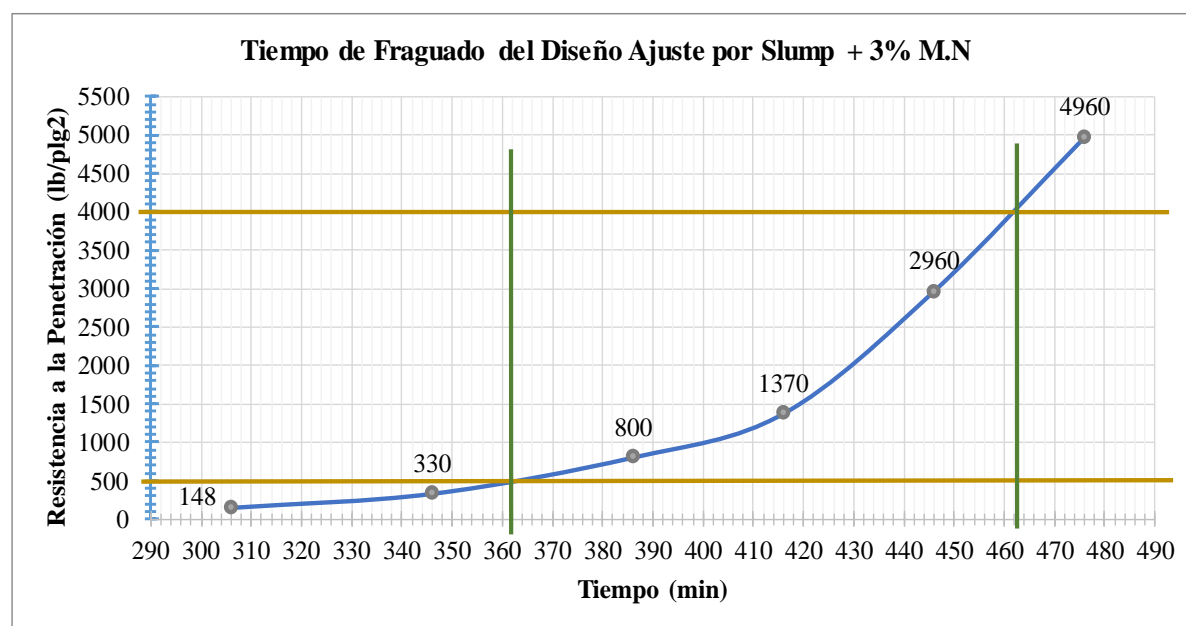
Tiempo de Fraguado - Penetración					
Diseño Ajuste por Slump + 3% M.N. $f'c=210\text{kg/cm}^2$					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	306	1	148	148	1.020
306	346	1/2	165	330	2.275
346	386	1/4	200	800	5.516
386	416	1/10	137	1370	9.446
416	446	1/20	148	2960	20.408
446	476	1/40	124	4960	34.198

Fraguado inicial	362 min
Fraguado final	462 min

Tiempo de Fraguado	100 min
--------------------	---------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Tiempo de fraguado del concreto - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 3% M.N.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.6 Temperatura del concreto

Se realizó el llenado de las probetas en dos días distintos obteniendo valores de la temperatura ambiental y la temperatura de dos muestras para cada uno de los diseños. Se tomó la temperatura dentro de los 5 minutos luego de haberse obtenido la muestra tal como se señala

en la NTP 339.184, teniendo como resultados que la temperatura del concreto es mayor a la temperatura ambiental.

TABLA XLIX. TEMPERATURA DEL CONCRETO

DISEÑO	FECHA DE LLENADO	TEMPERATURA (°C)		
		AMBIENTE	CONCRETO	PROM.
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	13/05/2019	24.5	27.5 27.7	27.6 °
	18/05/2019	21.3	24.7 24.6	24.7 °
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	13/05/2019	24.5	28.4 27.5	28.0 °
	18/05/2019	21.3	23.5 23.6	23.6 °
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	13/05/2019	24.5	27.5 27.6	27.6 °
	18/05/2019	21.3	23.4 23.2	23.3 °
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	13/05/2019	24.5	26.6 26.1	26.4 °
	18/05/2019	21.3	23.4 23.3	23.4 °

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Concreto en estado endurecido

4.3.2.1 Resistencia a la Compresión

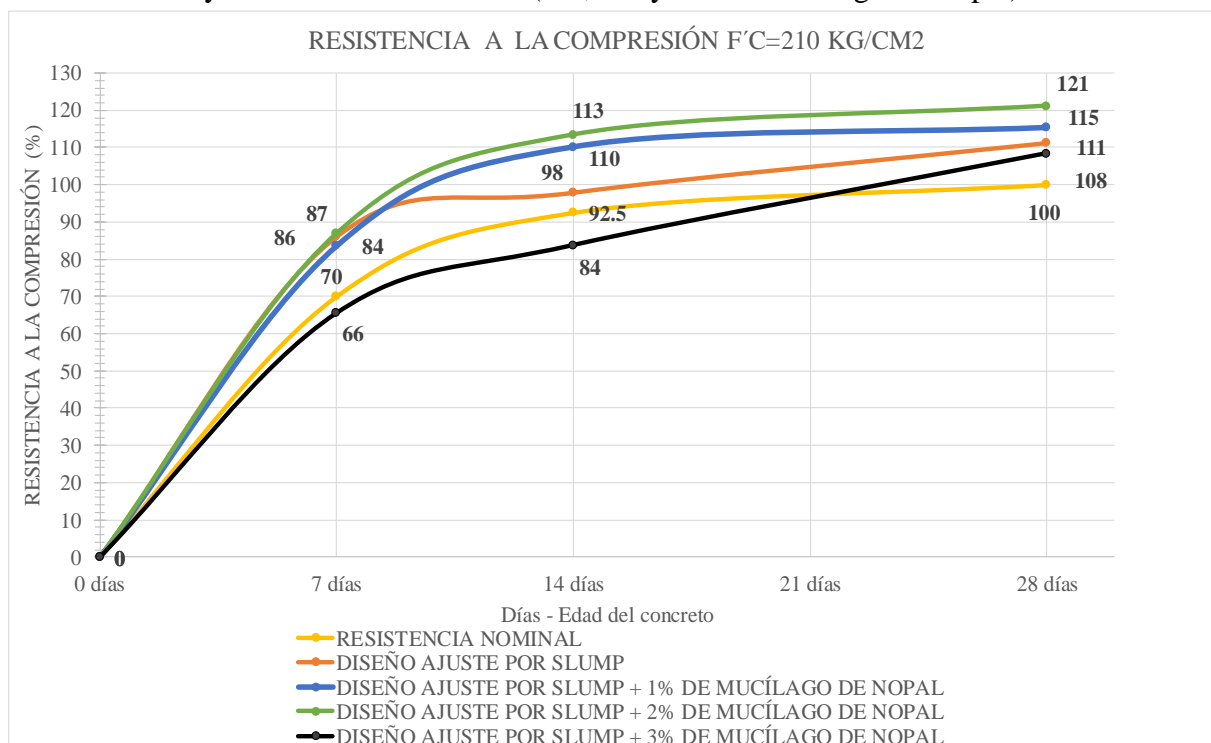
Se determinó la resistencia a la compresión del concreto para cada uno de los diseños a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto. Evaluando también el porcentaje obtenido con respecto al $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

**TABLA L. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA UN
F' C=210 KG/CM2**

DISEÑO	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	D ø	ÁREA cm ²	CARGA kgf	F' C kg/cm ²	%	PROMEDIO	
									kg/cm ²	%
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	32888.00	180.77	86	180.77	86
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.32	184.33	33320.00	180.76	86		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	36700.00	201.72	96	205.66	98
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	38130.00	209.59	100		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	42440.00	233.28	111	233.66	111
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	42580.00	234.04	111		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	32074.80	176.30	84	175.61	84
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	31822.70	174.92	83		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	41490.00	228.05	109	231.52	110
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	42750.00	234.98	112		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	44700.00	245.70	117	242.45	115
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	43520.00	239.21	114		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	33801.80	185.79	88	182.62	87
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	32645.30	179.44	85		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	43590.00	239.60	114	238.30	113
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	43120.00	237.01	113		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	46330.00	254.66	121	254.55	121
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	46290.00	254.44	121		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.32	184.33	25848.30	140.23	67	137.64	66
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.32	184.33	24894.80	135.06	64		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	32050.00	176.17	84	175.93	84
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.30	183.85	32300.00	175.69	84		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	40590.00	223.11	106	227.70	108
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	42260.00	232.29	111		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 12. Resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$ - Diseño de mezclas ajuste por Slump y Diseño de mezclas con (1%, 2% y 3% de Mucílago de Nopal).



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico representa la resistencia que llega el concreto a los 7, 14 y 28 días de edad; la resistencia nominal es de color amarillo que representa la resistencia para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

La curva anaranjada es la resistencia a compresión del Diseño de Mezclas Ajuste por Slump en donde se observa que a los 7 días de edad el concreto alcanza el 86% de su resistencia, a los 14 días llega al 98% de la resistencia y a los 28 días llega a tener 11% más que la resistencia nominal que se encuentra dentro de los 35MPa que puede ser excedido.

La curva azul es la resistencia del Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1%M.N. en donde a los 7 días alcanzó el 84% de la resistencia teniendo 2% menos que el diseño patrón, pero no menor que la resistencia nominal. A los 14 días de edad el concreto alcanzó una resistencia de 110% superando al Diseño de Mezclas Ajuste por Slump, alcanzando la resistencia que se llega a tener a los 28 días de edad del concreto para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$. En cuanto a los 28 días de edad la resistencia alcanzó los 115% del $f'c$ alcanzando mayor resistencia a esta edad del concreto.

La curva verde pertenece al Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2%M.N, llegó a tener a los 7 días una resistencia de 87% teniendo 1% más que el Diseño de Mezclas Ajuste por

Slump; a los 14 días el concreto alcanzó el 113% de resistencia a compresión que ya supera a lo que se alcanzaría a los 28 días. En cuanto a la resistencia obtenida a los 28 días se incrementa en un 21% con respecto al 100% de resistencia alcanzada a esa edad, generando que con el 2% de M.N. llega alcanzar mayor resistencia comparado con el 1% y 3% M.N.

La curva negra corresponde al Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3% M.N. en donde se observa que a los 7 días no llega a tener el porcentaje que debería alcanzar según la resistencia nominal. A los 14 días se observa lo mismo que el porcentaje obtenido a esa edad está por debajo de los 92.5%, pero a los 28 días de edad si llega alcanzar la resistencia a compresión resultando el 108% de la resistencia.

4.3.2.2 Resistencia a la Tracción

Se determinó la resistencia a la tracción indirecta como se detalla en la NTP 339.084 y ASTM C496 en donde las probetas se ensayaron en el sentido longitudinal para evaluar la resistencia al corte. Se consideró el f_r con respecto al $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ y al f'_c obtenido en la resistencia a la compresión de cada una de las mezclas a los 28 días de edad del concreto.

TABLA LI. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO								Con respecto al $f'c=210$ kg/cm ²		Con respecto al $f'c$ alcanzada a los 28 días		
DISEÑO	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	D Ø	Long. cm	CARGA kgf	f't kg/cm ²		fr (f'c=210 kg/cm ²)	%	fr	%
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	19980	27.5	29.7	29.0	102.4	30.6	97.1
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	23100	31.8					
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	23200	32.0	30.2	29.0	104.3	31.1	97.1
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	20690	28.5					
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	20570	28.3	30.4	29.0	104.8	31.9	95.2
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	23510	32.4					
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	21690	29.9	28.5	29.0	98.3	30.2	94.4
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	19650	27.1					

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el fr con respecto al $f'c=210$ kg/cm², utilizando la Ecuación 22 donde, la resistencia a la tracción fue mayor al 100% en el diseño de mezclas ajuste por Slump y en el diseño de mezclas ajuste por Slump + 1% y 2%MN; teniendo como resultados que en el diseño de mezclas ajuste por Slump llegó a tener el 102.4% de resistencia a la tracción. En el diseño de mezclas ajuste por Slump + 1%MN llegó a 104.3% de resistencia a la tracción y en el diseño de mezclas ajuste por Slump + 2%MN alcanzó el 104.8% de resistencia a la tracción. Por otro lado el diseño de mezclas ajuste por Slump + 3%MN no alcanzo la resistencia esperada obteniendo el 98.3% de resistencia a la tracción a los 28 días de edad.

Con respecto al fr de la resistencia a la compresión que alcanza a los 28 días cada diseño, se obtuvo resultados menores a los esperados teniendo al diseño que más se acerca al 100% el diseño de mezclas ajuste por Slump con un 97.1% y el que resultó con menor porcentaje fue el diseño de mezclas ajuste por Slump + el 3% M.N. alcanzando el 94.4%.

4.3.2.3 Resistencia a la Flexión

TABLA LII. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

DISEÑO	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	B	H	Long.	CARGA	Módulo de Rotura (Mr)		Ubicación de falla	10% F'c		Pavimentos Mr=34 kg/cm2 %
				cm	cm	cm2	kgf	kg/cm2	PROM		a los 28 días	Incremento %	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2590.7	35.3	34.8	Tercio central	23.4	49.0	102.4
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2519.7	34.3		Tercio central			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2572.7	35.1	35.0	Tercio central	24.2	44.3	102.9
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2562.1	34.9		Tercio central			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2568.9	35.0	34.9	Tercio central	25.5	37.0	102.6
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2549.2	34.7		Tercio central			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2522.6	34.4	34.7	Tercio central	22.8	52.5	102.2
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2574.0	35.1		Tercio central			

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la flexión se realizó de acuerdo a la NTP 339.078 y ASTM C78 para determinar la resistencia que llega a tener por flexión las vigas.

Después de cargarse la viga se presentó una falla en el tercio central donde la ecuación usada para determinar el módulo de rotura fue la Ecuación 23.

En cuanto a la comparación del $10\%f'c$ del concreto se llega a determinar que la resistencia a la flexión de todos los diseños sobrepasa el $10\%f'c$ ($f'c$ alcanzada a los 28 días de edad del concreto para cada uno de los diseños). Notándose un incremento en el porcentaje de cada uno de ellos. En el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump se incrementó el 49% de resistencia a la flexión, el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump +1%M.N. tiene el 44.3% más de resistencia, el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2%M.N. se incrementó en un 37% con respecto a la resistencia del $10\%f'c$ y con el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3%M.N. llega a tener un 22.8% más de resistencia a la flexión.

Para la verificación del módulo de ruptura del pavimento se determinó que los resultados de cada una de las muestras sobrepasan los 34kg/cm^2 incrementándose un 2% con respecto al módulo de ruptura para pavimentos.

4.3.2.4 Resistencia a la abrasión (desgaste del concreto)

La resistencia al desgaste se obtuvo de acuerdo a la norma ASTM C-944, donde las probetas fueron sometidas a 3 ciclos de 2min cada uno, encontrando el porcentaje al desgaste de cada ciclo según la Ecuación 25. Se presenta la tabla de desgaste total de cada diseño:

TABLA LIII. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (%)

DISEÑO	MUESTRA	PESO INICIAL	1 CICLO (g)	%	2 CICLO (g)	%	3 CICLO (g)	DESGASTE		PROM. TOTAL
								%	PROM.	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	DP - 1	2450.2	2445.4	0.20 %	2424.9	0.84 %	2414.4	0.43 %	0.49 %	0.658 %
	DP - 2	2284.6	2274.5	0.44 %	2255.2	0.85 %	2241.9	0.59 %	0.63 %	
	DP - 3	2165.0	2145.1	0.92 %	2124.4	0.96 %	2109.7	0.69 %	0.86 %	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	1% MN - 1	2146.3	2136.2	0.47 %	2126.1	0.47 %	2119.0	0.33 %	0.43 %	0.476 %
	1% MN - 2	2395.0	2379.9	0.63 %	2375.1	0.20 %	2372.1	0.13 %	0.32 %	
	1% MN - 3	2047.9	2032.8	0.74 %	2023.2	0.47 %	2006.2	0.84 %	0.68 %	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	2% MN - 1	2343.5	2318.4	1.07 %	2303.4	0.65 %	2284.5	0.82 %	0.85 %	0.684 %
	2% MN - 2	2110.0	2089.8	0.96 %	2074.8	0.72 %	2065.7	0.44 %	0.70 %	
	2% MN - 3	2354.8	2334.7	0.85 %	2329.7	0.21 %	2319.6	0.43 %	0.50 %	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	3% MN - 1	2329.1	2318.9	0.44 %	2309.2	0.42 %	2301.1	0.35 %	0.40 %	0.426 %
	3% MN - 2	2260.0	2249.9	0.45 %	2244.9	0.22 %	2236.0	0.40 %	0.36 %	
	3% MN - 3	2328.8	2323.8	0.21 %	2303.7	0.86 %	2292.5	0.49 %	0.52 %	

Fuente: Elaboración propia.

Presentando en la tabla que el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump y el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2% M.N. presenta mayor porcentaje de desgaste, teniendo 0.658% y 0.684% respectivamente. Mientras que el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1% M.N. y el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3% M.N. tienen 0.476% y 0.426% de porcentaje de desgaste.

En la norma no muestra límites para los resultados de la prueba, ya que la resistencia a la abrasión solo se puede definir como un método de prueba.

4.3.2.5 Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto se realizó de acuerdo a la norma ASTM C – 469, determinando el esfuerzo – deformación que se produce en cada una de las muestras, así como también el Módulo de Elasticidad al 40% de la carga a compresión.

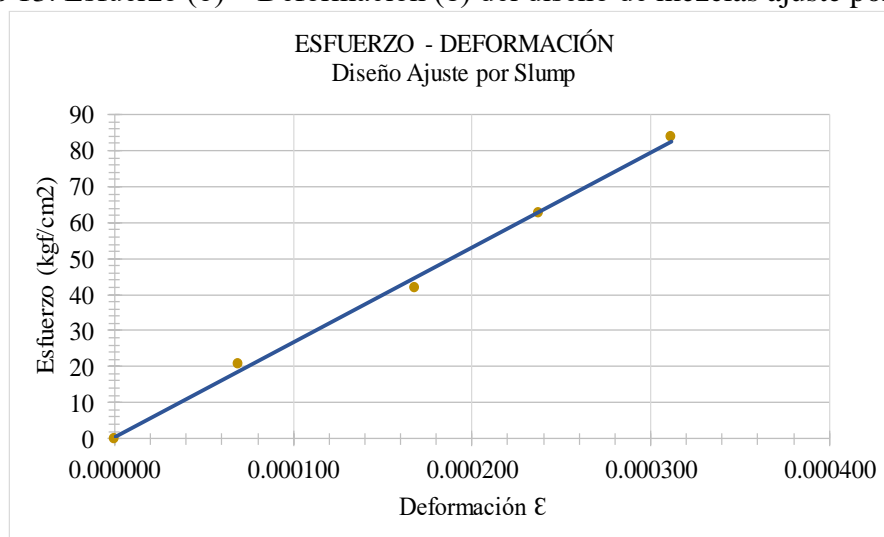
Al momento de realizar el ensayo se registraron las lecturas del dial (deformómetro) cuando la carga estaba al 10%, 20%, 30% y 40% de la carga a compresión, determinando con estas lecturas la deformación que se produce en cada punto y el esfuerzo en kgf/cm². Con estos valores se obtuvo el gráfico Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ).

TABLA LIV. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ϵ)					
Diseño Ajuste por Slump					
L (cm)	CARGA	Registro	Lectura del	Deformación	Esfuerzo
31	kgf	dial	dial (pulg)	ϵ 2	kgf/cm ²
d (cm)	3813	1.7	0.00170	0.000070	20.959
15.22	7626	4.1	0.00410	0.000168	41.917
Área (cm ²)	11439	5.8	0.00580	0.000238	62.876
181.93	15252	7.6	0.00760	0.000311	83.834

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA LV. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM²) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.

MODULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ϵ unitaria ϵ 2 (S2)	E (kg/cm ²)
Carga (kgf)	S2	Carga (kgf)	S1		
(40% $f'c$)	kg/cm ²	0.00005	kg/cm ²		
15252	83.834	2592.84	14.25	0.000311	266236.73

Fuente: Elaboración propia.

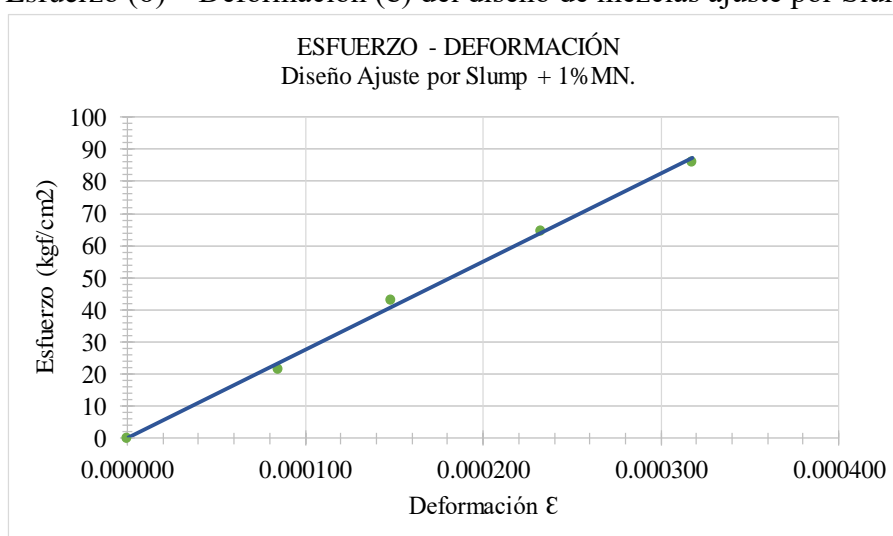
Se determinó el módulo de elasticidad del concreto para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump, obteniendo $E=266236.73\text{kg/cm}^2$.

TABLA LVI. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1%MN

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ϵ)					
Diseño Ajuste por Slump + 1%MN.					
L (cm)	CARGA kgf	Registro dial	Lectura del dial (pulg)	Deformación ϵ 2	Esfuerzo kgf/cm ²
30					
d (cm)	3914.8	2	0.00200	0.000085	21.575
15.2	7829.6	3.5	0.00350	0.000148	43.149
Área (cm ²)	11744.4	5.5	0.00550	0.000233	64.724
181.45	15659.2	7.5	0.00750	0.000318	86.299

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump + 1%MN.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA LVII. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM²) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1%MN.

MODULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ϵ unitaria ϵ 2 (S2)	E (kg/cm ²)
Carga (kgf) (40% f'c)	S2 kg/cm ²	Carga (kgf) 0.00005	S1 kg/cm ²		
15659.2	86.299	2662.06	14.67	0.000318	267768.59

Fuente: Elaboración propia.

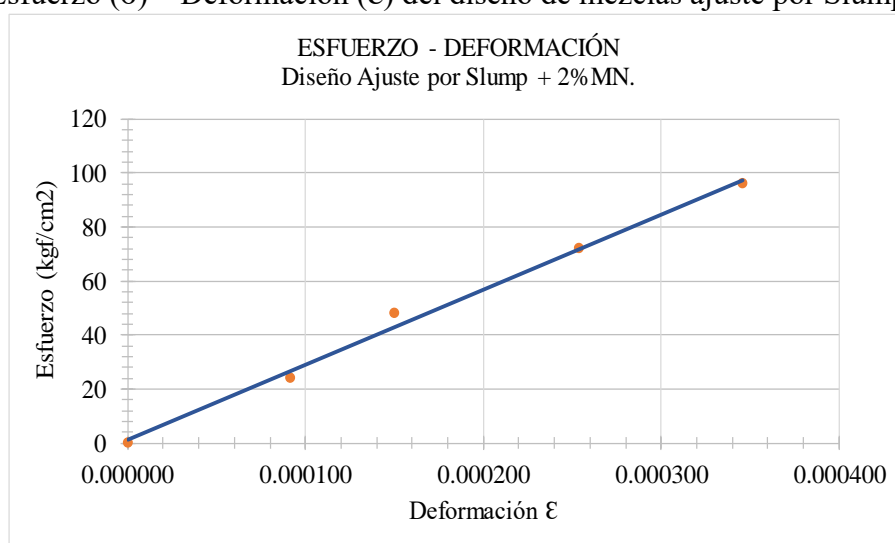
Se determinó el módulo de elasticidad del concreto para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1%MN, obteniendo $E=267768.59\text{kg/cm}^2$.

TABLA LVIII. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2%MN.

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ϵ)					
Diseño Ajuste por Slump + 2%MN.					
L (cm)	CARGA kgf	Registro dial	Lectura del dial (pulg)	Deformación ϵ 2	Esfuerzo kgf/cm ²
30.5					
d (cm)	4395.7	2.2	0.00220	0.000092	23.941
15.29	8791.4	3.6	0.00360	0.000150	47.881
Área (cm ²)	13187.1	6.1	0.00610	0.000254	71.822
183.61	17582.8	8.3	0.00830	0.000346	95.763

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 15. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump + 2%MN.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA LIX. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM²) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2%MN.

MODULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ϵ unitaria ϵ 2 (S2)	E (kg/cm ²)
Carga (kgf) (40% $f'c$)	S2 kg/cm ²	Carga (kgf) 0.00005	S1 kg/cm ²		
17582.8	95.763	2989.08	16.28	0.000346	268880.94

Fuente: Elaboración propia.

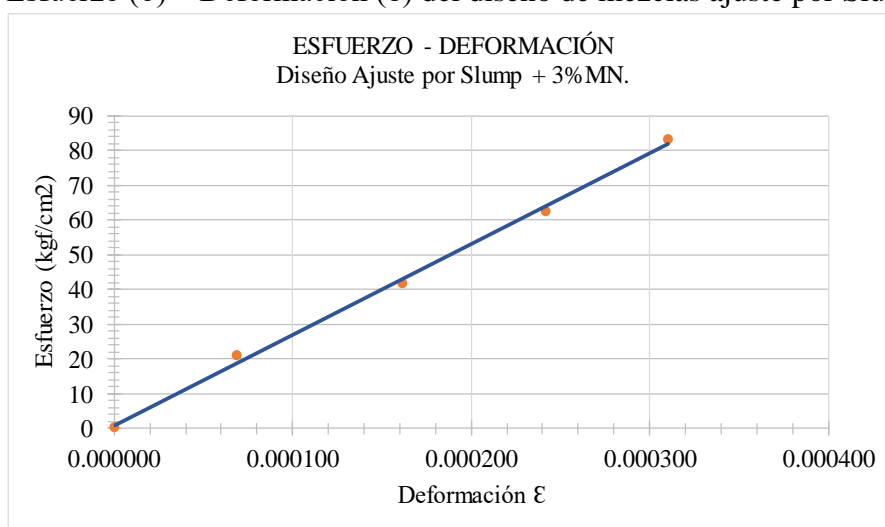
Se determinó el módulo de elasticidad del concreto para el diseño de mezclas ajuste por Slump + 2%MN, obteniendo $E=268880.94\text{kg/cm}^2$.

TABLA LX. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3%MN.

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ϵ)					
Diseño Ajuste por Slump + 3%MN.					
L (cm)	CARGA	Registro	Lectura del	Deformación	Esfuerzo
31.5	kgf	dial	dial (pulg)	ϵ 2	kgf/cm ²
d (cm)	3779.9	1.7	0.00170	0.000069	20.777
15.22	7559.8	4	0.00400	0.000161	41.553
Área (cm ²)	11339.7	6	0.00600	0.000242	62.330
181.93	15119.6	7.7	0.00770	0.000310	83.106

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16. Esfuerzo (σ) – Deformación (ϵ) del diseño de mezclas ajuste por Slump + 3%MN.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA LXI. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (KG/CM²) - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3%MN.

MÓDULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ϵ unitaria ϵ 2 (S2)	E (kg/cm ²)
Carga (kgf) (40% f'c)	S2 kg/cm ²	Carga (kgf) 0.00005	S1 kg/cm ²		
15119.6	83.106	2570.33	14.13	0.000310	264848.13

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el módulo de elasticidad del concreto para el diseño de mezclas ajuste por Slump + 3%MN, obteniendo $E=264848.13\text{kg/cm}^2$.

TABLA LXII. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PARA TODOS LOS DISEÑOS DE MEZCLAS.

DISEÑO	DATOS DE LAS PROBETAS A ENSAYAR							Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ε unitaria ε2 (S2)	E (kg/cm2)	E teórico para f'c=210 (kg/cm2)
	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	D ø	L cm	ÁREA cm2	CARGA kgf	Carga (kgf) (40% f'c)	S2 kg/cm2	Carga (kgf) 0.00005	S1 kg/cm2			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	31.00	181.93	38130	15252.00	83.83	2592.84	14.25	0.000311	266236.73	217370.65
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.20	30.00	181.45	39148	15659.20	86.30	2662.06	14.67	0.000318	267768.59	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.29	30.50	183.61	43957	17582.80	95.76	2989.08	16.28	0.000346	268880.94	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	31.50	181.93	37799	15119.60	83.11	2570.33	14.13	0.000310	264848.13	

Fuente: Elaboración propia.

Se comparó el módulo de elasticidad obtenido de cada diseño de mezclas con el módulo de elasticidad teórico, donde, los resultados superan a 217370.65kg/cm² que es el Módulo de Elasticidad del concreto para un f'c=210kg/cm².

De la tabla también se puede apreciar los resultados de cada diseño de mezclas donde, el módulo de elasticidad para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump fue de 266236.73kg/cm², el módulo de elasticidad para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1%MN fue de 267768.59kg/cm², para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2%MN fue de 268880.094kg/cm², determinando que estos dos últimos diseños superan al módulo de elasticidad de Diseño de Mezclas Ajuste por Slump (diseño de mezclas patrón). Mientras que el diseño ajuste por slump + 3%MN resultó menor al de diseño patrón, obteniendo que el módulo de elasticidad de 264848.13kg/cm².

4.3.2.6 Permeabilidad – Absorción capilar

Se determinó la permeabilidad del concreto de acuerdo a la norma IRAM 1871, encontrándose el coeficiente de absorción capilar y la velocidad de absorción capilar de las muestras de concreto. De cada uno de los diseños se determinaron la variación de masas por unidad de área en función de la raíz cuadrada del tiempo y se graficaron la curva de absorción capilar y la pendiente de la recta para la velocidad de absorción.

La gráfica de la velocidad de absorción capilar se encontró entre el 0.9Mif y el 0.1Mif y es representada por la pendiente de la recta. La pendiente se determinó mediante el método de mínimos cuadrados teniendo como valores para X la raíz cuadrada del tiempo y para Y la variación de masas por unidad de área.

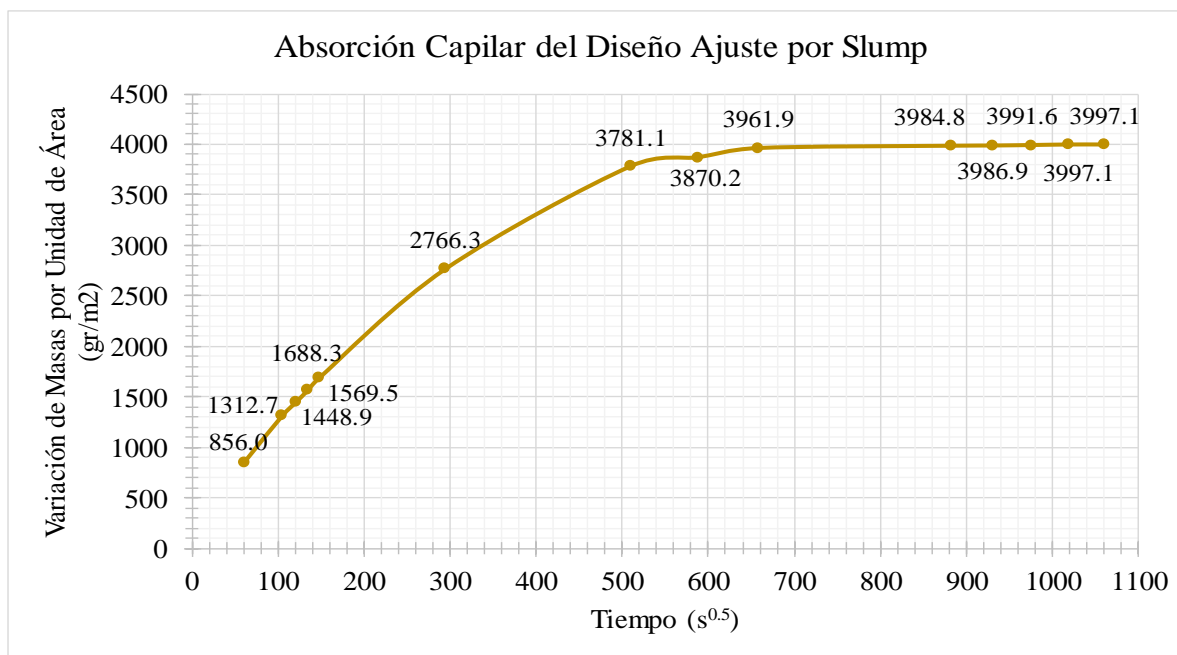
- Absorción capilar del Diseño de Mezclas Ajuste por Slump:

TABLA LXIII. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP.

Absorción Capilar											
Diseño Ajuste por Slump, $f'c=210\text{kg/cm}^2$											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m ²)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	695.28	755.17	809.91				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (mi) - gr	1	701.87	761.23	817.43	0.00785	3600	60.00	839.06	771.58	957.47	856.04
	2	705.42	764.83	821.04	0.00785	10800	103.92	1291.06	1229.95	1417.11	1312.71
	3	706.34	765.73	822.43	0.00785	14400	120.00	1408.20	1344.54	1594.09	1448.94
	4	707.13	766.67	823.54	0.00785	18000	134.16	1508.79	1464.22	1735.42	1569.48
	5	708.20	767.33	824.61	0.00785	21600	146.97	1645.02	1548.26	1871.66	1688.31
	6	715.56	776.49	833.49	0.00785	86400	293.94	2582.12	2714.54	3002.29	2766.32
	7	720.75	785.51	843.19	0.00785	259200	509.12	3242.93	3863.00	4237.33	3781.09
	8	721.12	786.10	844.33	0.00785	345600	587.88	3290.04	3938.12	4382.48	3870.21
	9	721.48	786.85	845.38	0.00785	432000	657.27	3335.88	4033.61	4516.17	3961.89
	10	721.61	786.93	845.71	0.00785	777600	881.82	3352.43	4043.80	4558.19	3984.81
	11	721.61	786.97	845.72	0.00785	864000	929.52	3352.43	4048.89	4559.46	3986.93
	12	721.61	787.08	845.72	0.00785	950400	974.88	3352.43	4062.90	4559.46	3991.60
	13	721.61	787.10	845.83	0.00785	1036800	1018.23	3352.43	4065.44	4573.47	3997.11
	14	721.61	787.10	845.83	0.00785	1123200	1059.81	3352.43	4065.44	4573.47	3997.11

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 17. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se muestra la curva de Tiempo ($s^{0.5}$) Vs. Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m^2) donde a medida que el tiempo avance mayor será la absorción que se genera en el concreto, dando una curva creciente hasta tener una línea horizontal.

El ensayo finalizó a los 13 días mostrando que, a las 72 horas las probetas (Muestra 1 y Muestra 2) habían absorbido bastante cantidad de agua, llegándose a notar la humedad en la parte superficial de la muestra. Conforme iba pasando las horas las muestras seguían absorbiendo agua pero en pocas cantidades; donde se observa en la curva que a partir de las 120hr (657.27 que es la raíz cuadrada del tiempo en segundos) ya no va aumentando de forma acelerada si no que se mantiene en una línea horizontal.

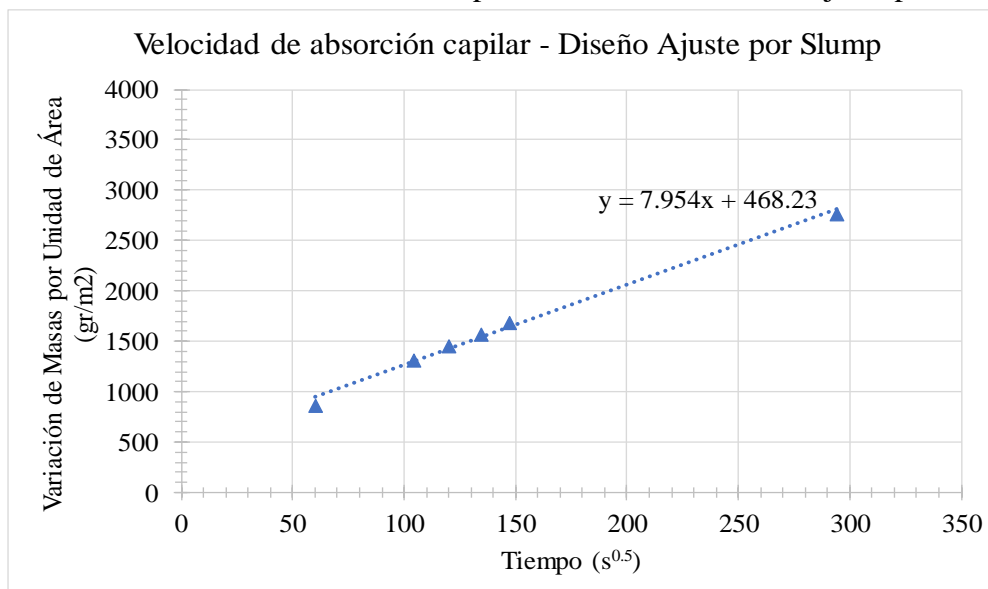
TABLA LXIV. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.

Velocidad de absorción capilar del concreto						
Diseño Ajuste por Slump, $f'c=210\text{kg/cm}^2$						
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m ²)	N° de muestras	X	Y	XY	X ²	Ecuación de la Recta: $y = mx + b$
		Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi)			
Mif	1	60.00	856.04	51362.36	3600.00	m= 7.954
3997.11	2	103.92	1312.71	136420.50	10800.00	
0.1Mif	3	120.00	1448.94	173873.19	14400.00	b= 468.225
399.71	4	134.16	1569.48	210567.34	18000.00	
0.9Mif	5	146.97	1688.31	248130.13	21600.00	
3597.40	6	293.94	2766.32	813128.30	86400.00	
	Total:	859.00	9641.80	1633481.82	154800.00	$y = 7.954x + 468.225$

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la ecuación de la recta se tiene que considerar la variación de masas por unidad de tiempo final (Mif) que en este caso fue 3997.11gr/cm² y los rangos para el 0.1Mif y 0.9Mif fueron 399.71gr/cm² y 3597.40gr/cm² respectivamente. Los datos comprendidos en este rango permitieron encontrar la ecuación de la recta. Determinando que, la ecuación de la recta es $y=7.954x + 468.23$.

Gráfico 18. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se muestra la pendiente de la recta donde, la velocidad de penetración va avanzando conforme transcurre el tiempo.

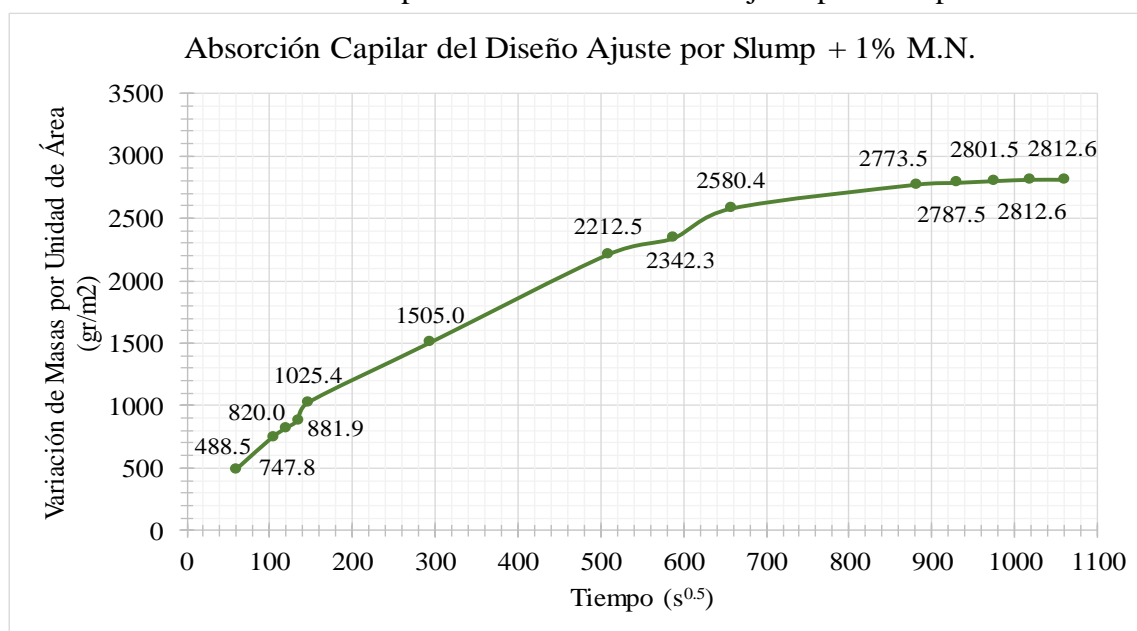
- Absorción capilar del Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1% M.N.

TABLA LXV. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.

Absorción Capilar											
Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm2 + 1%M.N.											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m2)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m2)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	845.06	797.46	919.92				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (mi) - gr	1	848.91	801.15	923.89	0.00785	3600	60.00	490.20	469.82	505.47	488.50
	2	851.18	803.42	925.46	0.00785	10800	103.92	779.22	758.85	705.37	747.81
	3	851.74	803.92	926.1	0.00785	14400	120.00	850.52	822.51	786.86	819.96
	4	852.18	804.49	926.55	0.00785	18000	134.16	906.54	895.09	844.16	881.93
	5	853.35	805.83	927.42	0.00785	21600	146.97	1055.51	1065.70	954.93	1025.38
	6	857.89	809.92	930.09	0.00785	86400	293.94	1633.56	1586.45	1294.88	1504.97
	7	864.73	815.87	933.97	0.00785	259200	509.12	2504.46	2344.03	1788.90	2212.46
	8	865.95	816.97	934.71	0.00785	345600	587.88	2659.79	2484.08	1883.12	2342.33
	9	868.19	819.09	935.96	0.00785	432000	657.27	2945.00	2754.01	2042.27	2580.43
	10	869.79	820.89	937.11	0.00785	777600	881.82	3148.71	2983.19	2188.69	2773.53
	11	869.96	820.93	937.23	0.00785	864000	929.52	3170.36	2988.29	2203.97	2787.54
	12	870.12	821.05	937.28	0.00785	950400	974.88	3190.73	3003.57	2210.34	2801.54
	13	870.12	821.08	937.51	0.00785	1036800	1018.23	3190.73	3007.38	2239.62	2812.58
	14	870.12	821.08	937.51	0.00785	1123200	1059.81	3190.73	3007.38	2239.62	2812.58

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 19. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 1% M.N.



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico se muestra la curva de Tiempo ($s^{0.5}$) Vs. Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m^2) donde, a medida que el tiempo avanza mayor será la absorción que se genera en el concreto, dando una curva creciente.

El ensayo finalizó a los 13 días mostrando que en las primeras 216 hr se tuvo un incremento de masas de cada probeta a medida que pasaba el tiempo; después de las 216hr hasta las 312hr (13días) el incremento de masa disminuyó como se aprecia en el gráfico trazando una línea horizontal, lo que quiere decir que en ese lapso de tiempo las probetas ya no absorbían grandes cantidades de agua.

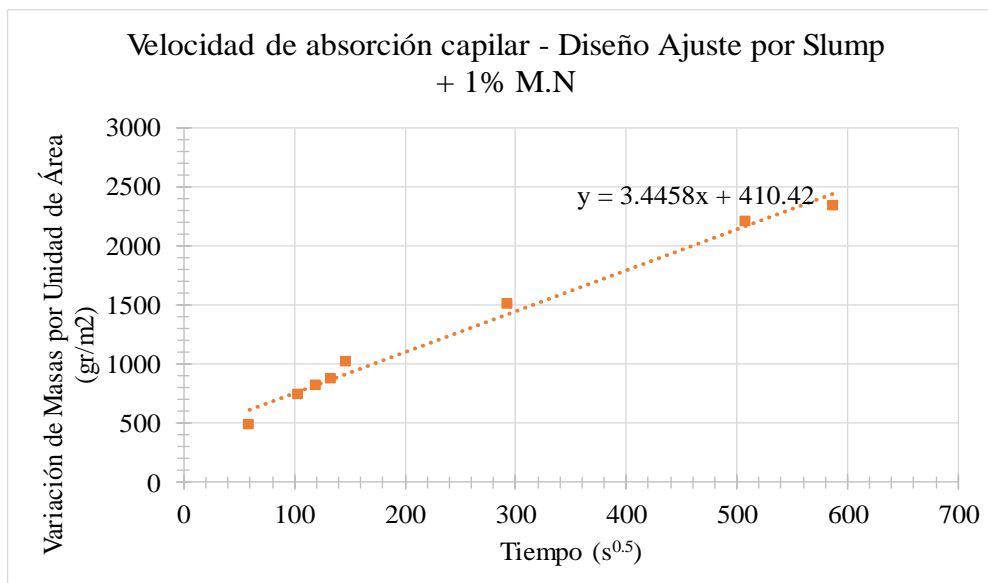
TABLA LXVI. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1%M.N.

Velocidad de absorción capilar del concreto							
Diseño Ajuste por Slump, $f'c=210kg/cm^2 + 1\%M.N.$							
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m^2)	N° de muestras	X	Y	XY	X^2	Ecuación de la Recta: $y = mx + b$	
		Raiz del Tiempo ($seg^{0.5}$)	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi)				
Mif	1	60.00	488.50	29309.91	3600.00	m=	3.446
2812.58	2	103.92	747.81	77715.14	10800.00		
0.1Mif	3	120.00	819.96	98395.72	14400.00	b=	410.423
281.26	4	134.16	881.93	118323.13	18000.00		
0.9Mif	5	146.97	1025.38	150699.45	21600.00		
2531.32	6	293.94	1504.97	442367.74	86400.00		
	7	509.12	2212.46	1126401.12	259200.00		
	8	587.88	2342.33	1377003.71	345600.00		
Total:		1955.99	10023.34	3420215.91	759600.00	$y = 3.446x + 410.423$	

Fuente: Elaboración Propia.

Para determinar la ecuación de la recta se tiene que considerar la variación de masas por unidad de tiempo final (Mif) que en este caso fue $2812.58gr/cm^2$ y los rangos de 0.1Mif y 0.9Mif fueron $281.26gr/cm^2$ y $2531.32gr/cm^2$ respectivamente. Los datos comprendidos en este rango permitieron encontrar la ecuación de la recta. Determinando que la ecuación de la recta fuera $y=3.446x + 410.42$.

Gráfico 20. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump + 1% M.N.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico se muestra la pendiente de la recta donde la velocidad de penetración va avanzando conforme transcurre el tiempo.

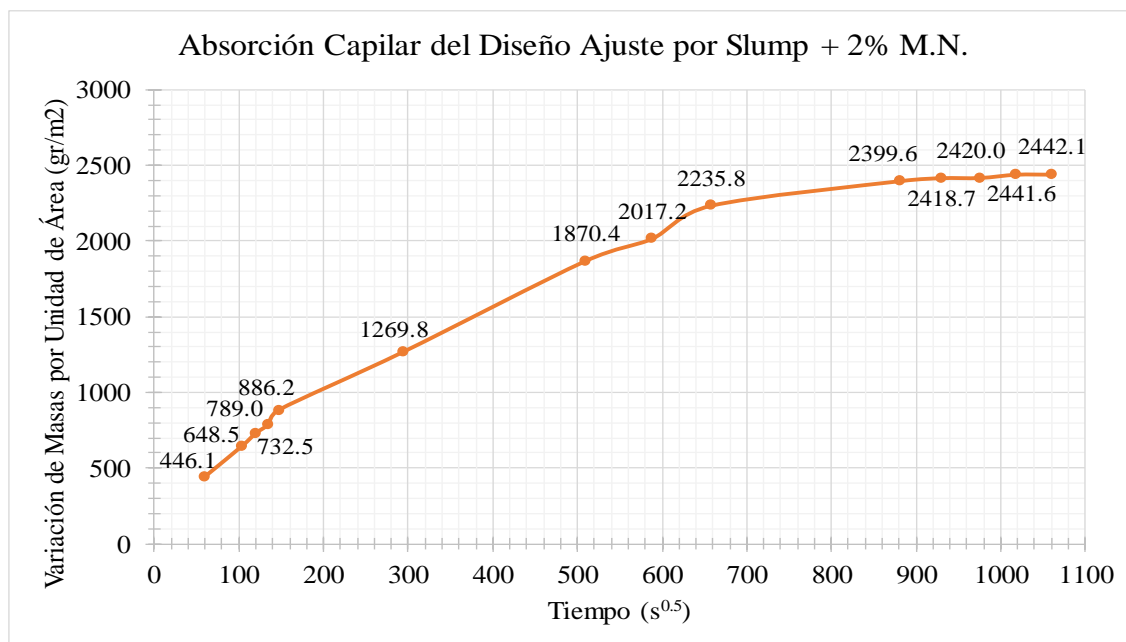
- Absorción capilar del Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2% M.N.

TABLA LXVII. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.

Absorción Capilar											
Diseño Ajuste por Slump, $f'c=210\text{kg/cm}^2 + 2\%\text{M.N.}$											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m ²)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	816.36	807.69	911.04				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (mi) - gr	1	819.57	810.9	915.13	0.00785	3600	60.00	408.71	408.71	520.75	446.06
	2	821.21	812.44	916.72	0.00785	10800	103.92	617.52	604.79	723.20	648.50
	3	821.87	813.09	917.39	0.00785	14400	120.00	701.55	687.55	808.51	732.54
	4	822.29	813.52	917.87	0.00785	18000	134.16	755.03	742.30	869.62	788.98
	5	823.12	814.38	918.47	0.00785	21600	146.97	860.71	851.80	946.01	886.17
	6	825.86	817.11	922.04	0.00785	86400	293.94	1209.57	1199.39	1400.56	1269.84
	7	830.65	821.6	926.91	0.00785	259200	509.12	1819.46	1771.07	2020.63	1870.38
	8	832.11	822.57	927.94	0.00785	345600	587.88	2005.35	1894.58	2151.77	2017.23
	9	833.33	824.38	930.06	0.00785	432000	657.27	2160.68	2125.03	2421.70	2235.80
	10	834.79	825.24	931.60	0.00785	777600	881.82	2346.57	2234.53	2617.77	2399.63
	11	834.83	825.59	931.66	0.00785	864000	929.52	2351.67	2279.09	2625.41	2418.73
	12	834.83	825.59	931.69	0.00785	950400	974.88	2351.67	2279.09	2629.23	2420.00
	13	834.96	825.76	931.90	0.00785	1036800	1018.23	2368.22	2300.74	2655.97	2441.64
	14	834.97	825.76	931.90	0.00785	1123200	1059.81	2369.49	2300.74	2655.97	2442.07

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 21. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 2% M.N.



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico se muestra la curva de Tiempo ($s^{0.5}$) Vs. Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m^2) donde a medida que el tiempo avance mayor será la absorción que se genera en el concreto, dando una curva creciente.

El ensayo finalizó a los 13 días. En todo el tiempo del ensayo no se mostró que el agua absorbida llegue a la superficie de cada probeta; determinando que tiene una menor absorción con respecto a la muestra patrón. Observándose también que disminuye la capacidad de absorción a partir de las 216hr (881.82 que es la raíz cuadrada del tiempo en segundos) puesto que se presenta un bajo incremento de variación de masa.

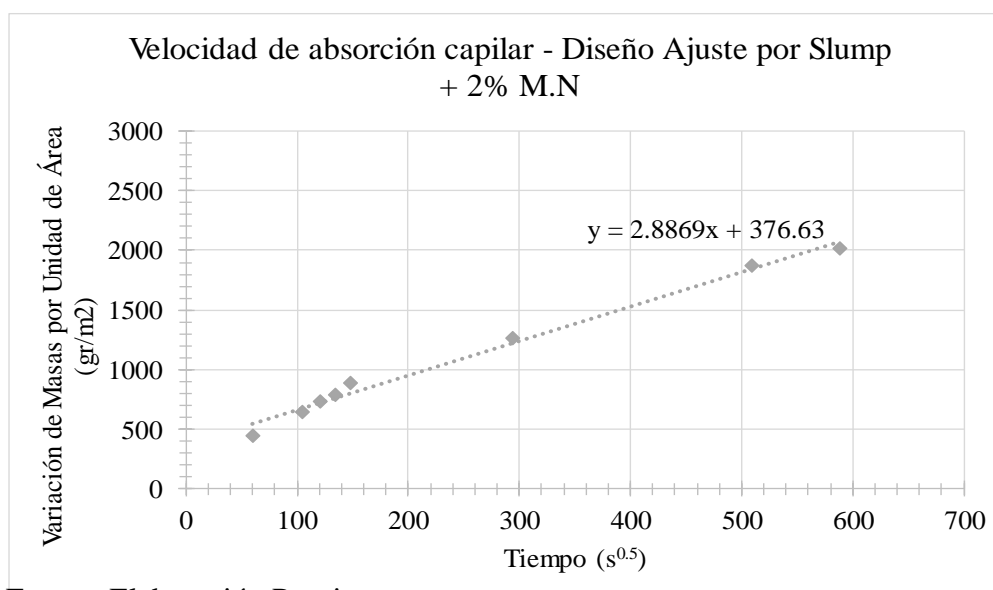
TABLA LXVIII. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2%M.N.

Velocidad de absorción capilar del concreto							
Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm2 + 2%M.N.							
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m2)	N° de muestras	X	Y	XY	X ²	Ecuación de la Recta: y = mx + b	
		Raiz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m2)				
Mif	1	60.00	446.06	26763.43	3600.00	m=	2.887
2442.07	2	103.92	648.50	67394.29	10800.00		
0.1Mif	3	120.00	732.54	87904.25	14400.00	b=	376.632
244.21	4	134.16	788.98	105853.08	18000.00		
0.9Mif	5	146.97	886.17	130240.25	21600.00		
2197.86	6	293.94	1269.84	373255.58	86400.00		
	7	509.12	1870.38	952244.33	259200.00		
	8	587.88	2017.23	1185884.87	345600.00		
	Total:	1955.99	8659.71	2929540.09	759600.00	y= 2.887x + 376.632	

Fuente: Elaboración Propia.

Para determinar la ecuación de la recta se tiene que considerar la variación de masas por unidad de tiempo final (Mif) que en este caso fue 2442.07gr/cm2 y los rangos de 0.1Mif y 0.9Mif fueron 244.21gr/cm2 y 2197.86gr/cm2 respectivamente. Los datos comprendidos en este rango permitieron encontrar la ecuación de la recta. Determinando que la ecuación de la recta fuera $y=2.887x + 376.632$.

Gráfico 22. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump + 2%M.N.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico se muestra la pendiente de la recta donde la velocidad de penetración va avanzando conforme transcurre el tiempo.

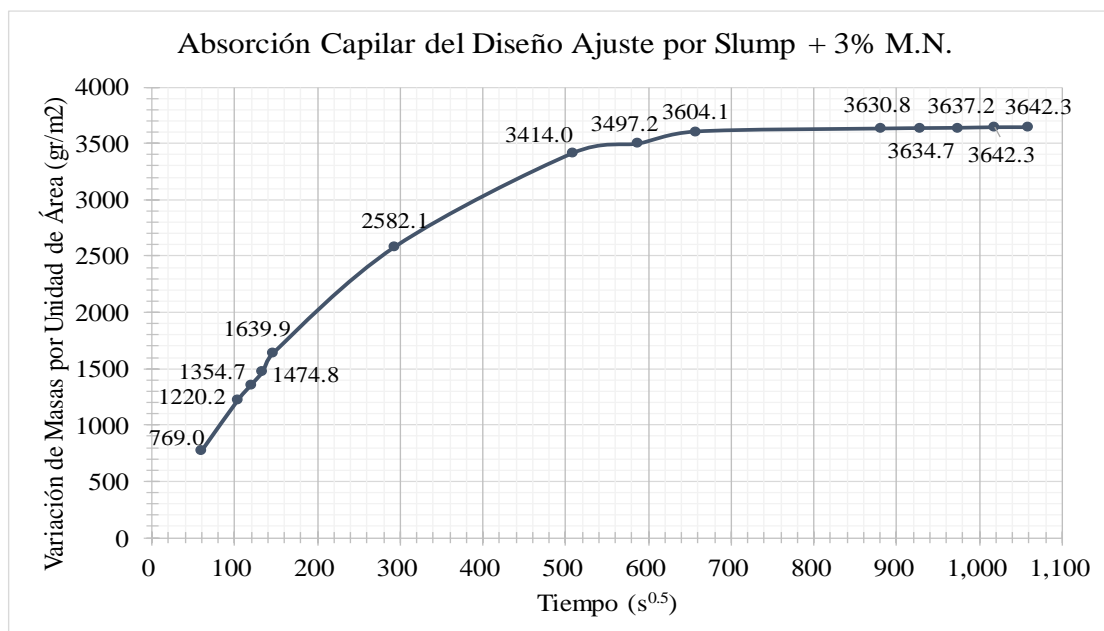
- Absorción capilar del Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3% M.N.

TABLA LXIX. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.

Absorción Capilar											
Diseño Ajuste por Slump, $f'c=210\text{kg/cm}^2 + 3\%M.N.$											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m ²)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	624.85	650.61	832.98				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (mi) - gr	1	630.33	656.44	839.79	0.00785	3600	60.00	697.73	742.30	867.07	769.03
	2	633.69	660.01	843.49	0.00785	10800	103.92	1125.54	1196.84	1338.17	1220.19
	3	634.62	660.84	844.9	0.00785	14400	120.00	1243.95	1302.52	1517.70	1354.72
	4	635.47	661.7	846.02	0.00785	18000	134.16	1352.18	1412.02	1660.30	1474.83
	5	636.80	662.56	847.72	0.00785	21600	146.97	1521.52	1521.52	1876.75	1639.93
	6	643.54	670.13	855.61	0.00785	86400	293.94	2379.68	2485.36	2881.33	2582.12
	7	648.15	675.43	865.30	0.00785	259200	509.12	2966.64	3160.17	4115.10	3413.97
	8	648.4	675.67	866.77	0.00785	345600	587.88	2998.47	3190.73	4302.27	3497.16
	9	648.65	676.04	868.67	0.00785	432000	657.27	3030.30	3237.84	4544.18	3604.11
	10	648.73	676.42	868.84	0.00785	777600	881.82	3040.49	3286.22	4565.83	3630.85
	11	648.82	676.42	868.84	0.00785	864000	929.52	3051.95	3286.22	4565.83	3634.67
	12	648.83	676.42	868.89	0.00785	950400	974.88	3053.22	3286.22	4572.19	3637.21
	13	648.85	676.42	868.99	0.00785	1036800	1018.23	3055.77	3286.22	4584.92	3642.31
	14	648.85	676.42	868.99	0.00785	1123200	1059.81	3055.77	3286.22	4584.92	3642.31

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 23. Absorción capilar - Diseño de mezclas ajuste por Slump + 3% M.N.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 23 se muestra la curva de Tiempo ($s^{0.5}$) Vs. Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m^2) donde a medida que el tiempo avance mayor será la absorción que se genera en el concreto, dando una curva creciente.

El ensayo finalizó a los 13 días mostrando que a las 72 horas las probetas (Muestra 1 y Muestra 2) habían absorbido bastante cantidad de agua llegándose a notar la humedad en la parte superficial de la muestra (cara que no está en contacto con el agua). Pasando las 72hr las probetas seguían absorbiendo agua pero en menor cantidad, observándose en el gráfico que desde las 120hr (657.27 que es la raíz cuadrada del tiempo en segundos) hasta las 312hr (13días) la curva ya no va creciendo si no que se mantiene constante en una línea horizontal.

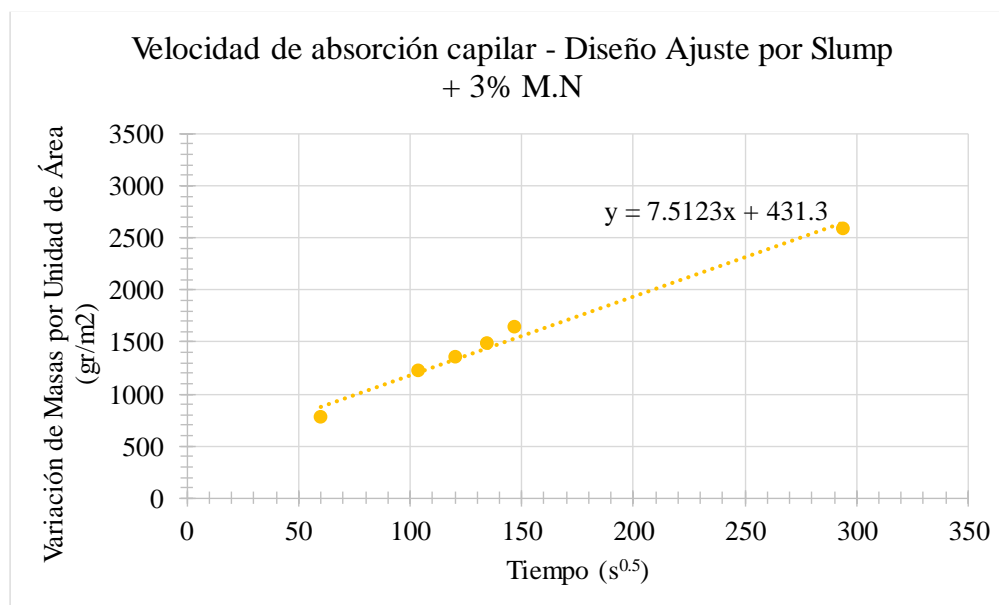
TABLA LXX. ECUACIÓN DE LA RECTA - DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3%M.N.

Velocidad de absorción capilar del concreto							
Diseño Ajuste por Slump, $f'c=210kg/cm^2 + 3\%M.N.$							
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m^2)	N° de muestras	X	Y	XY	X ²	Ecuación de la Recta: $y = mx + b$	
		Raíz del Tiempo ($seg^{0.5}$)	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m^2)				
Mif	1	60.00	769.03	46142.09	3600.00	m=	7.512
3642.31	2	103.92	1220.19	126805.35	10800.00		
0.1Mif	3	120.00	1354.72	162566.84	14400.00	b=	431.295
364.23	4	134.16	1474.83	197869.52	18000.00		
0.9Mif	5	146.97	1639.93	241019.31	21600.00		
3278.07	6	293.94	2582.12	758986.28	86400.00		
	Total:	859.00	9040.83	1533389.40	154800.00	$y = 7.512x + 431.3$	

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la ecuación de la recta se tiene que considerar la variación de masas por unidad de tiempo final (Mif) que en este caso fue 3642.31gr/cm² y los rangos de 0.1Mif y 0.9Mif fueron 364.23gr/cm² y 3278.07gr/cm² respectivamente. Los datos comprendidos en este rango permitieron encontrar la ecuación de la recta. Determinando que la ecuación de la recta fuera $y=7.512x + 431.3$.

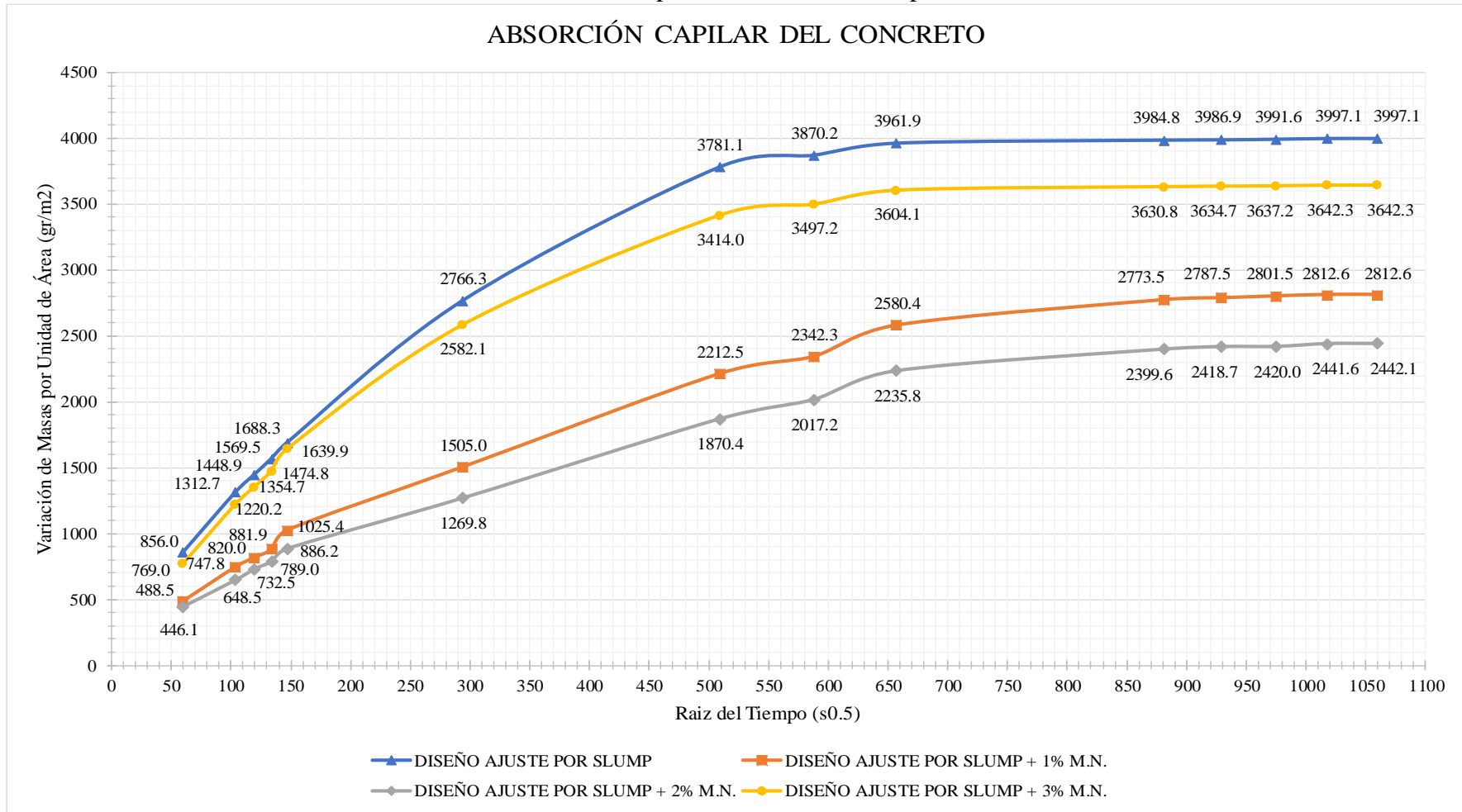
Gráfico 24. Velocidad de absorción capilar – Diseño de mezclas ajuste por Slump + 3% M.N.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico se muestra la pendiente de la recta donde la velocidad de penetración va avanzando conforme transcurre el tiempo.

Gráfico 25. Curva de la capacidad de absorción capilar del concreto.



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico se puede observar la diferencia que tiene cada uno de los diseños respecto a la capacidad de absorción capilar. El Diseño de Mezclas Ajuste por Slump (curva azul) es el diseño que presenta mayor absorción de agua seguida por el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3%MN (curva amarilla) que también muestra una mayor cantidad de absorción en poco tiempo; ambas presentaron a las 72hr de ensayo humedad en la parte superior de la probeta y conforme pasaban las horas la cantidad de absorción iba aumentando pero en cantidades menores.

El Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1%MN (curva anaranjada) y Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2%MN (curva ploma) presenta una menor cantidad de agua absorbida reflejándose una baja permeabilidad.

Se determinó la velocidad de absorción del concreto o el coeficiente de absorción del concreto por capilaridad según la Ecuación 29. Se determinó la velocidad para las 3 muestras de cada diseño, encontrándose de estas el promedio. La velocidad de absorción está representada por la rapidez que ingresa el agua por capilaridad en el concreto a través de los poros. La tabla siguiente muestra la velocidad promedio de cada diseño de mezclas.

TABLA LXXI. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL CONCRETO ($\text{gr}/\text{m}^2.\text{seg}^{0.5}$)

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DEL AGUA POR CAPILARIDAD $\text{gr}/(\text{m}^2.\text{seg}^{0.5})$				
MEZCLAS	C1	C2	C3	PROMEDIO
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	3.802	3.993	4.492	4.095
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	3.273	2.954	2.200	2.809
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	2.236	2.260	2.608	2.368
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	3.001	3.727	4.503	3.744

Fuente: Elaboración Propia.

La velocidad de absorción obtenida del Diseño de Mezclas Ajuste por Slump es de $4.095\text{gr}/\text{m}^2.\text{seg}^{0.5}$, para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1%MN es de $2.809\text{gr}/\text{m}^2.\text{seg}^{0.5}$, para el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2%MN es de $2.368\text{gr}/\text{m}^2.\text{seg}^{0.5}$ y el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3MN es de $3.744\text{gr}/\text{m}^2.\text{seg}^{0.5}$. Según la CIRSOC 201, la velocidad capilar máxima es de $4\text{gr}/\text{m}^2.\text{seg}^{0.5}$; por lo que, el Diseño de Mezclas Ajuste por Slump sobrepasa el máximo permitido.

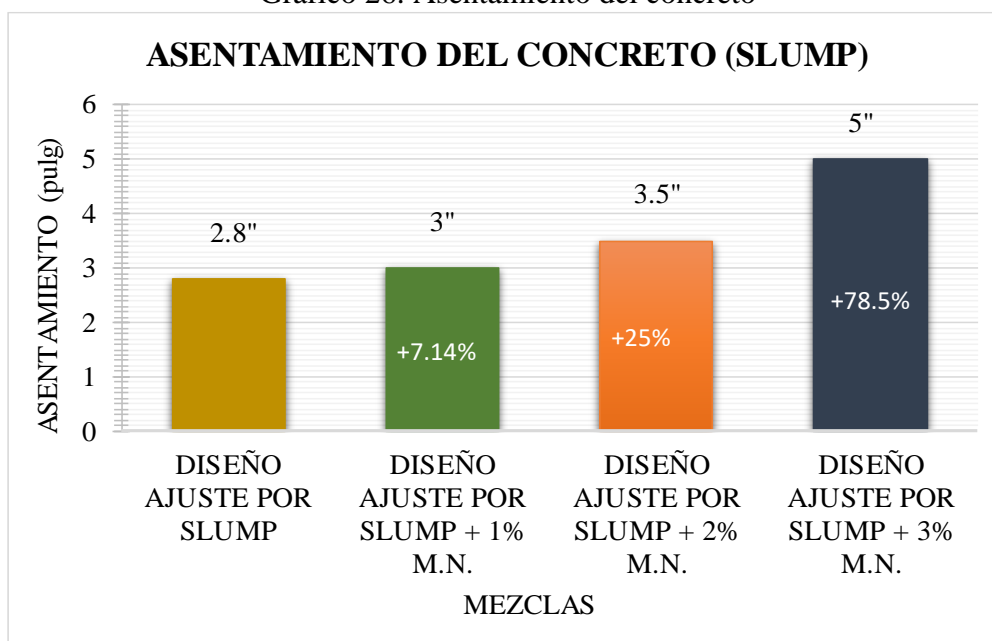
V. Discusión

5.1. Influencia del mucílago de nopal en el concreto en estado fresco

a. Asentamiento

El siguiente gráfico representa el asentamiento obtenido del diseño de mezclas ajuste por slump y del concreto cuyas adiciones fueron el 1%, 2% y el 3% de mucílago de nopal. Observándose que el mucílago influye significativamente en el asentamiento, donde a medida que aumenta el porcentaje de adición, el asentamiento va aumentando. Por ende hace que el concreto sea más trabajable.

Gráfico 26. Asentamiento del concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Comparando el asentamiento de cada mezcla con la mezcla patrón, obtenemos que el 3%MN es casi el doble que el concreto sin adición, volviendo a la mezcla más trabajable y no muy recomendable si se quiere trabajar con porcentajes mayores a este.

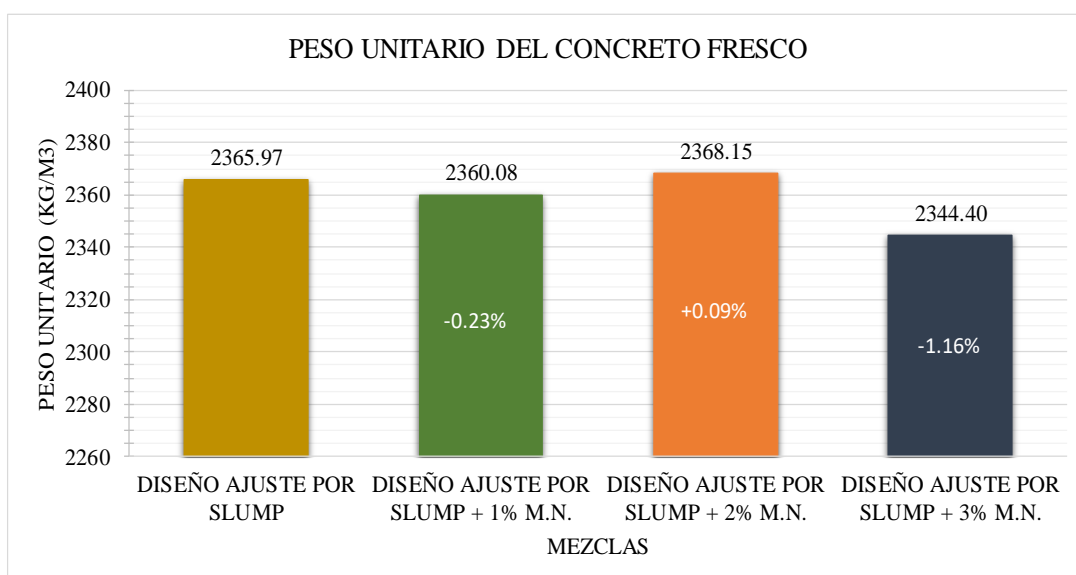
Así mismo [1] muestra que el asentamiento aumenta a medida que se incorpora mayor porcentaje de mucílago de nopal, sin embargo difiere con [4] porque en sus resultados demuestra que el mucílago de nopal reduce la fluidez y si menor es la fluidez, el concreto es menos trabajable.

b. Peso Unitario

La diferencia del peso unitario del concreto del diseño patrón y de las adiciones no difieren mucho en sus resultados. El peso unitario del concreto con adición de 1%MN disminuye en un 0.23%; cuando se le adiciona el 2%MN el peso unitario aumenta en un 0.09% con respecto al diseño ajuste por slump, mientras que el 3%MN disminuye 1.16% del peso unitario de la muestra patrón.

Estos valores si se encuentran dentro del rango para el tipo de concreto normal según [11], por lo que el mucílago de nopal no interfiere de manera negativa en el peso unitario del concreto.

Gráfico 27. Peso unitario de las mezclas del concreto

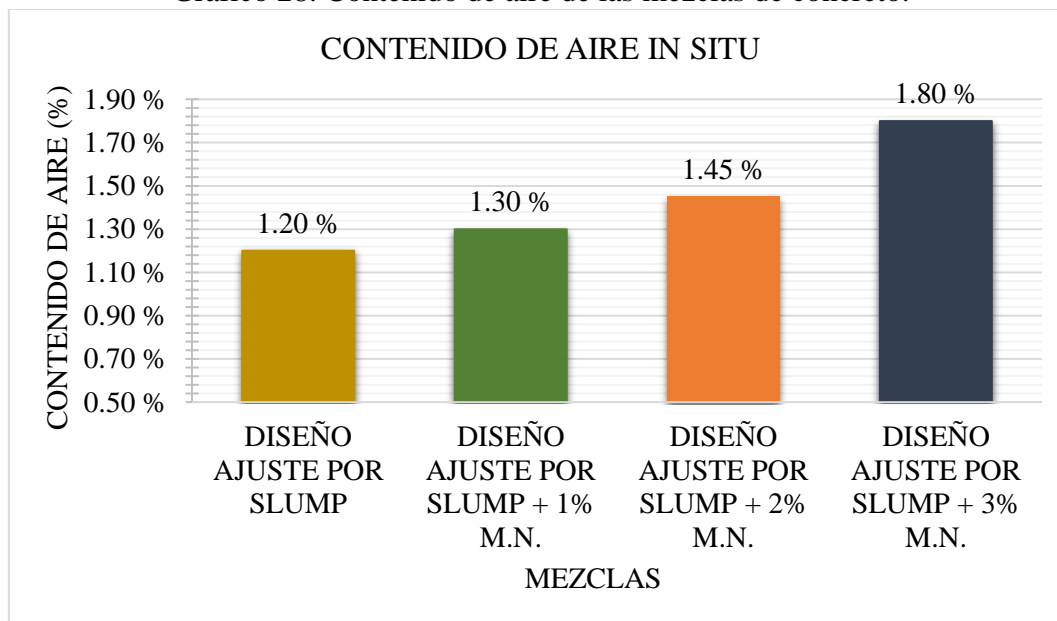


Fuente: Elaboración Propia.

c. Contenido de aire

El mucílago de nopal influye en el contenido de aire del concreto de forma creciente, es decir que a mayor porcentaje de mucílago de nopal, mayor es el porcentaje de contenido de aire. Según el gráfico la muestra patrón tiene el 1.2% de contenido de aire y si comparamos con la muestra que tiene mayor contenido de aire, tiene una variación de 0.6% con respecto al diseño cuya adición es de 3%MN.

Gráfico 28. Contenido de aire de las mezclas de concreto.

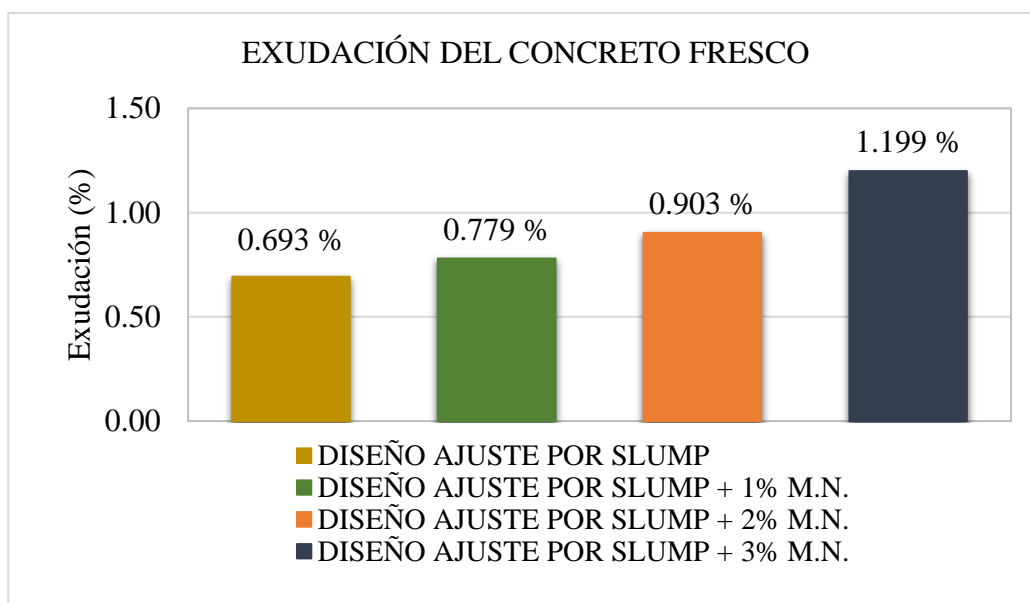


Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico se observa que las mezclas que contienen mucílago de nopal presentan resultados superiores a la muestra sin adición. La muestra patrón tiene el 1.2% de contenido de aire y la variación de esta con el diseño +1%MN es de 0.1%; con respecto al diseño +2%MN la variación es de 0.25% llegando a tener para este porcentaje 1.45% de contenido de aire.

d. Exudación del concreto

Gráfico 29. Exudación del concreto de las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia.

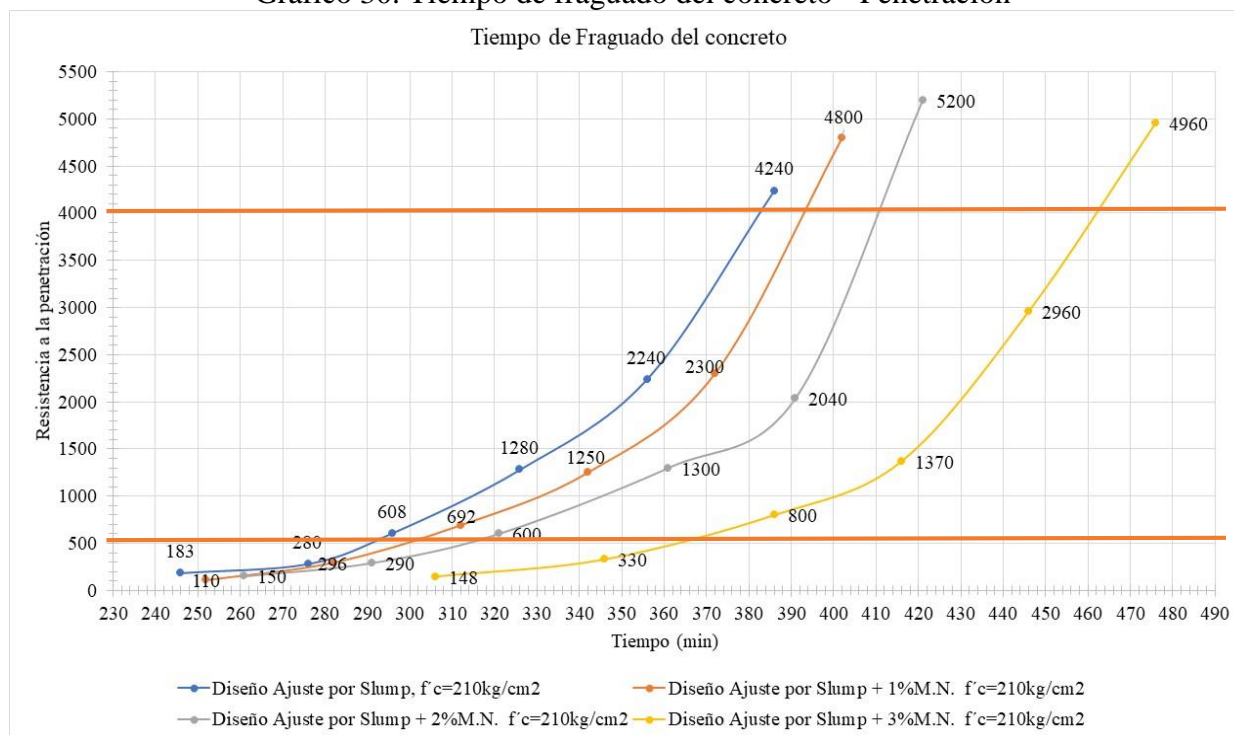
El mucilago de nopal influye en la exudación del concreto de manera creciente, observándose en el gráfico que a medida que aumenta el porcentaje de mucílago de nopal con respecto a la muestra patrón, la exudación también aumenta.

El diseño de mezcla ajuste por slump obtuvo 0.69% de exudación, aumentando la exudación del concreto para el +1%M.N en 0.086%, mientras que para el diseño con +2%M.N aumenta la exudación en 0.21% con respecto al diseño sin adición de mucilago de nopal; así mismo, el diseño con +3%M.N tiene una gran variación con el diseño ajuste por slump de 0.506% y es mayor comparando con los diseños de +1%M.N y +2%M.N. El mucilago de nopal influye de manera significativa, haciendo que el concreto tenga mayor cantidad de agua exudada a medida que aumenta el porcentaje de mucílago de nopal; no es recomendable que el concreto exude de forma excesiva porque puede traer consecuencias como el debilitamiento de la capa superficial y poca resistencia a la abrasión.

e. Tiempo de Fraguado – Penetración

Se puede observar en el gráfico 30, como influye el mucilago de nopal en el tiempo de fraguado del concreto, notándose que a medida que se adiciona mayor porcentaje de mucílago de nopal el tiempo de fraguado va aumentando.

Gráfico 30. Tiempo de fraguado del concreto - Penetración

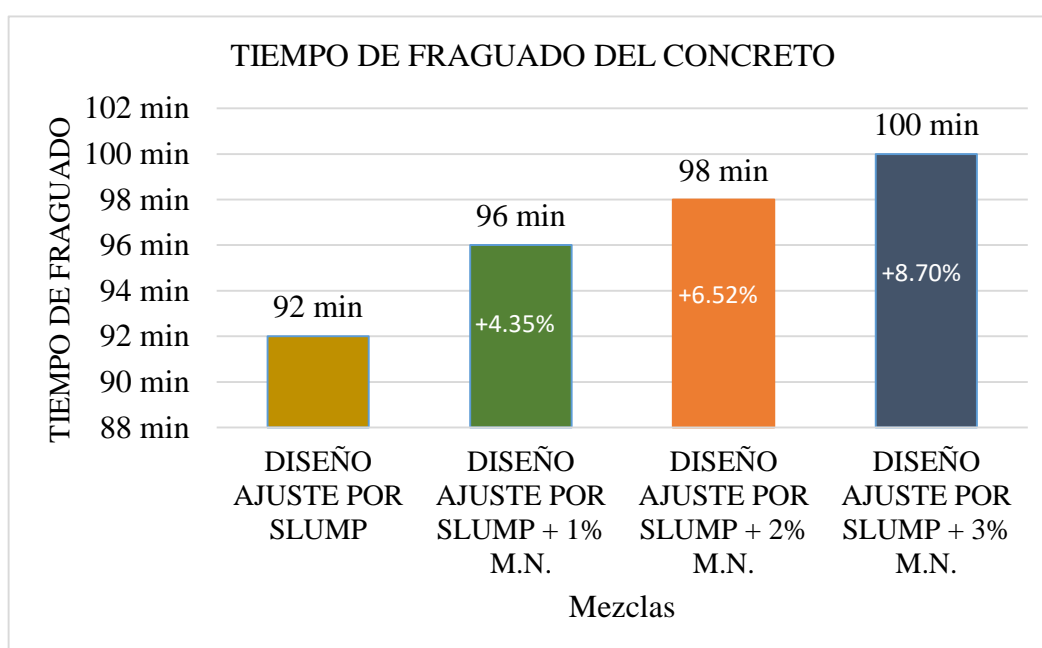


Fuente: Elaboración propia.

El inicio del tiempo de fraguado del diseño ajuste por slump es a los 290min desde que el cemento entró en contacto con el agua hasta que la resistencia a la penetración sea de 500 lb/plg², para la adición +1%MN empezó 7min más tarde que la muestra patrón; en cuanto al +2%MN el tiempo de fraguado inició después de 22min y para la adición del +3%MN empezó a los 72min con respecto al diseño ajuste por slump.

El siguiente gráfico muestra el tiempo de fraguado que alcanzó el diseño ajuste por slump y las adiciones de mucílago de nopal (1%, 2% y 3%).

Gráfico 31. Tiempo de fraguado del concreto



Fuente: Elaboración propia.

Se observa en el gráfico que a mayor porcentaje de mucílago de nopal en el concreto, mayor será el tiempo de fraguado; el tiempo de fraguado para el diseño de ajuste por slump es 92 min, cuando se utiliza el 1% de MN el tiempo de fraguado aumenta en 4.35% con respecto al diseño sin adición, mientras que el diseño con +2%MN aumenta en 6.52% y cuando se evalúa con el diseño +3%MN el tiempo de fraguado llega a tener el 8.7% más con respecto al diseño ajuste por slump, deduciendo que es el diseño que genera mayor tiempo de fraguado en el concreto.

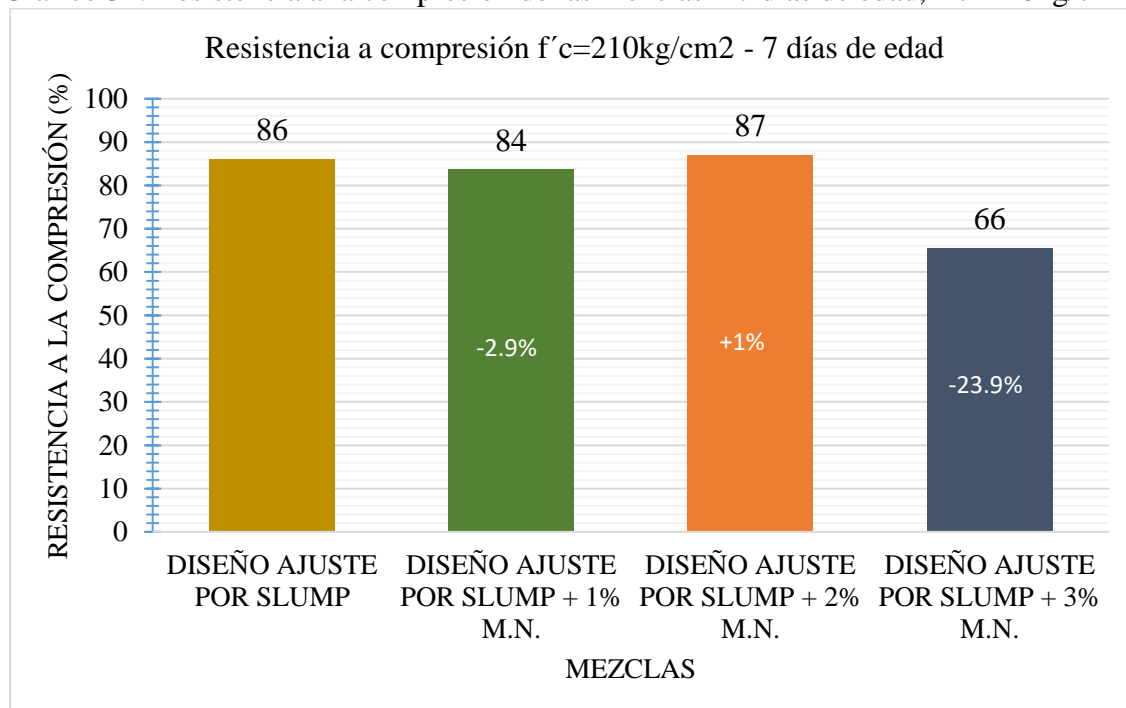
Así mismo, concuerdo con [4] que el incorporar mucílago de nopal al concreto hace que el tiempo de fraguado retarde, debido a la presencia de azúcares que tiene el mucílago de nopal. Sin embargo difiere con [1] donde muestra que el mucílago de nopal actúa como acelerante en

los tiempos de fraguado del concreto porque incrementaron su resistencia a compresión en los primeros días de edad del concreto.

5.2. Influencia del mucílago de nopal en el concreto en estado endurecido

a. Resistencia a la compresión

Gráfico 32. Resistencia a la compresión de las mezclas – 7 días de edad, $f'c=210\text{kg/cm}^2$



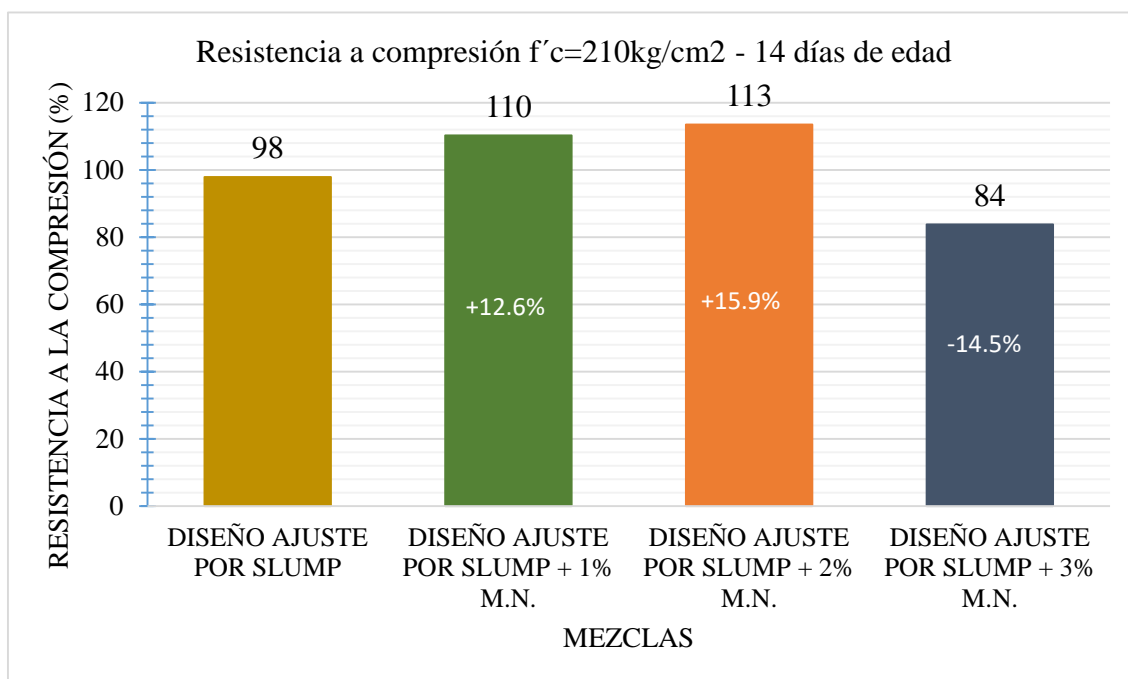
Fuente: Elaboración propia

La influencia que tiene el mucílago de nopal en la resistencia a compresión a los 7 días de edad es la siguiente: El concreto con el 1% MN y el 3% MN no llegan a alcanzar la resistencia obtenida por el diseño de mezclas ajuste por slump; por lo que, el concreto con estas adiciones no llega a la resistencia a edades tempranas.

Por lo que, concuerdo con [2] que al incorporar el 3% de MN la resistencia a edades tempranas disminuyen, pero discrepo en sus resultados con el 1% MN ya que obtuvo mayor resistencia a la compresión comparando con su resistencia sin adición de MN; también hizo referencia a un estudio con el 5% MN donde sus resultados no fueron favorables, a los 7 días no alcanzó la resistencia por lo que, al aumentar el porcentaje de mucílago de nopal la resistencia a edades tempranas disminuyen. Por el contrario, en [1] demuestra resultados mayores con adiciones de mucílago de nopal de 1%, 1.5% y 2% obteniendo resultados favorables,

concluyendo en esta investigación que a edades tempranas el concreto con adición aumenta la resistencia. Lo que puede interferir en la variación de resultados con [1] es porque el mucílago incorporado es en forma de polvo, tiene otro proceso de extracción; mientras que en la presente investigación se ha utilizado en forma de gel.

Gráfico 33. Resistencia a la compresión de las mezclas - 14 días de edad, $f'c=210\text{kg/cm}^2$



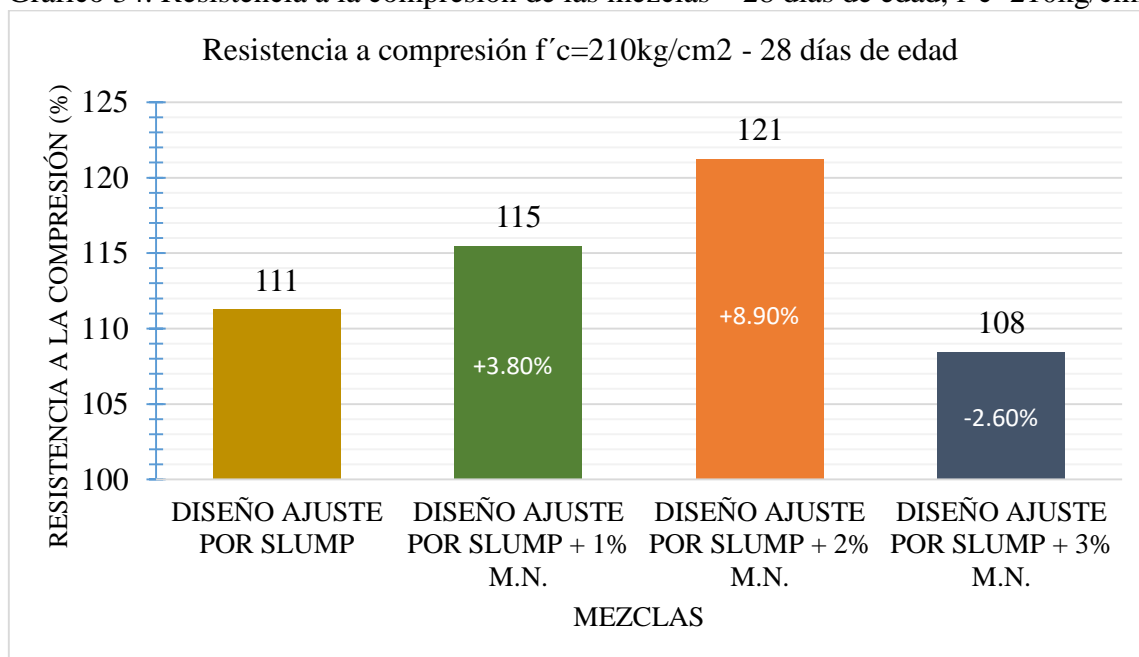
Fuente: Elaboración propia

La influencia que tiene el mucílago de nopal en la resistencia a compresión a los 14 días de edad es la siguiente: El concreto con adiciones de 1% y 2% de mucílago de nopal sobrepasan los resultados obtenidos en el diseño de mezclas ajuste por slump; llegando alcanzar para el 1%MN un incremento del 12.6% de resistencia y para el concreto con adición del 2%MN obtuvo un incremento del 15.9% de resistencia a los 14 días. Por otro lado, el concreto con adición del 3%MN no alcanzó la resistencia esperada, generando una reducción del 14.5% de resistencia a compresión; esto se debe a que el nopal tiene propiedades retardantes lo que hace que el concreto no alcance la resistencia a edades tempranas, siempre y cuando se utilice porcentajes mayores a 3%MN, puesto que con el 1% y 2% de mucílago de nopal el concreto si obtuvo las resistencias esperadas.

Coincido con [1] que al incorporarle el 1% y 2% de mucílago la resistencia a los 14 días superan la muestra patrón obteniendo 94.35% y 119.06% respectivamente, en cuanto en [2] la adición del 1% de mucílago de nopal también incrementó la resistencia en un 107.84%, pero

cuando se le adiciona el 3% de mucílago de nopal la resistencia está por debajo de la muestra patrón alcanzando un 82.69% que se acerca a nuestros resultados en donde hemos obtenido el 84% de resistencia a la compresión. En [2] ha estudiado la adición del 5%MN pero los resultados no son favorables en edades tempranas ya que alcanzó un 69.7% de resistencia a los 14 días.

Gráfico 34. Resistencia a la compresión de las mezclas – 28 días de edad, $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

La influencia que tiene el mucílago de nopal en la resistencia a compresión a los 28 días de edad es la siguiente: El concreto con adiciones del 1%MN y 2%MN muestran en sus resultados un aumento en la resistencia a los 28 días de edad superando al diseño de mezclas ajuste por slump con el 3.80% y 8.90% respectivamente. Pasa lo contrario con la adición del 3%MN porque sus resultados están por debajo del diseño ajuste por slump, disminuyendo en un 2.6% de resistencia. Si evaluamos el 3%MN con respecto a la resistencia nominal que tiene el concreto (Tabla L) si llega a superar el $f'c=210\text{kg/cm}^2$, obteniendo 227.7kg/cm^2 .

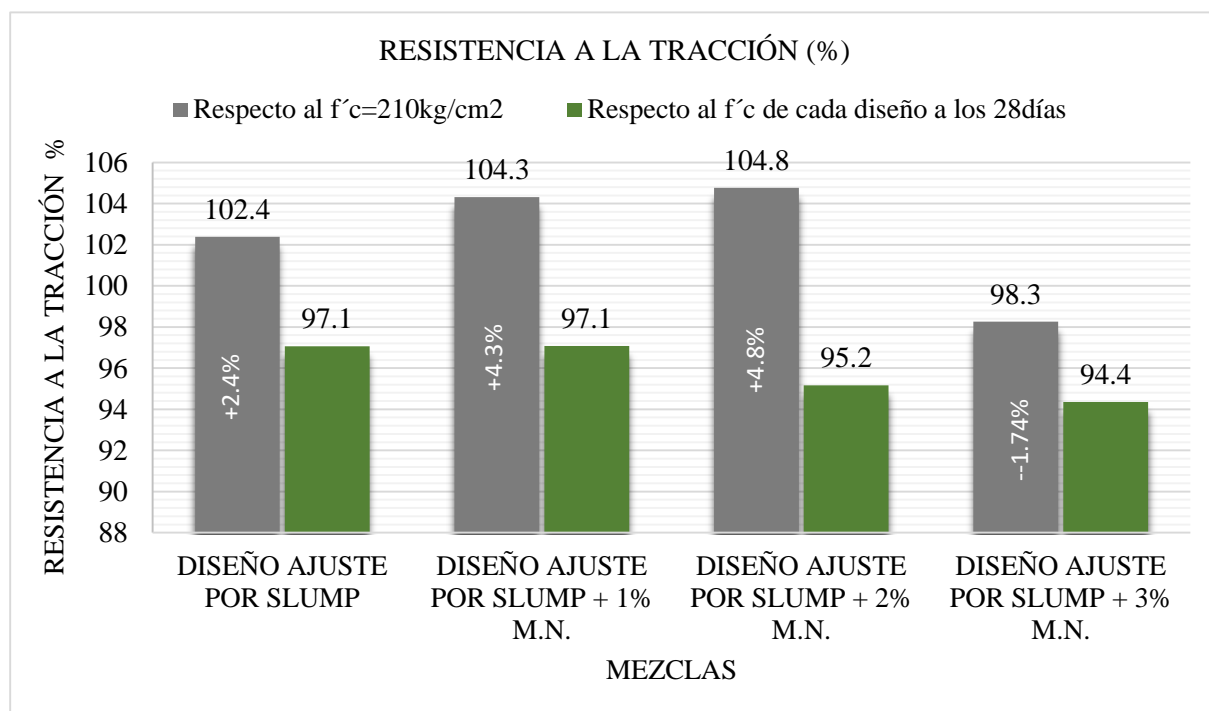
Por lo que concuerdo con [1] la resistencia en 1% y 2% son favorables, superando a la muestra patrón para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$, obteniendo 104.31% y 125.46% respectivamente; mientras que, para el 3%MN en [2] disminuye la resistencia en comparación al diseño de mezcla patrón, aunque se encuentra por encima de los 210kg/cm^2 ; en [2] también incorporan el 5%MN presentando resultados desfavorables por lo que se deduce que, a medida que se incorpora mayor porcentaje de mucílago de nopal menor será su resistencia a compresión.

En [3] no alcanzó la resistencia requerida a los 28 días, puesto que la adición que reemplazó al cemento fue el 15% de mucílago de nopal o tuna, haciendo que disminuya en un 56.57% la resistencia a compresión a los 28 días.

b. Resistencia a la tracción

El gráfico siguiente muestra la influencia que tiene el mucílago de nopal en la resistencia a tracción del concreto, los resultados se evaluaron con respecto al $f'c=210\text{kg/cm}^2$, con respecto a la resistencia obtenida de cada diseño a los 28 días y con respecto a la resistencia obtenida del diseño ajuste por slump.

Gráfico 35. Resistencia a la tracción (%) con respecto al $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y al $f'c$ de cada diseño a los 28 días de edad.

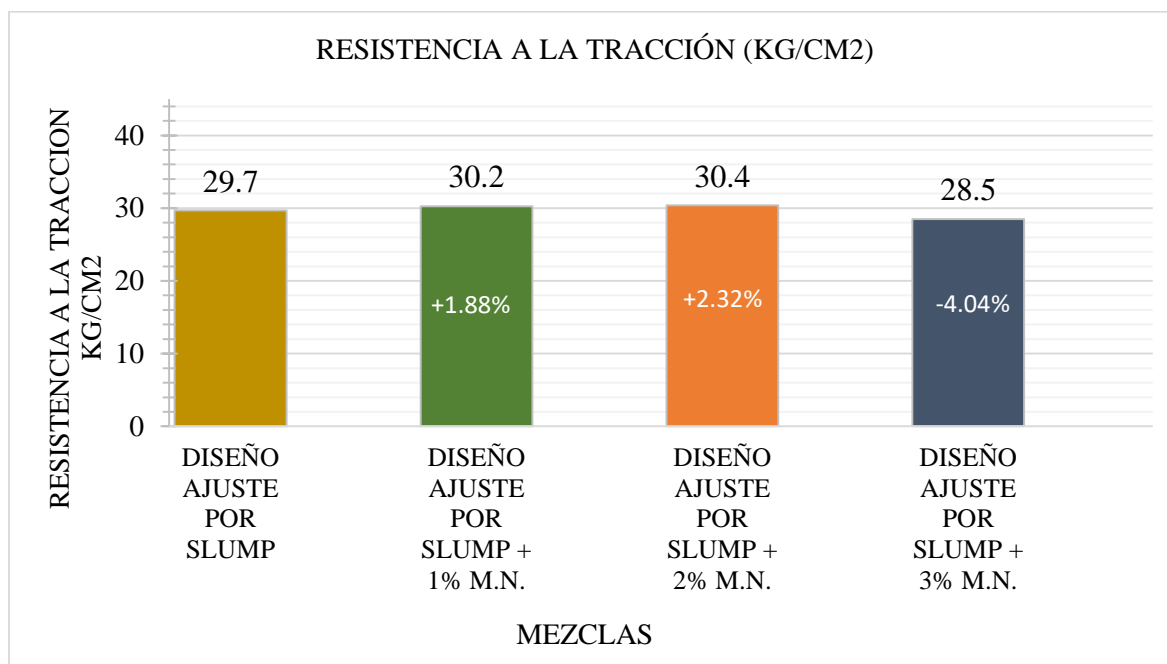


Fuente: Elaboración propia.

Al evaluar la resistencia a la tracción con respecto al $f'c=210\text{kg/cm}^2$, los resultados obtenidos están por encima del 100% en todas las mezclas menos cuando se le adiciona el 3%MN; para esto el diseño de mezclas ajuste por slump tuvo un incremento del 2.4% de resistencia la tracción; al adicional el 1%MN aumenta en 4.3% de resistencia y si se le adiciona el 2%MN la resistencia gana un 4.8%. Mientras que al adicional el 3%MN la resistencia disminuye en un 1.74%.

Con respecto al $f'c$ obtenida a los 28 días para cada diseño de mezclas, la resistencia a tracción está por debajo del 100%, lo que significa que no llegó a alcanzar la resistencia requerida tal como se muestra en la Tabla LI.

Gráfico 36. Resistencia a la tracción del concreto, $f'c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, al evaluar la resistencia a la tracción con respecto al diseño de mezclas ajuste por slump se notó un incremento de resistencia cuando se le adiciona el 1% y 2% de mucílago de nopal, aumentando en 1.88% y 2.32% respectivamente; pero cuando se le adiciona el 3% de mucílago de nopal la resistencia disminuye en un 4.04%.

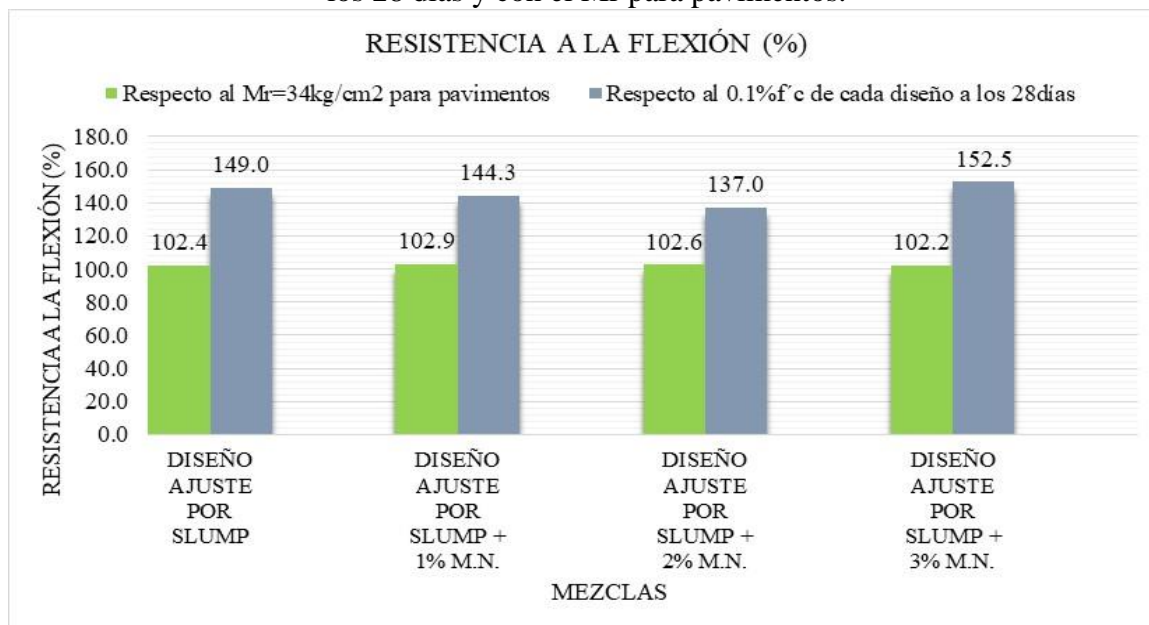
En [1] obtuvieron resultados positivos en la resistencia a la tracción evaluando en sus porcentajes el 1%, 1.5% y 2% de mucílago de nopal, que la resistencia a la tracción aumenta en cada porcentaje; donde además señala que el mucílago contiene un componente llamado pectosa que puede disminuir las grietas del concreto y puedan soportar las cargas a tensión.

c. Resistencia a la flexión

El la resistencia a la flexión el mucílago de nopal influye de manera positiva en sus resultados, se evaluó el módulo de rotura para cada diseño de mezclas (10% del $f'c$, obtenido a

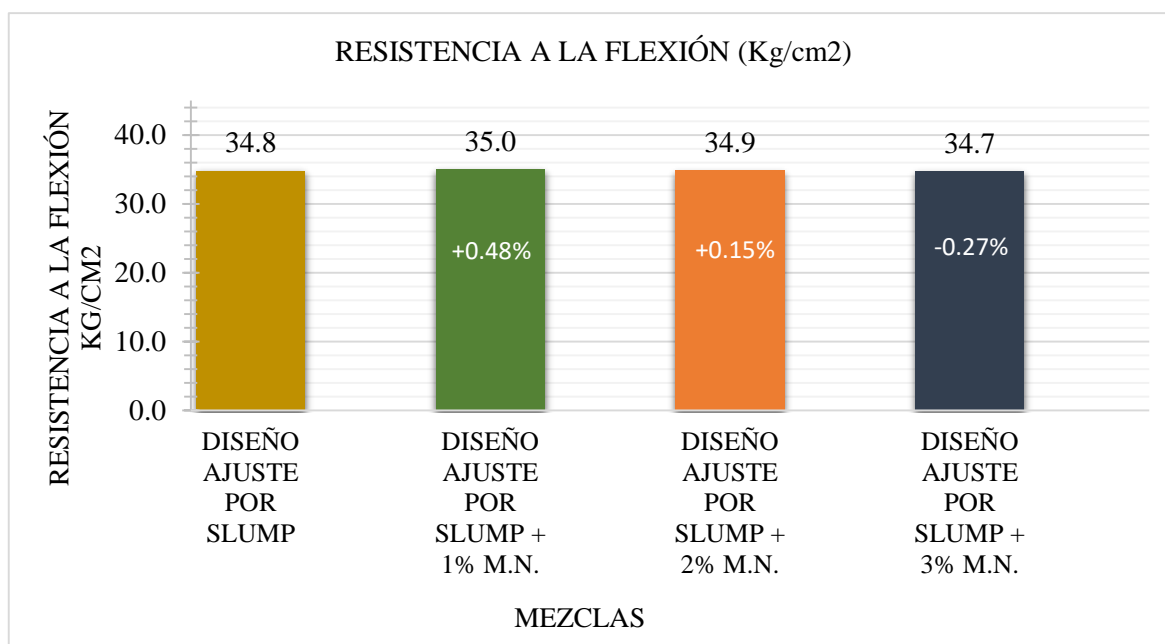
los 28 días de edad de cada diseño) y también se comparó los resultados con respecto al módulo de rotura para pavimentos.

Gráfico 37. Resistencia a la Flexión del concreto (%) con respecto al 0.1% $f'c$ de cada diseño a los 28 días y con el M_r para pavimentos.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico las barras de color plomo señalan el porcentaje que alcanza la resistencia a la flexión para cada diseño con respecto al $f'c$ obtenido a los 28 días de edad, teniendo resultados positivos y las barras de color verde es el resultado con respecto al módulo de rotura para pavimentos, observándose que en el diseño ajuste por slump y en las adiciones de mucílago de nopal aumenta la resistencia en 2% aproximadamente.

Gráfico 38. Resistencia a la Flexión del concreto, $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.

Fuente: Elaboración propia.

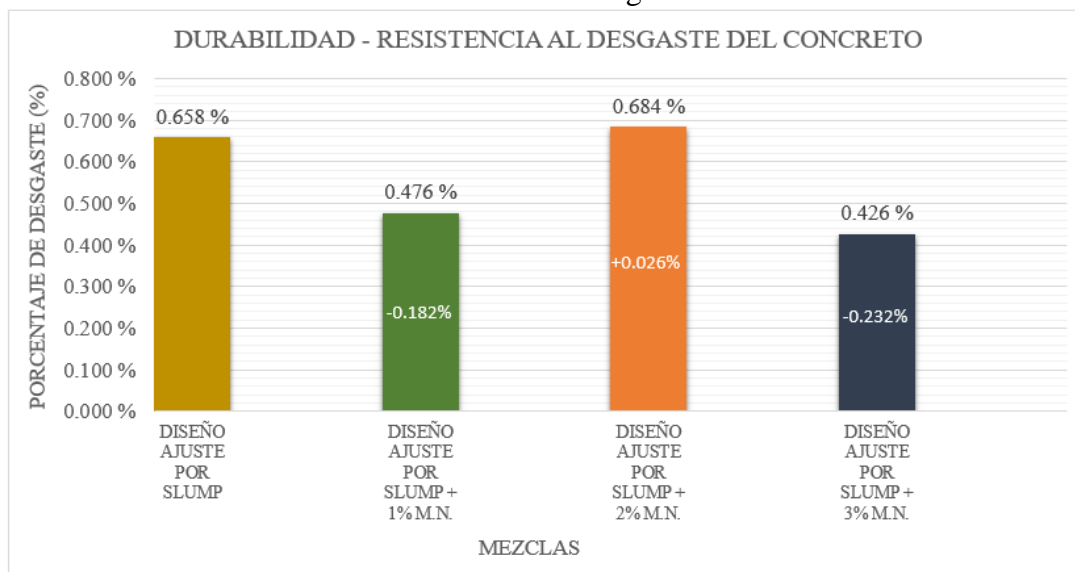
Evaluando la resistencia a flexión del diseño de mezclas ajuste por slump y el resto de mezclas, se aprecia un leve aumento de resistencia cuando se le adiciona el 1% MN y el 2% MN, obteniendo un incremento del 0.48% y 0.15% respectivamente. Pero al incorporar el 3% MN pierde un 0.27% de resistencia a la flexión con respecto al diseño de mezclas ajuste por slump.

En [1] obtuvieron resultados positivos en la resistencia a la flexión evaluando en sus porcentajes el 1%, 1.5% y 2%.

d. Resistencia a la abrasión

La influencia que tiene el mucílago de nopal en la resistencia a la abrasión es variada porque si comparamos con la muestra patrón, el porcentaje que se asemeja en resultados es el +2% MN, mientras que el 1% y el 3% MN están por debajo del diseño de mezclas ajuste por slump. La resistencia a la abrasión del concreto es difícil de valorar porque dependen de las causas y daños que ha sufrido el concreto en este caso se ha sometido a pruebas de desgaste pero que no tienen límites para poder compararlos. Según [9] la resistencia a la abrasión está relacionada con la resistencia a compresión, por lo que, mejor sea la resistencia a la compresión mejor será la resistencia a la abrasión.

Gráfico 39. Resistencia al desgaste del concreto



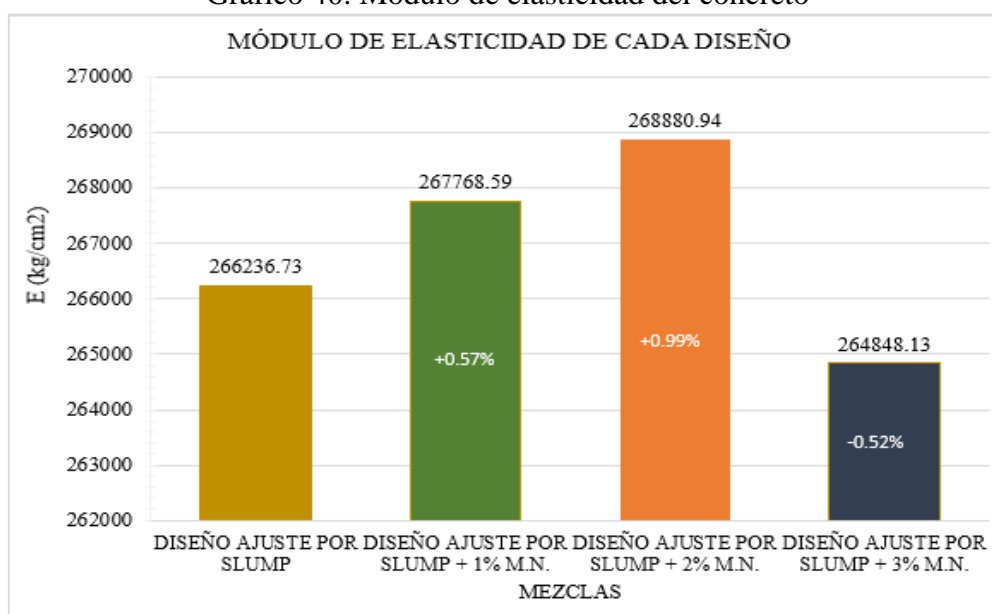
Fuente: Elaboración propia.

Observando en el gráfico que el diseño de mezclas ajuste por slump +1% MN disminuye la resistencia en 0.182%, mientras que el diseño con 2% MN aumenta en 0.026% y finalmente para el diseño con 3% MN disminuye un 0.232% con respecto al diseño ajuste por slump.

e. Módulo de elasticidad

El mucílago de nopal influye de forma positiva en el módulo de elasticidad, superando cada diseño al módulo de elasticidad teórico ($15000 \cdot \sqrt{f'c(210)}$).

Gráfico 40. Módulo de elasticidad del concreto



Fuente: Elaboración propia.

El módulo de elasticidad del diseño de mezclas ajuste por slump fue de 266236.73kg/cm²; el módulo de elasticidad del diseño +1%MN aumenta en 0.57%, así mismo el módulo de elasticidad para el diseño +2%MN tiene un aumento de 0.99%; sin embargo para el diseño de mezclas 3%MN disminuye en un 0.52%, pero el resultado de este último está por encima del módulo de elasticidad teórico.

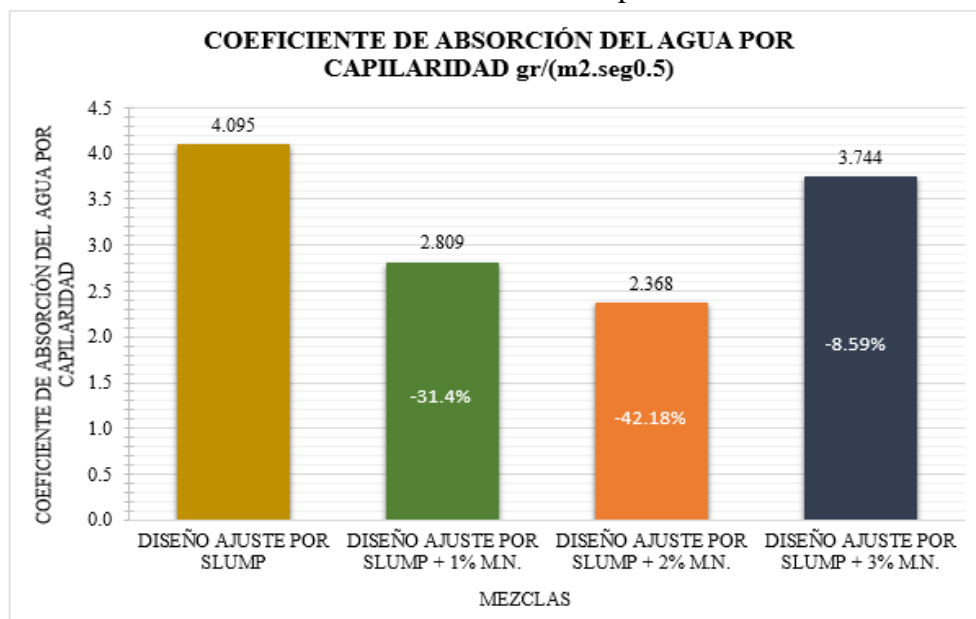
En [5] hace mención que el mucílago de nopal aumenta el módulo de elasticidad para una relación a/c igual a 0.3 incorporando el 3%MN, pero para la relación a/c de 0.45 y 0.60 no obtuvo resultados favorables; por lo que en nuestro estudio para una relación a/c igual a 0.566 el módulo de elasticidad fue menor que el concreto sin adición pero mayor al módulo de elasticidad teórico.

Entonces el mucílago de nopal influye de manera favorable para las adiciones del 1%MN y 2%MN con respecto al diseño de mezclas ajuste por slump.

f. Permeabilidad – Absorción capilar

Se evaluó la permeabilidad del concreto sin adición de mucílago de nopal y con adición del 1%, 2% y 3% de mucílago de nopal, se determinó este ensayo porque en los antecedentes e investigaciones muestran al mucílago de nopal como un material que hace al concreto menos permeable.

Gráfico 41. Velocidad de Absorción Capilar del Concreto.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico observamos la velocidad de absorción capilar que tiene cada muestra de concreto, determinando que mayor incidencia de capilaridad es el diseño ajuste por slump y su resultado sobrepasa con el máximo permitido de $4 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{seg}^{0.5}$. Si analizamos el diseño de mezclas +1%MN vemos que disminuye un 31.4% con respecto al diseño ajuste por slump, del mismo modo pasa cuando se agrega el 2%MN, disminuye un 42.18%, pero no sucede lo mismo con el 3% para que se pueda deducir que a mayor cantidad de mucílago de nopal menos será la permeabilidad; por lo que el 3%MN solo disminuyó un 8.59%.

El 1% y 2% de mucílago de nopal disminuye la velocidad de absorción capilar por lo que podemos deducir que con estos porcentajes la permeabilidad en el concreto será menor; mientras que con el 3% la permeabilidad en el concreto será casi igual al de diseño de mezclas ajuste por slump.

En [4] concluye que el mucílago de nopal disminuye la cantidad de absorción de agua en el concreto para una relación a/c igual a 0.45 con una adición del 3%MN, pero en nuestro estudio la relación a/c es 0.556 y con el 3%MN no mostramos resultados favorables; por lo que se deduce que el porcentaje de 3%MN puede disminuir la permeabilidad cuando la relación agua/cemento es menor.

5.3. Evaluación económica

Se realizó el análisis de costos unitarios del concreto sin adición y del concreto con adición de mucílago de nopal, para ello, se realizó el análisis de costos unitarios para la extracción de mucílago de nopal.

TABLA LXXII. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LA EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
Actividad:	Análisis de costos unitarios para la extracción de Mucílago de Nopal					
Especificaciones	Extracción del Mucílago de Nopal (Sin cáscara) - Método escaldado					
Cuadrilla:	1op + 1pe.					
Rendimiento:	160 lt/día					
					Costo Total	4.46
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA					2.05	
Operario	HH	1	0.05	23.94	1.20	
Peón	HH	1	0.05	17.08	0.85	
MATERIALES					2.35	
Agua	M3		0.001	7.99	0.01	
Nopal	UND		1.00	2.00	2.00	
GAS	UND		0.008	43.20	0.35	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					0.06	
Desgaste de herramientas	%MO		3.00	2.05	0.06	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA LXXIII. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO F´C=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP)

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
Actividad:	Concreto f´c=210kg/cm2 - Diseño ajuste por Slump					
Especificaciones	Preparación de concreto en trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite.					
Cuadrilla:	2op + 2off + 8pe.					
Rendimiento:	25 m3/día					
					Costo Total	304.18
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA					71.14	
Operario	HH	2	0.64	23.94	15.32	
Oficial	HH	2	0.64	18.89	12.09	
Peón	HH	8	2.56	17.08	43.72	
MATERIALES					225.76	
Cemento Portland Tipo I	BL		9.27	19.41	179.93	
Arena gruesa	M3		0.31	45.61	14.31	
Piedra chancada 1/2"	M3		0.45	65.48	29.46	
Agua	M3		0.26	7.99	2.06	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					7.29	
Desgaste de herramientas	%MO		3	71.14	2.13	
Vibrador de concreto 5hp	HM	1	0.320	10.88	0.03	
Mezcladora tipo trompo 9p3	HM	1	0.320	15.99	5.12	

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA LXXIV. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO
F'c=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1%M.N.)**

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
Actividad:		Concreto f'c=210kg/cm2 + 1% de M.N.				
Especificaciones		Preparación de concreto en trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite.				
Cuadrilla:		2op + 2off + 8pe.				
Rendimiento:		25 m3/día				
					Costo Total	321.86
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA					71.14	
Operario	HH	2	0.64	23.94	15.32	
Oficial	HH	2	0.64	18.89	12.09	
Peón	HH	8	2.56	17.08	43.72	
MATERIALES					243.44	
Cemento Portland Tipo I	BL		9.27	19.41	179.93	
Arena gruesa	M3		0.31	45.61	14.31	
Piedra chancada 1/2"	M3		0.45	65.48	29.46	
Agua	M3		0.26	7.99	2.06	
M.N. 1%	LT		3.96	4.46	17.69	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					7.29	
Desgaste de herramientas	%MO		3	71.14	2.13	
Vibrador de concreto 5hp	HM	1	0.320	10.88	0.03	
Mezcladora tipo trompo 9p3	HM	1	0.320	15.99	5.12	

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA LXXV. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO
F'c=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2%M.N.)**

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
Actividad:		Concreto f'c=210kg/cm2 + 2% de M.N.				
Especificaciones		Preparación de concreto en trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite.				
Cuadrilla:		2op + 2off + 8pe.				
Rendimiento:		25 m3/día				
					Costo Total	339.55
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA					71.14	
Operario	HH	2	0.64	23.94	15.32	
Oficial	HH	2	0.64	18.89	12.09	
Peón	HH	8	2.56	17.08	43.72	
MATERIALES					261.13	
Cemento Portland Tipo I	BL		9.27	19.41	179.93	
Arena gruesa	M3		0.31	45.61	14.31	
Piedra chancada 1/2"	M3		0.45	65.48	29.46	
Agua	M3		0.26	7.99	2.06	
M.N. 2%	LT		7.92	4.46	35.37	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					7.29	
Desgaste de herramientas	%MO		3	71.14	2.13	
Vibrador de concreto 5hp	HM	1	0.320	10.88	0.03	
Mezcladora tipo trompo 9p3	HM	1	0.320	15.99	5.12	

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA LXXVI. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO
F´C=210KG/CM2 (DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3%M.N.)**

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
Actividad:	Concreto f´c=210kg/cm2 + 3% de M.N.					
Especificaciones	Preparación de concreto en trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite.					
Cuadrilla:	2op + 2off + 8pe.					
Rendimiento:	25 m3/día					
					Costo Total	357.24
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA					71.14	
Operario	HH	2	0.64	23.94	15.32	
Oficial	HH	2	0.64	18.89	12.09	
Peón	HH	8	2.56	17.08	43.72	
MATERIALES					278.81	
Cemento Portland Tipo I	BL		9.27	19.41	179.93	
Arena gruesa	M3		0.31	45.61	14.31	
Piedra chancada 1/2"	M3		0.45	65.48	29.46	
Agua	M3		0.26	7.99	2.06	
M.N. 3%	LT		11.88	4.46	53.06	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					7.29	
Desgaste de herramientas	%MO		3	71.14	2.13	
Vibrador de concreto 5hp	HM	1	0.320	10.88	0.03	
Mezcladora tipo trompo 9p3	HM		0.320	15.99	5.12	

Fuente: Elaboración propia.

VI. Conclusiones

El diseño de mezclas fue elaborado con el método ACI, donde se realizó primero un estudio de canteras para determinar que el agregado cumpla con los requerimientos de la norma. El agregado fino seleccionado fue de la cantera La Victoria ubicada en Pátapo y el agregado grueso fue de la cantera Bomboncito, ubicada en Tres Tomas. El cemento utilizado fue el tipo I, porque es de uso general. El diseño de mezclas se elaboró para un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Los porcentajes de mucílago de nopal se determinaron según el análisis de los antecedentes citados en referencias bibliográficas; en donde muestran que a mayor contenido de mucílago de nopal, el concreto pierde sus propiedades tanto en estado fresco, como endurecido. Es por eso que la presente investigación concluyó en utilizar el 1%, 2% y 3% de mucílago de nopal.

La influencia que tiene el mucílago de nopal en sus propiedades del concreto en estado fresco fueron: El concreto con adición aporta mayor trabajabilidad; haciendo que el concreto sea más fluida, más manejable y no tenga inconvenientes en el proceso de colocación. Al incorporarle el 2% de adición la trabajabilidad aumenta en un 25% con respecto a la muestra patrón.

En el peso unitario no llegó a tener mucha diferencia entre el concreto con adiciones de mucilago de nopal y el concreto del diseño patrón, puesto que sus resultados están dentro de los parámetros permitidos para un concreto normal. El concreto con la adición del 2% de mucílago de nopal obtuvo un 0.09% más que la muestra patrón.

Al evaluar el contenido de aire se concluye que a mayor porcentaje de mucílago de nopal en el concreto, mayor será el porcentaje de contenido de aire. Lo mismo sucede con la exudación en el concreto alcanzando que los resultados son de manera creciente, mostrando que el concreto con adición del 2%MN aumenta un 0.21% con respecto a lo que ha exudado el concreto de muestra patrón.

El mucilago de nopal si llega a retardar el tiempo de fraguado del concreto, en donde para la muestra patrón el tiempo de fraguado fue de 92min, teniendo como fraguado inicial a los 290min y fraguado final a los 382min. Mientras que al adicionarle el +2%MN, el tiempo de fraguado fue a los 98min, teniendo como fraguado inicial a los 312min y fraguado final 410min;

superando en un 6.52% al tiempo de fraguado de la muestra patrón. Si evaluamos con el +3%MN llegamos a concluir que ese porcentaje hace que el tiempo de fraguado sea mayor, pero no es conveniente porque a edades tempranas el concreto no llega alcanzar la resistencia requerida.

La influencia que tiene el mucílago de nopal en sus propiedades del concreto en estado endurecido fueron: Al evaluar la resistencia a la compresión del concreto se concluye que, el mucílago de nopal si aumenta la resistencia del concreto a los 7, 14 y 28 días de edad cuando se utiliza el 1% y 2% de mucílago de nopal; lo que no pasa con el 3% que no llega alcanzar la resistencia a los 7 y 14 días de edad, pero que a los 28 días si llega a superar el $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Por lo tanto el diseño de mezclas +2%MN obtuvo el 10% más de resistencia que el diseño patrón y es el porcentaje de mucílago de nopal que presenta mejores características en el concreto.

El mucílago de nopal si aumenta la resistencia a la tracción del concreto, pero si se utiliza el 1% y 2% de mucílago de nopal, puesto que, al incorporarle el 3% de adición la resistencia disminuye un 4.04%.

La influencia que tiene el mucílago de nopal en la resistencia a la flexión es favorable porque supera la resistencia comparando con el 10% $f'c$ para cada diseño de mezclas, notándose en el gráfico 37 el aumento de porcentaje para cada diseño de mezclas. También se comparó con el módulo de rotura para un pavimento la cual en todos los diseños aumenta aproximadamente un 2%.

En la resistencia al desgaste el concreto que tuvo mayor incidencia fue el concreto +2%MN porque obtuvo un 0.026% más que la muestra patrón; aunque la resistencia al desgaste dependa de las causas y daños que pueda sufrir el concreto, no se cuenta con límites establecidos para comparar lo que se obtiene en el ensayo. El 1% y el 3% obtuvieron el 0.182% y el 0.232% menos que la muestra patrón.

Al evaluar el módulo de elasticidad del concreto, se observó que el mucílago de nopal si aumenta el módulo de elasticidad del concreto a los 28 días de edad, en donde, el +2%MN fue el que obtuvo mayor resultado en el ensayo, obteniendo un 0.99% más que la muestra patrón. Pero al aumentarle mayor porcentaje de mucílago de nopal tiende a disminuir el módulo

de elasticidad del concreto, para tal caso al incorporarle el 3%MN el módulo de elasticidad disminuye en un 0.52% con respecto a la muestra patrón.

El mucílago de nopal hace que el concreto sea menos permeable por las características que este posee, pero si se adiciona mayor contenido de mucílago de nopal hace que el concreto pierda esa propiedad y llegue a ser permeable, por tal caso se concluye en este estudio que, el +2%MN disminuye la permeabilidad del concreto en 42.18% con respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporarle el +3%MN solo llega a disminuir en un 8.59%.

En cuanto a la evaluación económica del concreto con adición, resulta ser más económico utilizar el aditivo natural (mucílago de nopal), que un aditivo de fábrica. Puesto que el costo por litro de mucílago de nopal es de S/4.46 y el de un aditivo de fábrica es mayor dependiendo a la marca y uso que se le va a dar el aditivo. Obteniendo un costo de concreto sin adición de S/304.18 y un costo de concreto con el +2%MN de S/321.86.

En conclusión no es favorable utilizar el mucílago de nopal en grandes porcentajes porque hace que el concreto pierda sus propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido. Concluyendo de esta manera que, el adicionarle el +2% de mucílago de nopal, influye positivamente en las propiedades del concreto, generando ventajas en darle una mejor trabajabilidad al concreto, haciendo retardar al tiempo de fraguado, aumentar la resistencia a la compresión, tracción, flexión y desgaste; también aumentando el módulo de elasticidad y hace al concreto menos permeable.

VII. Recomendaciones

Se recomienda que para el estudio de canteras se debe de evaluar las proporciones necesarias para determinar que cantera se elegirá en el diseño de mezclas. A esa cantera seleccionada adquirir la cantidad necesaria de agregado para abastecer a los ensayos y a las muestras dispuestas en la investigación.

Realizar el proceso de extracción del mucílago de nopal con las medidas de seguridad adecuadas y en un ambiente que no llegue a perjudicar la muestra.

Recomiendo a futuras investigaciones el estudio de la incorporación del mucílago de nopal sustituyendo parte del agua de la mezcla y estudiar las diferencias que existe cuando se agrega el mucílago de nopal como un aditivo y cuando se agrega para reemplazar el agua.

En esta investigación se utilizó el mucílago de nopal como gel, por lo que recomiendo a futuras investigaciones utilizar el mucílago de nopal en polvo; proceso que lleva al mucílago de nopal al horno para deshidratarse y posteriormente ser pulverizada para que pase por la malla N°200 y determinar su influencia en el concreto en estado fresco y endurecido.

Analizar la influencia que tiene el mucílago de nopal en la permeabilidad y resistencia al desgaste cuando se tiene una relación agua/cemento menor, para un $f'c > 280 \text{kg/cm}^2$ ya que según las fuentes bibliográficas los concreto que presentan menor permeabilidad son aquellos cuyo $f'c$ es mayor a 280kg/cm^2 .

VIII. Referencias

- [1] J. C. Ramos Vázquez, Influencia en las Propiedades Mecánicas de un Concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la Adición de Mucílago de Tuna, Chimbote, Ancash – 2017, Ancash, 2017.
- [2] C. J. Primo Cubas, «Efecto de la adición de extracto de papaleta de tuna (*Opuntia Ficus* – Indica) en la resistencia a compresión del concreto,» Cajamarca-, 2014.
- [3] T. Y. Vera Mostacero, «Resistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal,» Cajamarca, 2018.
- [4] S. Ramírez Arellanes, P. F. Cano Barrita, F. Julian Caballero y C. Gómez Yáñez, «Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural,» vol. 62, pp. 307, 327-341, Julio-septiembre 2012.
- [5] S. Ramirez Arellanes, «Propiedades mecánicas y microestructura de concreto conteniendo mucílago de nopal como aditivo natural,» México, 2008.
- [6] E. Riva Lopez, Diseño de Mezclas "Tecnología del Concreto", Lima-Perú, 2007.
- [7] E. Pascal Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Lima-Perú, 1998.
- [8] S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, C. Panarese y J. Tanesi, Diseño y control de mezclas de concreto, EE.UU, 2004.
- [9] A. M. Neville, Tecnología del concreto, México, 2013.
- [10] Agregados. Agregados para el concreto, NTP 400.037, 2018.
- [11] D. Sánchez de Guzmán, Tecnología del concreto y del mortero, Bogotá - Colombia, 2001.
- [12] Tecnología del concreto, materiales, propiedades y diseño de mezclas, Colombia: Asociación colombiana de productores de concreto, 2010.
- [13] J. Mc Cormac y R. Brown, Diseño de concreto reforzado, 8 ed., México, 2011.
- [14] J. L. Leandro Espinoza, «Evaluación del uso de la diatomita como adición mineral en el concreto de alta resistencia.,» Lima - Perú, 2010.
- [15] C. Sáenz, «Utilización agroindustrial del nopal,» Boletín de servicios agrícolas de la FAO, Roma, 2006.
- [16] «Método de diseño de mezclas del comité ACI 211,» 2001.

- [17] Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global NTP 400.012, 2013.
- [18] Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, NTP 339.185, 2013.
- [19] Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, NTP 400.022, 2013.
- [20] Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso, NTP 400.021, 2013.
- [21] Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados, NTP 400.017, 2011.
- [22] L. Addleson, Materiales para la construcción, Barcelona: Reverté, S. A, 1983.
- [23] Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto, NTP 339.046, 2008.
- [24] Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión, ASTM C 231, 2009.
- [25] Concreto. Método de ensayo para la determinar la exudación del hormigón, NTP 339.077, 2013.
- [26] Concreto. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración, NTP 339.082, 2017.
- [27] Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, NTP 339.034, 2015.
- [28] Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica, NTP 339.084, 2017.
- [29] CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, NTP 339.078, 2017.
- [30] Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión de superficies de concreto o mortero mediante el método de cortador giratorio, ASTM C944, 2005.
- [31] Método estandar para la determinacion del modulo de elasticidad estatico y de la relacion de poisson del concreto sometido a compresion, ASTM C469, 2014.

[32] Hormigón. Método de ensayo para determinar la capacidad y velocidad de succión capilar de agua del hormigón endurecido, IRAM 1871, 2004.

IX. Anexos**ANEXO 1. ESTUDIO DE CANTERAS**

Imagen 1. Cantera "La Victoria" - Pátapo



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 2. Agregado Grueso de la Cantera "La Victoria" - Pátapo



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 4. Agregados de la Cantera "La Victoria" - Pátapo



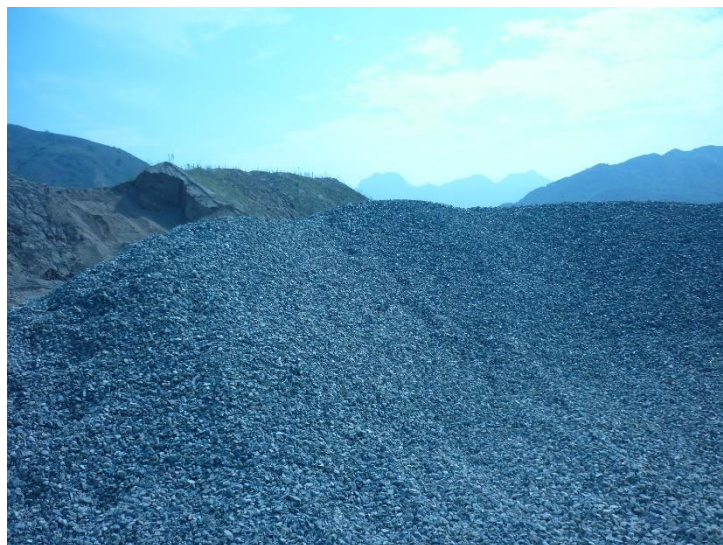
Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 3. Cantera "Bomboncito" - Tres Tomas.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 5. Agregado Grueso de la Cantera "Bomboncito" - Tres Tomas



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 6. Agregado fino y grueso de las canteras La Victoria y Bomboncito.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 7. Agregado fino lavado a través del tamiz N°200 de la cantera Bomboncito y La victoria - Ensayo de granulometría.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 8. Contenido de Humedad del agregado grueso.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 9. Reposo del agregado fino en la fiola – Ensayo de Peso Específico.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 10. Agregado fino en los recipientes listos para estar 24hr en el horno – Peso Específico.



Fuente: Elaboración Propia.

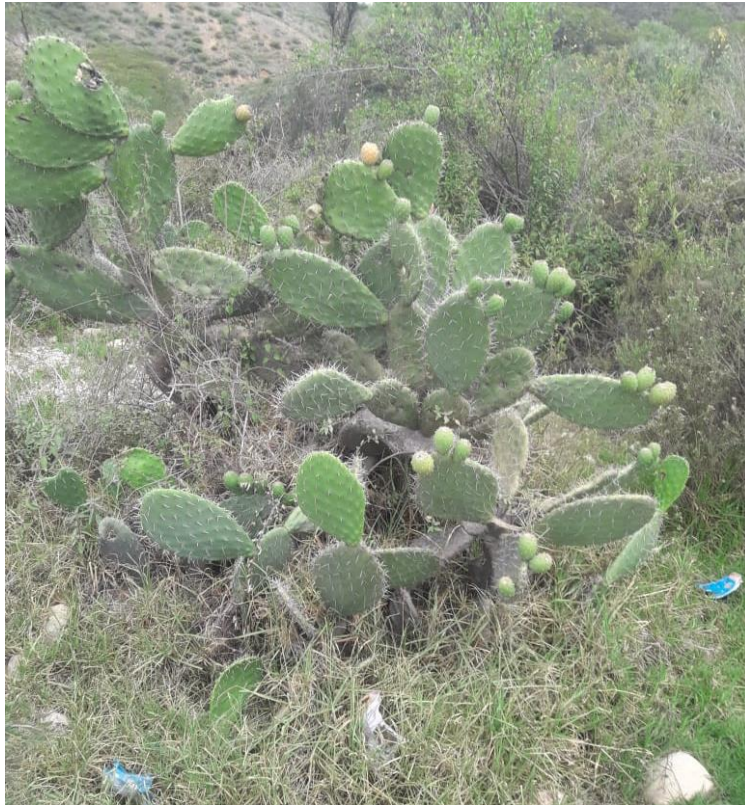
Imagen 11. Ensayo de peso específico para el agregado grueso.



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 2. OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.

Imagen 12. Nopales procedentes de Cajamarca



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 13. Medición de los nopales para determinar sus características.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 14. Nopales cortados en trozos y pesados para determinar la relación 1:2.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 15. Nopal que se retiene en el colador y mucílago de nopal.



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 3. DIA DE LLENADO DE LAS PROBETAS Y VIGAS

Imagen 16. Preparación del concreto.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 18. Moldes para las probetas de concreto.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 19. Moldes para las vigas de concreto.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 17. Medición del mucílago de nopal en la probeta.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 20. Llenado de probetas - Enrasado.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 21. Vigas y probetas en los moldes.



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 4. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

Imagen 22. Asentamiento del concreto - diseño de mezclas ajuste por Slump, más los diseños con incorporación de mucílago de nopal (1%, 2% y 3%).



1. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump.

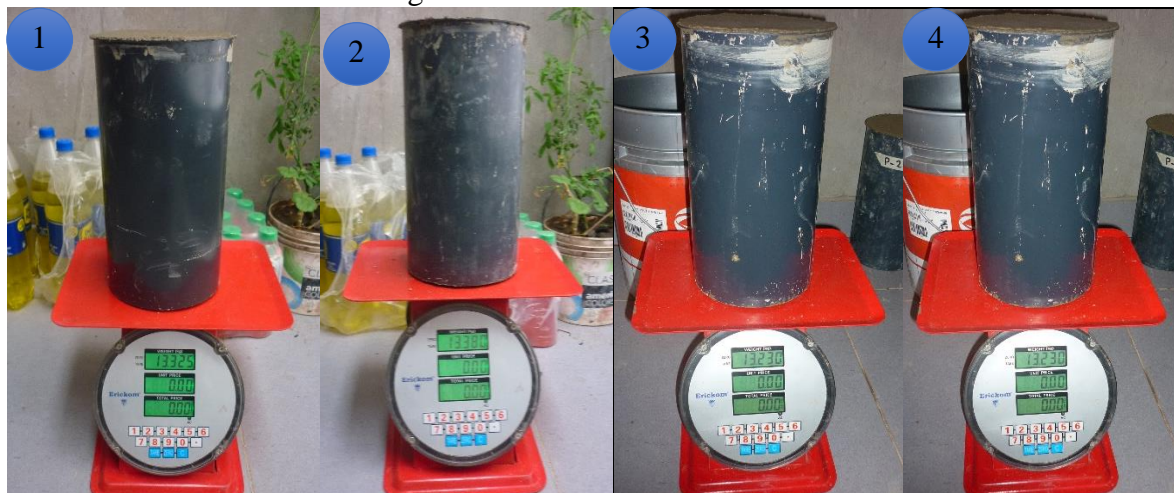
2. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1% MN.

3. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2% MN.

4. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3% MN.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 23. Peso Unitario del Concreto.



1. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump.	2. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1% MN.
3. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2% MN.	4. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3% MN.

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 24. Contenido de aire del concreto.



1. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump.	2. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1% MN.
3. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2% MN.	4. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3% MN.

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 25. Total de agua exudada del concreto.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 26. Aparato de aplicación de carga y muestra de concreto para el ensayo de Tiempo de Fraguado.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 27. Ensayo de penetración - Tiempo de Fraguado.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 28. Temperatura del concreto.



1. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump.	2. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 1%MN.
3. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 2%MN.	4. Diseño de Mezclas Ajuste por Slump + 3%MN.

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 5. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.

Imagen 29. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, 7 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 30. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, 14 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 31. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

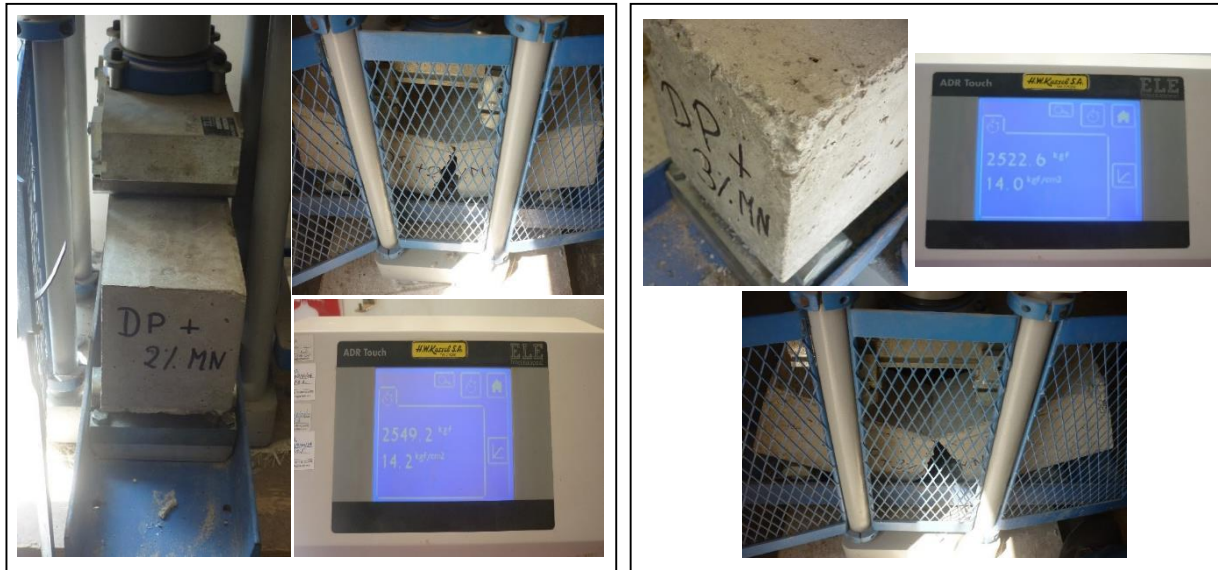
Imagen 32. Ensayo de resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 33. Ensayo de resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.





Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 34. Ensayo de Resistencia al desgaste del concreto, $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 35. Probetas desgastadas por el ensayo de durabilidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 36. Muestras de concreto y equipo compresómetro - extensómetro para el ensayo de Módulo de Elasticidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 37. Ensayo del módulo de elasticidad del concreto, $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 38. Probetas para el ensayo de permeabilidad



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 39. Probetas aserradas e impermeabilizadas - Ensayo de Permeabilidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 40. Colocado de agua 3mm de altura - Ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 41. Proceso de absorción de agua de las muestras de concreto en diferentes tiempos - Ensayo de Permeabilidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 42. Ensayo de permeabilidad - Absorción de agua de las muestras del diseño de mezclas ajuste por slump, $f'c=210\text{kg/cm}^2$, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 43. Ensayo de permeabilidad - Absorción de agua de las muestras del diseño de mezclas ajuste por slump + 1%MN, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 44. Ensayo de permeabilidad - Absorción de agua de las muestras del diseño de mezclas ajuste por slump + 2%MN, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 45. Ensayo de permeabilidad - Absorción de agua de las muestras del diseño de mezclas ajuste por slump + 3%MN, 28 días de edad.



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - CANTERA "BOMBONCITO" – TRES TOMAS.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

AGREGADO FINO - CANTERA "BOMBONCITO" - TRES TOMAS

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

ESTUDIO DE CANTERA

Ensayo: Análisis Granulométrico del Agregado Fino
Referencia: Norma ASTM C-136 ó N.T.P.400.012

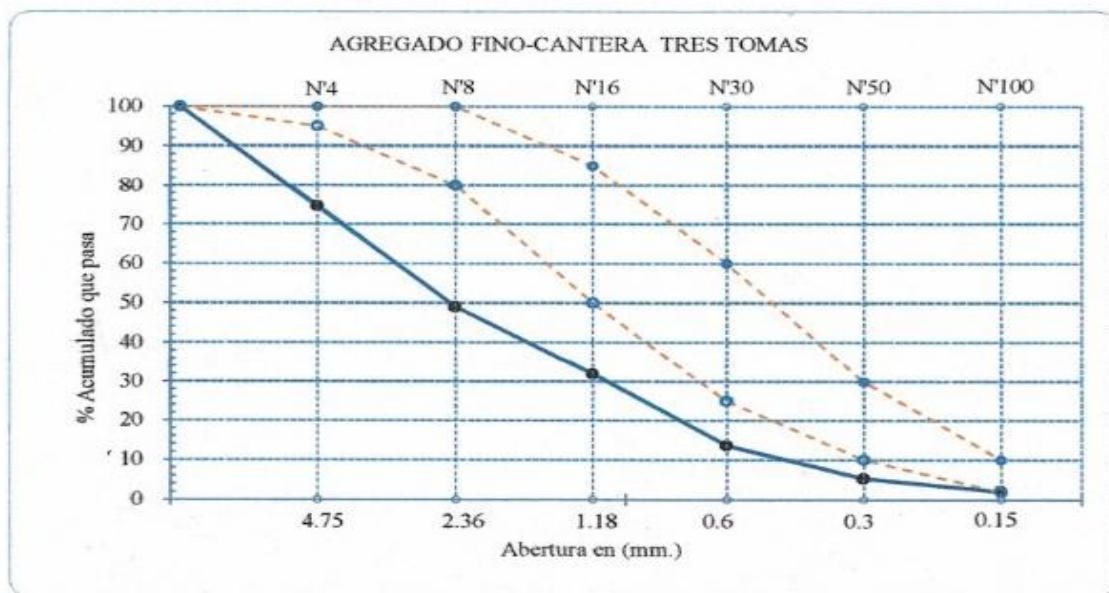
Inicio del ensayo: 21/03/2019
Fin del ensayo: 22/03/2019

Peso Inicial muestra húmeda:	500 g
Peso Inicial muestra seca:	466 g

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones N.T.P. 400.037 ó ASTM C33	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.70	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.50	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N°04	4.75	118.10	25.32	25.32	74.68	95	100
N°08	2.36	119.98	25.73	51.05	48.95	80	100
N°16	1.18	79.30	17.00	68.05	31.95	50	85
N°30	0.60	85.50	18.33	86.38	13.62	25	60.00
N°50	0.30	38.50	8.26	94.64	5.36	10	30.00
N°100	0.15	15.00	3.22	97.86	2.14	2	10.00
Fondo		10	2.14	100.00	0.00		

Módulo de Fineza	4.23
Abertura de malla de referencia (mm.)	4.75

Rango: 2.3 — 3.10 No cumple



Fuente: Elaboración Propia

Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 7. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - CANTERA "LA VICTORIA" - PÁTAPO.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

AGREGADO FINO - CANTERA "LA VICTORIA" - PATAPO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

ESTUDIO DE CANTERA

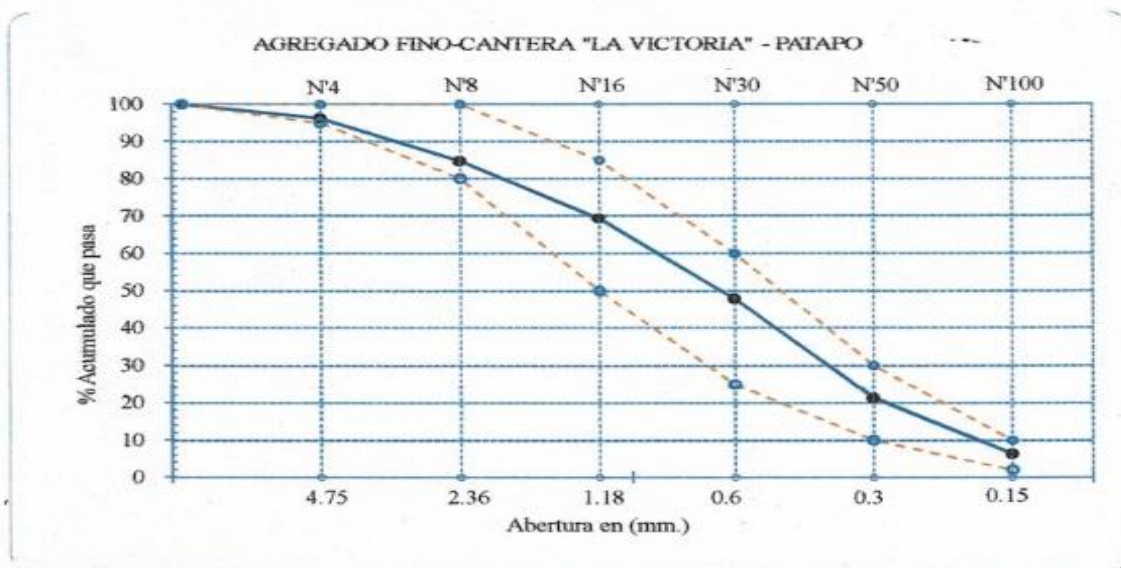
Ensayo: Análisis Granulométrico del Agregado Fino
 Referencia: Norma ASTM C-136 ó N.T.P.400.012
 Inicio del ensayo: 21/03/2019
 Fin del ensayo: 22/03/2019

Peso Inicial muestra húmeda:	500 g
Peso Inicial muestra seca:	446 g

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones N.T.P. 400.037 ó ASTM C33	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.70	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.50	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N°04	4.75	16.91	3.79	3.79	96.21	95	100
N°08	2.36	51.23	11.49	15.28	84.72	80	100
N°16	1.18	68.24	15.30	30.58	69.42	50	85
N°30	0.60	96.63	21.66	52.24	47.76	25	60.00
N°50	0.30	118.01	26.46	78.70	21.30	10	30.00
N°100	0.15	66.87	14.99	93.69	6.31	2	10.00
Fondo		28.15	6.31	100.00	0.00		

Módulo de Fineza	2.74
Abertura de malla de referencia (mm.)	4.75

Rango: 2.3 — 3.10



Fuente: Elaboración Propia

Rivadeneira Cobias Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 8. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA "LA VICTORIA" - PÁTAPO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

AGREGADO GRUESO - CANTERA "LA VICTORIA" - PATAPO (3/4")

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

ESTUDIO DE CANTERA

Ensayo: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso
Referencia: Norma ASTM C-136 ó N.T.P.400.012

Inicio del ensayo: 21/03/2019
Fin del ensayo: 22/03/2019

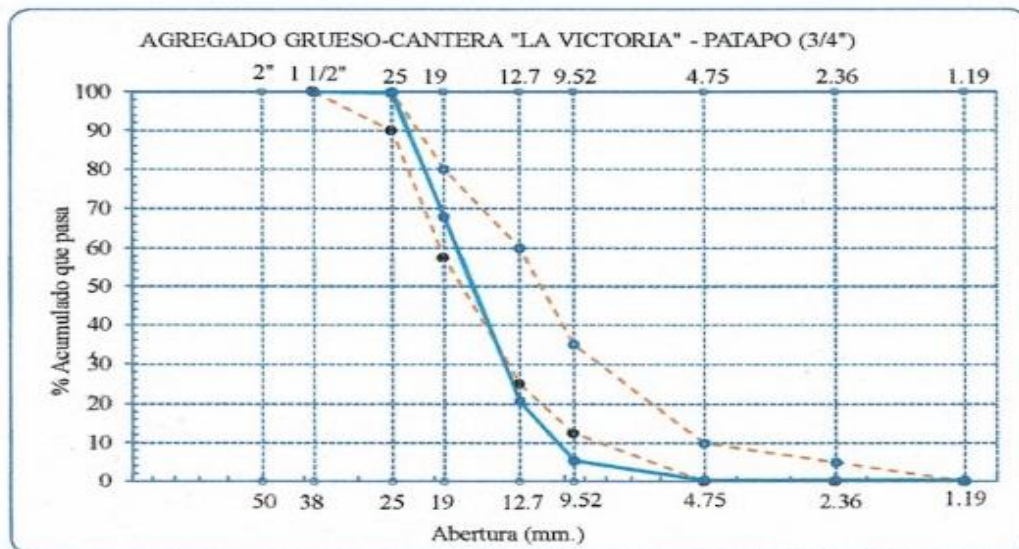
Peso Inicial muestra húmeda:	5500 g
Peso Inicial muestra seca:	5486 g

HUSO: 1"-N°4" 57

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones ASTM C67	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	20.00	0.36	0.36	99.64	90	100
3/4"	19.00	1741.00	31.74	32.10	67.90	57.5	80
1/2"	12.70	2588.00	47.18	79.28	20.72	25	60
3/8"	9.52	838.00	15.28	94.55	5.45	12.5	35
N°04	4.75	284.00	5.18	99.73	0.27	0	10
N°08	2.36	2.59	0.05	99.78	0.22	0	5
N°16	1.19	1.16	0.02	99.80	0.20	0	0
Fondo		11.00	0.20	100.00	0.00		

Tamaño Máximo	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	1"

Módulo de fineza	7.25	Rango: 5.3 — 7.2
------------------	------	------------------



Fuente: Elaboración Propia

RIVERA OBITAS JENY
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 11. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA
"BOMBONCITO" – TRES TOMAS.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO -CANTERA "BOMBONCITO" - TRES TOMAS (1/2")

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia: Norma ASTM C-535 ó N.T.P.339.185

Inicio del ensayo: 21/03/2019
Fin del ensayo: 22/03/2019

CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de la muestra húmeda	(gr)	5000	5000
2. Peso de la muestra seca	(gr)	4984	4982
3. Contenido de humedad	%	0.32	0.36
4. Contenido de humedad(promedio)	%	0.34	

Fuente: Elaboración Propia


Rivaldey Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 13. PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA "BOMBONCITO" – TRES TOMAS.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO -CANTERA "BOMBONCITO" - TRES TOMAS (1/2")

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío

Tesis: Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Peso específico del agregado grueso

Inicio del ensayo: 21/03/2019

Referencia: Norma ASTM C-127 ó N.T.P.400.021

Fin del ensayo: 25/03/2019

A. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1982	1986
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1992	1996
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2154	2157
4.- Peso de la canastilla	(g)	890	890
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1264	1267

B. RESULTADOS

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.723	2.724	2.723
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.736	2.738	2.737
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.760	2.762	2.761
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.50	0.50	0.504

Fuente: Elaboración Propia


 Rivas negra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 14. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - CANTERA "LA VICTORIA" -
PÁTAPO.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - CANTERA "LA VICTORIA" - PATAPO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Peso unitario del agregado fino Inicio del ensayo: 26/03/2019
Referencia: Norma ASTM C-29 ó N.T.P.400.017 Fin del ensayo: 26/03/2019

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	gr	18850	18856
2.- Peso del recipiente	gr	10095	10095
3.- Peso del material	gr	8755	8761
4.- Constante ó Volumen	m ³	0.00552	
5.- Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1588	
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	kg/m ³	1578	

1.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	gr	19765	19760
2.- Peso del recipiente	gr	10095	10095
3.- Peso del material	gr	9670	9665
4.- Constante ó Volumen	m ³	0.00552	
5.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	kg/m ³	1753	
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	kg/m ³	1742	

Fuente: Elaboración Propia


Rivide Ayra Quintas Henríquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 16. DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

DISEÑO DE MEZCLA - AJUSTE POR SLUMP

Ensayo: Diseño de mezcla de concreto
 Referencia: Método del comité 211 del ACL

La dosificación en volumen de una mezcla de concreto es de

Si es SLUMP fue 3" y el obtenido fue de 0" modifica las proporciones para alcanzar el SLUMP de diseño sin variar el $f'c$

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.02	2.82	23.60	L/Pie ³

I. DATOS DE LOS AGREGADOS

A. GRUESO: TRES TOMAS / A. FINO: PATAPO

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

	A.G.	A.F.	
Peso específico de masa seco	2723.40	2590.66	kg/cm ³
Peso Unitario suelto seco	1402.49	1578.10	kg/cm ³
Peso Unitario compactado seco	1549.73	1741.98	kg/cm ³
Contenido de absorción	0.50	0.37	%
Contenido de humedad	0.34	0.60	%
Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
Módulo de fineza (adimensional)	-	2.74	

PESO UNITARIO FRESCO:

Peso teórico:	2328.37 kg/m ³
Peso de concreto fresco:	12828 kg
Peso Real:	2325 kg/m³

III. PESOS UNITARIOS HÚMEDOS

PUHaf	44.96 kg/p3
PUHAg	39.85 kg/p3

V. DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.13	2.65	23.60	Lt/Kg

VI. CONDICIONES HUMEDAS

Cemento	366.97 kg
Arena	782.93 kg
Grava	971.76 kg
Agua	203.80 lt

Corrección por Humedad		Aporte de Humedad de los agregados	
Arena	778.22	→	1.825
Grava	968.45	→	-1.577
			0.247 Lt/m³

VII. CALCULO DE NUEVA AGUA Y NUEVO CEMENTO

Agua efectiva	204.04 lt	
R ^{a/c}	0.556	
Slump que salió	0 pulg	15.00 lt
Slump de diseño	3 pulg	

Nueva agua de diseño
219.04 lt

Nuevo Cemento
393.95 kg

VIII. CALCULO DE VOLÚMENES

A. VOLUMENES INICIALES

Cemento	0.118
Agua	0.219
Arena	0.300
Grava	0.356
Aire	0.020
1.013	

B. VOLUMENES CORREGIDOS

Cemento	0.127	→	393.95 Kg/m ³
Agua	0.219	→	219.04 Kg/m ³
Arena	0.278	→	720.90 Kg/m ³
Grava	0.356	→	968.45 lt/m ³
Aire	0.020	→	2 %
			2304.35

Corrección por Humedad	
Arena	725.26
Grava	971.76

Aporte de Humedad de los agregados	
	1.701
	-1.583
	0.118

IX. CONDICIONES HUMEDAS

Cemento	393.95	Kg/m ³
Agua	218.93	Lt/m ³
Arena	725.26	Kg/m ³
Grava	971.76	Kg/m ³
2309.90		

F ^{cemento}	9.27	Bolsas
R ^{a/c}	0.56	Diseño
R ^{a/c}	0.56	Obra

X. DOSIFICACIÓN

A. DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	1.84	2.47	0.56	Lt/Kg

B. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	1.75	2.64	23.62	Lt/Pie ³

Fuente: Elaboración Propia



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

DISEÑO DE MEZCLA - AJUSTE POR SLUMP + 1% DE MUCÍLAGO DE NOPAL

Ensayo: Diseño de mezcla de concreto
Referencia: Método del comité 211 del ACL

La dosificación en volumen de una mezcla de concreto es de

Si es SLUMP fue 3" y el obtenido fue de 0" modifica las proporciones para alcanzar el SLUMP de diseño sin variar el $f'c$

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.02	2.82	23.60	Lt/Pie3

I. DATOS DE LOS AGREGADOS

A. GRUESO: TRES TOMAS / A. FINO: PATAPO

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

	A.G.	A.F.	
Peso específico de masa seco	2723.40	2590.66	kg/cm ³
Peso Unitario suelto seco	1402.49	1578.10	kg/cm ³
Peso Unitario compactado seco	1549.73	1741.98	kg/cm ³
Contenido de absorción	0.50	0.37	%
Contenido de humedad	0.34	0.60	%
Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
Módulo de finza (adimensional)	-	2.74	

PESO UNITARIO FRESCO:

Peso teórico:	2328.37 kg/m ³
Peso de concreto fresco:	12828 kg
Peso Real:	2325 kg/m ³

III. PESOS UNITARIOS HÚMEDOS

PUHaf	44.96 kg/p3
PUHAg	39.85 kg/p3

V. DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.13	2.65	23.60	Lt/Kg

VI. CONDICIONES HUMEDAS

Cemento	366.97 kg
Arena	782.93 kg
Grava	971.76 kg
Agua	203.80 lt

	Corrección por Humedad	Aporte de Humedad de los agregados
Arena	778.22	1.825
Grava	968.45	-1.577
		0.247 Lt/m³

VII. CALCULO DE NUEVA AGUA Y NUEVO CEMENTO

Agua efectiva	204.04 lt	
R ^{a/c}	0.556	
Slump que salió	0 pulg.	15.00 lt
Slump de diseño	3 pulg.	

Nueva agua de diseño
219.04 lt

Nuevo Cemento
393.95 kg

VIII. CALCULO DE VOLÚMENES

A. VOLÚMENES INICIALES

Cemento	0.118
Agua	0.219
Arena	0.300
Grava	0.356
Aire	0.020
	1.013

B. VOLÚMENES CORREGIDOS

Cemento	0.127	→	393.95 Kg/m ³
Agua	0.219	→	219.04 Kg/m ³
Arena	0.278	→	720.90 Kg/m ³
Grava	0.356	→	968.45 Lt/m ³
Aire	0.020	→	2 %
	1.000		2304.35

	Corrección por Humedad	Aporte de Humedad de los agregados
Arena	725.26	1.701
Grava	971.76	-1.583
		0.118

IX. CONDICIONES HUMEDAS

Cemento	393.95	Kg/m ³	F ^{c/cemento}	9.27	Bolsas
Agua	218.93	Lt/m ³	R ^{a/c}	0.56	Diseño
Arena	725.26	Kg/m ³	R ^{a/c}	0.56	Obra
Grava	971.76	Kg/m ³			
M. Nopal	3.96	Lt/m ³			
	2313.86				

X. DOSIFICACION

A. DOSIFICACIÓN EN PESO (lt/kg)

Cemento	Arena	Grava	Agua	M.Nopal-1%
1	1.84	2.47	23.62	0.01

B. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN (lt/pie3)

Cemento	Arena	Grava	Agua	M.Nopal-1%
1	1.75	2.64	23.62	0.43

Fuente: Elaboración Propia



DISEÑO DE MEZCLA - AJUSTE POR SLUMP + 2% DE MUCÍLAGO DE NOPAL

Ensayo: Diseño de mezcla de concreto
 Referencia: Método del comité 211 del ACL

La dosificación en volumen de una mezcla de concreto es de

Si es SLUMP fue 3" y el obtenido fue de 0" modifica las proporciones para alcanzar el SLUMP de diseño sin variar el $f'c$

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.02	2.82	23.60	Lt/Pie3

I. DATOS DE LOS AGREGADOS

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

A. GRUESO: TRES TOMAS / A. FINO: PATAPO

	A.G.	A.F.	
Peso específico de masa seco	2723.40	2590.66	kg/cm ³
Peso Unitario suelto seco	1402.49	1578.10	kg/cm ³
Peso Unitario compactado seco	1549.73	1741.98	kg/cm ³
Contenido de absorción	0.50	0.37	%
Contenido de humedad	0.34	0.60	%
Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
Módulo de fineza (adimensional)	-	2.74	

PESO UNITARIO FRESCO:

Peso teórico:	2328.37 kg/m ³
Peso de concreto fresco:	12828 kg
Peso Real:	2325 kg/m ³

III. PESOS UNITARIOS HÚMEDOS

PUHAF	44.96 kg/p3
PUHAg	39.85 kg/p3

V. DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.13	2.65	23.60	Lt/Kg

VI. CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento	366.97 kg
Arena	782.93 kg
Grava	971.76 kg
Agua	203.80 lt

	Corrección por Humedad	Aporte de Humedad de los agregados
Arena	778.22	1.825
Grava	968.45	-1.577
		0.247 Lt/m³

VII. CALCULO DE NUEVA AGUA Y NUEVO CEMENTO

Agua efectiva	204.04 lt
R ^{a/c}	0.556
Slump que salió	0 pulg
Slump de diseño	3 pulg
	15.00 lt

Nueva agua de diseño	219.04 lt
----------------------	-----------

Nuevo Cemento	393.95 kg
---------------	-----------

VIII. CALCULO DE VOLÚMENES

A. VOLÚMENES INICIALES

Cemento	0.118
Agua	0.219
Arena	0.300
Grava	0.356
Aire	0.020
	1.013

B. VOLÚMENES CORREGIDOS

Cemento	0.127	→	393.95 Kg/m ³
Agua	0.219	→	219.04 Kg/m ³
Arena	0.278	→	720.90 Kg/m ³
Grava	0.356	→	968.45 lt/m ³
Aire	0.020	→	2 %
	1.000		2304.35

	Corrección por Humedad
Arena	725.26
Grava	971.76

	Aporte de Humedad de los agregados
	1.701
	-1.583
	0.118

IX. CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento	393.95	Kg/m3
Agua	218.93	Lt/m3
Arena	725.26	Kg/m3
Grava	971.76	Kg/m3
M. Nopal	7.92	Lt/m3
	2317.82	

F ^{r/cemento}	9.27	Bolsas
R ^{a/c}	0.56	Diseño
R ^{a/c}	0.56	Obra

X. DOSIFICACIÓN

A. DOSIFICACIÓN EN PESO (lt/kg)

Cemento	Arena	Grava	Agua	M.Nopal-2%
1	1.84	2.47	23.62	0.02

Fuente: Elaboración Propia

II. DATOS PARA LA MEZCLA

Resistencia especificada a los 28 días $f'cr$	294	kg/cm ³
Asentamiento	3	pulg.
Contenido de aire atrapado	2	%
Relación agua cemento	0.556	
Volumen unitario del agua	205	Lt/m ³
Volumen del agregado grueso	0.626	m ³
Peso específico del cemento	3100	kg/cm ³
Tipo I-Pacasmayo		
Mucílago de Nopal - Densidad	0.994	kg/lt
Mucílago de Nopal - Porcentaje	2	%

IV. MATERIALES POR TANDA

Cemento	1 x 42.5	42.5	kg	
Arena	a x 42.5	90.67		a= 2.13
Grava	b x 42.5	112.54		b= 2.65
Agua		23.60	lt	
		269.32		

Rendimiento:	0.116	m3/bolsa
F ^{r/cemento}	8.635	bolsa/m3



DISEÑO DE MEZCLA - AJUSTE POR SLUMP + 3% DE MUCÍLAGO DE NOPAL

Ensayo: Diseño de mezcla de concreto

Referencia: Método del comité 211 del ACL

La dosificación en volumen de una mezcla de concreto es de

Si es SLUMP fue 3" y el obtenido fue de 0" modifica las proporciones para alcanzar el SLUMP de diseño sin variar el f'c

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.02	2.82	23.60	Lt/Pie3

I. DATOS DE LOS AGREGADOS

f'c= 210 kg/cm²

A. GRUESO: TRES TOMAS / A. FINO: PATAPO

	A.G.	A.F.	
Peso específico de masa seco	2723.40	2590.66	kg/cm ³
Peso Unitario suelto seco	1402.49	1578.10	kg/cm ³
Peso Unitario compactado seco	1549.73	1741.98	kg/cm ³
Contenido de absorción	0.50	0.37	%
Contenido de humedad	0.34	0.60	%
Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
Módulo de fineza (adimensional)	-	2.74	

II. DATOS PARA LA MEZCLA

Resistencia especificada a los 28 días f'cr	294	kg/cm ³
Asentamiento	3	pulg.
Contenido de aire atrapado	2	%
Relación agua cemento	0.556	
Volumen unitario del agua	205	Lt/m ³
Volumen del agregado grueso	0.626	m ³
Peso específico del cemento	3100	kg/cm ³
Tipo I-Pacasmayo		
Mucílago de Nopal - Densidad	0.994	kg/Lt
Mucílago de Nopal - Porcentaje	3	%

PESO UNITARIO FRESCO:

Peso teórico:	2328.37 kg/m ³
Peso de concreto fresco:	12828 kg
Peso Real:	2325 kg/m ³

III. PESOS UNITARIOS HÚMEDOS

PUHAF	44.96 kg/p3
PUHAg	39.85 kg/p3

IV. MATERIALES POR TANDA

Cemento	1 x 42.5	42.5	kg	
Arena	a x 42.5	90.67		a= 2.13
Grava	b x 42.5	112.54		b= 2.65
Agua		23.60	lt	
		269.32		

V. DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	Arena	Grava	Agua	
1	2.13	2.65	23.60	Lt/Kg

Rendimiento:	0.116	m ³ /bolsa
F/cemento	8.635	bolsa/m ³

VI. CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento	366.97 kg
Arena	782.93 kg
Grava	971.76 kg
Agua	203.80 lt

Corrección por Humedad	Aporte de Humedad de los agregados
Arena 778.22	1.825
Grava 968.45	-1.577
	0.247 Lt/m³

VII. CALCULO DE NUEVA AGUA Y NUEVO CEMENTO

Agua efectiva	204.04 lt	
R ^{a/c}	0.556	
Slump que salió	0 pulg	15.00 lt
Slump de diseño	3 pulg	

Nueva agua de diseño
219.04 lt

Nuevo Cemento
393.95 kg

VIII. CALCULO DE VOLÚMENES

A. VOLÚMENES INICIALES

Cemento	0.118
Agua	0.219
Arena	0.300
Grava	0.356
Aire	0.020
	1.013

B. VOLÚMENES CORREGIDOS

Cemento	0.127	→	393.95 Kg/m ³
Agua	0.219	→	219.04 Kg/m ³
Arena	0.278	→	720.90 Kg/m ³
Grava	0.356	→	968.45 Lt/m ³
Aire	0.020	→	2 %
	1.000		2304.35

Corrección por Humedad	Aporte de Humedad de los agregados
Arena 725.26	1.701
Grava 971.76	-1.583
	0.118

IX. CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento	393.95	Kg/m ³
Agua	218.93	Lt/m ³
Arena	725.26	Kg/m ³
Grava	971.76	Kg/m ³
M. Nopal	11.88	Lt/m ³
	2321.79	

F/cemento	9.27	Bolsas
R ^{a/c}	0.56	Diseño
R ^{a/c}	0.56	Obra

X. DOSIFICACIÓN

A. DOSIFICACIÓN EN PESO (lt/kg)

Cemento	Arena	Grava	Agua	M.Nopal-3%
1	1.84	2.47	23.62	0.03

B. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN (lt/pie3)

Cemento	Arena	Grava	Agua	M.Nopal-3%
1	1.75	2.64	23.62	1.28

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 17. DENSIDAD DEL MUCÍLAGO DEL NOPAL



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES -
CHICLAYO

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

DENSIDAD DEL MUCÍLAGO DE NOPAL

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío

Tesis: Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Densidad del Mucílago de Nopal

Inicio del ensayo:

28/04/2019

Peso de la probeta:	114.52 gr
Peso de la probeta + M.N:	192.09 gr
Masa (gr)	77.57 gr
Volumen (cm ³):	78 cm ³

Densidad (ρ):	0.994	gr/cm ³
----------------------	-------	--------------------


Rivadeneira Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 18. CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

CONTENIDO DE AIRE

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Contenido de aire
 Referencia: Norma ASTM C-231 ó N.T.P.339.083
 Inicio del ensayo: 30/05/2019
 Fin del ensayo: 31/05/2019

MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE TEÓRICO	CONTENIDO DE AIRE IN SITU
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	2.00 %	1.20 %
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	2.00 %	1.30 %
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	2.00 %	1.45 %
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	2.00 %	1.80 %


 Rivadeneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 19. EXUDACIÓN DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

EXUDACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio

Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Exudación del concreto fresco

Inicio del ensayo: 30/05/2019

Referencia: Norma ASTM C-232 ó N.T.P. 339.077

Fin del ensayo: 31/05/2019

MUESTRA	Exudación (ml)							Vol. Agua en molde (ml)	EXUDACIÓN (%)
	10 min	20 min	30 min	40 min	70 min	100 min	Agua Total(ml)		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	0	0	2	4	6	0	12	1732	0.693
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	0	0	2	4.5	7	0	13.5	1732	0.779
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	0	1	0.5	1	0.5	1	4	443	0.903
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	0.5	1.5	1.5	2	1.5	1.5	8.5	709	1.199


 Rivadeneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 20. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS - AJUSTE POR SLUMP



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO POR PENETRACIÓN

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

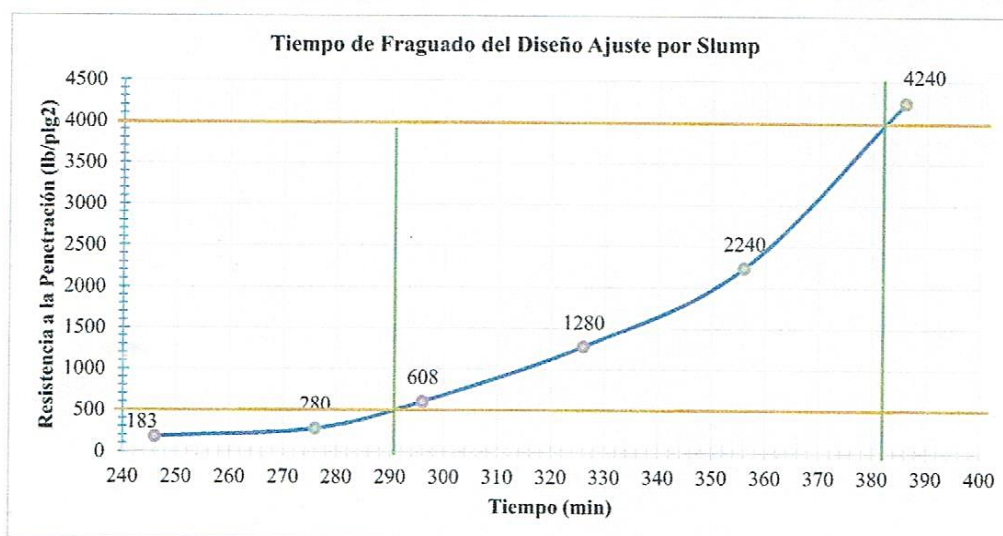
Ensayo: Tiempo de fraguado del concreto por penetración Inicio del ensayo: 04/06/2019
 Referencia: Norma ASTM C-403 Fin del ensayo: 04/06/2019

F'c: 210 kg/cm² Inicio (Hora) 11:00 a. m.
 T° exterior: 25 °C Terminó (Hora) 5:30 p. m.
 T° del concreto: 26.2 °C

Tiempo de Fraguado - Penetración					
Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ²					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	246	1	183	183	1.262
246	276	1/2	140	280	1.931
276	296	1/4	152	608	4.192
296	326	1/10	128	1280	8.825
326	356	1/20	112	2240	15.444
356	386	1/40	106	4240	29.234

Fraguado inicial	290 min
Fraguado final	382 min

Tiempo de Fraguado	92 min
--------------------	--------



Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 21. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO POR PENETRACIÓN

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

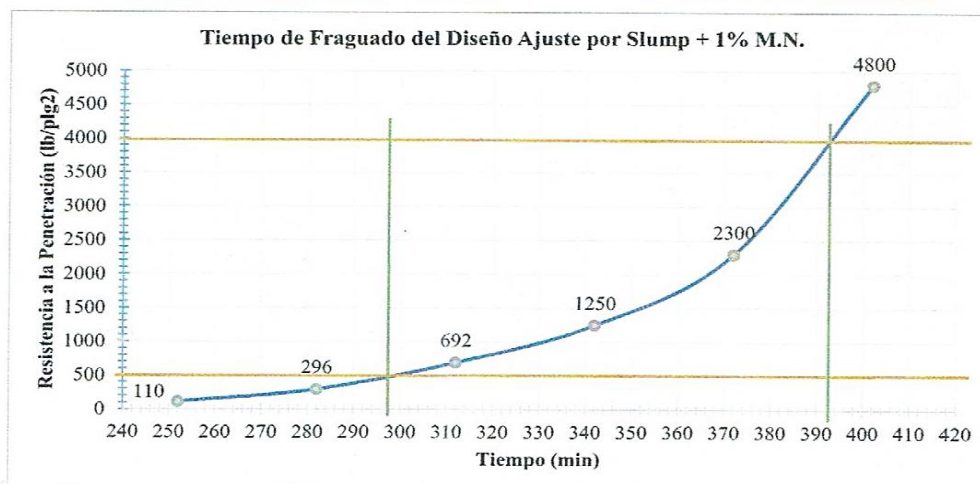
Ensayo: Tiempo de fraguado del concreto por penetración Inicio del ensayo: 04/06/2019
Referencia: Norma ASTM C-403 Fin del ensayo: 04/06/2019

F'c: 210 kg/cm² Inicio (Hora) 12:10 p. m.
T° exterior: 25 °C Terminó (Hora) 7:00 p. m.
T° del concreto: 24.2 °C

Tiempo de Fraguado - Penetración					
Diseño Ajuste por Slump + 1%M.N. f'c=210kg/cm ²					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	252	1	110	110	0.758
252	282	1/2	148	296	2.041
282	312	1/4	173	692	4.771
312	342	1/10	125	1250	8.618
342	372	1/20	115	2300	15.858
372	402	1/40	120	4800	33.095

Fraguado inicial	297 min
Fraguado final	393 min

Tiempo de Fraguado	96 min
--------------------	--------



Rivadeneira Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 22. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO POR PENETRACIÓN

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Tiempo de fraguado del concreto por penetración
Referencia: Norma ASTM C-403

Inicio del ensayo: 05/06/2019
Fin del ensayo: 05/06/2019

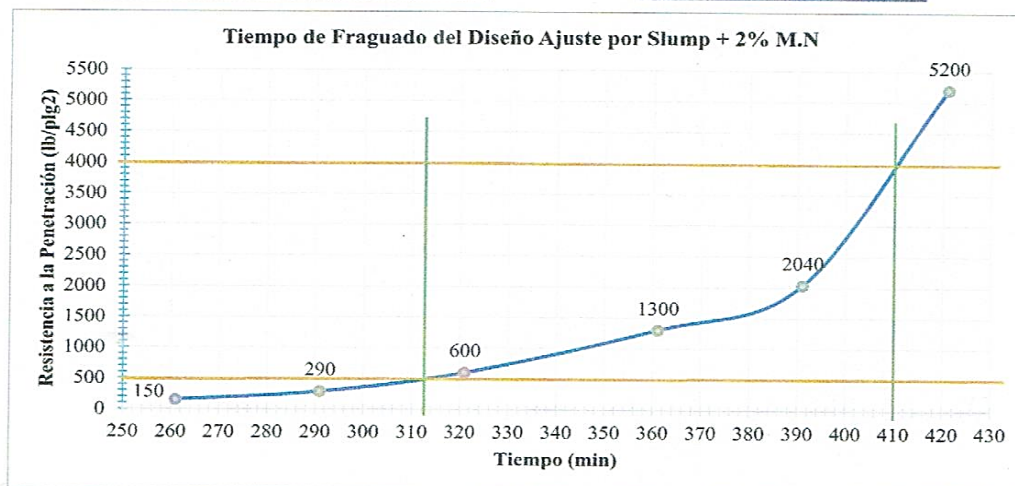
F'c: 210 kg/cm²
T° exterior: 25 °C
T° del concreto: 20.6 °C

Inicio (Hora) 11:45 a. m.
Termino (Hora) 7:00 p. m.

Tiempo de Fraguado - Penetración					
Diseño Ajuste por Slump + 2%M.N. f'c=210kg/cm2					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	261	1	150	150	1.034
261	291	1/2	145	290	1.999
291	321	1/4	150	600	4.137
321	361	1/10	130	1300	8.963
361	391	1/20	102	2040	14.065
391	421	1/40	130	5200	35.853

Fraguado inicial	312 min
Fraguado final	410 min

Tiempo de Fraguado	98 min
--------------------	--------



[Firma]
Rivadeneira Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 23. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO POR PENETRACIÓN

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

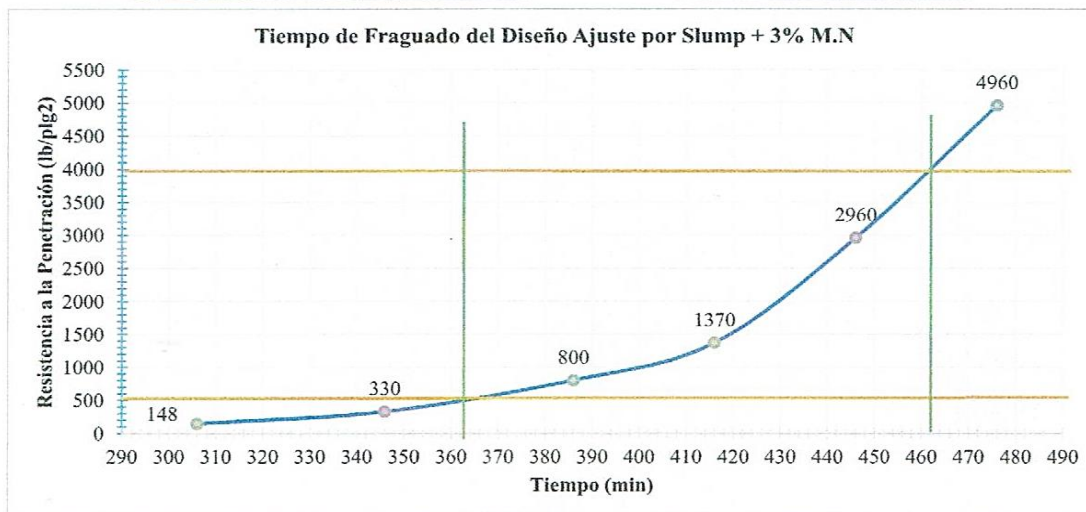
Ensayo: Tiempo de fraguado del concreto por penetración Inicio del ensayo: 05/06/2019
Referencia: Norma ASTM C-403 Fin del ensayo: 05/06/2019

F'c: 210 kg/cm² Inicio (Hora) 9:30 a. m.
T° exterior: 25 °C Termina (Hora) 5:40 p. m.
T° del concreto: 26.6 °C

Tiempo de Fraguado - Penetración					
Diseño Ajuste por Slump + 3%M.N. f'c=210kg/cm ²					
Tiempo de inicio	Tiempo final	Área (pulg ²)	Fuerza (lb)	Resistencia a la penetración	
				(lb/plg ²)	MPA
0	306	1	148	148	1.020
306	346	1/2	165	330	2.275
346	386	1/4	200	800	5.516
386	416	1/10	137	1370	9.446
416	446	1/20	148	2960	20.408
446	476	1/40	124	4960	34.198

Fraguado inicial	362 min
Fraguado final	462 min

Tiempo de Fraguado	100 min
--------------------	---------



Rivadeneira Oblitas Henry
TECNICO DE LABORATORIO

ANEXO 24. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA UN $F'_{C}=210$ KG/CM²



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido
Ensayo: Resistencia a la compresión del concreto
Referencia: Norma ASTM C-39 ó N.T.P.339.034
Inicio del ensayo: 25/05/2019
Fin del ensayo: 10/06/2019
F'c de diseño: 210 kg/cm²

DISEÑO	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	D φ	ÁREA cm ²	CARGA kgf	F'c kg/cm ²	%	PROMEDIO	
									kg/cm ²	%
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	32888.00	180.77	86	180.77	86
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.32	184.33	33320.00	180.76	86		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	36700.00	201.72	96	205.66	98
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	38130.00	209.59	100		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	42440.00	233.28	111	233.66	111
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	42580.00	234.04	111		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	32074.80	176.30	84	175.61	84
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	31822.70	174.92	83		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	41490.00	228.05	109	231.52	110
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	42750.00	234.98	112		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	44700.00	245.70	117	242.45	115
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	43520.00	239.21	114		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	33801.80	185.79	88	182.62	87
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.22	181.93	32645.30	179.44	85		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	43590.00	239.60	114	238.30	113
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	43120.00	237.01	113		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	46330.00	254.66	121	254.55	121
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	46290.00	254.44	121		
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.32	184.33	25848.30	140.23	67	137.64	66
	18/05/2019	25/05/2019	7 días	15.32	184.33	24894.80	135.06	64		
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.22	181.93	32050.00	176.17	84	175.93	84
	18/05/2019	01/06/2019	14 días	15.30	183.85	32300.00	175.69	84		
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	40590.00	223.11	106	227.70	108
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	181.93	42260.00	232.29	111		


Rivadeneira Obítas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 25. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO

Tesis: Paredes Castro Katherine del Rocío

Tesis: Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Resistencia a la tracción del concreto

Inicio del ensayo: 10/06/2019

Referencia: Norma ASTM C-496 ó N.T.P. 339.084

Fin del ensayo: 10/06/2019

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO								Con respecto al f'c=210kg/cm2		Con respecto al f'c alcanzada a los 28 días		
DISEÑO	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	D	Long.	CARGA	f' t		fr (f'c=210 kg/cm2)	%	fr	%
				o	cm		kgf	kg/cm2				
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	19980	27.5	29.7	29.0	102.4	30.6	97.1
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	23100	31.8					
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	23200	32.0	30.2	29.0	104.3	31.1	97.1
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	20690	28.5					
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	20570	28.3	30.4	29.0	104.8	31.9	95.2
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	23510	32.4					
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	21690	29.9	28.5	29.0	98.3	30.2	94.4
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.2	30.4	19650	27.1					


 Rivadeneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 26. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Resistencia a la flexión del concreto
 Referencia: Norma ASTM C-78 ó N.T.P.339.078

Inicio del ensayo: 10/06/2019
 Fin del ensayo: 10/06/2019

DISEÑO	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	B	H	Long.	CARGA	Módulo de Rotura (Mr)		Ubicación de falla	10% F'C		Pavimentos Mr=34 kg/cm2
				cm	cm	cm2		kgf	kg/cm2		PROM	a los 28 días	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2590.7	35.3	34.8	Tercio central	23.4	49.0	102.4
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2519.7	34.3		Tercio central			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2572.7	35.1	35.0	Tercio central	24.2	44.3	102.9
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2562.1	34.9		Tercio central			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2568.9	35.0	34.9	Tercio central	25.5	37.0	102.6
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2549.2	34.7		Tercio central			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2522.6	34.4	34.7	Tercio central	22.8	52.5	102.2
	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15	15	46	2574.0	35.1		Tercio central			


 Rivadeneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 27. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (%)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

DURABILIDAD - RESISTENCIA AL DESGASTE DEL CONCRETO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío

Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Resistencia al Desgaste del Concreto

Inicio del ensayo: 07/09/2019

Referencia: Norma ASTM C-944

Fin del ensayo: 07/09/2019

F'c: 210 kg/cm²

Edad del concreto: 28 días

DISEÑO	MUESTRA	PESO INICIAL	1 CICLO (g)	%	2 CICLO (g)	%	3 CICLO (g)	DESGASTE		PROM. TOTAL
								% DESG.	PROM.	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	DP - 1	2450.2	2445.4	0.20 %	2424.9	0.84 %	2414.4	0.43 %	0.49 %	0.658 %
	DP - 2	2284.6	2274.5	0.44 %	2255.2	0.85 %	2241.9	0.59 %	0.63 %	
	DP - 3	2165.0	2145.1	0.92 %	2124.4	0.96 %	2109.7	0.69 %	0.86 %	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	1% MN - 1	2146.3	2136.2	0.47 %	2126.1	0.47 %	2119.0	0.33 %	0.43 %	0.476 %
	1% MN - 2	2395.0	2379.9	0.63 %	2375.1	0.20 %	2372.1	0.13 %	0.32 %	
	1% MN - 3	2047.9	2032.8	0.74 %	2023.2	0.47 %	2006.2	0.84 %	0.68 %	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	2% MN - 1	2343.5	2318.4	1.07 %	2303.4	0.65 %	2284.5	0.82 %	0.85 %	0.684 %
	2% MN - 2	2110.0	2089.8	0.96 %	2074.8	0.72 %	2065.7	0.44 %	0.70 %	
	2% MN - 3	2354.8	2334.7	0.85 %	2329.7	0.21 %	2319.6	0.43 %	0.50 %	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	3% MN - 1	2329.1	2318.9	0.44 %	2309.2	0.42 %	2301.1	0.35 %	0.40 %	0.426 %
	3% MN - 2	2260.0	2249.9	0.45 %	2244.9	0.22 %	2236.0	0.40 %	0.36 %	
	3% MN - 3	2328.8	2323.8	0.21 %	2303.7	0.86 %	2292.5	0.49 %	0.52 %	


 Rivaldeyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 28. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Módulo de elasticidad del concreto

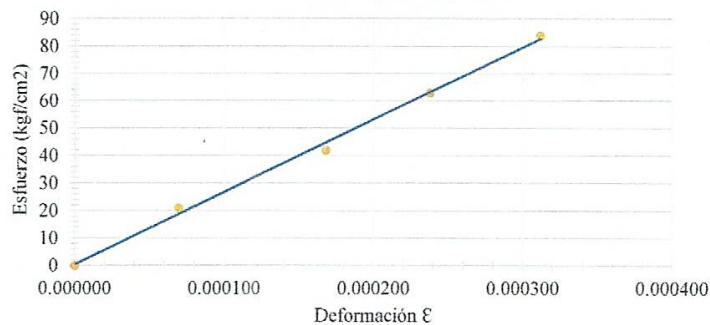
Referencia: Norma ASTM C - 469

Fecha del ensayo: 10/06/2019

F'c de diseño: 210 kg/cm²

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ϵ)					
Diseño Ajuste por Slump					
L (cm)	CARGA kgf	Registro dial	Lectura del dial (pulg)	Deformación ϵ 2	Esfuerzo kgf/cm ²
31					
d (cm)	3813	1.7	0.00170	0.000070	20.959
15.22	7626	4.1	0.00410	0.000168	41.917
Área (cm ²)	11439	5.8	0.00580	0.000238	62.876
181.93	15252	7.6	0.00760	0.000311	83.834

ESFUERZO - DEFORMACIÓN
Diseño Ajuste por Slump



MÓDULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ϵ unitaria (S2)	E (kg/cm ²)
Carga (kgf) (40% f'c)	S2 kg/cm ²	Carga (kgf) 0.00005	S1 kg/cm ²		
15252	83.834	2592.84	14.25	0.000311	266236.73

Rivañeyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 29. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1%MN



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

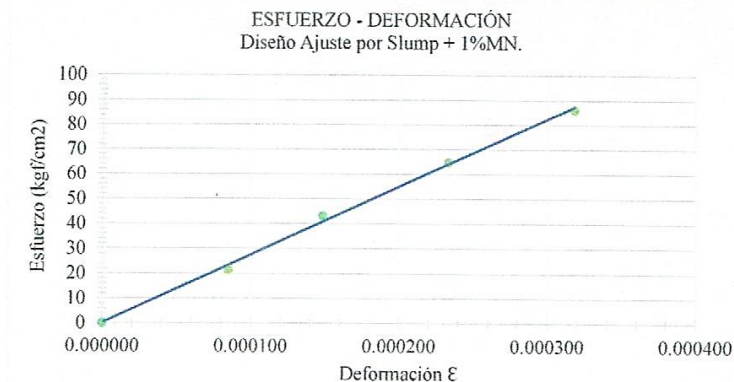
Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Módulo de elasticidad del concreto
Referencia: Norma ASTM C - 469

Fecha del ensayo: 10/06/2019

F'c de diseño: 210 kg/cm²

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ϵ)					
Diseño Ajuste por Slump + 1%MN.					
L (cm)	CARGA kgf	Registro dial	Lectura del dial (pulg)	Deformación ϵ 2	Esfuerzo kgf/cm ²
30					
d (cm)	3914.8	2	0.00200	0.000085	21.575
15.2	7829.6	3.5	0.00350	0.000148	43.149
Área (cm ²)	11744.4	5.5	0.00550	0.000233	64.724
181.45	15659.2	7.5	0.00750	0.000318	86.299



MÓDULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ϵ unitaria ϵ 2	E (kg/cm ²)
Carga (kgf) (40% f'c)	S2 kg/cm ²	Carga (kgf) 0.00005	S1 kg/cm ²		
15659.2	86.299	2662.06	14.67	0.000318	267768.59

Rivaldegras Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 30. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2%MN.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

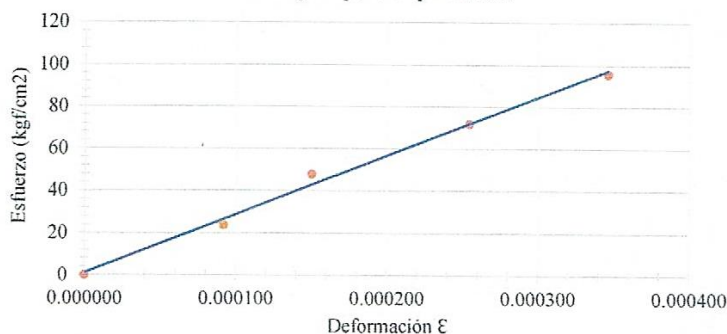
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido
 Ensayo: Módulo de elasticidad del concreto
 Referencia: Norma ASTM C - 469 Fecha del ensayo: 10/06/2019

F'c de diseño: 210 kg/cm²

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ε)					
Diseño Ajuste por Slump + 2%MN.					
L (cm)	CARGA	Registro	Lectura del	Deformación	Esfuerzo
30.5	kgf	dial	dial (pulg)	ε 2	kgf/cm ²
d (cm)	4395.7	2.2	0.00220	0.000092	23.941
15.29	8791.4	3.6	0.00360	0.000150	47.881
Área (cm ²)	13187.1	6.1	0.00610	0.000254	71.822
183.61	17582.8	8.3	0.00830	0.000346	95.763

ESFUERZO - DEFORMACIÓN
 Diseño Ajuste por Slump + 2%MN.



MÓDULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ε unitaria (S2)	E (kg/cm ²)
Carga (kgf) (40% f'c)	S2 (kg/cm ²)	Carga (kgf) 0.00005	S1 (kg/cm ²)		
17582.8	95.763	2989.08	16.28	0.000346	268880.94

[Firma]
Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 31. ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA. DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3%MN.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

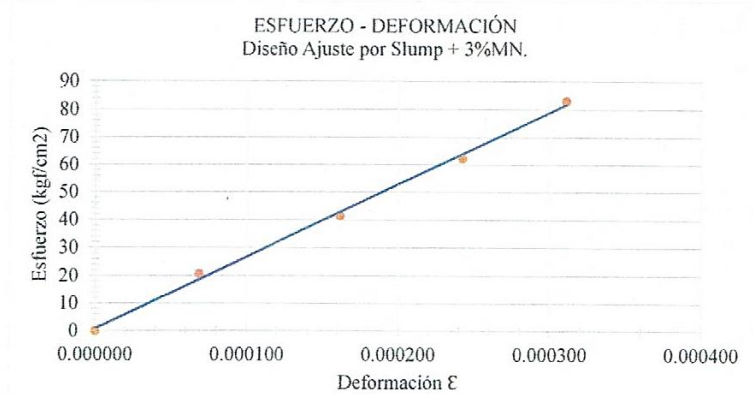
Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Módulo de elasticidad del concreto
Referencia: Norma ASTM C - 469

Fecha del ensayo: 10/06/2019

F'c de diseño: 210 kg/cm²

ESFUERZO (σ) - DEFORMACIÓN UNITARIA (ϵ)					
Diseño Ajuste por Slump + 3%MN.					
L (cm)	CARGA	Registro	Lectura del	Deformación	Esfuerzo
31.5	kgf	dial	dial (pulg)	ϵ 2	kgf/cm ²
d (cm)	3779.9	1.7	0.00170	0.000069	20.777
15.22	7559.8	4	0.00400	0.000161	41.553
Área (cm ²)	11339.7	6	0.00600	0.000242	62.330
181.93	15119.6	7.7	0.00770	0.000310	83.106



MÓDULO DE ELASTICIDAD					
Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		ϵ unitaria (S2)	E
Carga (kgf) (40% f'c)	S2 kg/cm ²	Carga (kgf) 0.00005	S1 kg/cm ²		
15119.6	83.106	2570.33	14.13	0.000310	264848.13


Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 32. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PARA TODOS LOS DISEÑOS DE MEZCLAS



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío

Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Ensayo: Módulo de elasticidad del concreto

Referencia: Norma ASTM C - 469

Fecha del ensayo: 10/06/2019

F'c de diseño: 210kg/cm²

DATOS DE LAS PROBETAS A ENSAYAR								Esfuerzo S2		Esfuerzo S1		E unitaria £2 (S2)	E (kg/cm ²)	E teórico para f'c=210 (kg/cm ²)
DISEÑO	FECHA DE LLENADO	FECHA DE ROTURA	PROBETA A ENSAYAR	D ø	L cm	ÁREA cm ²	CARGA kgf	Carga (kgf) (40% f'c)	S2 kg/cm ²	Carga (kgf) S1	S1 kg/cm ²			
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	31.00	181.93	38130	15252.00	83.83	2592.84	14.25	0.000311	266236.73	217370.65
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.20	30.00	181.45	39148	15659.20	86.30	2662.06	14.67	0.000318	267768.59	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.29	30.50	183.61	43957	17582.80	95.76	2989.08	16.28	0.000346	268880.94	
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	13/05/2019	10/06/2019	28 días	15.22	31.50	181.93	37799	15119.60	83.11	2570.33	14.13	0.000310	264848.13	


 Katherine del Rocío Paredes Castro

ANEXO 33. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

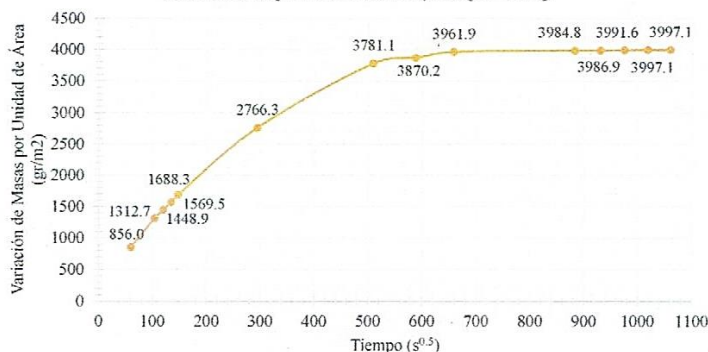
Ensayo: Absorción Capilar
 Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019
 Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Absorción Capilar											
Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm2											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m ²)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	695.28	755.17	809.91				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (m) - gr	1	701.87	761.23	817.43	0.00785	3600	60.00	839.06	771.58	957.47	856.04
	2	705.42	764.83	821.04	0.00785	10800	103.92	1291.06	1229.95	1417.11	1312.71
	3	706.34	765.73	822.43	0.00785	14400	120.00	1408.20	1344.54	1594.09	1448.94
	4	707.13	766.67	823.54	0.00785	18000	134.16	1508.79	1464.22	1735.42	1569.48
	5	708.20	767.33	824.61	0.00785	21600	146.97	1645.02	1548.26	1871.66	1688.31
	6	715.56	776.49	833.49	0.00785	86400	293.94	2582.12	2714.54	3002.29	2766.32
	7	720.75	785.51	843.19	0.00785	259200	509.12	3242.93	3863.00	4237.33	3781.09
	8	721.12	786.10	844.33	0.00785	345600	587.88	3290.04	3938.12	4382.48	3870.21
	9	721.48	786.85	845.38	0.00785	432000	657.27	3335.88	4033.61	4516.17	3961.89
	10	721.61	786.93	845.71	0.00785	777600	881.82	3352.43	4043.80	4558.19	3984.81
	11	721.61	786.97	845.72	0.00785	864000	929.52	3352.43	4048.89	4559.46	3986.93
	12	721.61	787.08	845.72	0.00785	950400	974.88	3352.43	4062.90	4559.46	3991.60
	13	721.61	787.10	845.83	0.00785	1036800	1018.23	3352.43	4065.44	4573.47	3997.11
	14	721.61	787.10	845.83	0.00785	1123200	1059.81	3352.43	4065.44	4573.47	3997.11

Absorción Capilar del Diseño Ajuste por Slump



Coeficiente de Absorción del agua por capilaridad	
C1	3.802 gr/(m ² .seg ^{0.5})
C2	3.993 gr/(m ² .seg ^{0.5})
C3	4.492 gr/(m ² .seg ^{0.5})

Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 34. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

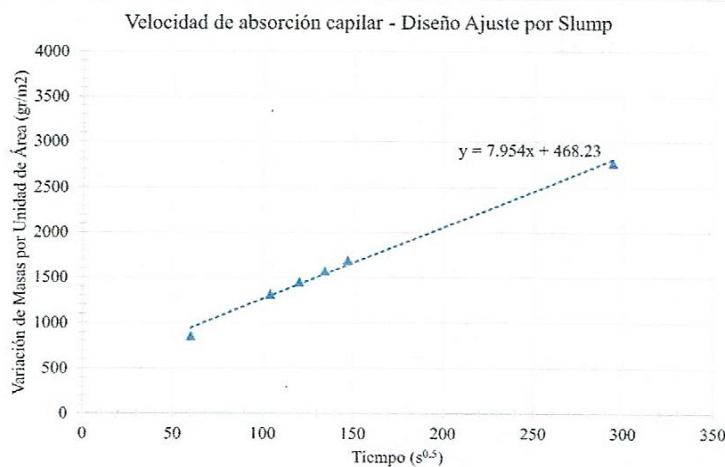
Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Absorción Capilar
 Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019
 Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Velocidad de absorción capilar del concreto						
Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ²						
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m ²)	N° de muestras	X	Y	XY	X ²	Ecuación de la Recta: y = mx + b
		Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi)			
Mif	1	60.00	856.04	51362.36	3600.00	m= 7.954
3997.11	2	103.92	1312.71	136420.50	10800.00	
0.1Mif	3	120.00	1448.94	173873.19	14400.00	
399.71	4	134.16	1569.48	210567.34	18000.00	b= 468.225
0.9Mif	5	146.97	1688.31	248130.13	21600.00	
3597.40	6	293.94	2766.32	813128.30	86400.00	
Total:		859.00	9641.80	1633481.82	154800.00	y = 7.954x + 468.225



Rivaldeyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 35. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

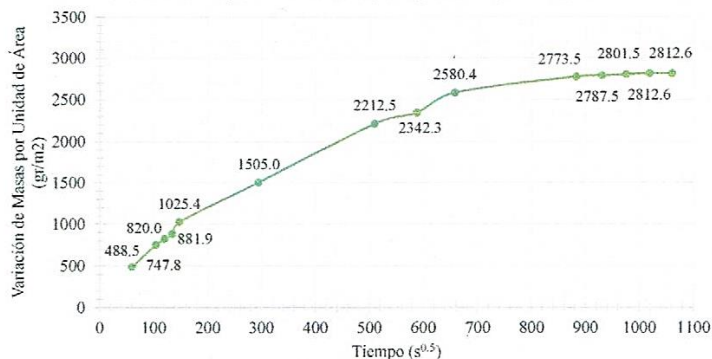
Ensayo: Absorción Capilar
Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019
Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Absorción Capilar Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ² + 1%M.N.											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m ²)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	845.06	797.46	919.92				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (mi) - gr	1	848.91	801.15	923.89	0.00785	3600	60.00	490.20	469.82	505.47	488.50
	2	851.18	803.42	925.46	0.00785	10800	103.92	779.22	758.85	705.37	747.81
	3	851.74	803.92	926.1	0.00785	14400	120.00	850.52	822.51	786.86	819.96
	4	852.18	804.49	926.55	0.00785	18000	134.16	906.54	895.09	844.16	881.93
	5	853.35	805.83	927.42	0.00785	21600	146.97	1055.51	1065.70	954.93	1025.38
	6	857.89	809.92	930.09	0.00785	86400	293.94	1633.56	1586.45	1294.88	1504.97
	7	864.73	815.87	933.97	0.00785	259200	509.12	2504.46	2344.03	1788.90	2212.46
	8	865.95	816.97	934.71	0.00785	345600	587.88	2659.79	2484.08	1883.12	2342.33
	9	868.19	819.09	935.96	0.00785	432000	657.27	2945.00	2754.01	2042.27	2580.43
	10	869.79	820.89	937.11	0.00785	777600	881.82	3148.71	2983.19	2188.69	2773.53
	11	869.96	820.93	937.23	0.00785	864000	929.52	3170.36	2988.29	2203.97	2787.54
	12	870.12	821.05	937.28	0.00785	950400	974.88	3190.73	3003.57	2210.34	2801.54
	13	870.12	821.08	937.51	0.00785	1036800	1018.23	3190.73	3007.38	2239.62	2812.58
	14	870.12	821.08	937.51	0.00785	1123200	1059.81	3190.73	3007.38	2239.62	2812.58

Absorción Capilar del Diseño Ajuste por Slump + 1% M.N.



Coeficiente de Absorción del agua por capilaridad	
C1	3.273 gr/(m ² .seg ^{0.5})
C2	2.954 gr/(m ² .seg ^{0.5})
C3	2.200 gr/(m ² .seg ^{0.5})

Rivadeneira Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 36. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío

Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Absorción Capilar

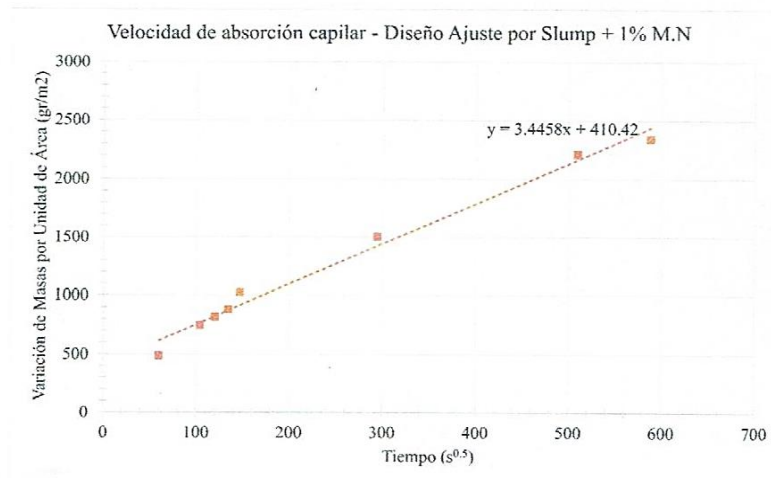
Inicio del ensayo: 25/10/2019

Referencia: IRAM 1871

Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Velocidad de absorción capilar del concreto Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ² + 1%M.N.							
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m ²)	Nº de muestras	X	Y	XY	X ²	Ecuación de la Recta: y = mx + b	
		Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi)				
Mif	1	60.00	488.50	29309.91	3600.00	m=	3.446
2812.58	2	103.92	747.81	77715.14	10800.00		
0.1Mif	3	120.00	819.96	98395.72	14400.00	b=	410.423
281.26	4	134.16	881.93	118323.13	18000.00		
0.9Mif	5	146.97	1025.38	150699.45	21600.00		
2531.32	6	293.94	1504.97	442367.74	86400.00		
	7	509.12	2212.46	1126401.12	259200.00		
	8	587.88	2342.33	1377003.71	345600.00		
	Total:	1955.99	10023.34	3420215.91	759600.00	y = 3.446x + 410.423	




Riva Deneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 37. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

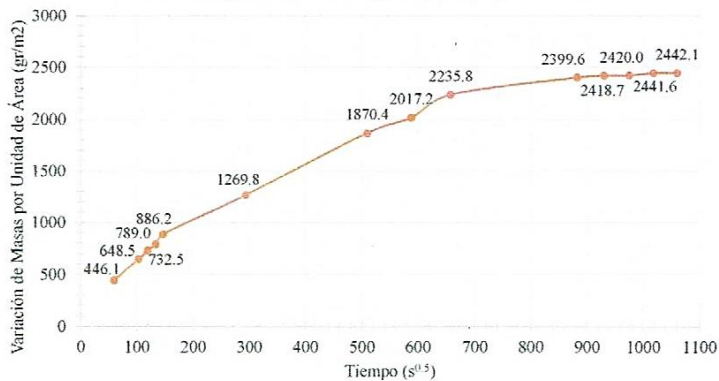
Ensayo: Absorción Capilar
 Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019
 Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Absorción Capilar											
Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ² + 2%M.N.											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m ²)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0,5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	816.36	807.69	911.04				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (mt) - gr	1	819.57	810.9	915.13	0.00785	3600	60.00	408.71	408.71	520.75	446.06
	2	821.21	812.44	916.72	0.00785	10800	103.92	617.52	604.79	723.20	648.50
	3	821.87	813.09	917.39	0.00785	14400	120.00	701.55	687.55	808.51	732.54
	4	822.29	813.52	917.87	0.00785	18000	134.16	755.03	742.30	869.62	788.98
	5	823.12	814.38	918.47	0.00785	21600	146.97	860.71	851.80	946.01	886.17
	6	825.86	817.11	922.04	0.00785	86400	293.94	1209.57	1199.39	1400.56	1269.84
	7	830.65	821.6	926.91	0.00785	259200	509.12	1819.46	1771.07	2020.63	1870.38
	8	832.11	822.57	927.94	0.00785	345600	587.88	2005.35	1894.58	2151.77	2017.23
	9	833.33	824.38	930.06	0.00785	432000	657.27	2160.68	2125.03	2421.70	2235.80
	10	834.79	825.24	931.60	0.00785	777600	881.82	2346.57	2234.53	2617.77	2399.63
	11	834.83	825.59	931.66	0.00785	864000	929.52	2351.67	2279.09	2625.41	2418.73
	12	834.83	825.59	931.69	0.00785	950400	974.88	2351.67	2279.09	2629.23	2420.00
	13	834.96	825.76	931.90	0.00785	1036800	1018.23	2368.22	2300.74	2655.97	2441.64
	14	834.97	825.76	931.90	0.00785	1123200	1059.81	2369.49	2300.74	2655.97	2442.07

Absorción Capilar del Diseño Ajuste por Slump + 2% M.N.



Coeficiente de Absorción del agua por capilaridad	
C1	2.236 gr/(m ² .seg ^{0,5})
C2	2.260 gr/(m ² .seg ^{0,5})
C3	2.608 gr/(m ² .seg ^{0,5})

Rivaldeneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 38. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

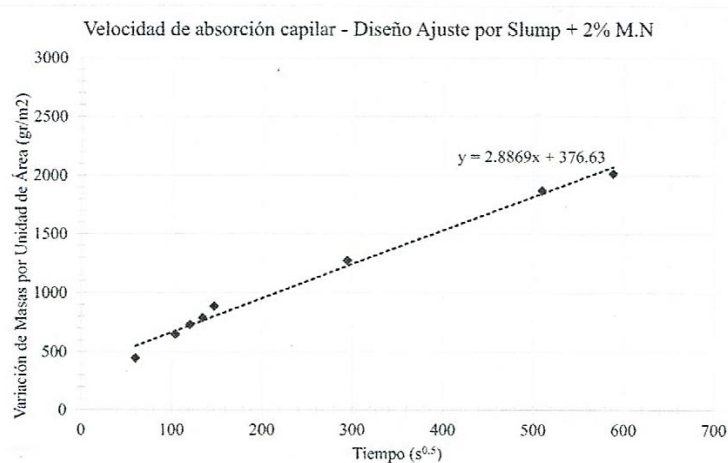
Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Absorción Capilar
Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019
Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Velocidad de absorción capilar del concreto Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ² + 2%M.N.						
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m ²)	N° de muestras	X	Y	XY	X ²	Ecuación de la Recta: y = mx + b
		Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)			
Mif	1	60.00	446.06	26763.43	3600.00	m= 2.887
2442.07	2	103.92	648.50	67394.29	10800.00	
0.1Mif	3	120.00	732.54	87904.25	14400.00	b= 376.632
244.21	4	134.16	788.98	105853.08	18000.00	
0.9Mif	5	146.97	886.17	130240.25	21600.00	
2197.86	6	293.94	1269.84	373255.58	86400.00	
	7	509.12	1870.38	952244.33	259200.00	
	8	587.88	2017.23	1185884.87	345600.00	
	Total:	1955.99	8659.71	2929540.09	759600.00	y= 2.887x + 376.632



Rivadeneira Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO.

ANEXO 39. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO - DISEÑO DE MEZCLAS – AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

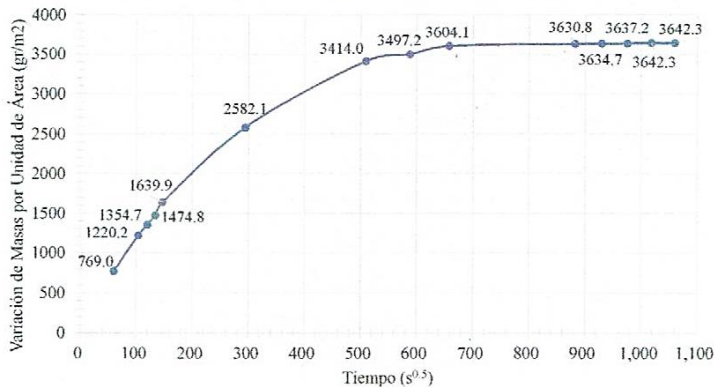
Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Absorción Capilar Inicio del ensayo: 25/10/2019
 Referencia: IRAM 1871 Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Absorción Capilar Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ² + 3%M.N.											
Muestras=	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Área (m ²)	Tiempo (Seg)	Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)				
Masa Seca de la muestra (md) - gr	624.85	650.61	832.98				M1	M2	M3	Prom.	
Masa Húmeda de la muestra (mi) - gr	1	630.33	656.44	839.79	0.00785	3600	60.00	697.73	742.30	867.07	769.03
	2	633.69	660.01	843.49	0.00785	10800	103.92	1125.54	1196.84	1338.17	1220.19
	3	634.62	660.84	844.9	0.00785	14400	120.00	1243.95	1302.52	1517.70	1354.72
	4	635.47	661.7	846.02	0.00785	18000	134.16	1352.18	1412.02	1660.30	1474.83
	5	636.80	662.56	847.72	0.00785	21600	146.97	1521.52	1521.52	1876.75	1639.93
	6	643.54	670.13	855.61	0.00785	86400	293.94	2379.68	2485.36	2881.33	2582.12
	7	648.15	675.43	865.30	0.00785	259200	509.12	2966.64	3160.17	4115.10	3413.97
	8	648.4	675.67	866.77	0.00785	345600	587.88	2998.47	3190.73	4302.27	3497.16
	9	648.65	676.04	868.67	0.00785	432000	657.27	3030.30	3237.84	4544.18	3604.11
	10	648.73	676.42	868.84	0.00785	777600	881.82	3040.49	3286.22	4565.83	3630.85
	11	648.82	676.42	868.84	0.00785	864000	929.52	3051.95	3286.22	4565.83	3634.67
	12	648.83	676.42	868.89	0.00785	950400	974.88	3053.22	3286.22	4572.19	3637.21
	13	648.85	676.42	868.99	0.00785	1036800	1018.23	3055.77	3286.22	4584.92	3642.31
	14	648.85	676.42	868.99	0.00785	1123200	1059.81	3055.77	3286.22	4584.92	3642.31

Absorción Capilar del Diseño Ajuste por Slump + 3% M.N.



Coeficiente de Absorción del agua por capilaridad	
C1	3.001 gr/(m ² .seg ^{0.5})
C2	3.727 gr/(m ² .seg ^{0.5})
C3	4.503 gr/(m ² .seg ^{0.5})

Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 40. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR – DISEÑO DE MEZCLAS AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

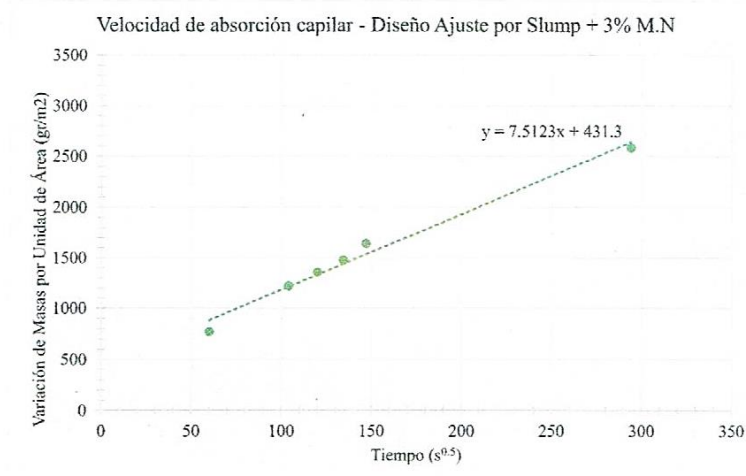
Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio
Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Absorción Capilar
Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019
Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

Velocidad de absorción capilar del concreto						
Diseño Ajuste por Slump, f'c=210kg/cm ² + 3%M.N.						
Variación de Masas por Unidad de Área (gr/m ²)	N° de muestras	X	Y	XY	X ²	Ecuación de la Recta: y = mx + b
		Raíz del Tiempo (seg ^{0.5})	Variación de Masas por Unidad de Área (Mi) (gr/m ²)			
Mif	1	60.00	769.03	46142.09	3600.00	m= 7.512
3642.31	2	103.92	1220.19	126805.35	10800.00	
0.1Mif	3	120.00	1354.72	162566.84	14400.00	b= 431.295
364.23	4	134.16	1474.83	197869.52	18000.00	
0.9Mif	5	146.97	1639.93	241019.31	21600.00	
3278.07	6	293.94	2582.12	758986.28	86400.00	
Total:		859.00	9040.83	1533389.40	154800.00	y = 7.512x + 431.3




Rivadeneira Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

ANEXO 41. CURVA DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN CAPILAR DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocío

Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

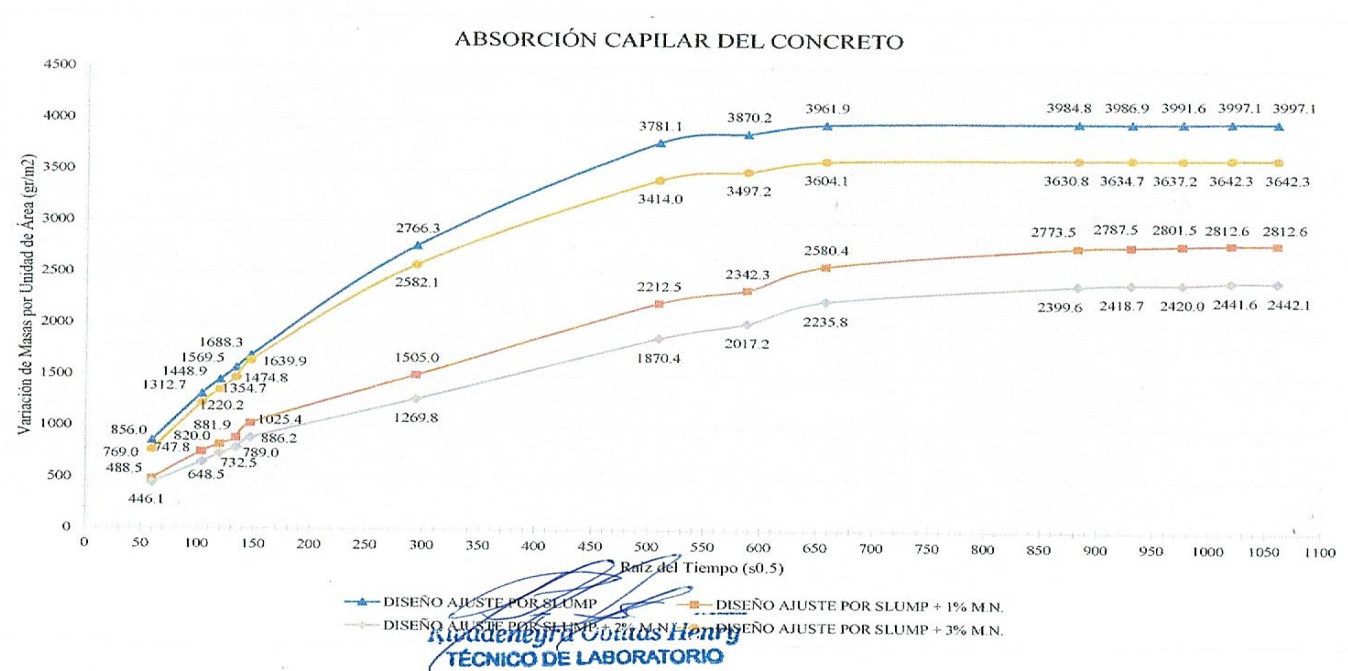
Ensayo: Absorción Capilar

Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019

Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²



ANEXO 42. VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL CONCRETO (GR/M2.SEG0.5)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - CHICLAYO
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

PERMEABILIDAD - ABSORCIÓN CAPILAR

Tesista: Paredes Castro Katherine del Rocio
 Tesis: Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Ensayo: Absorción Capilar
 Referencia: IRAM 1871

Inicio del ensayo: 25/10/2019
 Fin del ensayo: 11/11/2019

F'c: 210 kg/cm²

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DEL AGUA POR CAPILARIDAD $gr/(m^2 \cdot seg^{0.5})$				
MEZCLAS	C1	C2	C3	PROMEDIO
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP	3.802	3.993	4.492	4.095
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 1% M.N.	3.273	2.954	2.200	2.809
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 2% M.N.	2.236	2.260	2.608	2.368
DISEÑO AJUSTE POR SLUMP + 3% M.N.	3.001	3.727	4.503	3.744


 Rivadeneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO