

CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA TÉCNICA
ESTADÍSTICA MEDIA MÓVIL

TANIA VANESSA CORONADO RODRÍGUEZ



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2021

CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA TÉCNICA
ESTADÍSTICA MEDIA MÓVIL

TANIA VANESSA CORONADO RODRÍGUEZ

Trabajo de grado en la modalidad de proyecto de investigación para optar al
título de Ingeniero en Transporte y Vías

Director

JOSÉ RODRIGO ALARCÓN DALLOS

Magister en Ingeniería

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS

TUNJA

2021

La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería reside en ella misma, por lo tanto, no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado.

Se autoriza su uso y reproducción indicando el origen.

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Currículo en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para optar al título de Ingeniero en Transporte y Vías, actuando como jurados:

JORGE NEVARDO PRIETO MUÑOZ

Doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

EDGAR ARNALDO CALDERÓN MALAGÓN

Especialista en Infraestructura vial

Tunja, 23 de diciembre de 2021.

DEDICATORIA

A mis padres, hermanas y abuelos, por su apoyo, paciencia y amor, sin ellos estos años de estudio no serían iguales ni habrían rendido tantos frutos. A mis compañeros de universidad, el camino con amigos es más llevadero. A todas y cada una de las personas que estuvieron a mi lado durante este tiempo, Dios los bendiga y les multiplique todo el apoyo que me dieron.

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. MARCO DE REFERENCIA	21
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	21
2.2 MARCO METODOLÓGICO.....	22
2.3 ESTADO DEL ARTE.....	23
3. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	28
3.1 MATERIALES Y TÉCNICAS.....	28
3.2 METODOLOGÍA	28
4. CONTROL DE CALIDAD.....	31
4.1 CONTRATO 3329 DE 2019.....	31
4.1.1 Material filtrante.....	31
4.1.1.1 Control de calidad por parte del constructor	31
4.1.1.2 Control de calidad mediante la media móvil	33
4.1.1.3 Validación estadística de la media móvil	37
4.1.1.4 Comparación del proceso usado en el control de calidad	38
4.1.1.5 Análisis técnico y conclusiones.....	38
4.1.2 Sub – base granular	39
4.1.2.1 Control de calidad por parte del constructor	39
4.1.2.2 Control de calidad mediante la media móvil	40
4.1.2.3 Validación estadística de la media móvil	50
4.1.2.4 Comparación del proceso usado en el control de calidad	51

4.1.2.5	Análisis técnico y conclusiones.....	52
4.1.3	Base granular.....	54
4.1.3.1	Control de calidad por parte del constructor.....	54
4.1.3.2	Control de calidad mediante la media móvil.....	57
4.1.3.3	Validación estadística base granular.....	70
4.1.3.4	Comparación del proceso usado en el control de calidad.....	71
4.1.3.5	Análisis técnico y conclusiones.....	73
4.1.4	Mezcla asfáltica.....	73
4.1.4.1	Control de calidad por parte del constructor.....	73
4.1.4.2	Control de calidad mediante de la media móvil.....	73
4.1.4.3	Validación estadística mezcla asfáltica.....	88
4.1.4.4	Comparación del proceso usado en el control de calidad.....	89
4.1.4.5	Análisis técnico y conclusiones.....	89
4.1.5	Concreto estructural.....	92
4.1.5.1	Control de calidad por parte del constructor.....	92
4.1.5.2	Control de calidad mediante la media móvil.....	94
4.1.5.3	Validación estadística concreto estructural.....	111
4.1.5.4	Comparación del proceso usado en el control de calidad.....	112
4.1.5.5	Análisis técnico y conclusiones.....	112
4.1.6	Afirmado.....	114
4.1.6.1	Control de calidad por parte del constructor.....	114
4.1.6.2	Control de calidad mediante de la media móvil.....	114
4.1.6.3	Validación estadística afirmado.....	122
4.1.6.4	Comparación del proceso de calidad usado.....	123

4.1.6.5	Análisis técnico y conclusiones.....	123
4.2	CONTRATO 014 DE 2018.....	123
4.2.1	Control de calidad.....	124
4.2.1.1	Control de calidad realizado por el constructor.....	124
4.2.1.2	Control de calidad realizado por el interventor.....	124
4.2.2	Media móvil	124
4.2.3	Análisis técnico y conclusiones	125
4.3	CONTRATO 006 DE 2015.....	125
4.3.1	Control de calidad realizado por la interventoría	125
4.3.2	Media móvil	125
4.3.3	Análisis técnico y conclusiones	126
4.4	CONTRATO MANTENIMIENTO VÍA ARMENIA – CAJAMARCA.....	126
4.4.1	Control de calidad realizado por la interventoría	127
4.4.2	Media móvil	127
4.4.3	Análisis técnico y conclusiones	127
4.5	CONTRATO N° 117 DE 2018.....	128
4.5.1	Control de calidad realizado por la interventoría	128
4.5.2	Media móvil	128
4.5.3	Análisis técnico y conclusiones	128
4.6	CONTRATO N° 1969 DE 2019.....	129
4.6.1	Control de calidad	129
4.6.1.1	Control de calidad realizado por el constructor.....	129
4.6.1.2	Control de calidad realizado por la interventoría.....	129
4.6.2	Media móvil	130

4.6.3	Validación estadística media móvil.....	130
4.6.4	Comparación de control de calidad.....	130
4.6.5	Análisis técnico y conclusiones	130
4.7	CONTRATO 1414 DE 2015.....	131
4.7.1	Control de calidad	132
4.7.1.1	Control de calidad realizado por el constructor.....	132
4.7.1.2	Control de calidad realizado por la interventoría.....	132
4.7.2	Media móvil	132
4.7.3	Análisis técnico y conclusiones	132
4.8	CONTRATO 265 DE 2019.....	132
4.8.1	Control de calidad	133
4.8.1.1	Control de calidad realizado por el constructor.....	133
4.8.1.2	Control de calidad realizado por la interventoría.....	133
4.8.2	Media móvil	133
4.8.3	Análisis técnico y conclusiones	133
4.9	CONTRATO 222 DE 2019.....	134
4.9.1	Control de calidad	134
4.9.1.2	Control de calidad realizado por la interventoría.....	134
4.9.2	Media móvil	134
4.9.3	Análisis técnico y conclusiones	135
4.10	CONTRATO 0284 DE 2019.....	135
4.10.1	Control de calidad.....	135
4.10.2	Media móvil.....	136
4.10.3	Análisis técnico y conclusiones.....	136

CONCLUSIONES137

BIBLIOGRAFÍA.....139

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Relación de obras analizadas	32
Tabla 2. Descripción contrato 3323 de 2019	33
Tabla 3. Ensayos realizados sobre material filtrante.....	34
Tabla 4. Aplicación media móvil para el contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables	35
Tabla 5. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables	36
Tabla 6. Validación estadística material filtrante	37
Tabla 7. Resumen de aplicación media móvil material filtrante	39
Tabla 9. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena	40
Tabla 8. Ensayos realizados sobre sub – base granular	41
Tabla 10. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena	42
Tabla 11. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	43
Tabla 12. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	44
Tabla 13. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	45
Tabla 14. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	46
Tabla 15. Aplicación media móvil para Azul de Metileno	47
Tabla 16. Aplicación media móvil para Límite Líquido	48
Tabla 17. Aplicación media móvil para Índice de Plasticidad.....	49
Tabla 18. Validación estadística Sub – base granular	51
Tabla 19. Resumen de aplicación media móvil material para sub – base granular.....	53
Tabla 20. Ensayos realizados sobre base granular	55

Tabla 20. Continuación. Ensayos realizados sobre base granular	56
Tabla 21. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena	57
Tabla 22. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena	58
Tabla 23. Aplicación media móvil para Azul de Metileno	59
Tabla 24. Aplicación media móvil para Azul de Metileno	60
Tabla 25. Aplicación media móvil para Índice de Aplanamiento	61
Tabla 26. Aplicación media móvil para Índice de Aplanamiento	62
Tabla 27. Aplicación media móvil para Índice de Alargamiento	63
Tabla 28. Aplicación media móvil para Índice de Alargamiento	64
Tabla 29. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	65
Tabla 30. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	66
Tabla 31. Aplicación media móvil contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	67
Tabla 32. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	68
Tabla 33. Aplicación media móvil para Densidad de Compactación en Cunetas ..	69
Tabla 34. Validación estadística base granular	71
Tabla 35. Resumen de aplicación media móvil material base granular	72
Tabla 36. Ensayos mezcla asfáltica.....	74
Tabla 36. Continuación. Ensayos mezcla asfáltica	75
Tabla 37. Aplicación media móvil para Extracción Cuantitativa del Asfalto en Mezcla de Pavimentos	76
Tabla 38. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Flujo	77
Tabla 39. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos llenos de Asfalto.....	78
Tabla 40. Aplicación media móvil para Angularidad de la Fracción Fina método A	79

Tabla 41. Aplicación media móvil para Azul de Metileno	81
Tabla 42. Aplicación media móvil para Impurezas en Agregados Gruesos	82
Tabla 43. Aplicación media móvil para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cuneta	83
Tabla 44. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Agregados.....	84
Tabla 45. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Mezcla.....	85
Tabla 46. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/Flujo.....	86
Tabla 47. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena	87
Tabla 48. Validación estadística mezcla asfáltica	88
Tabla 49. Resumen media móvil mezcla asfáltica	90
Tabla 49. Continuación. Resumen media móvil mezcla asfáltica	91
Tabla 50. Ensayos concreto estructural.....	92
Tabla 50. Continuación. Ensayos concreto estructural.....	93
Tabla 51. Aplicación media móvil para Índice de Aplanamiento	94
Tabla 53. Aplicación media móvil para Azul de Metileno	98
Tabla 54. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena	99
Tabla 55. Aplicación media móvil para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas	101
Tabla 56. Aplicación media móvil para Índice de alargamiento	103
Tabla 57. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partícula Deleznables: fino	105
Tabla 58. Aplicación media móvil para Material que pasa el Tamiz 200.....	107
Tabla 59. Aplicación media móvil para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas	109
Tabla 60. validación estadística concreto estructural.....	111
Tabla 61. Resumen media móvil Concreto estructural	113
Tabla 61. Ensayos realizados sobre afirmado	114

Tabla 62. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	115
Tabla 63. Aplicación media móvil para Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	117
Tabla 64. Aplicación media móvil para Limite Liquido	119
Tabla 64. Continuación. Aplicación media móvil para Limite Liquido.....	119
Tabla 65. Aplicación media móvil para Índice de Plasticidad.....	121
Tabla 66. Validación estadística “Afirmado”.....	122
Tabla 67. Resumen aplicación media móvil “Afirmado”	123
Tabla 68. Descripción contrato de obra n°2.....	124
Tabla 69. Descripción contrato N° 3	126
Tabla 70. Descripción contrato N° 5	128
Tabla 71. Descripción contrato N°6	129
Tabla 71. Descripción obra N° 7	131
Tabla 72. Descripción contrato N° 8	133
Tabla 73. Descripción contrato de obra N° 9	134
Tabla 74. Descripción contrato de obra N°10	135

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables	35
Figura 2. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables	36
Figura 3. Resultados para Equivalente de Arena.....	42
Figura 4. Resultados para Equivalente de arena	43
Figura 5. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	44
Figura 6. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	45
Figura 7. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	46
Figura 8. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	47
Figura 9. Resultados para Azul de Metileno	48
Figura 10. Resultados para Límite Líquido	49
Figura 11. Resultados para Índice de Plasticidad	50
Figura 12. Resultados para Equivalente de Arena.....	58
Figura 13. Resultados para Equivalente de Arena.....	59
Figura 14. Resultados para Azul de Metileno	60
Figura 15. Resultados para Azul de Metileno	61
Figura 16. Resultados para Índice de Aplanamiento	62
Figura 17. Resultados para Índice de Aplanamiento	63
Figura 18. Resultados para Índice de Alargamiento	64
Figura 19. Resultados para Índice de Alargamiento	65

Figura 20. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: Grueso	66
Figura 21. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	67
Figura 22. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	68
Figura 23. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	69
Figura 24. Resultados para Densidad de Compactación en Cunetas.....	70
Figura 25. Resultado para Extracción Cuantitativa del Asfalto en Mezcla de Pavimentos	76
Figura 26. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Flujo	77
Figura 27. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos llenos de Asfalto	78
Figura 28. Resultado para Angularidad de la Fracción Fina método A.....	80
Figura 29. Resultado para Azul de Metileno	81
Figura 30. Resultado para Impurezas en Agregados Gruesos	82
Figura 31. Resultado para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cuneta ...	83
Figura 32. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Agregados.....	84
Figura 33. Resultados para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Mezcla	85
Figura 34. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/Flujo	86
Figura 35. Resultado para Equivalente de Arena	87
Figura 36. Resultado para Índice de Aplanamiento	95
Tabla 52. Aplicación media móvil para Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	96

Figura 37. Resultado para Contenido de Terrones de Arcilla y Partícula Deleznables: grueso	97
Figura 38. Resultado para Azul de Metileno	98
Figura 39. Resultado para Equivalente de Arena	100
Figura 40. Resultado para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas	102
Figura 41. Resultados para Índice de Alargamiento	104
Figura 42. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino”	106
Figura 43. Resultado para Material que pasa el Tamiz 200.....	108
Figura 44. Resultado para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas	110
Figura 45. Resultado para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso	116
Figura 46. Resultado para Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino	118
Figura 47. Resultado para Limite Liquido	120
Figura 48. Resultado para Índice de Plasticidad.....	121
Figura 48. Continuación. Resultado para Índice de Plasticidad.....	122

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Contrato 3329-2019

Anexo 2: Contrato 014 -2018

Anexo 3: Contrato 006-2015

Anexo 4: Interventoría Armenia - Cajamarca

Anexo 5: Contrato 117-2018

Anexo 6: Contrato 1969-2019

Anexo 7: Contrato 1414-2015

Anexo 8: Contrato 265-2019

Anexo 9: Contrato 257-2019

Anexo 10: Contrato 0289-2019

1. INTRODUCCIÓN

El control de calidad de una obra vial es de los procesos más importantes que se debe desarrollar durante todas las etapas que esta conlleva para su construcción, realizando actividades con alto grado de detalle que permitan determinar la calidad de la obra desde el cumplimiento de los requisitos indicados en las especificaciones generales de construcción, es por esto que el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) como institución encargada de ejecutar proyectos de infraestructura en Colombia, establece dentro de los requisitos fundamentales de contratación para llevar a cabo la construcción de una obra vial, la participación de la interventoría, encargada de supervisar y controlar la acción del contratista.

La interventoría cuenta con un papel fundamental dentro de un contrato de infraestructura vial, en el que no solo debe asegurar la calidad integral del proyecto, sino que también debe advertir de posibles errores constructivos al contratista, buscando así garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto a través de mecanismos de control y comunicación adecuados para tal fin.

En principio el control de calidad de una obra vial ejecutado por la interventoría, se realiza solamente a la luz del cumplimiento de los requisitos establecidos en las especificaciones generales de construcción, sin considerar la uniformidad de la obra.

Es por esto que surge la importancia de aplicar la técnica estadística media móvil para complementar y puntualizar el control de calidad de obras viales, cumpliendo con los requerimientos mínimos planteados en las especificaciones generales de construcción y a su vez llevando un control sobre la uniformidad de las obras construidas, implementando de esta manera un concepto moderno de calidad. Para lo anterior se utiliza la media móvil en la verificación del control de calidad de 10 contratos de obras viales ejecutadas en el territorio nacional durante los últimos diez

años, determinando la existencia de diferencias significativas respecto al control de calidad convencional y planteando una metodología fundamentada en cinco pilares: recopilación, consolidación y análisis de información, identificación de procedimientos estadísticos, aplicación de la técnica estadística media móvil, análisis de resultados y, comparación y valoración de procedimientos estadísticos.

El trabajo se despliega inicialmente con una descripción minuciosa de conceptos técnicos y el procedimiento metodológico que se fundamenta a partir de la revisión de un panorama bibliográfico que se expone y que soporta el propósito de la investigación. Con posterioridad se indica la técnica y el material usado en el estudio, precisándose este último como información secundaria de ensayos de laboratorio obtenidos a partir de informes finales de interventoría de diferentes obras viales; junto con la definición clara de toda la metodología utilizada. Más adelante se presenta todo el desarrollo del trabajo, para finalmente dar a conocer los análisis que describen muy bien la utilidad que tiene esta investigación.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Media móvil: Promedio de cinco resultados continuos.

Según como lo indica el manual de Interventoría del INVIAS (2016):

Control: Verificar, evaluar y comprobar. Se demostrará disposición a todas las actividades de control que impliquen vigilancia, supervisión y seguimiento a las metas y objetivos propuestos.

Control de calidad: Proceso mediante el cual se verifican las condiciones de los materiales, elementos, métodos, modelos, normas y las obras mismas, que se utilizan, de acuerdo con las especificaciones requeridas para la ejecución del contrato.

Interventor: Persona natural o jurídica contratada por el INVIAS para realizar la interventoría a los contratos de obra. Designado para realizar controles de calidad y desarrollo de las obras.

Interventoría: Seguimiento y control que sobre el cumplimiento del contrato de obra realice una persona natural o jurídica contratada para tal fin por el INVIAS.

Programa de obra: Representación gráfica de las metas físicas mediante la cual el Contratista organiza cronológicamente en forma detallada y secuencial cada una de las actividades que hacen parte del proceso constructivo de la obra, dentro del plazo establecido. Este programa es la base para la elaboración del Programa de Inversiones.

Supervisión del Contrato de Interventoría: Seguimiento técnico, administrativo, presupuestal, financiero, contable, y jurídico ejercido por el INVIAS al contrato de Interventoría de obra pública.

Por otro lado, el Manual de servicios de consultoría, elaborado por el INVIAS (2014); indica:

Consultor: Persona natural o jurídica, externa al Instituto, preparada para prestar servicios de Consultoría.

Consultoría: Trabajo intelectual que realizan personas naturales directamente o a través de personas jurídicas, referido a las actividades necesarias para la ejecución de proyectos de inversión en infraestructura en sus diferentes fases de maduración, preparación, ejecución y operación. El trabajo intelectual hace referencia a las actividades de identificación de necesidades, estudios conceptuales o prefactibilidad, estudios básicos o factibilidad, diseños de detalle o diseños definitivos, interventorías, gerencia de proyectos y las demás.

2.2 MARCO METODOLÓGICO

Elementos encontrados en una amplia revisión bibliográfica, permitieron definir parte del curso del estudio con contribuciones muy beneficiosas que fortalecieron y apoyaron el propósito de esta investigación. El análisis de diferente literatura fue la dirección para establecer una metodología adecuada, que permitiera llevar con más facilidad y enfoque a cumplir de manera precisa los objetivos que como finalidad tienen aplicar correctamente la técnica estadística media móvil como un método de tratamiento estadístico de resultados de ensayos de laboratorio para realizar el control de calidad de obras viales construidas en el país.

Posterior a la revisión bibliográfica, se recibieron y analizaron los informes de interventoría y construcción proporcionados por varias entidades públicas y

privadas sobre los trabajos realizados en cada obra, donde se extrajo la información de los resultados de ensayos de laboratorio realizados sobre el material usado, el proceso constructivo y la obra terminada, además de identificar el control de calidad realizado sobre estos.

La técnica estadística media móvil fue aplicada a la información organizada, en el caso en que la cantidad de ensayos lo permitieron, esta información fue comparada con las Especificaciones Generales de Construcción, con la cuales se realizó la comparación para verificar su cumplimiento con los rangos de aceptación exigidos, validando estadísticamente estos resultados, con el fin de corroborar su comportamiento y uniformidad.

Además, se compararon los resultados obtenidos entre la media móvil y el criterio usado de la interventoría y del constructor en cada obra, analizando técnicamente los métodos empleados y concluyendo acerca de estos.

2.3 ESTADO DEL ARTE

- **“Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”; Jorge Monroy Goicochea; Universidad de Piura, 2013**

La deficiencia de estructuras viales de calidad en Perú hizo que sobre el año 2003 se iniciara un proceso de privatización de las redes viales, reduciendo el riesgo fiscal y realizar un mínimo desembolso de dinero de los fondos públicos. Dentro de los requisitos sobre los terceros que se harán cargo de estas actividades está el otorgar a la infraestructura vial un determinado nivel de calidad y servicio, si se logra que los costos de operación de los usuarios mejoren y se proteja el patrimonio del país.

El índice de rugosidad dentro de estos parámetros es un ítem de suma importancia y es certificada por el banco mundial por medio del IRI “Índice de rugosidad internacional”, y a su vez sirve como uno de los controles de serviciabilidad más

importantes, ya que se puede relacionar con la comodidad, seguridad y costos para lograr cuantificar los beneficios proporcionados por la vía.

La media móvil es usada de manera tal que es el primer filtro matemático de la información de campo disponible en el momento para poder obtener un perfil corregido y que esto pase a un segundo filtro. A estos resultados se le nombra en el documento como rugosidad media móvil ya que corresponde a un dato modificado del resultado original.

- **“Estudio del índice de regularidad internacional en vías pavimentadas mediante el uso de perfilómetro láser ROMDAS”;** Leonardo Ramos Pérez; Pontificia Universidad Católica del Perú; 2018

Los indicadores económicos son la medición del desarrollo de un país, y dentro de este mismo, es de suma importancia el desarrollo vial y permitir la conexión a lo largo de todo el país, sobre estas mismas es necesario ejercer un control de calidad, y de lo que se ofrece.

El control se ejerce por medio del IRI, con el cual se realiza la medición de rugosidad y confort que se da. Por medio del equipo perfilómetro en un tramo de vía se realizó la medición del indicador además de encuestas a los conductores y así poder conocer su percepción de la calidad ofrecida en el tramo recorrido.

La media móvil es una manera de presentar los datos de forma suavizada, los datos fueron tomados en tramos de 100 metros y así obtener un IRI promedio, y estos mismos fueron tratados de manera tal que se obtuvo el promedio de datos impares consecutivos, y así conocer un comportamiento a lo largo del tiempo de la variable. Mediante graficas se demuestra el comportamiento de los resultados directos obtenidos y los resultantes luego de la aplicación de la media móvil.

- **“Movil average quality control: principles, practical application and future perspectives”;** Van Rossum Huub; 2018

El uso de la media móvil como herramienta de control de calidad analítico es de suma importancia, a pesar de enfrentar la complejidad y necesidad de guía basado en evidencia, el artículo se basa globalmente en el hecho de demostrar como es el funcionamiento de la media móvil, sus conceptos básicos, los métodos de su uso, la aplicación del método y su perspectiva futura.

Los métodos recientes de la simulación de proyecciones han descubierto las facilidades que proporciona el uso de la media móvil, de manera tal que se pueden aplicar en los laboratorios y a su vez permite su aplicación en software.

- **“Cal. Control y aseguramiento de calidad”; Secretaria de Comunicaciones y Transportes; 2003**

Mediante el uso de cartas de media móvil se logró el análisis de muestras virtuales del mismo tamaño, se determinó una media para cada una de las muestras se definió el tamaño de la muestra virtual y se integraron con las medias de la información real. Para ellos se debió realizar una gráfica de las medias móviles de la muestra virtual, la calidad de este promedio es el en consecuencia el valor promedio de las medias móviles virtuales calculadas.

Dentro de estas graficas realizadas se deben establecer unos límites estadísticos que son calculados por medio de la suposición de que la media de la población y que se puede conocer la desviación estándar de la misma, se debe calcular el promedio de estas desviaciones y posterior a ello se debe calcular la desviación estándar de la media móvil y por medio del uso de estos dos resultados se encuentran los valores de los límites de la carta.

Se puede ver que, al realizar este análisis de comportamiento estadístico de los resultados para una obra, uno de los valores de la media móvil se posiciono fuera del límite de control inferior por lo que se definió como rechazado. En general el

documento presenta el procedimiento de uso de la media móvil como control estadístico.

- **“Análisis probabilístico del concreto de alta resistencia”; Zaira Andrea Cerón Suárez; Universidad Católica de Colombia; 2013**

El concreto de alta resistencia es usado en múltiples obras que requieren en obras en las que se requiere una buena manejabilidad y con una relación de rompimiento baja. A pesar de ello, el análisis o estudios acerca del concreto es escaso, y es estudiado principalmente en Europa y el Occidente, lo cual es un problema de alta envergadura al querer conocer el modelo probabilístico del material que es la manera de conocer la calidad del concreto, su resistencia y poder predecir su comportamiento en distintas situaciones de carga o uso.

Se usa la media móvil de tres ensayos realizados consecutivos para lograr que estos fuesen superiores al requisito de ser mayor que el $f'c$ (resistencia del concreto) y no menos que este. Al realizar todos estos trabajos estadísticos de cada grupo de tres datos obtenidos en laboratorio de distintos días por medio de la media móvil se logró corroborar que todos los resultados de los ensayos cumplieran con estar por encima del límite de control mencionado anteriormente.

- **“Diseño y control estadístico de calidad del concreto premezclado en plantas dosificadoras”; Joel Abraham López Morales; Universidad Mariano Gálvez Guatemala; 2011**

La aceptación del concreto depende en gran medida del proceso constructivo del mismo, las cantidades que son usadas de cada uno de sus componentes o agregados son los que marcarán las características necesarias para ser aceptado y cumplir con los requerimientos o solicitudes que correspondan, el objetivo del trabajo fue realizar cambios en las dosificaciones de cada uno de los agregados es decir realizar varios diseños respecto a las cantidades, realizar ensayos de laboratorio para confirmar sus características como la resistencia y otros, luego de

esto realizar un tratamiento estadístico de los datos en el cual se promedian los tres últimos resultados obtenidos, graficar todos estos resultados con respecto al límite de control que en este caso es el $f'c$ mínimo, así mismo se permite que el 1% de los ensayos salgan de los límites de control.

Cabe aclarar que dentro de la revisión bibliográfica realizada no se encontró algún estudio de aplicación de la media móvil en el ámbito colombiano.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 MATERIALES Y TÉCNICAS

En el desarrollo del estudio se utilizó como fuente principal información secundaria, informes mensuales y finales de interventoría de diferentes obras ejecutadas y en proceso de construcción en el territorio nacional. Considerando que en estos se encuentra toda la información referente a las actividades desarrolladas por el contratista de obra e interventoría, incluyendo los registros de los resultados de laboratorio realizados durante cada etapa de las construcciones, que eran los necesarios para poder realizar el estudio.

El proceso para la elaboración del trabajo y la obtención de los resultados se efectuó mediante la aplicación de la técnica estadística media móvil con herramientas de cómputo como lo es el software de Excel del paquete de Microsoft Office.

3.2 METODOLOGÍA

- Revisión bibliográfica

Se hizo una revisión detallada de investigaciones en las que se evidenciara el desarrollo de metodologías que tuvieran como fin la aplicación de la media móvil como técnica estadística en el control de calidad de obras viales, de tal manera que dichos métodos pudieran contribuir para el cumplimiento del objetivo del estudio.

- Recopilación, análisis y consolidación de información secundaria de control de calidad de obras viales

Mediante la consecución y el análisis pormenorizado de informes mensuales y finales de interventoría de obras viales, se realizó la extracción y consolidación, en el software Excel, de resultados de ensayos de laboratorio y la información que se consideró importante sobre la obra, que fueron útiles para lograr el propósito de la investigación.

- **Determinación de procedimientos utilizados para el control de calidad de las obras viales**

Se llevó a cabo la identificación de los procedimientos que fueron usados por los contratistas y las interventorías de las obras viales referentes al control de calidad de las obras viales y que fueron usados para emitir el concepto de aceptación o rechazo sobre los trabajos realizados y el material utilizado.

- **Aplicación de la técnica estadística media móvil en el control de calidad**

Como fin principal del estudio y utilizando resultados de ensayos de laboratorio que eran susceptibles para tratar organizados en el software Excel, se realizó la aplicación de la técnica estadística media móvil en el tratamiento de la información de control de calidad de las obras viales. Se emitió un concepto de los resultados obtenidos con la aplicación de la técnica estadística.

- **Comparación de procedimientos utilizados en el control de calidad**

Se realizó la comparación entre los resultados obtenidos a través de los procedimientos de control de calidad usados por los contratistas y las interventorías de las obras viales, y los conseguidos con la aplicación de la técnica estadística media móvil.

- **Validación estadística de la información resultante con la aplicación de la media móvil**

Haciendo uso de pruebas de la estadística (desviación estándar, promedio y coeficiente de variación), se verificaron que los datos resultantes de la aplicación de la técnica estadística media móvil fueran validos estadísticamente y así mismo su dispersión y comportamiento.

- **Análisis técnico y conclusiones**

En la parte final del desarrollo del trabajo, se hizo mención sobre la viabilidad que tiene el uso de la media móvil como técnica estadística para ejercer el control de

calidad de cualquier obra vial y los resultados observados posterior a la aplicación de la técnica estadística.

4. CONTROL DE CALIDAD

En la Tabla 1 se relaciona las obras analizadas, con detalles que sirven para identificar de manera correcta cada una de las mismas y sus características.

4.1 CONTRATO 3329 DE 2019

En la Tabla 2, se relaciona los aspectos fundamentales del contrato. A continuación, se describe el análisis de la información respecto a las actividades ejecutadas.

4.1.1 Material filtrante

4.1.1.1 Control de calidad por parte del constructor

El constructor realizó el control de calidad sobre obra a partir de la realización de ensayos de laboratorio tanto a materiales de construcción como a procesos constructivos y obra terminada, esto siguiendo las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS del año 2013. En la Tabla 3 se presenta un resumen de ensayos de laboratorio realizados por el contratista a este material.

Según los ensayos requeridos por las especificaciones para caracterizar el material filtrante no se realizó: límite líquido, índice de plasticidad y equivalente de arena; desde mi punto de vista son de suma importancia una vez que al presentar este material una alta plasticidad podría generar taponamientos en el filtro.

En cuanto al número y frecuencia de ensayos requeridos para el control de un lote, se evidencia en las especificaciones que no existe una cantidad determinada, así como se encontró que en los informes revisados se presenta un único resultado de cada ensayo realizado en cada jornada específica.

Tabla 1. Relación de obras analizadas

Obra	Nombre del contratista	Objeto del contrato	Periodo	N° de informe	Cantidad de Informes	N° de folios	Observaciones
Obra n°1	Consorcio Vías Boyacá CVB	Contrato: 3329 de 2019 "Mejoramiento de la vía que conduce del municipio de Soracá al municipio de Siachoque, en el departamento de Boyacá"	Diciembre 2019- Marzo 2020 y Agosto 2020- Noviembre 2020	8	8	1417	La interventoría entrega como informe final, el consolidado de ensayos realizados a lo largo de los periodos mencionados, cabe aclarar que la obra no estaba finalizada al momento de recibir los informes.
Obra n°2	Koenco s.a.s. (interventoría)	Interventoría administrativa financiera y ambiental al proyecto: construcción de placa huellas en los sectores pedregal, loma blanca y alto de la reja en la vereda resguardo occidente del municipio de Ráquira	02 de enero al 20 de marzo de 2019	Final	1	180	En el documento en el "ANEXO 7" se encontraron los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados por el contratista de la obra y en el "ANEXO 8" se encontraron los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados por la interventoría.
Obra n°3	Udicon s.a.s. (interventoría)	Interventoría técnica administrativa y contable y ambiental para el proyecto de rehabilitación y construcción de la placa huella en la vía vereda Neval y Cruces sector el Gaque del municipio de Moniquirá - departamento de Boyacá	01 de julio al 06 de julio de 2016	Único - no especifica	1	39	En el documento en el apartado 1 "DESARROLLO DE LAS FUNCIONES TECNICAS" numeral 7, se encontraron resultados de ensayos de laboratorio de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
Obra n°4	Consorcio interventoría integral Cajamarca (interventoría)	Interventoría vía Armenia – Cajamarca y variante Calarcá – Circasia	20 de septiembre de 2019 al 5 junio de 2020	N/A	0	82	Estos documentos son un conjunto de resultados de ensayos de laboratorio efectuados por la interventoría a diferentes tipo de material utilizados en la obra en el periodo indicado.
Obra n°5	Consorcio ciclorruta (interventoría)	Interventoría técnica, administrativa, financiera y ambiental gestión predial, social, ambiental para la construcción de ciclo-infraestructura deportiva de Antioquia en las subregiones de occidente, Urabá, y norte del área metropolitana en el departamento de Antioquia	Agosto del 2019	9	1	513	El documento en la parte de "ANEXOS" y específicamente en el "ANEXO F" se define el resumen de ensayos de laboratorio, en el cual no se encontró ningún tipo de información, ya que se especifica que "NO APLICA PARA ESTE PERIODO".
Obra n°6	Consorcio 113 interviel (interventoría)	Interventoría para el mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la carretera Sogamoso- el cruce Aguazul. Ruta 6211 y 62by05 del pr13+0000-pr14+1300, en los departamentos de Boyacá y Casanare a cargo de INVIAS	01 de agosto al 30 de septiembre de 2020	10 y 11	2	502	En el informe del mes de "AGOSTO" en el apartado "4. REPORTES EJECUCION MENSUAL CONTRATO DE OBRA" y específicamente en el numeral "4.6. RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO", se encontraron resultados de ensayos de laboratorio efectuados por el contratista y en el apartado "5. INFORMACION CONTRATO DE INTERVENTORIA" y específicamente en el numeral "5.3. INFORMES DE ESPECIALISTAS" se encontraron resultados de ensayos de laboratorio efectuados por la interventoría. En el informe del mes de "SEPTIEMBRE" y en los mismos apartados y numerales no se encontró algún tipo de información referente a resultados de ensayos de laboratorio.
Obra n°7	Consorcio interterminal 2015 (interventoría)	Interventoría técnica, administrativa, financiera, legal y ambiental para las obras de "construcción de obras de infraestructura física para el nuevo terminal de transporte terrestre de pasajeros del municipio de Tunja - departamento de Boyacá"	20 abril de 2015 al 6 de mayo de 2019	1 a 48 (final)	48	20000	En cada uno de los informes mensuales se encontraron resultados de ensayos de laboratorio relacionados exclusivamente con la parte vial, efectuados tanto por parte del contratista como de la interventoría, expeptuando los informes mensuales 1 y 2 que describen actividades que se realizaron previamente a iniciar con las obras en general.
Obra n°8	Consorcio salitre (obra)	Mejoramiento, rehabilitación y obras complementarias de vías urbanas y rurales municipio de paipa	07 de mayo al 31 de octubre de 2019	1 a 3	3	999	En cada uno de los informes se encontraron resultados de ensayos de laboratorio efectuados por el contratista de la obra.
Obra n°9	Zoe constructora s.a.s (interventoría)	Interventoría técnica, administrativa, legal y financiera, al contrato cuyo objeto es construcción de pavimento rígido en la vía calle 26a entre avenida libertadores y carrera 26 a barrio Vianney, municipio de paipa, departamento de Boyacá	26 de marzo al 16 de agosto de 2019	1 a final	4	1196	En cada uno de los informes se encontraron resultados de ensayos de laboratorio efectuados por el contratista de obra y por la interventoría.
Obra n°10	Pedraza ingeniería s.a.s - Héctor Julio Pedraza Sánchez	Mejoramiento de vía hotel colonial, casona el salitre a granja Tunguavita municipio de paipa, departamento de Boyacá	17 de mayo de 2019 al 28 de noviembre de 2020	1 a final	4	2183	Se encuentra en cada uno de los informes el respectivo apartado con resultados de laboratorio, tanto el constructor como del interventor.

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

Tabla 2. Descripción contrato 3323 de 2019

Objeto:	Mejoramiento de la vía que conduce del municipio de Soracá al municipio de Siachoque, en el departamento de Boyacá.
Fecha de acta de inicio	13 de noviembre de 2019
Plazo	10 meses
Fecha final inicial	2 de febrero de 2020
Suspensión	20 de marzo de 2020
Reinicio	10 de agosto de 2020
Nueva fecha final	02 de febrero de 2021
Valor contrato de obra	\$17.436'965.888
Liquidación	No liquidado al momento de la recepción de la información
Prórrogas	Sin prórrogas
Adicionales	Sin adicionales

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

De otro lado, no existe una jornada de trabajo en la que se haya realizado todos los ensayos que son exigidos por las especificaciones generales de construcción, por tal motivo el emitir un concepto de calidad del material sin la totalidad de ensayos cumplidos evidencia la aceptación sin el suficiente grado de confianza.

Es importante resaltar, que en los informes de obra se asegura el cumplimiento de la granulometría para el material filtrante mas no se evidencia los resultados de los ensayos realizados, por lo que la veracidad del mismo no pudo ser comprobada.

4.1.1.2 Control de calidad mediante la media móvil

Se procedió a verificar el control de calidad realizado por el contratista por medio de la técnica estadística media móvil, para los siguientes parámetros, tal como se aprecia en la Tabla 4 y Tabla 5.

- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables**

En la Figura 1 y 2 se representan los resultados de la aplicación de la media móvil, en estas se evidencia el cumplimiento y comportamiento uniforme del parámetro controlado.

Tabla 3. Ensayos realizados sobre material filtrante

Ensayo	Fecha																							Observación del contratista	Requisito						
	4/12/2019	11/12/2019	16/12/2019	8/01/2020	22/01/2020	7/02/2020	13/02/2020	18/02/2020	26/02/2020	3/03/2020	12/03/2020	19/03/2020	18/08/2020	25/08/2020	2/09/2020	7/09/2020	15/09/2020	24/09/2020	4/10/2020	10/10/2020	13/10/2020	22/10/2020	6/11/2020			10/11/2020	11/11/2020	18/11/2020	23/11/2020		
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales (INVE 211-13)	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	Cumple con los requisitos	<2
Desgaste de la maquina de los Ángeles (INVE 218-13)				23.8		23.1				23.4					22.4						22.9			23.1						Cumple con los requisitos	<50%
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos (sulfato de sodio) (INVE 220-13)				2.24		1.04				1.08					1.41						1.38					1			Cumple con los requisitos	<12	
Limite líquido (INVE 125-13)																													No cumple con los requisitos	No plástico	
Indice de plasticidad (INVE125-126-13)																													No cumple con los requisitos	No plástico	
Equivalente de arena (INVE 133-13)																													No cumple con los requisitos	>25	
Impurezas en agregados gruesos (INVE 237-13)				0		0				0					0						0			0					Cumple con los requisitos	-	
Cantidad de partículas livianas en los agregados (INVE 221-13)				0		0				0					0						0			0					Cumple con los requisitos	-	

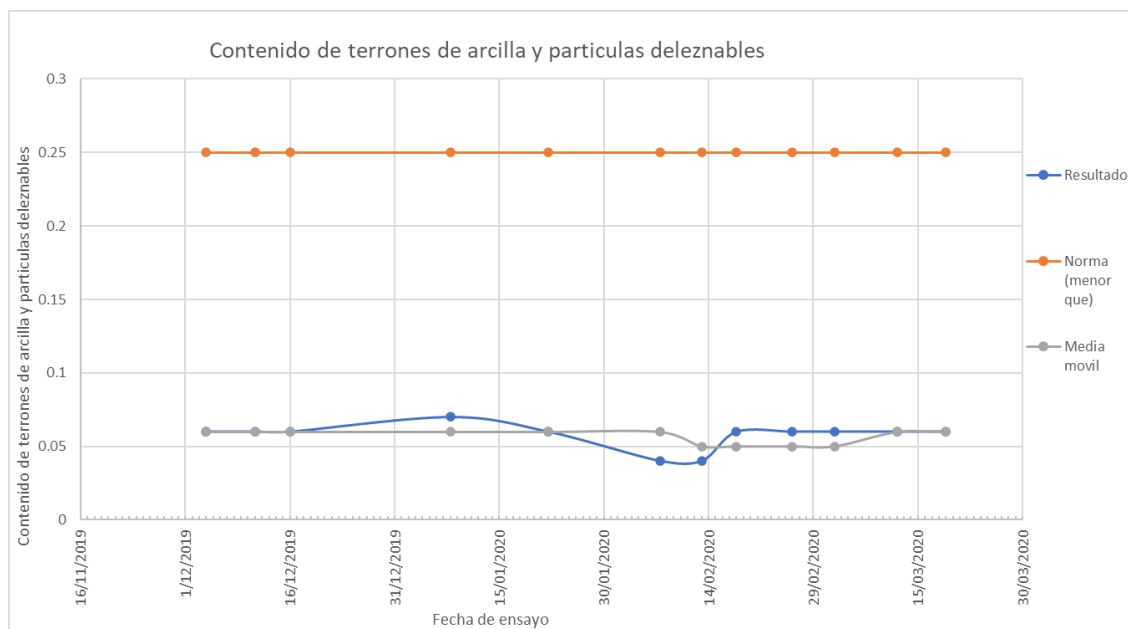
Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

Tabla 4. Aplicación media móvil para el contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media movil	Redondeo	Norma (menor que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
4/12/2019	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
11/12/2019	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
16/12/2019	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
8/01/2020	0.07	0.0625	0.06	0.25	Cumple	Cumple
22/01/2020	0.06	0.062	0.06	0.25	Cumple	Cumple
7/02/2020	0.04	0.058	0.06	0.25	Cumple	Cumple
13/02/2020	0.04	0.054	0.05	0.25	Cumple	Cumple
18/02/2020	0.06	0.054	0.05	0.25	Cumple	Cumple
26/02/2020	0.06	0.052	0.05	0.25	Cumple	Cumple
3/03/2020	0.06	0.052	0.05	0.25	Cumple	Cumple
12/03/2020	0.06	0.056	0.06	0.25	Cumple	Cumple
19/03/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 1. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables



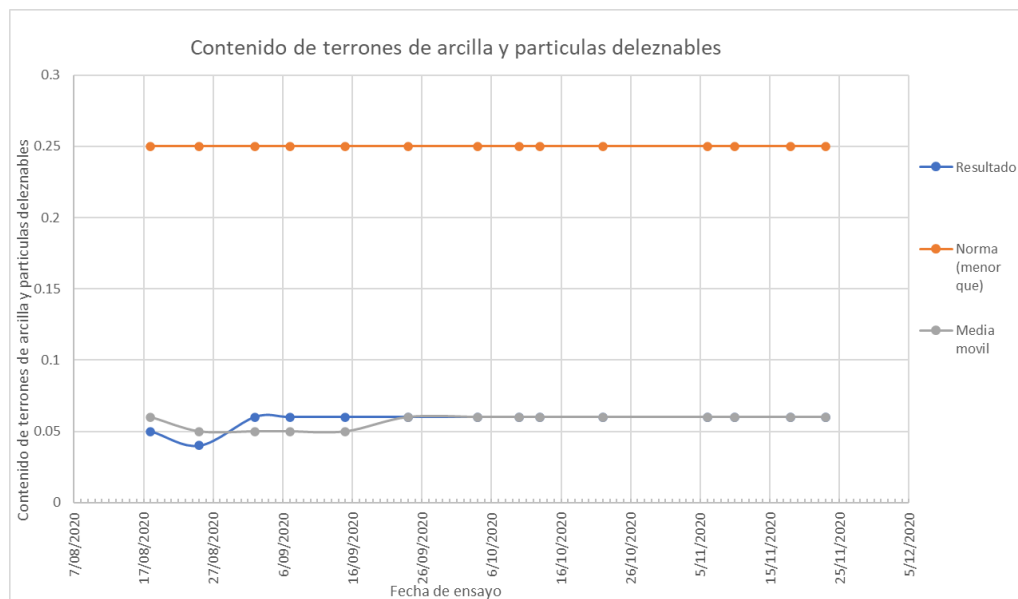
Fuente: La autora.

Tabla 5. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
18/08/2020	0.05	0.05	0.05	0.25	Cumple	Cumple
25/08/2020	0.04	0.045	0.05	0.25	Cumple	Cumple
2/09/2020	0.06	0.05	0.05	0.25	Cumple	Cumple
7/09/2020	0.06	0.0525	0.05	0.25	Cumple	Cumple
15/09/2020	0.06	0.054	0.05	0.25	Cumple	Cumple
24/09/2020	0.06	0.056	0.06	0.25	Cumple	Cumple
4/10/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
10/10/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
13/10/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
22/10/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
6/11/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
10/11/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
18/11/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple
23/11/2020	0.06	0.06	0.06	0.25	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 2. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables



Fuente: La autora.

Las jornadas de trabajo no presentan continuidad, se presenta lapsos de tiempo largos entre una y otra. Teniendo en cuenta la cantidad y frecuencia de los resultados de los ensayos realizados para los ítems a continuación mencionados, no fue posible la aplicación de la media móvil, lo que puede indicar que se realizaron pocos ensayos, hubo poca frecuencia de trabajo o se presentó poca uniformidad dentro del transcurso de la ejecución de las obras:

- Desgaste de la máquina de los Ángeles 500 rv
- Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos (sulfato de sodio)
- Impurezas en agregados gruesos
- Cantidad de partículas livianas en los agregados

4.1.1.3 Validación estadística de la media móvil

Con base en los resultados de la aplicación de la técnica estadística, en la Tabla 6 se presentan los resultados de la validación estadística de la media móvil.

Tabla 6. Validación estadística material filtrante

		Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación. (%)
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable	Primer periodo	0.057	0.005	8.689
	Segundo periodo	0.056	0.005	8.812

Fuente: La autora.

Con estos resultados se puede concluir que para el material filtrante respecto al ensayo de contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable la media de los resultados es representativa y se presenta poca dispersión de la información, una vez se presenta una desviación estándar baja y el coeficiente de variación es cercano a cero (0).

4.1.1.4 Comparación del proceso usado en el control de calidad

En este capítulo se pretende comparar el proceso de control de calidad realizado por el contratista con respecto al proceso de calidad con la media móvil.

El contratista llevo a cabo el control de calidad por medio de la comparación de los resultados de ensayos de laboratorio de cada jornada con los requisitos establecidos en la Especificaciones Generales de Construcción, mientras que al aplicar la media móvil se tiene en cuenta el comportamiento histórico de los ensayos de laboratorio realizado por el constructor.

En el tiempo de trabajo, se puede evidenciar que no se presentó continuidad en las diferentes jornadas de trabajo dado que, por ejemplo, se trabajó el día 17 y se presenta un largo lapso de tiempo hasta realizar ensayos de nuevo.

4.1.1.5 Análisis técnico y conclusiones

A pesar de todos los ensayos realizados por parte del contratista, se observa que no son suficientes para la aplicación de la media móvil, de 5 diferentes ensayos realizados al material destinado como filtrante, solo uno apporto resultados suficientes para ser analizado por medio de la media móvil dado que no hay continuidad en la ejecución y trabajo de la obra.

En la Tabla 7 se presenta el resumen de los ensayos y sus respectivos resultados según la jornada de trabajo para el material filtrante, en esta se puede evidenciar que son pocos los días en los que se realizó un mínimo de ensayos requeridos, como ya se comentó anteriormente.

La media móvil presenta uniformidad en los resultados, además tiene en cuenta a lo largo del tiempo el comportamiento de los resultados de ensayos de laboratorio con lo que se logró un análisis del comportamiento del material usado en los distintos trabajos a realizar.

Tabla 7. Resumen de aplicación media móvil material filtrante

	Ensayo	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable	
	Norma	INV E 211-13	
	Fecha	Media móvil	Requisito (Menor o igual que)
Primer periodo	4/12/2019	0.06	0.25
	11/12/2019	0.06	0.25
	16/12/2019	0.06	0.25
	8/01/2020	0.07	0.25
	22/01/2020	0.06	0.25
	7/02/2020	0.04	0.25
	13/02/2020	0.04	0.25
	18/02/2020	0.06	0.25
	26/02/2020	0.06	0.25
	3/03/2020	0.06	0.25
	12/03/2020	0.06	0.25
	19/03/2020	0.06	0.25
	Segundo periodo	18/08/2020	0.05
25/08/2020		0.05	0.25
2/09/2020		0.05	0.25
7/09/2020		0.05	0.25
15/09/2020		0.05	0.25
24/09/2020		0.06	0.25
4/10/2020		0.06	0.25
10/10/2020		0.06	0.25
13/10/2020		0.06	0.25
22/10/2020		0.06	0.25
6/11/2020		0.06	0.25
10/11/2020		0.06	0.25
11/11/2020		-	0.25
18/11/2020		0.06	0.25
23/11/2020		0.06	0.25

Fuente: La autora.

4.1.2 Sub – base granular

4.1.2.1 Control de calidad por parte del constructor

En la Tabla 8, se presenta los ensayos realizados por parte del constructor, el cual llevó a cabo el control de calidad por medio de ensayos de laboratorio siguiendo las Especificaciones Generales de Construcción tanto a los materiales que fueron usados como a los procesos constructivos y la obra terminada.

Es importante resaltar varios aspectos, por un lado, se realizaron todos los ensayos que son requeridos por las Especificaciones Generales de Construcción de carreteras en su capítulo 3, artículo 320, tabla 320-2 y se resalta la exigencia de la realización de ensayos como límite líquido, índice de plasticidad, equivalente de

arena y ensayo de modificación de compactación con una frecuencia de una vez por jornada.

4.1.2.2 Control de calidad mediante la media móvil

Se aplicó la técnica estadística media móvil a los ensayos que lo permitieron, lo cual se presenta en las Tabla 9 – Tabla 17.

- **Equivalente de Arena**

Tabla 9. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena

Ensayo:	Equivalente de arena					
Norma:	INV E 133-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media movil	Redondeo	Norma (mayor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	27	27.00	27	25	Cumple	Cumple
13/01/2020	27	27.00	27	25	Cumple	Cumple
21/01/2020	26	26.67	26.7	25	Cumple	Cumple
22/01/2020	27	26.75	26.8	25	Cumple	Cumple
4/02/2020	25	26.40	26.4	25	Cumple	Cumple
5/02/2020	25	26.00	26	25	Cumple	Cumple
8/02/2020	25	25.60	25.6	25	Cumple	Cumple
10/02/2020	25	25.40	25.4	25	Cumple	Cumple
12/02/2020	25	25.00	25	25	Cumple	Cumple
14/02/2020	26	25.20	25.2	25	Cumple	Cumple
17/02/2020	25	25.20	25.2	25	Cumple	Cumple
19/02/2020	26	25.40	25.4	25	Cumple	Cumple
21/02/2020	26	25.60	25.6	25	Cumple	Cumple
22/02/2020	26	25.80	25.8	25	Cumple	Cumple
24/02/2020	26	25.80	25.8	25	Cumple	Cumple
26/02/2020	27	26.20	26.2	25	Cumple	Cumple
27/02/2020	25	26.00	26	25	Cumple	Cumple
28/02/2020	25	25.80	25.8	25	Cumple	Cumple
1/03/2020	26	25.80	25.8	25	Cumple	Cumple
6/03/2020	26	25.80	25.8	25	Cumple	Cumple
10/03/2020	26	25.60	25.6	25	Cumple	Cumple
12/03/2020	26	25.80	25.8	25	Cumple	Cumple
14/03/2020	25	25.80	25.8	25	Cumple	Cumple
17/03/2020	25	25.60	25.6	25	Cumple	Cumple

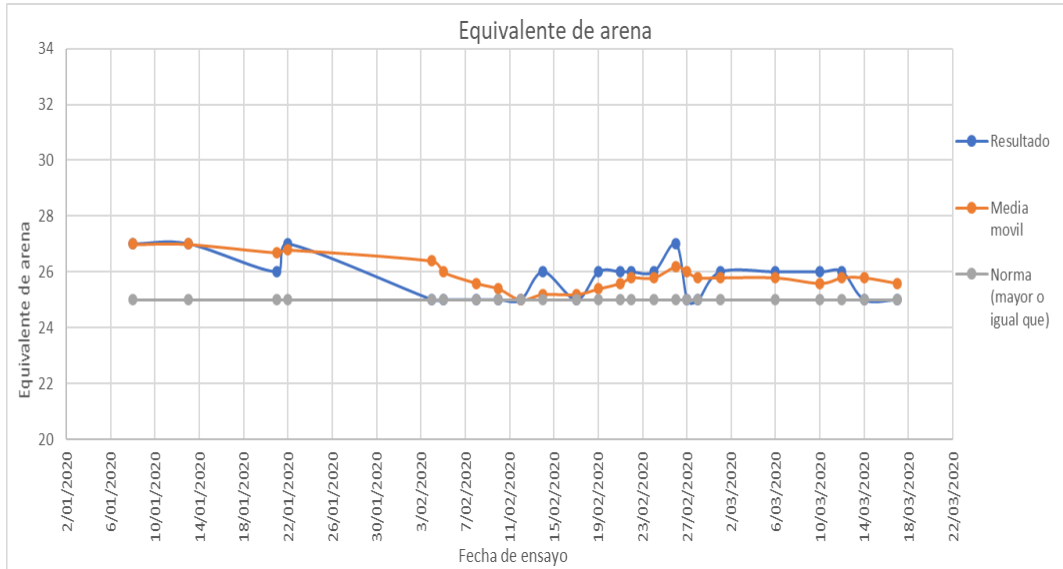
Fuente: La autora.

Tabla 8. Ensayos realizados sobre sub – base granular

Ensayo	Fecha																				Observación del contratista	Requisito																			
	8/01/2020	13/01/2020	21/01/2020	22/01/2020	25/01/2020	4/02/2020	5/02/2020	8/02/2020	10/02/2020	12/02/2020	14/02/2020	17/02/2020	19/02/2020	21/02/2020	22/02/2020	24/02/2020	26/02/2020	27/02/2020	28/02/2020	1/03/2020			6/03/2020	10/03/2020	12/03/2020	14/03/2020	17/03/2020	11/08/2020	21/08/2020	24/08/2020	4/09/2020	10/09/2020	15/09/2020	24/09/2020	2/10/2020	6/10/2020	16/10/2020	17/10/2020	11/20/2020		
CBR (INVE 148-13)			72.6						71.2													69.18						63.95		57.55									Cumple con los requisitos	<95	
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : fino (INVE 211-13)	0.05	0.045		0.06	0.06				0.06			0.05				0				0.06		0.04			0.05	0.01	0.07	0.03	0.06	0.02	0.02	0.01			0.02				Cumple con los requisitos	<=2	
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : grueso (INVE 211-13)	0.05	0.045		0.04	0.06				0.06			0.05				0				0.06		0.04			0.02	0.03	0.06	0.02	0.07	0.03	0.04	0.04							Cumple con los requisitos	<2	
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval (INVE 238-13)			15.9						15.5													15.7					16.6		19.7										Cumple con los requisitos	<30	
Desgaste de la maquina de los Angeles 500 rv (INVE 218-13)			20.8						20.9													20.8					22.4		22										Cumple con los requisitos	<=50	
Equivalente de arena (INVE 133-13)	27	27	26	27		25	25	25	25	25	26	25	26	26	26	26	27	25	25	26	26	26	26	25	25	27	25	25	26	25	26	26	25	25					Cumple con los requisitos	>=25	
Pérdidas en ensayo de solidez de sulfatos: Sulfato de sodio : finos (INVE 220-13)			4.33						3.78													3.9					3.13		3.78											Cumple con los requisitos	<12
Pérdidas en ensayo de solidez de sulfatos: Sulfato de sodio : grueso (INVE 220-13)			2.3						2.31													2.06					1.97		1.83											Cumple con los requisitos	<12
Límite Líquido (INVE 125-13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.4	0	22.5	0	23.1	23.4	20.6	24.5	0	Cumple con los requisitos	<25		
Índice de plasticidad (INVE 125-126-13)	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.4	0	3.7	0	4.5	19.6	18.3	4.7		Cumple con los requisitos	<6		
Azul de metileno (INVE 235-13)	7.7	7.9	8				7.5	7.7				7.7										7.7	8																Cumple con los requisitos	N/A	

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

Figura 3. Resultados para Equivalente de Arena



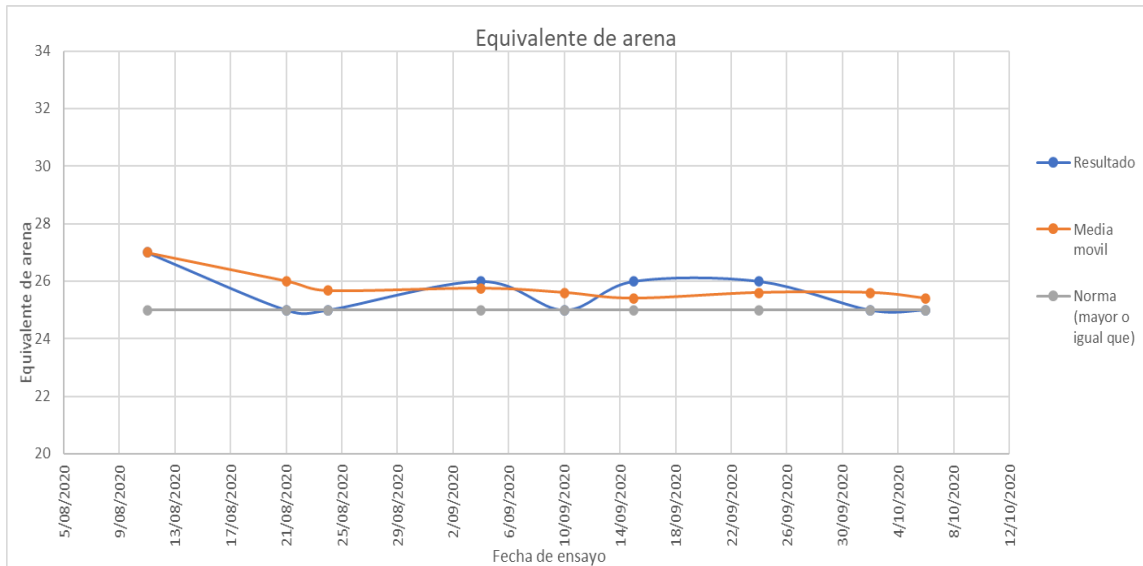
Fuente: La autora.

Tabla 10. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena

Ensayo:	Equivalente de arena					
Norma:	INV E 133-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media movil	Redondeo	Norma (mayor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
11/08/2020	27	27.00	27	25	Cumple	Cumple
21/08/2020	25	26.00	26	25	Cumple	Cumple
24/08/2020	25	25.67	25.7	25	Cumple	Cumple
4/09/2020	26	25.75	25.8	25	Cumple	Cumple
10/09/2020	25	25.60	25.6	25	Cumple	Cumple
15/09/2020	26	25.40	25.4	25	Cumple	Cumple
24/09/2020	26	25.60	25.6	25	Cumple	Cumple
2/10/2020	25	25.60	25.6	25	Cumple	Cumple
6/10/2020	25	25.40	25.4	25	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 4. Resultados para Equivalente de arena



Fuente: La autora.

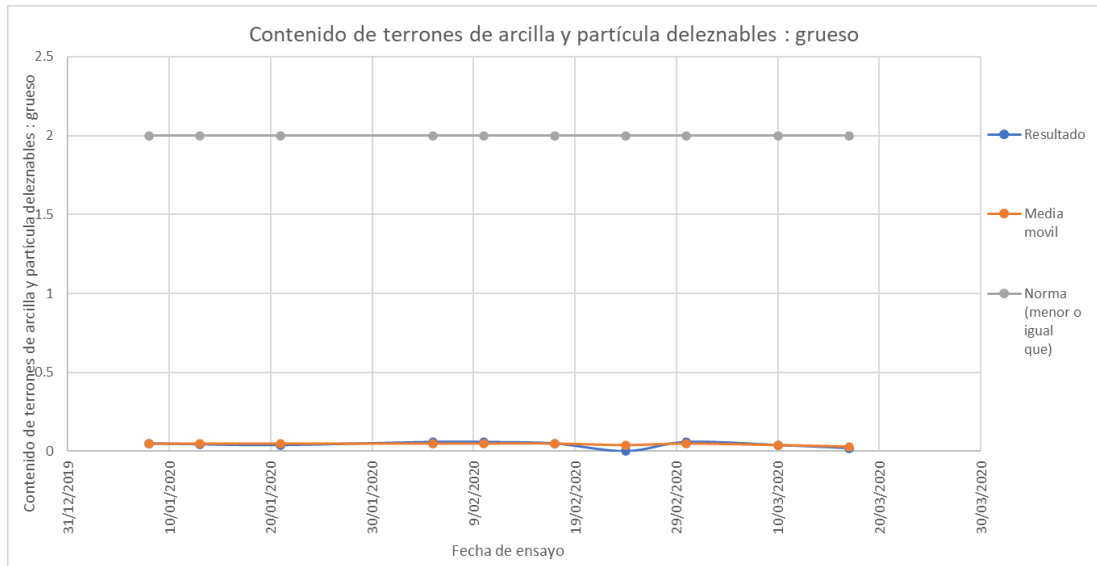
- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso**

Tabla 11. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : grueso					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	0.05	0.05	0.05	2	Cumple	Cumple
13/01/2020	0.045	0.0475	0.05	2	Cumple	Cumple
21/01/2020	0.04	0.045	0.05	2	Cumple	Cumple
5/02/2020	0.06	0.04875	0.05	2	Cumple	Cumple
10/02/2020	0.06	0.051	0.05	2	Cumple	Cumple
17/02/2020	0.05	0.051	0.05	2	Cumple	Cumple
24/02/2020	0	0.042	0.04	2	Cumple	Cumple
1/03/2020	0.06	0.046	0.05	2	Cumple	Cumple
10/03/2020	0.04	0.042	0.04	2	Cumple	Cumple
17/03/2020	0.02	0.034	0.03	2	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 5. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso



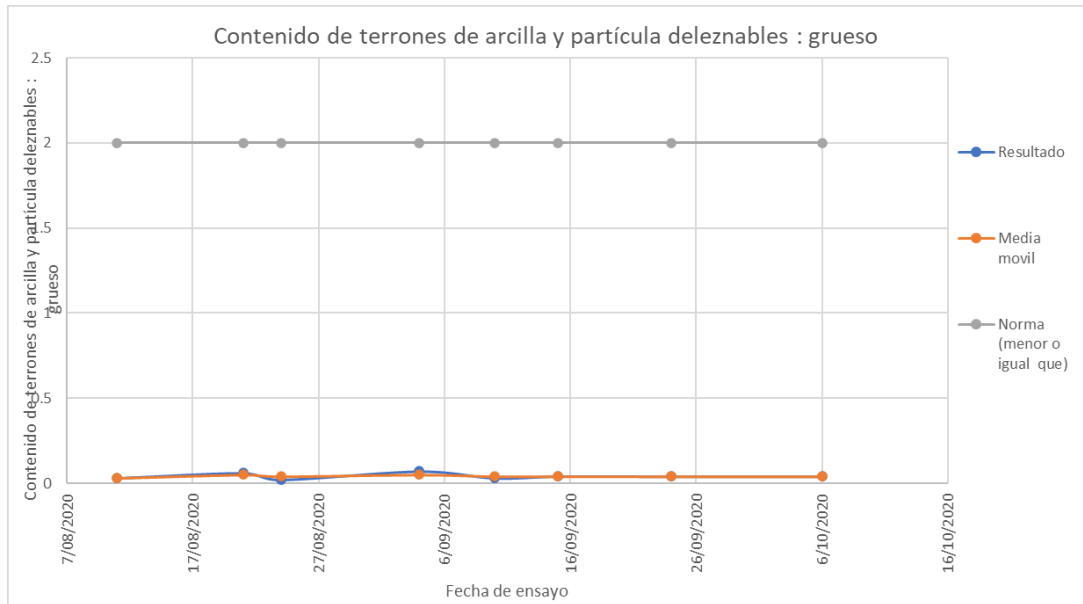
Fuente: La autora.

Tabla 12. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : grueso					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
11/08/2020	0.03	0.03	0.03	2	Cumple	Cumple
21/08/2020	0.06	0.045	0.05	2	Cumple	Cumple
24/08/2020	0.02	0.0367	0.04	2	Cumple	Cumple
4/09/2020	0.07	0.045	0.05	2	Cumple	Cumple
10/09/2020	0.03	0.042	0.04	2	Cumple	Cumple
15/09/2020	0.04	0.044	0.04	2	Cumple	Cumple
24/09/2020	0.04	0.04	0.04	2	Cumple	Cumple
6/10/2020	0.04	0.044	0.04	2	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 6. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso



Fuente: La autora.

- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino**

Tabla 13. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : fino					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	0.05	0.05	0.05	2	Cumple	Cumple
13/01/2020	0.045	0.0475	0.05	2	Cumple	Cumple
22/01/2020	0.06	0.0517	0.05	2	Cumple	Cumple
25/01/2020	0.06	0.05375	0.05	2	Cumple	Cumple
10/02/2020	0.06	0.055	0.06	2	Cumple	Cumple
17/02/2020	0.05	0.055	0.06	2	Cumple	Cumple
24/02/2020	0	0.046	0.05	2	Cumple	Cumple
1/03/2020	0.06	0.046	0.05	2	Cumple	Cumple
10/03/2020	0.04	0.042	0.04	2	Cumple	Cumple
17/03/2020	0.05	0.04	0.04	2	Cumple	Cumple

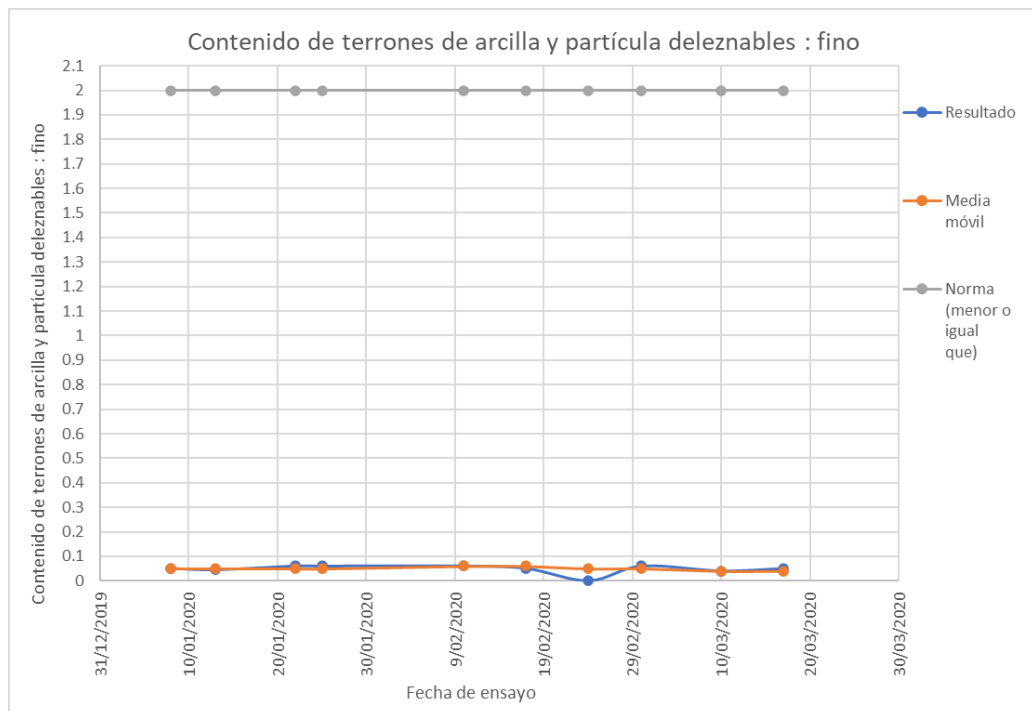
Fuente: La autora.

Tabla 14. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : fino					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
11/08/2020	0.01	0.01	0.01	2	Cumple	Cumple
21/08/2020	0.07	0.04	0.04	2	Cumple	Cumple
24/08/2020	0.03	0.03666667	0.04	2	Cumple	Cumple
4/09/2020	0.06	0.0425	0.04	2	Cumple	Cumple
10/09/2020	0.02	0.038	0.04	2	Cumple	Cumple
15/09/2020	0.02	0.04	0.04	2	Cumple	Cumple
24/09/2020	0.01	0.028	0.03	2	Cumple	Cumple
6/10/2020	0.02	0.026	0.03	2	Cumple	Cumple

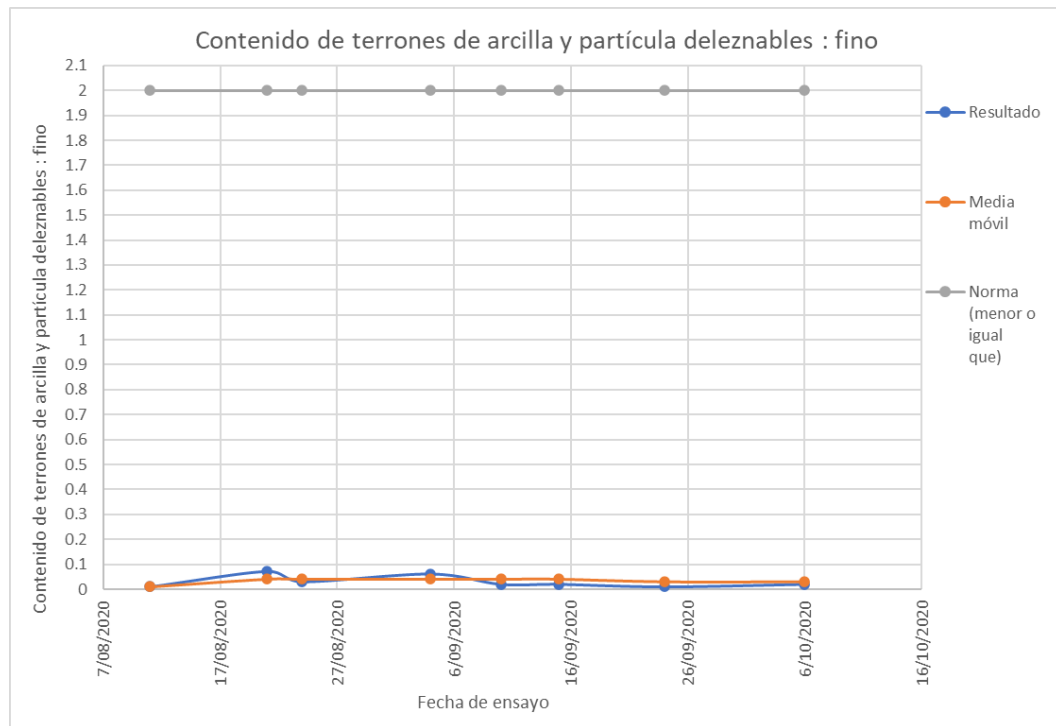
Fuente: La autora.

Figura 7. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino



Fuente: La autora.

Figura 8. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino



Fuente: La autora.

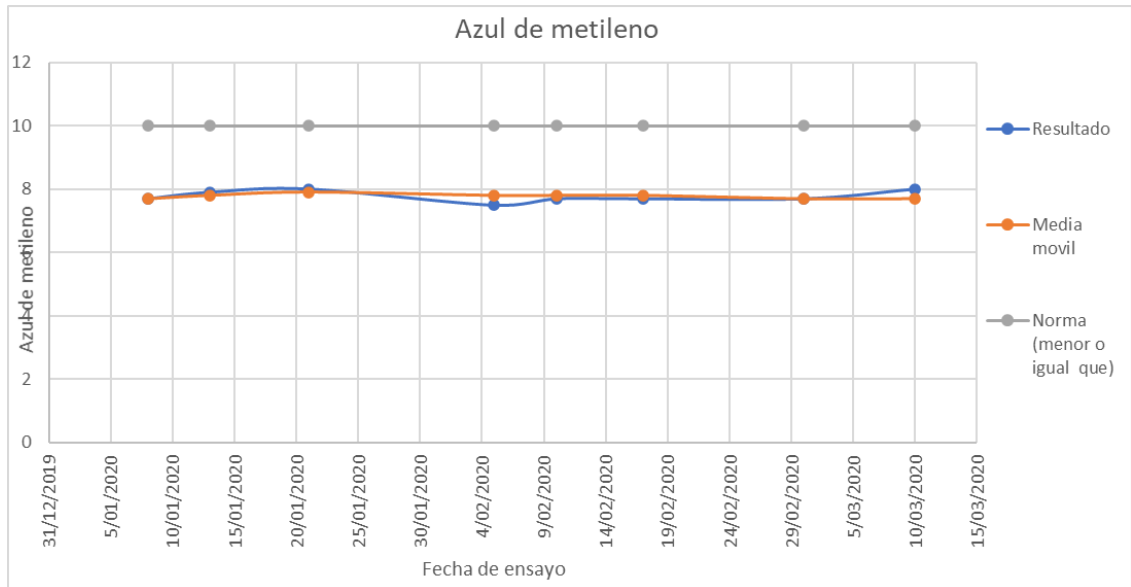
- **Azul de Metileno**

Tabla 15. Aplicación media móvil para Azul de Metileno

Ensayo:		Azul de metileno				
Norma:		INV E 235-13				
Fecha de ensayo	Resultado	Media movil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	7.7	7.7	7.7	10	Cumple	Cumple
13/01/2020	7.9	7.8	7.8	10	Cumple	Cumple
21/01/2020	8	7.87	7.9	10	Cumple	Cumple
5/02/2020	7.5	7.775	7.8	10	Cumple	Cumple
10/02/2020	7.7	7.76	7.8	10	Cumple	Cumple
17/02/2020	7.7	7.76	7.8	10	Cumple	Cumple
1/03/2020	7.7	7.72	7.7	10	Cumple	Cumple
10/03/2020	8	7.72	7.7	10	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 9. Resultados para Azul de Metileno



Fuente: La autora.

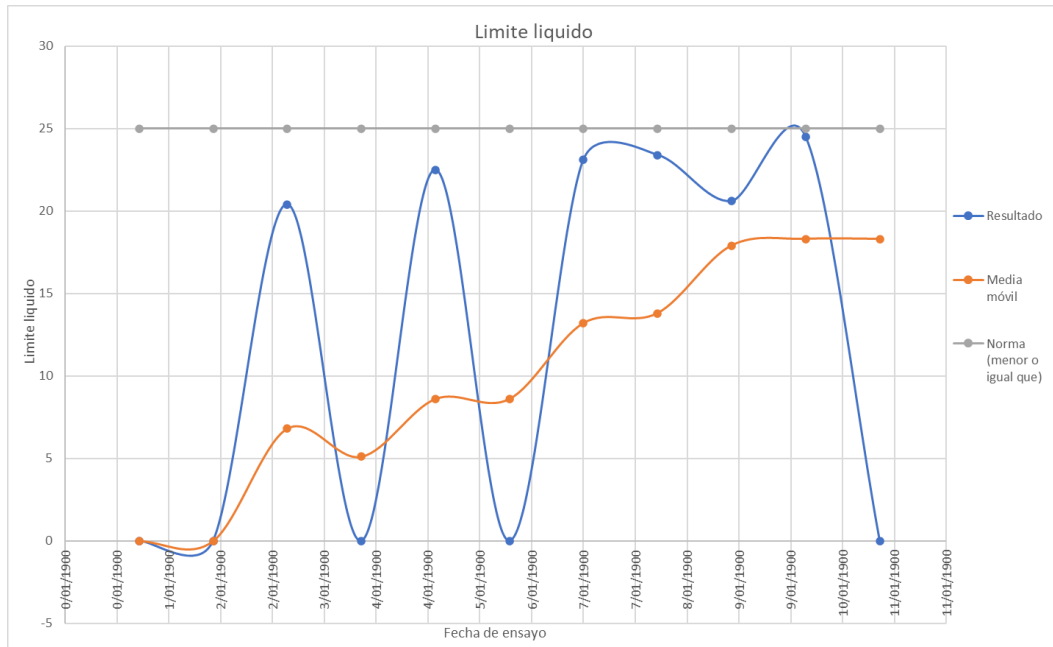
- **Limite Líquido**

Tabla 16. Aplicación media móvil para Límite Líquido

Ensayo:	Limite líquido					
Norma:	INV E 125-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumpliment o ensayo	Cumpliment o media móvil
11/08/2020	0	0	0	25	Cumple	Cumple
24/08/2020	0	0	0	25	Cumple	Cumple
4/09/2020	20.4	6.8	6.8	25	Cumple	Cumple
10/09/2020	0	5.1	5.1	25	Cumple	Cumple
15/09/2020	22.5	8.58	8.6	25	Cumple	Cumple
24/09/2020	0	8.58	8.6	25	Cumple	Cumple
2/10/2020	23.1	13.2	13.2	25	Cumple	Cumple
6/10/2020	23.4	13.8	13.8	25	Cumple	Cumple
16/10/2020	20.6	17.92	17.9	25	Cumple	Cumple
17/10/2020	24.5	18.32	18.3	25	Cumple	Cumple
11/20/2020	0	18.32	18.3	25	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 10. Resultados para Límite Líquido



Fuente: La autora.

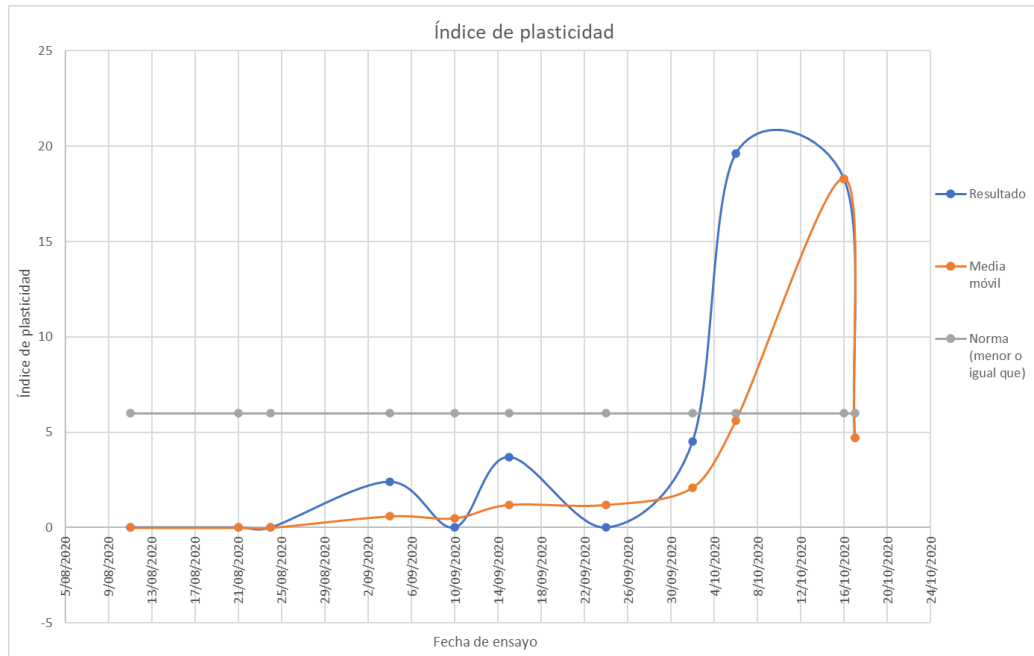
- **Índice de Plasticidad**

Tabla 17. Aplicación media móvil para Índice de Plasticidad

Ensayo:	Índice de plasticidad					
Norma:	INV E 125 y 126-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
11/08/2020	0	0	0	6	Cumple	Cumple
21/08/2020	0	0	0	6	Cumple	Cumple
24/08/2020	0	0	0	6	Cumple	Cumple
4/09/2020	2.4	0.6	0.6	6	Cumple	Cumple
10/09/2020	0	0.48	0.5	6	Cumple	Cumple
15/09/2020	3.7	1.22	1.2	6	Cumple	Cumple
24/09/2020	0	1.22	1.2	6	Cumple	Cumple
2/10/2020	4.5	2.12	2.1	6	Cumple	Cumple
6/10/2020	19.6	5.56	5.6	6	No cumple	Cumple
16/10/2020	18.3	18.3	18.3	6	No cumple	No cumple
17/10/2020	4.7	4.7	4.7	6	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 11. Resultados para Índice de Plasticidad



Fuente: La autora.

4.1.2.3 Validación estadística de la media móvil

Los resultados de los ensayos realizados mediante la técnica estadística media móvil, demuestran que los valores cumplen con las especificaciones en la mayoría de casos, excepto en el correspondiente al índice de plasticidad, en este caso la técnica estadística indica que se debe iniciar con un nuevo cálculo cuando el resultado de la jornada cumpla con las exigencias de las especificaciones, para el día 16 de octubre de 2020 el resultado arrojado por la media móvil no cumplió con el requisito de la norma por lo que el resultado del 17 de octubre de 2020 es el inicio de un nuevo cálculo.

Posterior a la aplicación de la media móvil sobre los resultados que lo permitían, se validó estadísticamente como se presenta en Tabla 18:

Tabla 18. Validación estadística Sub – base granular

Ensayo	Periodo	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación. (%)
Equivalente de arena	Primer periodo	25.89	0.55	2.12
	Segundo periodo	25.79	0.49	1.90
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznable : grueso	Primer periodo	0.05	0.01	15.20
	Segundo periodo	0.04	0.01	15.54
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznable : fino	Primer periodo	0.05	0.01	13.33
	Segundo periodo	0.03	0.01	31.43
Azul de metileno	Periodo único	7.78	0.07	0.91
Límite líquido	Segundo periodo	10.05	6.80	67.68
Índice de plasticidad	Segundo periodo	1.24	1.78	142.97

Fuente: La autora.

Los resultados indican que, para los ensayos de Equivalente de Arena, contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznable: grueso y fino y Azul de Metileno aportan resultados que indican que la media de los datos es representativa y que la dispersión de la información es baja, una vez que la desviación estándar es baja y el coeficiente de variación es cercano a 0.

Por el contrario, para el caso de los ensayos de Límite Líquido e Índice de Plasticidad los resultados obtenidos indican que no hay representatividad de la media y una alta dispersión de la información, esto puede justificarse por el alto cambio entre los resultados de ensayo de laboratorio, por ejemplo para el límite líquido de valores nulos (0) saltó a valores como 22.5 o 23.1, o en el caso del índice de plasticidad de valores nulos (0) a 4.5, en donde también se debe resaltar el hecho de no cumplimiento con los requisitos lo que hace que no sea uniforme el comportamiento de los resultados.

4.1.2.4 Comparación del proceso usado en el control de calidad

En este subcapítulo se pretende comparar el proceso de control de calidad realizado por el contratista con respecto al proceso de calidad con la media móvil.

En el caso del contratista, este realizó por medio de resultados de ensayos de laboratorio el control de calidad comparando en cada una de las jornadas con los requisitos de calidad de las Especificaciones Generales de Construcción el control de calidad. Con la media móvil se tiene en cuenta los resultados a lo largo del tiempo de los resultados de ensayos de laboratorio realizados por el constructor.

A pesar de que el constructor notó que en algunos casos los resultados de ensayos de laboratorio no cumplieron con los requisitos de calidad, aprobó el uso del material en la construcción de la sub – base granular, lo que implica un error.

Se presenta en la Tabla 19, el resumen de los ensayos realizados tratados bajo la aplicación de la técnica estadística media móvil. En este se encontró que a la luz de las exigencias de las especificaciones de calidad el único ensayo que no cumple es el índice de plasticidad el día 17 de octubre de 2020, lo cual no permite que el material se acepte de forma continua.

4.1.2.5 Análisis técnico y conclusiones

El constructor, a pesar de realizar todos los ensayos propuestos en las Especificaciones Generales de Construcción no realizó ensayos de calidad de forma continua, su trabajo presentó grandes lapsos de tiempo sin la presencia de resultados de los ensayos de laboratorio, lo que indica que la media móvil no pudo ser aplicada a varios de los parámetros de calidad.

En la Tabla 19 se presenta en resumen de la aplicación de la técnica estadística media móvil con los respectivos resultados, respecto a la jornada de trabajo, se presentaron ensayos a los cuales por la cantidad de resultados no fue posible aplicar la técnica estadística media móvil. Es importante resaltar el no cumplimiento del ensayo de índice de plasticidad en la jornada de trabajo del 17 de octubre, por lo tanto, se inició una nueva aplicación de la técnica estadística media móvil en la siguiente jornada.

Tabla 19. Resumen de aplicación media móvil material para sub – base granular

	Ensayo	Equivalente de arena		Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznable : grueso		Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznable : fino		Azul de metileno		Limite líquido		Indice de plasticidad	
	Norma	INV E 133-13		INV E 211-13		INV E 211-13		INV E 235-13		INV E 125-13		INV E 125 v 126-13	
	Fecha	Media móvil	Requisito (mayor o igual que)	Media móvil	Requisito (menor o igual que)	Media móvil	Requisito (menor o igual que)	Media móvil	Requisito (menor o igual que)	Media móvil	Requisito (menor o igual que)	Media móvil	Requisito (menor o igual que)
Primer periodo	8/01/2020	27	25	0.05	2	0.05	2	7.7	10	0	25	0	6
	13/01/2020	27	25	0.05	2	0.05	2	7.8	10	0	25	0	6
	21/01/2020	26.7	25	0.05	2	-	2	7.9	10	0	25	0	6
	22/01/2020	26.8	25	-	2	0.05	2	-	10	0	25	0	6
	25/01/2020	-	25	-	-	0.05	2	-	10	-	25	-	6
	4/02/2020	26.4	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	5/02/2020	26	25	0.05	2	-	2	7.8	10	0	25	0	6
	8/02/2020	25.6	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	10/02/2020	25.4	25	0.05	2	0.06	2	7.8	10	0	25	0	6
	12/02/2020	25	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	14/02/2020	25.2	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	17/02/2020	25.2	25	0.05	2	0.06	2	7.8	10	0	25	0	6
	19/02/2020	25.4	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	21/02/2020	25.6	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	22/02/2020	25.8	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	24/02/2020	25.8	25	0.04	2	0.05	2	-	10	0	25	0	6
	25/02/2020	-	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	26/02/2020	26.2	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	27/02/2020	26	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6
	28/02/2020	25.8	25	-	2	-	2	-	10	-	25	-	6
1/03/2020	25.8	25	0.05	2	0.05	2	7.7	10	0	25	0	6	
6/03/2020	25.8	25	-	2	-	2	-	10	-	25	-	6	
10/03/2020	25.6	25	0.04	2	-	2	7.7	10	0	25	0	6	
12/03/2020	25.8	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6	
14/03/2020	25.8	25	-	2	-	2	-	10	0	25	0	6	
17/03/2020	25.6	25	0.03	2	0.04	2	-	10	0	25	0	6	
Segundo periodo	11/08/2020	27	25	0.03	2	0.01	2	-	10	0	25	0	6
	21/08/2020	26	25	0.05	2	0.04	2	-	10	-	25	-	6
	24/08/2020	25.7	25	0.04	2	0.04	2	-	10	0	25	0	6
	4/09/2020	25.8	25	0.05	2	0.04	2	-	10	6.8	25	0	6
	10/09/2020	25.6	25	0.04	2	-	2	-	10	5.1	25	0.6	6
	15/09/2020	25.4	25	0.04	2	0.04	2	-	10	8.6	25	0.5	6
	24/09/2020	25.6	25	0.04	2	0.03	2	-	10	8.6	25	1.2	6
	2/10/2020	25.6	25	-	2	-	2	-	10	13.2	25	1.2	6
	6/10/2020	25.4	25	0.04	2	0.03	2	-	10	13.8	25	2.1	6
	16/10/2020	-	25	-	2	-	2	-	10	17.9	25	5.6	6
	17/10/2020	-	25	-	2	-	2	-	10	18.3	25	18.3	6
11/20/2020	-	25	-	2	-	2	-	10	18.3	25	4.7	6	

Fuente: La autora.

Por último, es importante señalar, que para los ensayos de CBR, Desgaste de la Máquina de los Ángeles 500rv, Perdidas en Ensayo de Solidez de Sulfatos: Sulfato de Sodio, fino y grueso, Degradación por Abrasión en el Equipo Micro – Deval no se logró la aplicación de la técnica estadística por la falta de cantidad de ensayos, por lo tanto, para ninguno de los días se logró conceptuar con un nivel de confianza alto acerca de la calidad del material basado en la media móvil. Además, solo para los dos días previamente señalados se logró conceptuar acerca del control de calidad a la luz de los resultados directos de ensayos de laboratorio, el resto de los días al faltar por lo menos uno de los ensayos mínimos requeridos no se logró conceptuar completamente.

4.1.3 Base granular

4.1.3.1 Control de calidad por parte del constructor

Los ensayos realizados por parte del contratista están relacionados en la Tabla 20, además de la comparación con los requisitos exigidos por las especificaciones de calidad del Instituto Nacional de Vías, se evidenció que se realizaron todos los ensayos encontrados en el capítulo 3, artículo 330, tabla 330-2.

Es importante resaltar que en este mismo artículo en sus numerales 330.5.2.1-2, exige para la recepción del material y trabajo realizado la toma de mínimo 4 muestras a las cuales se les debe realizar los ensayos relacionados en la Tabla 20, situación que no está referenciada en los informes, donde solo se presenta un resultado de cada ensayo. Por otro lado, en la tabla 330-4 se exige la realización de los ensayos Limite Líquido, Índice de plasticidad, Equivalente de arena, Valor de azul de metileno y Ensayo modificado de compactación con una frecuencia mínima de 1 vez por jornada, lo cual se incumple en algunas jornadas de trabajo.

Tabla 20. Ensayos realizados sobre base granular

Ensayo	Fecha																											Observación del contratista	Requisito		
	7/01/2020	8/01/2020	11/01/2020	12/01/2020	13/01/2020	14/01/2020	15/01/2020	19/01/2020	20/01/2020	22/01/2020	27/01/2020	28/01/2020	4/02/2020	6/02/2020	8/02/2020	10/02/2020	12/02/2020	19/02/2020	21/02/2020	22/02/2020	3/03/2020	5/03/2020	7/03/2020	9/03/2020	10/03/2020	13/03/2020	19/03/2020				
Equivalente de arena INV E 133-13	30	31	31	31	31	31	31	30	30	31			30	31	30	31	30	30	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	Cumple con los requisitos	>30	
Valor de azul de metileno INV E -235-13		7			7.3				7				7.3			7		7.7			7				7		5.7		Cumple con los requisitos	<10	
Indice de aplanamiento INV E 230-13		33.5			33.3				31.2				34			31		33			33				32	31			Cumple con los requisitos	>35	
Indice de alargamiento INV E 230-13		32.2			32.3				32.3				34			32		33.3						33	32				Cumple con los requisitos	>35	
Contenido de terrones de arcilla y partículas delezables: grueso INV E 211-13		0.04			0.04				0.05				0.05			0.05		0.05			0.05				0.05	0.04			Cumple con los requisitos	>2	
Contenido de terrones de arcilla y partículas delezables: fino INV E 211-13		0.03			0.04				0.05				0.05			0.05		0.05			0.03				0.03	0.08			Cumple con los requisitos	>2	
Densidad de compactación en cunetas INV E 161-13																													Cumple con los requisitos	-	
Angularidad de la fracción fina INV E 239-13					45											45						33				45			Cumple con los requisitos	<35	
Evaluación de la resistencia mecánica por el metodo de 10% de finos INV E 224-13																	327									325			Cumple con los requisitos	<90/<75	
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval INV E 238-13					16.1												16.7										16			Cumple con los requisitos	>25
Desgaste de la maquina de los Angeles 100rv INV E 218-13					4.2												4.3									4.2			Cumple con los requisitos	>7	
Desgaste de la maquina de los Angeles 500rv INV E 218-13					18.8												18.6									18.4			Cumple con los requisitos	>35	
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos: sulfato de sodio : fino INV E 220-13					3												2.93									2.68			Cumple con los requisitos	>12	
CBR INV E -148 13												99.6	99.4													112.6			Cumple con los requisitos	>=95	
% caras fracturadas : una cara INV E -227-13		100			100				100				100			100		100			100			100		100			Cumple con los requisitos	>=100	
% caras fracturadas : dos caras INV E 227-13		100			100				100				100			100		100			100			100		100			Cumple con los requisitos	>=70	
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos: sulfato de sodio : grueso INV E 220-13					2.24												2.26									2.15			Cumple con los requisitos	>12	
Indice de plasticidad INV E 125-126									NP				NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	Cumple con los requisitos	NP	
Limite líquido INV E 125									0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Cumple con los requisitos	NL	

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

Tabla 20. Continuación. Ensayos realizados sobre base granular

Ensayo	Fecha																								Observación del contratista	Requisito								
	12/08/2020	19/08/2020	25/08/2020	5/09/2020	7/09/2020	8/09/2020	17/09/2020	24/09/2020	3/10/2020	7/10/2020	12/10/2020	14/10/2020	20/10/2020	23/10/2020	24/10/2020	25/10/2020	9/11/2020	3/11/2020	4/11/2020	5/11/2020	10/11/2020	16/11/2020	20/11/2020	21/11/2020			30/11/2020							
Equivalente de arena INV E 133-13		30	30	30	30	31	31	31	30	30	30	30	30	31	30	30		30	30	30													Cumple con los requisitos	>30
Valor de azul de metileno INV E -235-13	7.3	7	7.3	7.3	8		7	7.3	7.3	7.7	7.7		8					7.7													Cumple con los requisitos	<10		
Indice de aplanamiento INV E 230-13	30	32	31	32	32.2		31	33	32	32	33.4		31					32													Cumple con los requisitos	>35		
Indice de alargamiento INV E 230-13	30	34	31	31	33.4		33	31	32	32	32.6		31					32													Cumple con los requisitos	>35		
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable: grueso INV E 211-13		0.1	0.1	0.1	0.05		0	0.1	0.1	0.1	0.05		0.1					0.1													Cumple con los requisitos	>2		
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable: fino INV E 211-13		0	0	0	0.03		0	0	0	0	0.02		0					0													Cumple con los requisitos	>2		
Densidad de compactación en cunetas INV E 161-13																											98.2	96.7	96	96	95	Cumple con los requisitos	-	
Angularidad de la fracción fina INV E 239-13	45				45.3							45.4						45.1													Cumple con los requisitos	<35		
Evaluación de la resistencia mecánica por el metodo de 10% de finos INV E 224-13	369				413							407						380													Cumple con los requisitos	<90/<75		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval INV E 238-13	16				16.3							15.6						14.8													Cumple con los requisitos	>25		
Desgaste de la maquina de los Angeles 100rv INV E 218-13		4			4.2							4						4.1													Cumple con los requisitos	>7		
Desgaste de la maquina de los Angeles 500rv INV E 218-13		18			18							17.6						17.5														Cumple con los requisitos	>35	
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos: sulfato de sodio : fino INV E 220-13	2.1				2.95							3.18						2.93													Cumple con los requisitos	>12		
CBR INV E -148 13	98				108							111						109													Cumple con los requisitos	>=95		
% caras fracturadas : una cara INV E -227-13			100						100	100	100		100					100													Cumple con los requisitos	>=100		
% caras fracturadas : dos caras INV E 227-13		100	100	100	100		100	100	100	100	100		100					100													Cumple con los requisitos	>=70		
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos: sulfato de sodio : grueso INV E 220-13	1.4				1.42							1.6						1.74													Cumple con los requisitos	>12		
Indice de plasticidad INV E 125-126	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP		NP	NP	NP											Cumple con los requisitos	NP		
Limite líquido INV E 125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0											Cumple con los requisitos	NL		

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

4.1.3.2 Control de calidad mediante la media móvil

Respecto a la información recopilada y organizada desde los informes proporcionados, se procedió a la aplicación de la media móvil, lo cual es presentado en las Tabla 21 – Tabla 33:

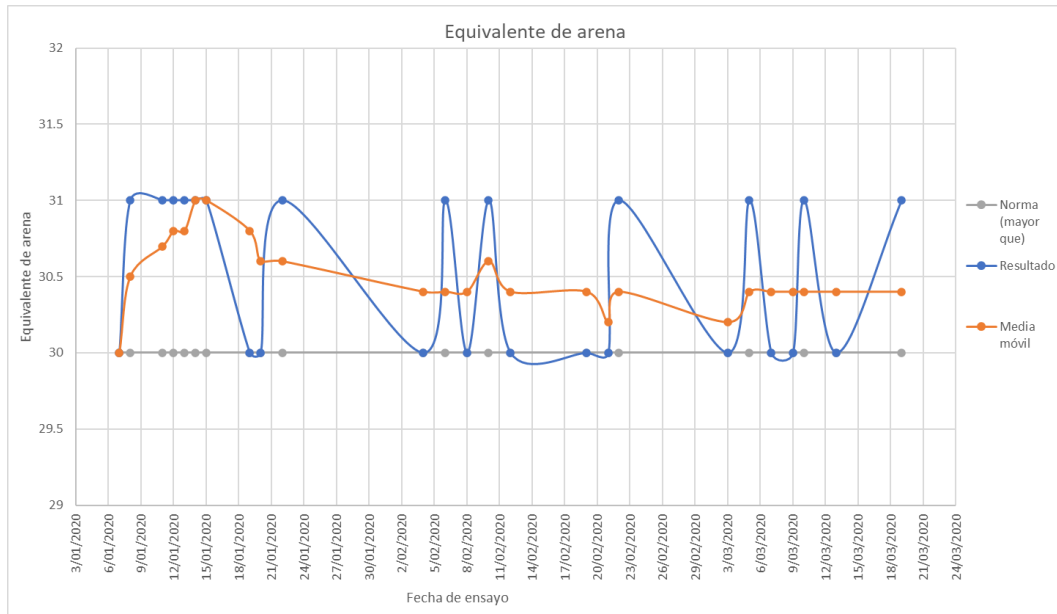
- **Equivalente de Arena**

Tabla 21. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena

Ensayo:	Equivalente de arena					
Norma:	INV E 133-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
7/01/2020	30	30	30	30	Cumple	Cumple
8/01/2020	31	30.5	30.5	30	Cumple	Cumple
11/01/2020	31	30.667	30.7	30	Cumple	Cumple
12/01/2020	31	30.75	30.8	30	Cumple	Cumple
13/01/2020	31	30.8	30.8	30	Cumple	Cumple
14/01/2020	31	31	31	30	Cumple	Cumple
15/01/2020	31	31	31	30	Cumple	Cumple
19/01/2020	30	30.8	30.8	30	Cumple	Cumple
20/01/2020	30	30.6	30.6	30	Cumple	Cumple
22/01/2020	31	30.6	30.6	30	Cumple	Cumple
4/02/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
6/02/2020	31	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
8/02/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
10/02/2020	31	30.6	30.6	30	Cumple	Cumple
12/02/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
19/02/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
21/02/2020	30	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
22/02/2020	31	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
3/03/2020	30	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
5/03/2020	31	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
7/03/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
9/03/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
10/03/2020	31	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
13/03/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
19/03/2020	31	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 12. Resultados para Equivalente de Arena



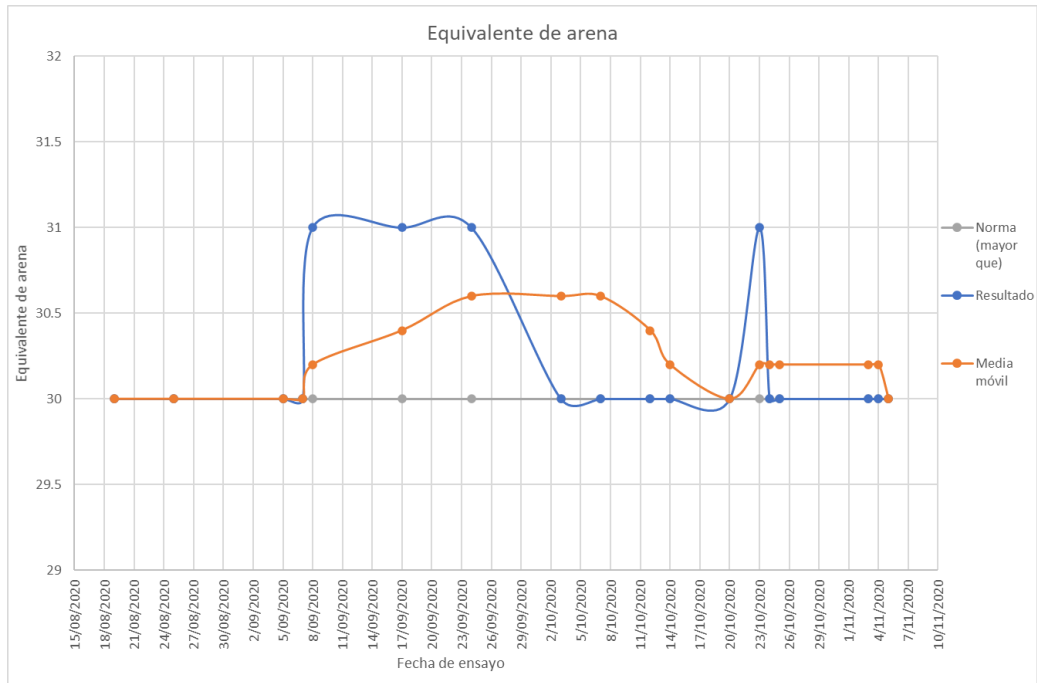
Fuente: La autora.

Tabla 22. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena

Ensayo:		Equivalente de arena				
Norma:		INV E 133-13				
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Cumplimiento o ensayo	Cumplimiento media móvil
19/08/2020	30	30	30	30	Cumple	Cumple
25/08/2020	30	30	30	30	Cumple	Cumple
5/09/2020	30	30	30	30	Cumple	Cumple
7/09/2020	30	30	30	30	Cumple	Cumple
8/09/2020	31	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
17/09/2020	31	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
24/09/2020	31	30.6	30.6	30	Cumple	Cumple
3/10/2020	30	30.6	30.6	30	Cumple	Cumple
7/10/2020	30	30.6	30.6	30	Cumple	Cumple
12/10/2020	30	30.4	30.4	30	Cumple	Cumple
14/10/2020	30	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
20/10/2020	30	30	30	30	Cumple	Cumple
23/10/2020	31	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
24/10/2020	30	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
25/10/2020	30	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
3/11/2020	30	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
4/11/2020	30	30.2	30.2	30	Cumple	Cumple
5/11/2020	30	30	30	30	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 13. Resultados para Equivalente de Arena



Fuente: La autora.

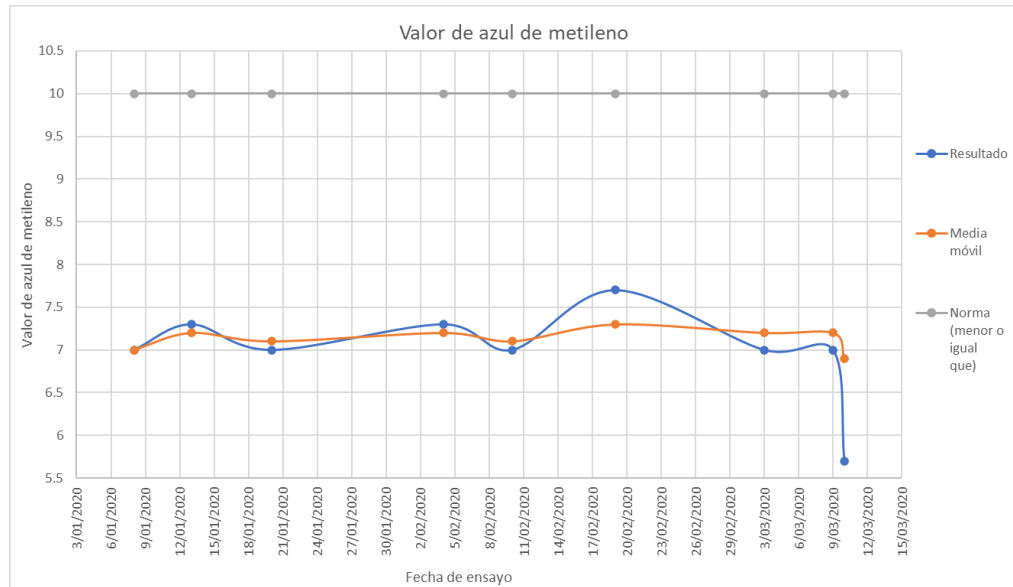
- **Azul de Metileno**

Tabla 23. Aplicación media móvil para Azul de Metileno

Ensayo:	Valor de azul de metileno					
Norma:	INV E -235-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento o ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	7	7	7	10	Cumple	Cumple
13/01/2020	7.3	7.15	7.2	10	Cumple	Cumple
20/01/2020	7	7.1	7.1	10	Cumple	Cumple
4/02/2020	7.3	7.15	7.2	10	Cumple	Cumple
10/02/2020	7	7.12	7.1	10	Cumple	Cumple
19/02/2020	7.7	7.26	7.3	10	Cumple	Cumple
3/03/2020	7	7.2	7.2	10	Cumple	Cumple
9/03/2020	7	7.2	7.2	10	Cumple	Cumple
10/03/2020	5.7	6.88	6.9	10	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 14. Resultados para Azul de Metileno



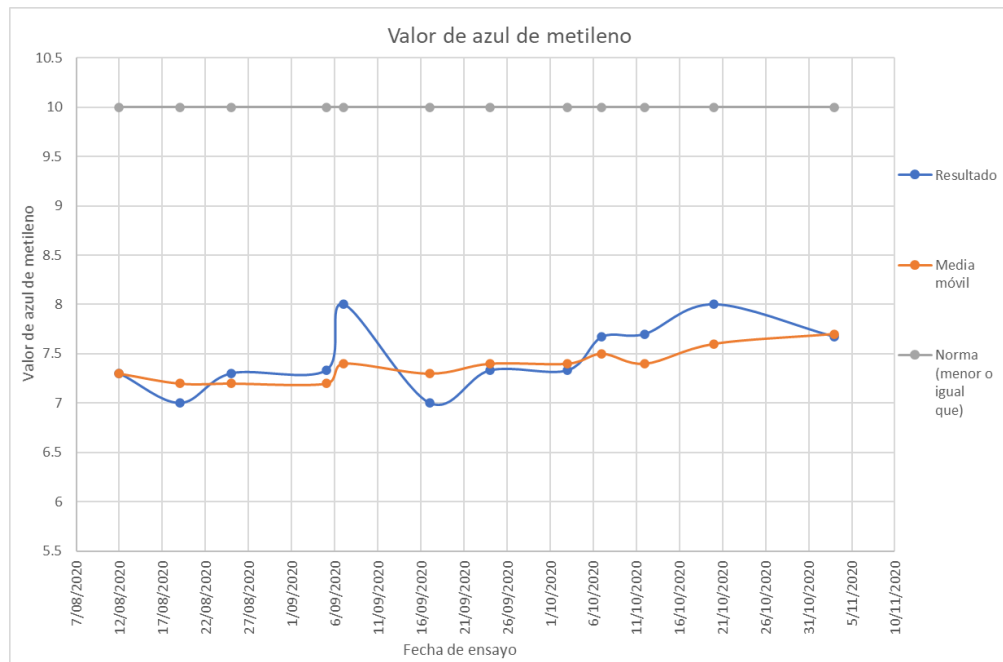
Fuente: La autora.

Tabla 24. Aplicación media móvil para Azul de Metileno

Ensayo:	Valor de azul de metileno					
Norma:	INV E -235-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
12/08/2020	7.3	7.3	7.3	10	Cumple	Cumple
19/08/2020	7	7.15	7.2	10	Cumple	Cumple
25/08/2020	7.3	7.2	7.2	10	Cumple	Cumple
5/09/2020	7.33	7.2325	7.2	10	Cumple	Cumple
7/09/2020	8	7.386	7.4	10	Cumple	Cumple
17/09/2020	7	7.326	7.3	10	Cumple	Cumple
24/09/2020	7.33	7.392	7.4	10	Cumple	Cumple
3/10/2020	7.33	7.398	7.4	10	Cumple	Cumple
7/10/2020	7.67	7.466	7.5	10	Cumple	Cumple
12/10/2020	7.7	7.406	7.4	10	Cumple	Cumple
20/10/2020	8	7.606	7.6	10	Cumple	Cumple
3/11/2020	7.67	7.674	7.7	10	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 15. Resultados para Azul de Metileno



Fuente: La autora.

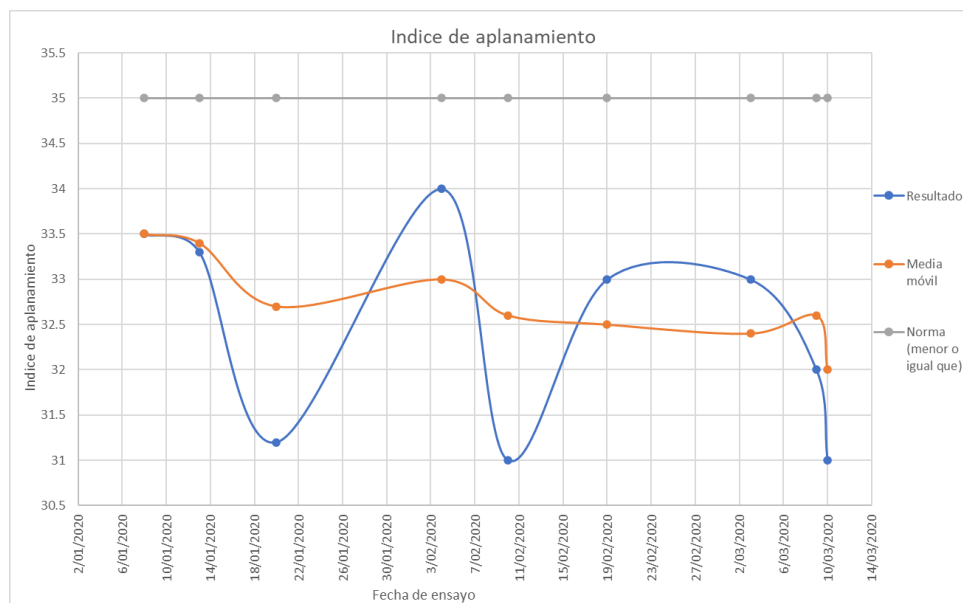
- **Índice de Aplanamiento**

Tabla 25. Aplicación media móvil para Índice de Aplanamiento

Ensayo:	Índice de aplanamiento					
Norma:	INV E 230-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	33.5	33.5	33.5	35	Cumple	Cumple
13/01/2020	33.3	33.4	33.4	35	Cumple	Cumple
20/01/2020	31.2	32.67	32.7	35	Cumple	Cumple
4/02/2020	34	33	33	35	Cumple	Cumple
10/02/2020	31	32.6	32.6	35	Cumple	Cumple
19/02/2020	33	32.5	32.5	35	Cumple	Cumple
3/03/2020	33	32.44	32.4	35	Cumple	Cumple
9/03/2020	32	32.6	32.6	35	Cumple	Cumple
10/03/2020	31	32	32	35	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 16. Resultados para Índice de Aplanamiento



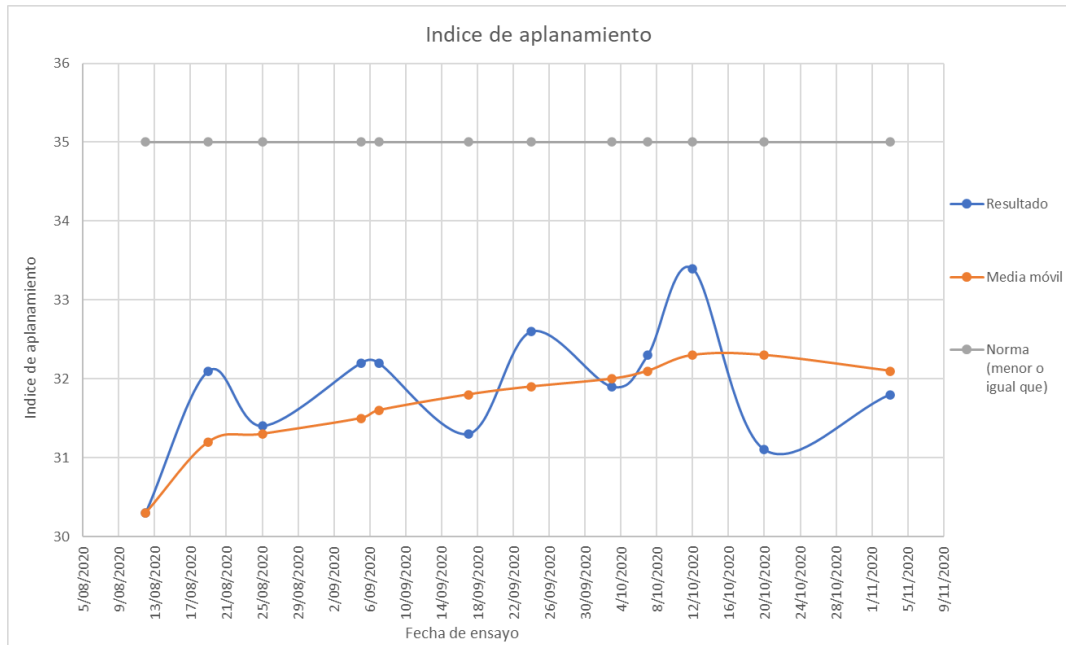
Fuente: La autora.

Tabla 26. Aplicación media móvil para Índice de Aplanamiento

Ensayo:	Índice de aplanamiento					
Norma:	INV E 230-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
12/08/2020	30.3	30.3	30.3	35	Cumple	Cumple
19/08/2020	32.1	31.2	31.2	35	Cumple	Cumple
25/08/2020	31.4	31.2667	31.3	35	Cumple	Cumple
5/09/2020	32.2	31.5	31.5	35	Cumple	Cumple
7/09/2020	32.2	31.64	31.6	35	Cumple	Cumple
17/09/2020	31.3	31.84	31.8	35	Cumple	Cumple
24/09/2020	32.6	31.94	31.9	35	Cumple	Cumple
3/10/2020	31.9	32.04	32	35	Cumple	Cumple
7/10/2020	32.3	32.06	32.1	35	Cumple	Cumple
12/10/2020	33.4	32.3	32.3	35	Cumple	Cumple
20/10/2020	31.1	32.26	32.3	35	Cumple	Cumple
3/11/2020	31.8	32.1	32.1	35	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 17. Resultados para Índice de Aplanamiento



Fuente: La autora.

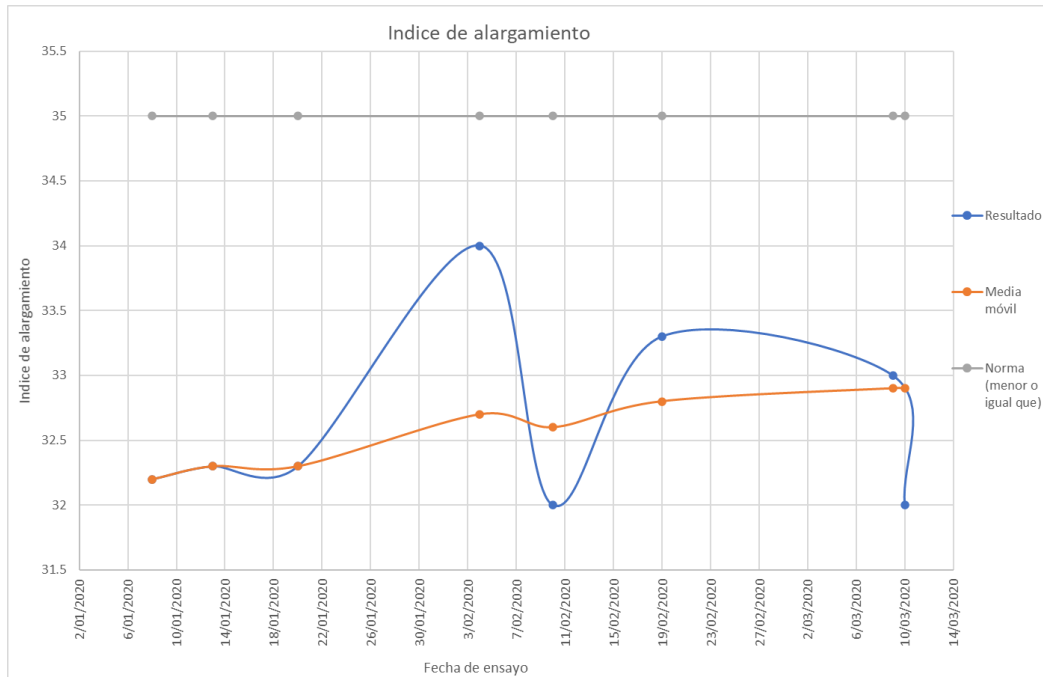
- **Índice de Alargamiento**

Tabla 27. Aplicación media móvil para Índice de Alargamiento

Ensayo:	Índice de alargamiento					
Norma:	INV E 230-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	32.2	32.2	32.2	35	Cumple	Cumple
13/01/2020	32.3	32.25	32.3	35	Cumple	Cumple
20/01/2020	32.3	32.267	32.3	35	Cumple	Cumple
4/02/2020	34	32.7	32.7	35	Cumple	Cumple
10/02/2020	32	32.56	32.6	35	Cumple	Cumple
19/02/2020	33.3	32.78	32.8	35	Cumple	Cumple
9/03/2020	33	32.92	32.9	35	Cumple	Cumple
10/03/2020	32	32.86	32.9	35	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 18. Resultados para Índice de Alargamiento



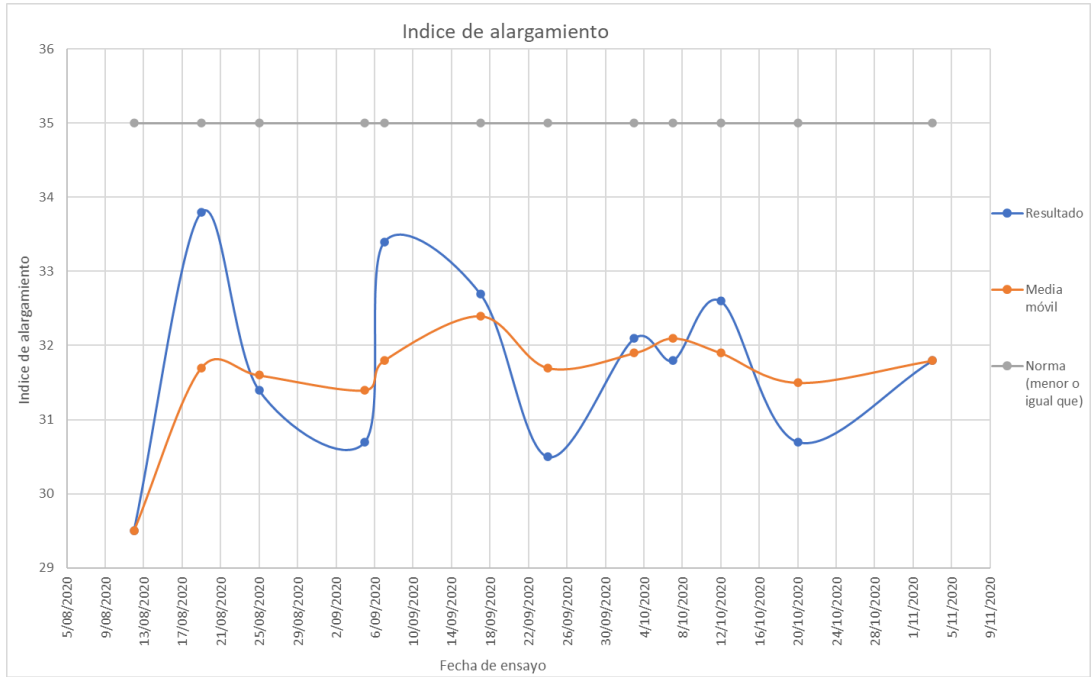
Fuente: La autora.

Tabla 28. Aplicación media móvil para Índice de Alargamiento

Ensayo:	Índice de alargamiento					
Norma:	INV E 230-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
12/08/2020	29.5	29.5	29.5	35	Cumple	Cumple
19/08/2020	33.8	31.65	31.7	35	Cumple	Cumple
25/08/2020	31.4	31.567	31.6	35	Cumple	Cumple
5/09/2020	30.7	31.35	31.4	35	Cumple	Cumple
7/09/2020	33.4	31.76	31.8	35	Cumple	Cumple
17/09/2020	32.7	32.4	32.4	35	Cumple	Cumple
24/09/2020	30.5	31.74	31.7	35	Cumple	Cumple
3/10/2020	32.1	31.88	31.9	35	Cumple	Cumple
7/10/2020	31.8	32.1	32.1	35	Cumple	Cumple
12/10/2020	32.6	31.94	31.9	35	Cumple	Cumple
20/10/2020	30.7	31.54	31.5	35	Cumple	Cumple
3/11/2020	31.8	31.8	31.8	35	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 19. Resultados para Índice de Alargamiento



Fuente: La autora.

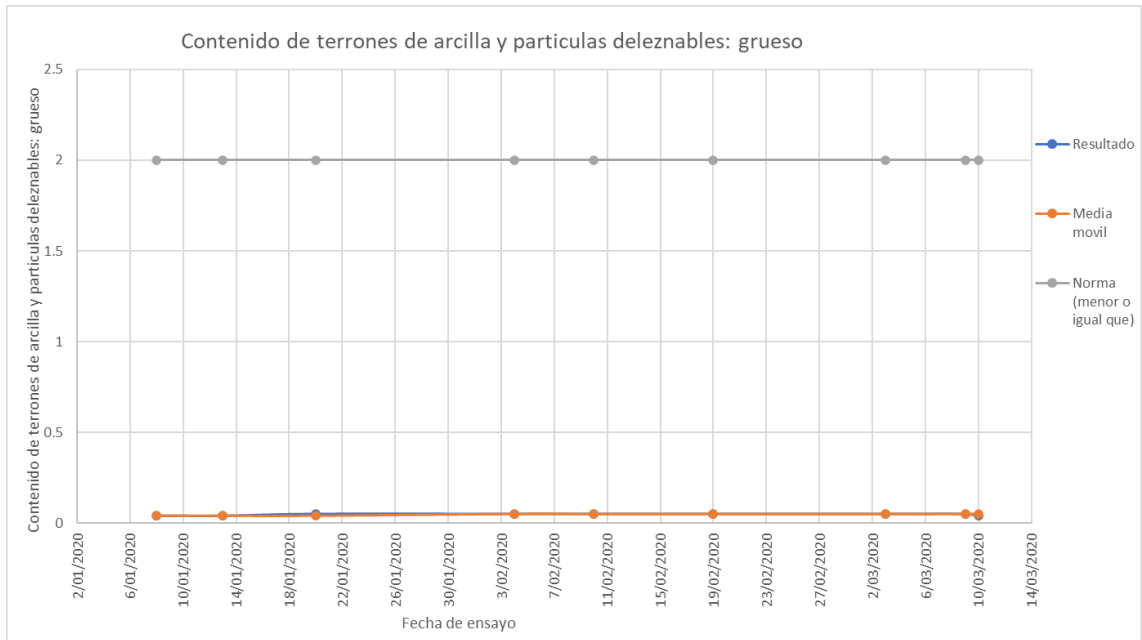
- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales: grueso**

Tabla 29. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales: grueso

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y particulas deleznales: grueso					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media movil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	0.04	0.04	0.04	2	Cumple	Cumple
13/01/2020	0.04	0.04	0.04	2	Cumple	Cumple
20/01/2020	0.05	0.043	0.04	2	Cumple	Cumple
4/02/2020	0.05	0.045	0.05	2	Cumple	Cumple
10/02/2020	0.05	0.046	0.05	2	Cumple	Cumple
19/02/2020	0.05	0.048	0.05	2	Cumple	Cumple
3/03/2020	0.05	0.05	0.05	2	Cumple	Cumple
9/03/2020	0.05	0.05	0.05	2	Cumple	Cumple
10/03/2020	0.04	0.048	0.05	2	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 20. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: Grueso



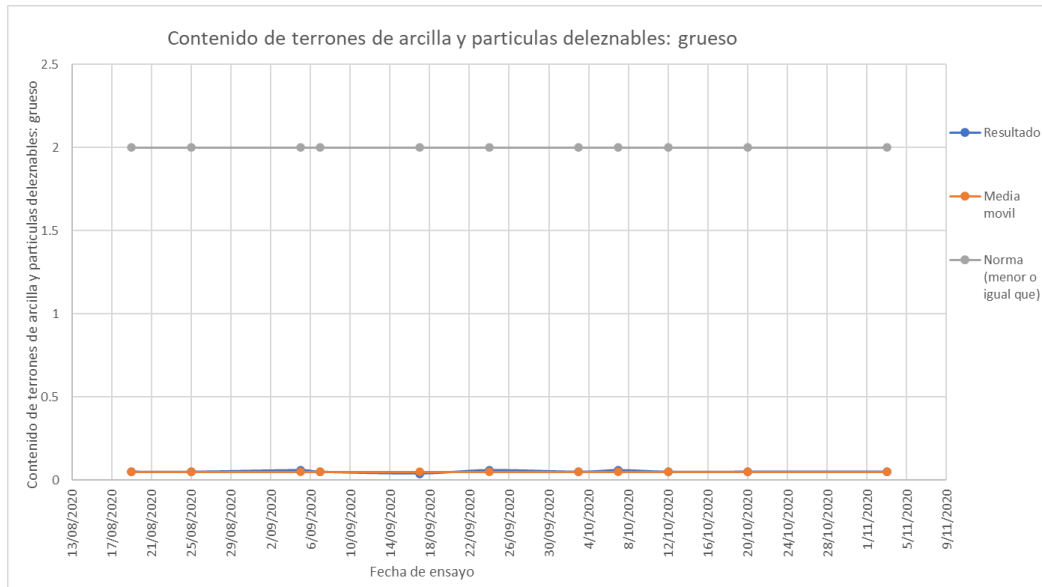
Fuente: La autora.

Tabla 30. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: grueso					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
19/08/2020	0.05	0.05	0.05	2	Cumple	Cumple
25/08/2020	0.05	0.05	0.05	2	Cumple	Cumple
5/09/2020	0.06	0.0533	0.05	2	Cumple	Cumple
7/09/2020	0.05	0.0525	0.05	2	Cumple	Cumple
17/09/2020	0.04	0.05	0.05	2	Cumple	Cumple
24/09/2020	0.06	0.052	0.05	2	Cumple	Cumple
3/10/2020	0.05	0.052	0.05	2	Cumple	Cumple
7/10/2020	0.06	0.052	0.05	2	Cumple	Cumple
12/10/2020	0.05	0.052	0.05	2	Cumple	Cumple
20/10/2020	0.05	0.054	0.05	2	Cumple	Cumple
3/11/2020	0.05	0.052	0.05	2	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 21. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso



Fuente: La autora.

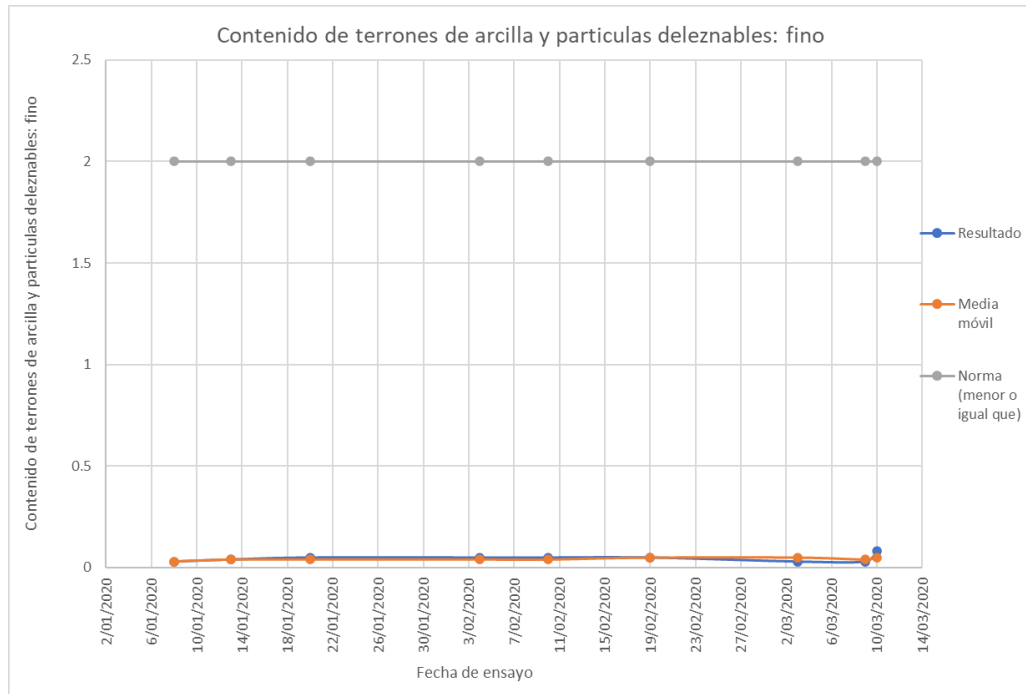
- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino**

Tabla 31. Aplicación media móvil contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: fino					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
8/01/2020	0.03	0.03	0.03	2	Cumple	Cumple
13/01/2020	0.04	0.035	0.04	2	Cumple	Cumple
20/01/2020	0.05	0.04	0.04	2	Cumple	Cumple
4/02/2020	0.05	0.0425	0.04	2	Cumple	Cumple
10/02/2020	0.05	0.044	0.04	2	Cumple	Cumple
19/02/2020	0.05	0.048	0.05	2	Cumple	Cumple
3/03/2020	0.03	0.046	0.05	2	Cumple	Cumple
9/03/2020	0.03	0.042	0.04	2	Cumple	Cumple
10/03/2020	0.08	0.048	0.05	2	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 22. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino



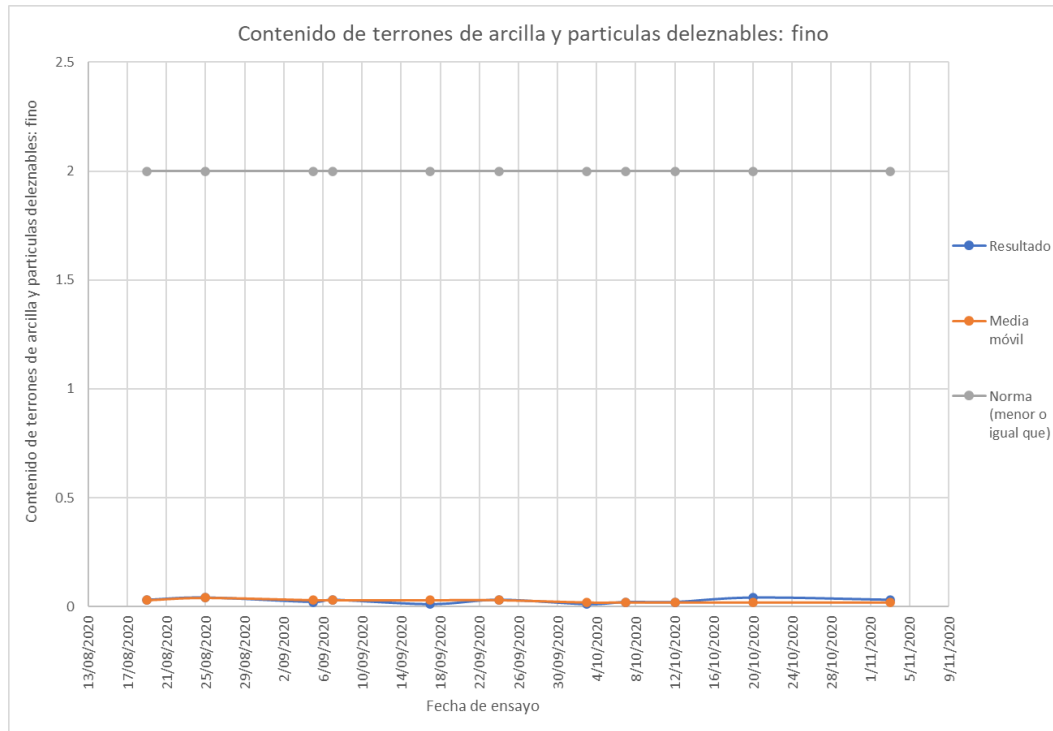
Fuente: La autora.

Tabla 32. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: fino					
Norma:	INV E 211-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
19/08/2020	0.03	0.03	0.03	2	Cumple	Cumple
25/08/2020	0.04	0.035	0.04	2	Cumple	Cumple
5/09/2020	0.02	0.03	0.03	2	Cumple	Cumple
7/09/2020	0.03	0.03	0.03	2	Cumple	Cumple
17/09/2020	0.01	0.026	0.03	2	Cumple	Cumple
24/09/2020	0.03	0.026	0.03	2	Cumple	Cumple
3/10/2020	0.01	0.02	0.02	2	Cumple	Cumple
7/10/2020	0.02	0.02	0.02	2	Cumple	Cumple
12/10/2020	0.02	0.018	0.02	2	Cumple	Cumple
20/10/2020	0.04	0.024	0.02	2	Cumple	Cumple
3/11/2020	0.03	0.024	0.02	2	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 23. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino



Fuente: La autora.

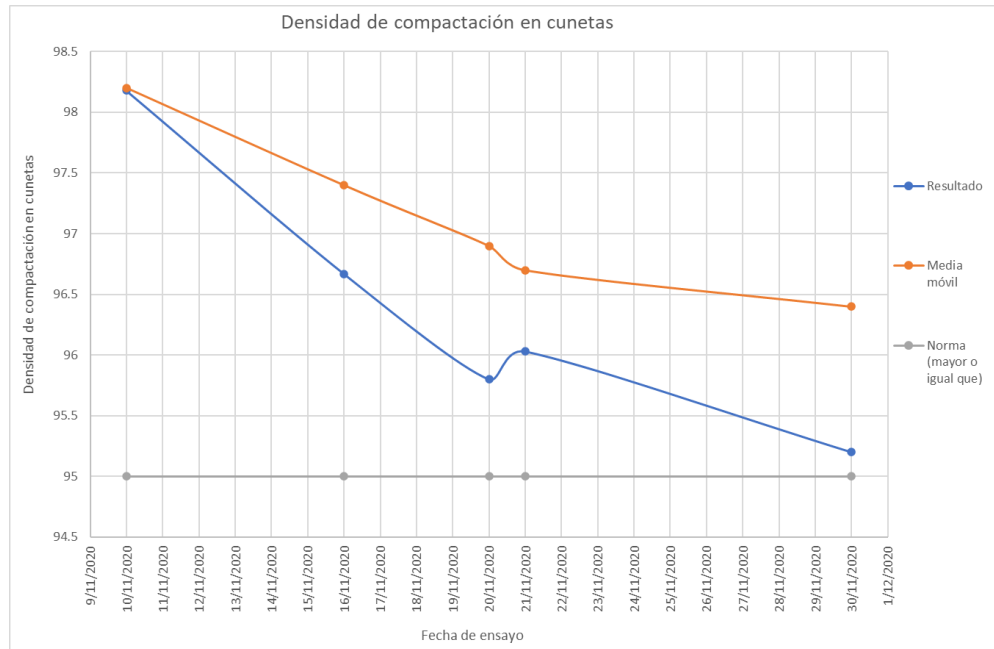
- **Densidad de Compactación en Cunetas**

Tabla 33. Aplicación media móvil para Densidad de Compactación en Cunetas

Ensayo:	Densidad de compactación en cunetas					
Norma:	INV E 161-13					
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor o igual que)	Cumplimiento ensayo	Cumplimiento media móvil
10/11/2020	98.18	98.18	98.2	95	Cumple	Cumple
16/11/2020	96.67	97.425	97.4	95	Cumple	Cumple
20/11/2020	95.8	96.883	96.9	95	Cumple	Cumple
21/11/2020	96.03	96.67	96.7	95	Cumple	Cumple
30/11/2020	95.2	96.376	96.4	95	Cumple	Cumple

Fuente: La autora.

Figura 24. Resultados para Densidad de Compactación en Cunetas



Fuente: La autora.

La media móvil aplicada a los ensayos que lo permiten, demuestran mayor uniformidad frente a los resultados sin tratamiento obtenidos por el constructor, ya que esta presenta menos sobresaltos, se ajusta a una tendencia lineal y cumple con los requisitos establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción.

4.1.3.3 Validación estadística base granular

Posterior a la aplicación de la técnica estadística, se procedió a la validación estadística del proceso por medio del cálculo del promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

En la Tabla 34 se evidencia que la aplicación de la técnica estadística media móvil presento coeficientes de variación bajos, por lo tanto, los datos no son dispersos respecto a la media de los mismos.

Tabla 34. Validación estadística base granular

Ensayo	Periodo	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación. (%)
Equivalente de arena	Primer periodo	30.50	0.24	0.01
	Segundo periodo	30.22	0.22	0.01
Valor de azul de metileno	Primer periodo	7.13	0.12	0.02
	Segundo periodo	7.38	0.16	0.02
Indice de aplanamiento	Primer periodo	32.74	0.48	0.01
	Segundo periodo	31.70	0.57	0.02
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales: fino	Primer periodo	0.05	0.01	0.11
	Segundo periodo	0.05	0.00	0.00
Densidad de compactación en cunetas	Segundo periodo	97.12	0.70	0.01
Indice de alargamiento	Primer periodo	32.59	0.29	0.01
	Segundo periodo	31.61	0.72	0.02
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales: grueso	Primer periodo	0.04	0.01	0.16
	Segundo periodo	0.03	0.01	0.26

Fuente: La autora.

4.1.3.4 Comparación del proceso usado en el control de calidad

La media móvil, posterior a la aplicación y en el análisis de las características de las figuras presentadas en donde se compara con los resultados, demuestran una menor dispersión de los datos, además se debe resaltar la importancia del seguimiento a la continuidad del trabajo realizado teniendo en cuenta en el resultado histórico de los ensayos realizados.

En todos los casos se logra evidenciar que los ensayos realizados cumplen con los requisitos establecidos por las especificaciones generales de construcción (teniendo en cuenta la tabla 330-2).

En la Tabla 35 se muestra el resumen de los resultados obtenidos luego de la aplicación de la técnica estadística de todos los ensayos sobre el material.

Tabla 35. Resumen de aplicación media móvil material base granular

	Ensayo	Equivalente de arena		Valor de azul de metileno		Índice de aplanamiento		Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales: fino		Densidad de compactación en cunetas		Índice de alargamiento		Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales: grueso	
	Norma	INV E 133-13		INV E -235-13		INV E 230-13		INV E 211-13		INV E 161-13		INV E 230-13		INV E 211-13	
	Fecha	Media móvil	Norma (mayor que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (mayor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)
Primer periodo	7/01/2020	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8/01/2020	30.5	30	7	10	33.5	35	0.04	2	-	-	32.2	35	0.03	2
	11/01/2020	30.7	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12/01/2020	30.8	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13/01/2020	30.8	30	7.2	10	33.4	35	0.04	2	-	-	32.3	35	0.04	2
	14/01/2020	31	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15/01/2020	31	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2020	30.8	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/01/2020	30.6	30	7.1	10	32.7	35	0.04	2	-	-	32.3	35	0.04	2
	22/01/2020	30.6	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4/02/2020	30.4	30	7.2	10	33	35	0.05	2	-	-	32.7	35	0.04	2
	6/02/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8/02/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10/02/2020	30.6	30	7.1	10	32.6	35	0.05	2	-	-	32.6	35	0.04	2
	12/02/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/02/2020	30.4	30	7.3	10	32.5	35	0.05	2	-	-	32.8	35	0.05	2
	21/02/2020	30.2	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22/02/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3/03/2020	30.2	30	7.2	10	32.4	35	0.05	2	-	-	-	-	0.05	2
	5/03/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7/03/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9/03/2020	30.4	30	7.2	10	32.6	35	0.05	2	-	-	32.9	35	0.04	2
	10/03/2020	30.4	30	6.9	10	32	35	0.05	2	-	-	32.9	35	0.05	2
	13/03/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/03/2020	30.4	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segundo periodo	12/08/2020	-	-	7.3	10	30.3	35	-	-	-	-	29.5	35	-
19/08/2020		30	30	7.2	10	31.2	35	0.05	2	-	-	31.7	35	0.03	2
25/08/2020		30	30	7.2	10	31.3	35	0.05	2	-	-	31.6	35	0.04	2
5/09/2020		30	30	7.2	10	31.5	35	0.05	2	-	-	31.4	35	0.03	2
7/09/2020		30	30	7.4	10	31.6	35	0.05	2	-	-	31.8	35	0.03	2
8/09/2020		30.2	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/09/2020		30.4	30	7.3	10	31.8	35	0.05	2	-	-	32.4	35	0.03	2
24/09/2020		30.6	30	7.4	10	31.9	35	0.05	2	-	-	31.7	35	0.03	2
3/10/2020		30.6	30	7.4	10	32	35	0.05	2	-	-	31.9	35	0.02	2
7/10/2020		30.6	30	7.5	10	32.1	35	0.05	2	-	-	32.1	35	0.02	2
12/10/2020		30.4	30	7.4	10	32.3	35	0.05	2	-	-	31.9	35	0.02	2
14/10/2020		30.2	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/10/2020		30	30	7.6	10	32.3	35	0.05	2	-	-	31.5	35	0.02	2
23/10/2020		30.2	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/10/2020		30.2	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/10/2020		30.2	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/11/2020		30.2	30	7.7	10	32.1	35	0.05	2	-	-	31.8	35	0.02	2
4/11/2020		30.2	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/11/2020		30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/11/2020		-	-	-	-	-	-	-	-	-	98.2	95	-	-	-
16/11/2020		-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.4	95	-	-	-
20/11/2020		-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.9	95	-	-	-
21/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.7	95	-	-	-	
30/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.4	95	-	-	-	

Fuente: La autora.

4.1.3.5 Análisis técnico y conclusiones

El control de calidad realizado por parte del contratista cumplió con los ensayos exigidos por las especificaciones generales de calidad, a pesar de que no son realizados todos en todas las jornadas de trabajo y los resultados que fueron obtenidos cumplieron con los requisitos.

Al aplicar la media móvil se obtuvo menor dispersión de los resultados de ensayos, y además en la validación estadística realizada se presenta una desviación baja de los resultados.

4.1.4 Mezcla asfáltica

4.1.4.1 Control de calidad por parte del constructor

Los ensayos de calidad realizados por parte del contratista están relacionados en la Tabla 36, además de los requisitos encontrados en las especificaciones generales de construcción (Artículo 450, Tabla 450-6). Los ensayos de laboratorio cumplen con todos los exigidos y en algunos casos se realizaron varios ensayos para obtener el resultado del día, por lo tanto, en la tabla se evidencian las cantidades de los mismos.

4.1.4.2 Control de calidad mediante de la media móvil

Se procedió a la aplicación de la técnica estadística como se puede ver en las Tabla 37 – Tabla 47.

Tabla 36. Continuación. Ensayos mezcla asfáltica

Ensayo	Fecha																										Observación del contratista	Requisito																									
	2/03/2020	11/03/2020	13/03/2020	# resultados	14/03/2020	# resultados	17/03/2020	# resultados	18/03/2020	# resultados	3/08/2020	24/08/2020	27/08/2020	# resultados	28/08/2020	# resultados	29/08/2020	# resultados	4/10/2020	# resultados	5/10/2020	# resultados	7/10/2020	# resultados	8/10/2020	# resultados			22/10/2020	# resultados	23/10/2020	# resultados	26/10/2020	27/10/2020	# resultados	28/10/2020	30/10/2020	1/11/2020	2/11/2020	3/11/2020	4/11/2020	5/11/2020	6/11/2020	# resultados	9/11/2020	# resultados	11/11/2020	12/11/2020	# resultados	13/11/2020			
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/flujo INV E 732-13			560	2		525.5	2	528.5	2			575	3	545	3	544	2	543	3	556.33	2	538.5	2	517.5	2	515.5	2	549.5	2		542	2					570	578		568.5	2	568	570.5	2		Cumple con los requisitos	300-600						
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en mezcla INV E 732-13			4.75	2		4.8	2	4.4	2			4.633	3	4.433	3	4.55	2	4.587	3	4.667	3	4.65	2	4.6	2	4.55	2	4.7	2		4.45	2					4.9	4.6		4.9	2	4.6	4.65	2		Cumple con los requisitos	4-6						
Equivalente de arena INV E 133-13	50	50								50	50										50										50						62			50	60			Cumple con los requisitos	>=50								
Partículas planas y alargadas INV E 240-13	0	0								0											0										0									0						Cumple con los requisitos	<=10						
Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10% de finos valor en seco INV E 224-13	473									482											458																									Cumple con los requisitos	kN <=75 %<=75						
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales gruesos INV E 230-13																																										0.08		0.04			Cumple con los requisitos	.					
Material que pasa el tamiz N°200 INV E 214-13																																										4.1		4.5			Cumple con los requisitos	.					
Desgaste de la máquina de los Angeles 100 n INV E 218-13	3.8									4											3.8																						4.9				Cumple con los requisitos	<=7					
Pérdidas en ensayo de solidez de sulfatos: Sulfato de magnesio finos INV E 220-13	2.4									2.73											3.23																							2.98				Cumple con los requisitos	>=18				
Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos INV E 123-13																																												0.01					Cumple con los requisitos	<=1			
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval INV E 238-13	13									12.7												12																												Cumple con los requisitos	<=25		
Resistencia a la compresión de concretos: placa entrada INV E 410-13																																																			Cumple con los requisitos	>100	
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos llenos de asfalto INV E 732-13			69.65	2		70.85	2	72.45	2			71.267	3	72.133	3	71.2	2	71.33	3	70.4	3	70.6	2	71.2	2	71.6	2	70.1	2		72.1	2							69.5	70.95		70.15	2	71.1	71.15	2		Cumple con los requisitos	65 a 75				
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura INV E 232-13																																																			Cumple con los requisitos	>=0.45	
Índice de plasticidad INV E 125-126-13	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP		Cumple con los requisitos	NP

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

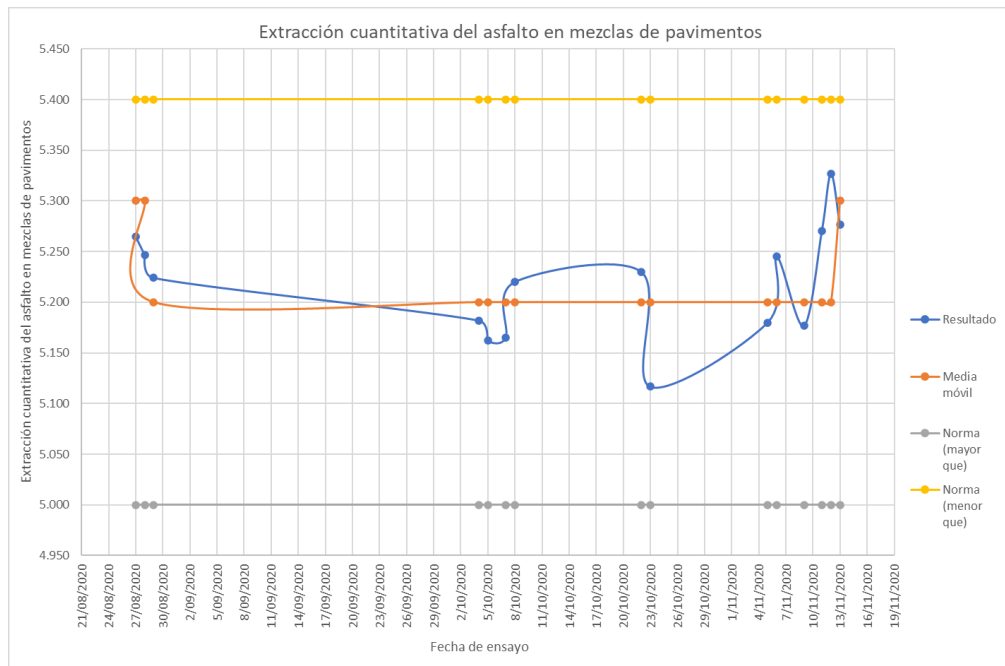
- **Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas de pavimentos**

Tabla 37. Aplicación media móvil para Extracción Cuantitativa del Asfalto en Mezcla de Pavimentos

Ensayo:	Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas de pavimentos										
Norma:	INV E 732-13										
Fecha de ensayo	Resultado						Resultado final	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
27/08/2020	5.37	5.2	5.3	5.2	5.2	5.2	5.265	5.265	5.3	5	5.4
28/08/2020	5.29	5.2	5.3	5.3	5.2	5.2	5.247	5.256	5.3	5	5.4
29/08/2020	5.16	5.2	5.4	5.2	5.2		5.224	5.245	5.2	5	5.4
4/10/2020	5.11	5.2	5.3	5.2	5.2		5.182	5.229	5.2	5	5.4
5/10/2020	5.14	5.2	5.2	5.2	5.1		5.162	5.216	5.2	5	5.4
7/10/2020	5.12	5.2	5.2	5.2			5.165	5.196	5.2	5	5.4
8/10/2020	5.32	5.2	5.1				5.220	5.191	5.2	5	5.4
22/10/2020	5.22	5.2	5.3				5.230	5.192	5.2	5	5.4
23/10/2020	5.11	5.2	5.1				5.117	5.179	5.2	5	5.4
5/11/2020	5.18						5.180	5.182	5.2	5	5.4
6/11/2020	5.26	5.2					5.245	5.198	5.2	5	5.4
9/11/2020	5.1	5.1	5.3				5.177	5.190	5.2	5	5.4
11/11/2020	5.27						5.270	5.198	5.2	5	5.4
12/11/2020	5.3	5.3	5.4				5.327	5.240	5.2	5	5.4
13/11/2020	5.27	5.2	5.4				5.277	5.259	5.3	5	5.4

Fuente: La autora.

Figura 25. Resultado para Extracción Cuantitativa del Asfalto en Mezcla de Pavimentos



Fuente: La autora.

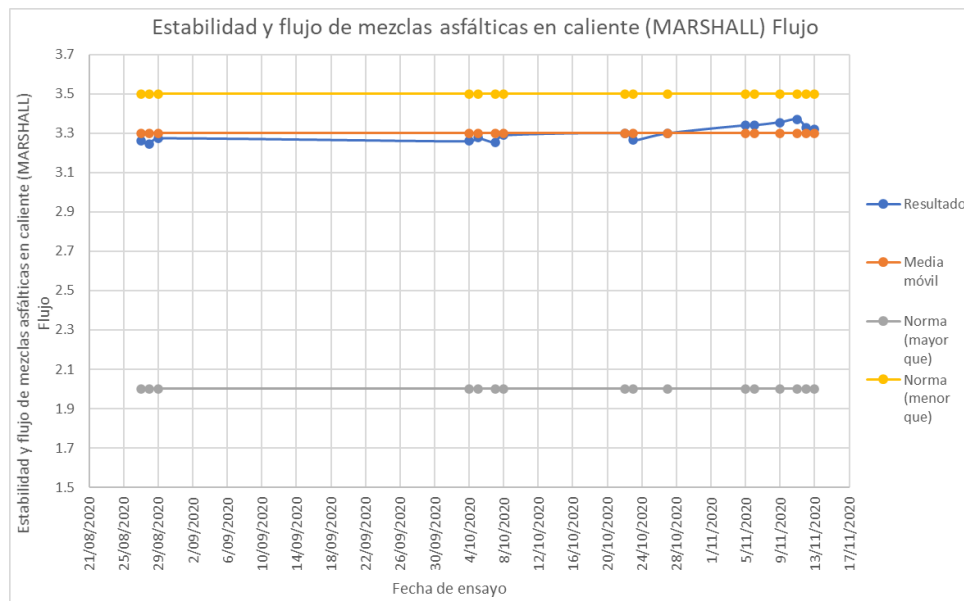
- **Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en Caliente (MARSHALL) Flujo**

Tabla 38. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Flujo

Ensayo:	Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Flujo							
Norma:	INV E 748-13							
Fecha de ensayo	Resultado			Resultado final	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
27/08/2020	3.3	3.26	3.2	3.263	3.263	3.3	2	3.5
28/08/2020	3.23	3.17	3.3	3.247	3.255	3.3	2	3.5
29/08/2020	3.33	3.22		3.275	3.262	3.3	2	3.5
4/10/2020	3.28	3.25	3.3	3.260	3.261	3.3	2	3.5
5/10/2020	3.29	3.31	3.2	3.277	3.264	3.3	2	3.5
7/10/2020	3.31	3.2		3.255	3.263	3.3	2	3.5
8/10/2020	3.33	3.25		3.290	3.271	3.3	2	3.5
22/10/2020	3.29	3.31		3.300	3.276	3.3	2	3.5
23/10/2020	3.25	3.28		3.265	3.277	3.3	2	3.5
27/10/2020	3.29	3.31		3.300	3.282	3.3	2	3.5
5/11/2020	3.34			3.340	3.299	3.3	2	3.5
6/11/2020	3.34			3.340	3.309	3.3	2	3.5
9/11/2020	3.34	3.37		3.355	3.320	3.3	2	3.5
11/11/2020	3.37			3.370	3.341	3.3	2	3.5
12/11/2020	3.31	3.35		3.330	3.347	3.3	2	3.5
13/11/2020	3.28	3.36		3.320	3.343	3.3	2	3.5

Fuente: La autora.

Figura 26. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Flujo



Fuente: La autora.

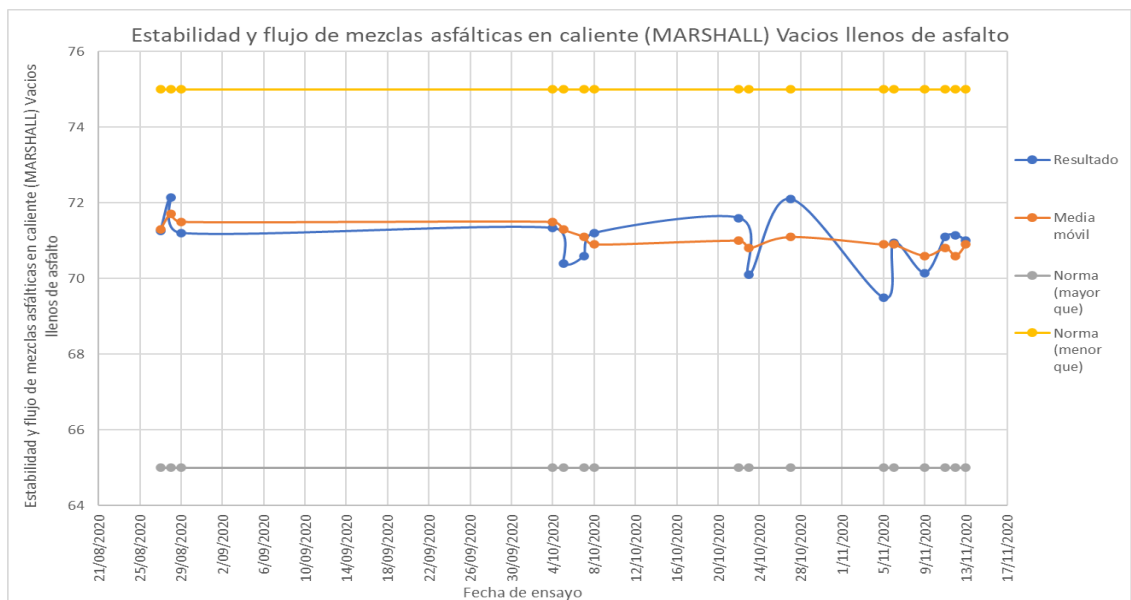
- **Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos Llenos de Asfalto**

Tabla 39. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos Llenos de Asfalto

Ensayo:	Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacios llenos de asfalto							
Norma:	INV E 732-13							
Fecha de ensayo	Resultado			Resultado final	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
27/08/2020	71.5	71.7	71	71.267	71.267	71.3	65	75
28/08/2020	72.3	72.5	72	72.133	71.700	71.7	65	75
29/08/2020	71.9	70.5		71.2	71.533	71.5	65	75
4/10/2020	70.4	71.8	72	71.33	71.483	71.5	65	75
5/10/2020	70.7	70.9	70	70.4	71.267	71.3	65	75
7/10/2020	70.4	70.8		70.6	71.133	71.1	65	75
8/10/2020	72.5	69.9		71.2	70.947	70.9	65	75
22/10/2020	72.3	70.9		71.6	71.027	71	65	75
23/10/2020	70.2	70		70.1	70.780	70.8	65	75
27/10/2020	71.8	72.4		72.1	71.120	71.1	65	75
5/11/2020	69.5			69.5	70.900	70.9	65	75
6/11/2020	71			70.95	70.850	70.9	65	75
9/11/2020	71.3	69		70.15	70.560	70.6	65	75
11/11/2020	71.1			71.1	70.760	70.8	65	75
12/11/2020	71.2	71.1		71.15	70.570	70.6	65	75
13/11/2020	70.3	71.7		71	70.870	70.9	65	75

Fuente: La autora.

Figura 27. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos Llenos de Asfalto



Fuente: La autora.

- **Angularidad de la Fracción Fina método A**

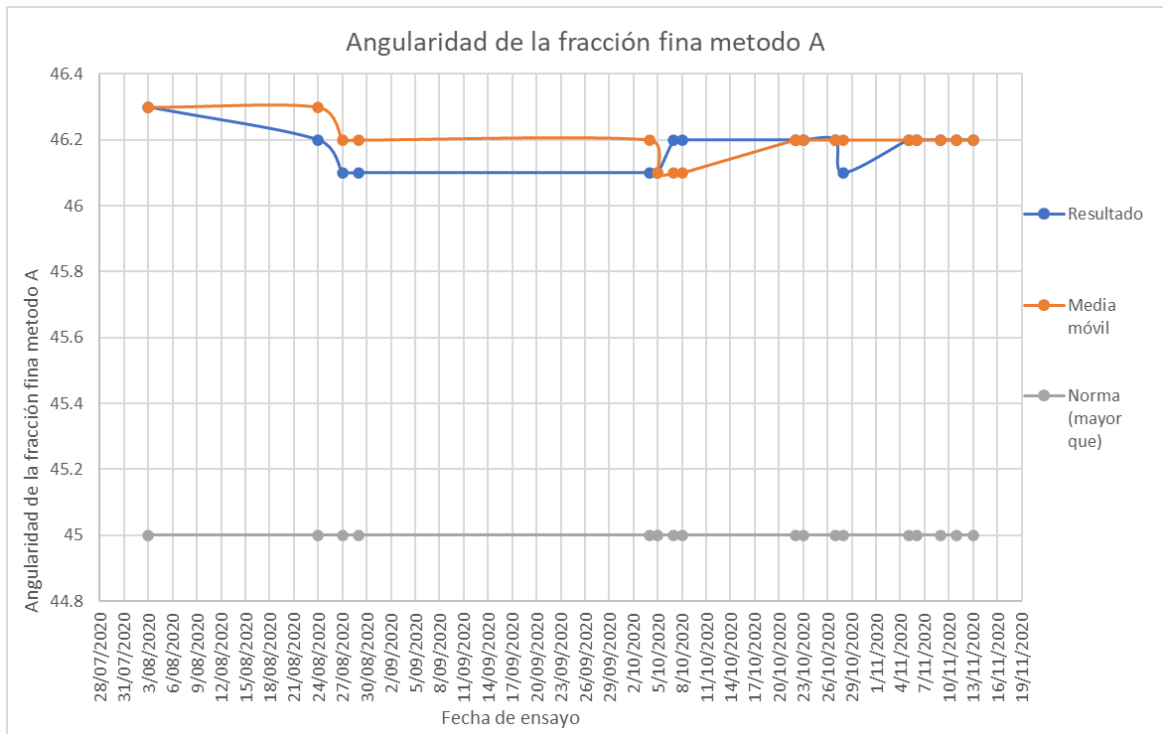
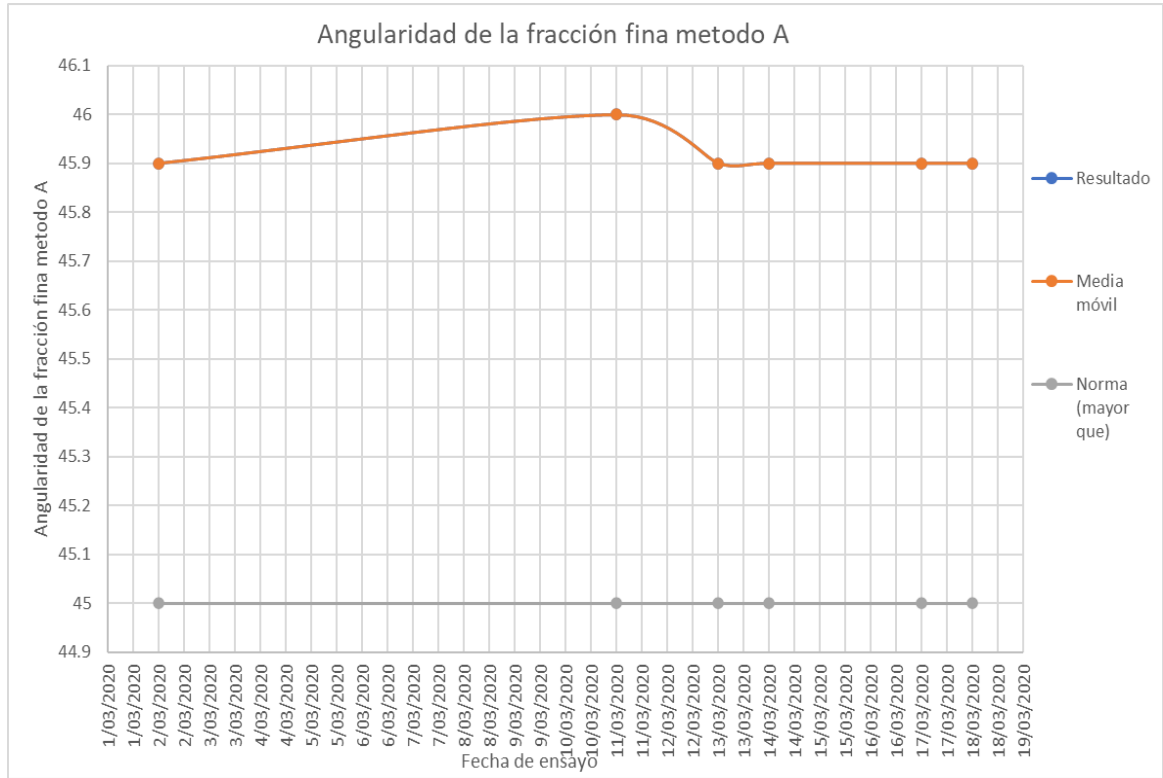
Tabla 40. Aplicación media móvil para Angularidad de la Fracción Fina método A

Ensayo:	Angularidad de la fracción fina metodo A			
Norma:	INV E 239-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
2/03/2020	45.9	45.9	45.9	45
11/03/2020	46	45.95	46	45
13/03/2020	45.9	45.933	45.9	45
14/03/2020	45.9	45.925	45.9	45
17/03/2020	45.9	45.92	45.9	45
18/03/2020	45.9	45.92	45.9	45

Ensayo:	Angularidad de la fracción fina metodo A			
Norma:	INV E 239-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
3/08/2020	46.3	46.3	46.3	45
24/08/2020	46.2	46.25	46.3	45
27/08/2020	46.1	46.2	46.2	45
29/08/2020	46.1	46.175	46.2	45
4/10/2020	46.1	46.16	46.2	45
5/10/2020	46.1	46.12	46.1	45
7/10/2020	46.2	46.12	46.1	45
8/10/2020	46.2	46.14	46.1	45
22/10/2020	46.2	46.16	46.2	45
23/10/2020	46.2	46.18	46.2	45
27/10/2020	46.2	46.2	46.2	45
28/10/2020	46.1	46.18	46.2	45
5/11/2020	46.2	46.18	46.2	45
6/11/2020	46.2	46.18	46.2	45
9/11/2020	46.2	46.18	46.2	45
11/11/2020	46.2	46.18	46.2	45
13/11/2020	46.2	46.2	46.2	45

Fuente: La autora.

Figura 28. Resultado para Angularidad de la Fracción Fina método A



Fuente: La autora.

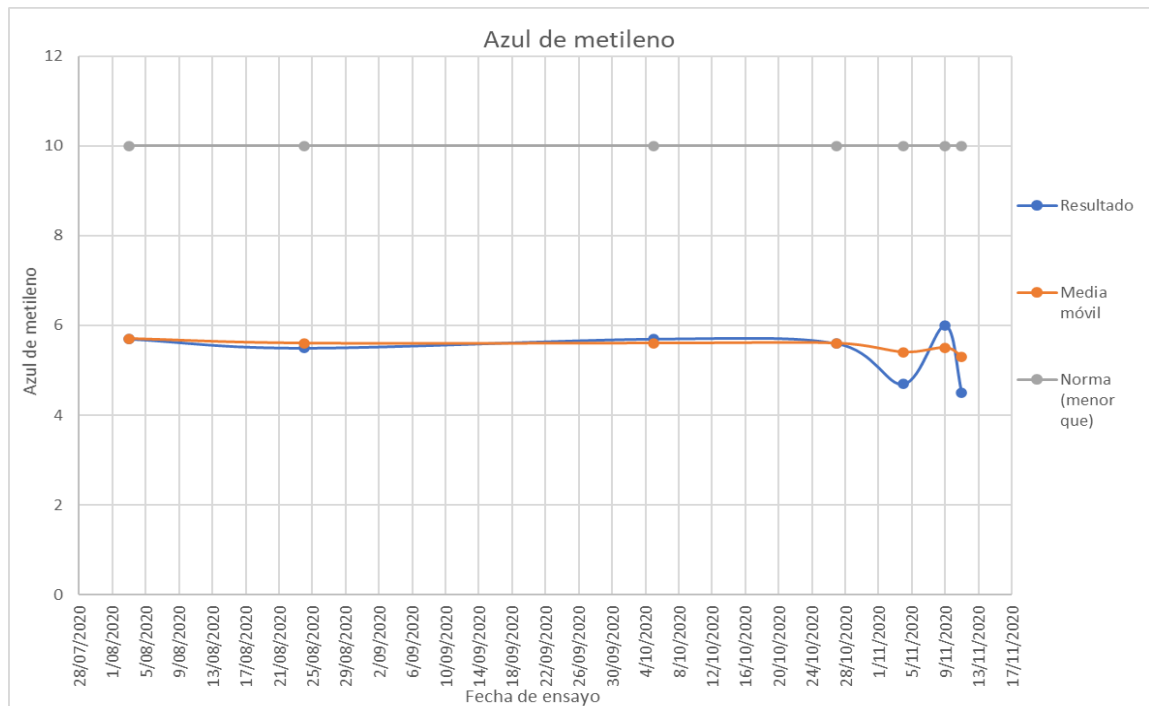
- **Azul de Metileno**

Tabla 41. Aplicación media móvil para Azul de Metileno

Ensayo:	Azul de metileno			
Norma:	INV E 235-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
3/08/2020	5.7	5.700	5.7	10
24/08/2020	5.5	5.600	5.6	10
5/10/2020	5.7	5.633	5.6	10
27/10/2020	5.6	5.625	5.6	10
4/11/2020	4.7	5.440	5.4	10
9/11/2020	6	5.500	5.5	10
11/11/2020	4.5	5.300	5.3	10

Fuente: La autora.

Figura 29. Resultado para Azul de Metileno



Fuente: La autora.

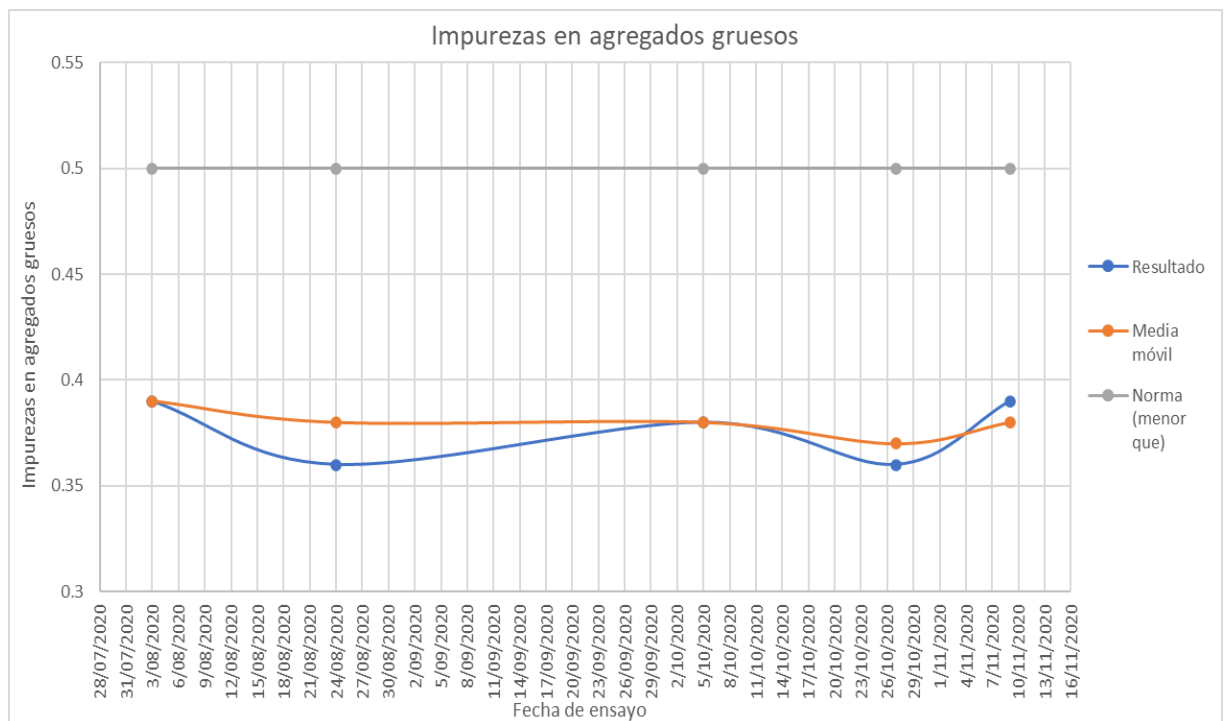
- **Impurezas en Agregados Gruesos**

Tabla 42. Aplicación media móvil para Impurezas en Agregados Gruesos

Ensayo:	Impurezas en agregados gruesos			
Norma:	INV E 237-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
3/08/2020	0.39	0.390	0.39	0.5
24/08/2020	0.36	0.375	0.38	0.5
5/10/2020	0.38	0.377	0.38	0.5
27/10/2020	0.36	0.373	0.37	0.5
9/11/2020	0.39	0.376	0.380	0.5

Fuente: La autora.

Figura 30. Resultado para Impurezas en Agregados Gruesos



Fuente: La autora.

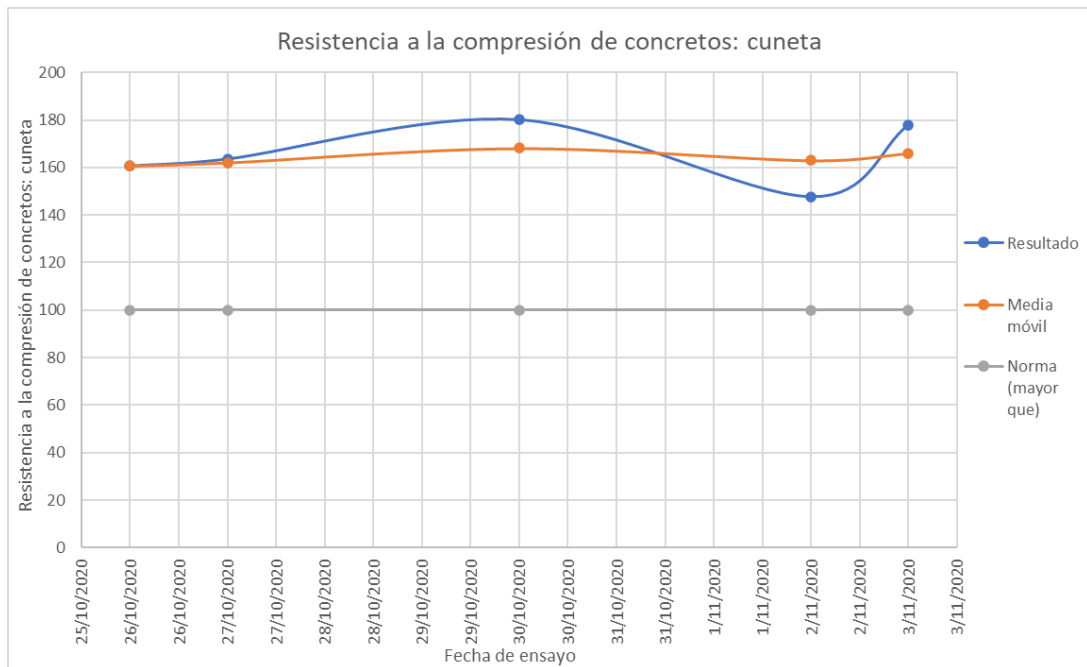
- **Resistencia a la Compresión de Concretos: Cuneta**

Tabla 43. Aplicación media móvil para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cuneta

Ensayo:	Resistencia a la compresión de concretos: cuneta			
Norma:	INV E 410-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
26/10/2020	160.65	160.65	160.7	100
27/10/2020	163.6	162.125	162.1	100
30/10/2020	180.1	168.117	168.1	100
2/11/2020	147.74	163.023	163.0	100
3/11/2020	177.96	166.01	166.0	100

Fuente: La autora.

Figura 31. Resultado para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cuneta



Fuente: La autora.

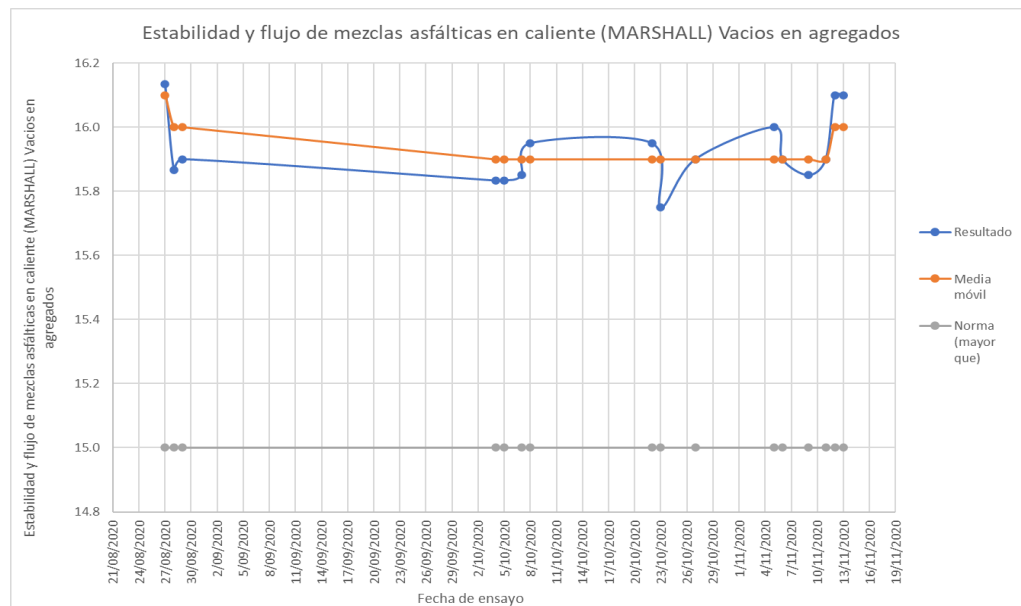
- **Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacios en Agregados**

Tabla 44. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Agregados

Ensayo:	Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en agregados						
Norma:	INV E 732-13						
Fecha de ensayo	Resultado			Resultado final	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
27/08/2020	16.3	16.1	16	16.133	16.13	16.1	15
28/08/2020	15.9	15.8	15.9	15.867	16.00	16.0	15
29/08/2020	16	15.8		15.900	15.97	16.0	15
4/10/2020	15.9	15.7	15.9	15.833	15.93	15.9	15
5/10/2020	15.8	15.8	15.9	15.833	15.91	15.9	15
7/10/2020	15.8	15.9		15.850	15.86	15.9	15
8/10/2020	16	15.9		15.950	15.87	15.9	15
22/10/2020	16	15.9		15.950	15.88	15.9	15
23/10/2020	15.8	15.7		15.750	15.87	15.9	15
27/10/2020	15.9	15.9		15.900	15.88	15.9	15
5/11/2020	16			16.000	15.91	15.9	15
6/11/2020	15.9			15.900	15.90	15.9	15
9/11/2020	15.8	15.9		15.850	15.88	15.9	15
11/11/2020	15.9			15.900	15.91	15.9	15
12/11/2020	16.1			16.100	15.95	16.0	15
13/11/2020	16.1			16.100	15.97	16.0	15

Fuente: La autora.

Figura 32. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Agregados



Fuente: La autora.

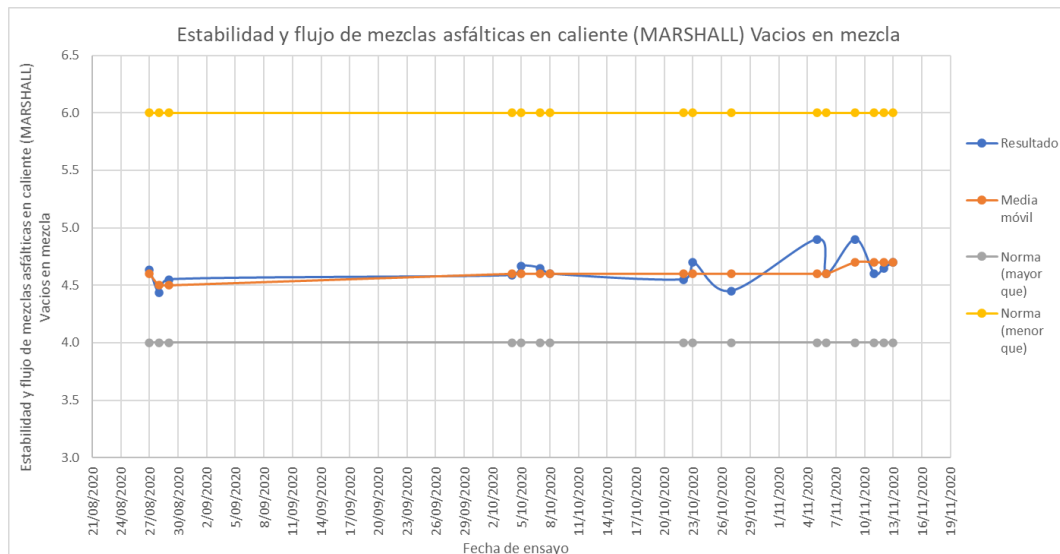
- **Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Mezcla**

Tabla 45. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Mezcla

Ensayo:	Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en mezcla							
Norma:	INV E 732-13							
Fecha de ensayo	Resultado			Resultado final	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
27/08/2020	4.6	4.6	4.7	4.633	4.633	4.6	4	6
28/08/2020	4.4	4.4	4.5	4.433	4.533	4.5	4	6
29/08/2020	4.5	4.6		4.55	4.539	4.5	4	6
4/10/2020	4.76	4.5	4.5	4.587	4.551	4.6	4	6
5/10/2020	4.6	4.6	4.8	4.667	4.574	4.6	4	6
7/10/2020	4.7	4.6		4.65	4.577	4.6	4	6
8/10/2020	4.4	4.8		4.6	4.611	4.6	4	6
22/10/2020	4.7	4.4		4.55	4.611	4.6	4	6
23/10/2020	4.7	4.7		4.7	4.633	4.6	4	6
27/10/2020	4.4	4.5		4.45	4.590	4.6	4	6
5/11/2020	4.9			4.9	4.640	4.6	4	6
6/11/2020	4.6			4.6	4.640	4.6	4	6
9/11/2020	4.9	4.9		4.9	4.710	4.7	4	6
11/11/2020	4.6			4.6	4.690	4.7	4	6
12/11/2020	4.7	4.6		4.65	4.730	4.7	4	6
13/11/2020	4.8	4.6		4.7	4.690	4.7	4	6

Fuente: La autora.

Figura 33. Resultados para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacíos en Mezcla



Fuente: La autora.

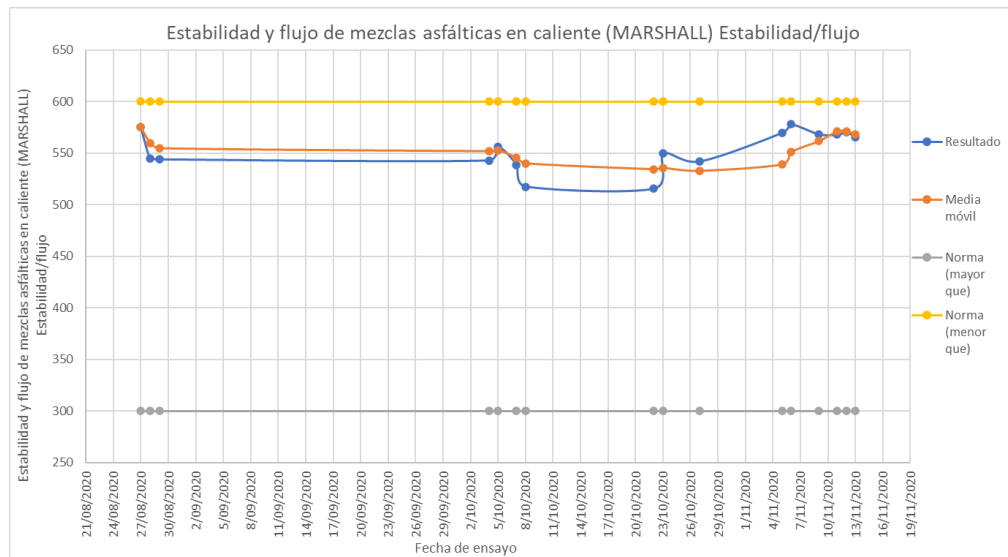
- **Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/Flujo**

Tabla 46. Aplicación media móvil para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/Flujo

Ensayo:	Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/flujo							
Norma:	INV E 732-13							
Fecha de ensayo	Resultado			Resultado final	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
27/08/2020	579	572	574	575.00	575.000	575.0	300	600
28/08/2020	546	555	534	545	560.000	560.0	300	600
29/08/2020	535	553		544	554.667	554.7	300	600
4/10/2020	545	542	542	543	551.750	551.8	300	600
5/10/2020	539	553	577	556.33	552.667	552.7	300	600
7/10/2020	526	551		538.5	545.367	545.4	300	600
8/10/2020	508	527		517.5	539.867	539.9	300	600
22/10/2020	517	514		515.5	534.167	534.2	300	600
23/10/2020	565	534		549.5	535.467	535.5	300	600
27/10/2020	543	541		542	532.600	532.6	300	600
5/11/2020	570			570	538.900	538.9	300	600
6/11/2020	578			578	551.000	551.0	300	600
9/11/2020	561	576		568.5	561.600	561.6	300	600
11/11/2020	568			568	571.125	571.1	300	600
12/11/2020	560	581		570.5	571.250	571.3	300	600
13/11/2020	579	552		565.5	568.000	568.0	300	600

Fuente: La autora.

Figura 34. Resultado para Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/Flujo



Fuente: La autora.

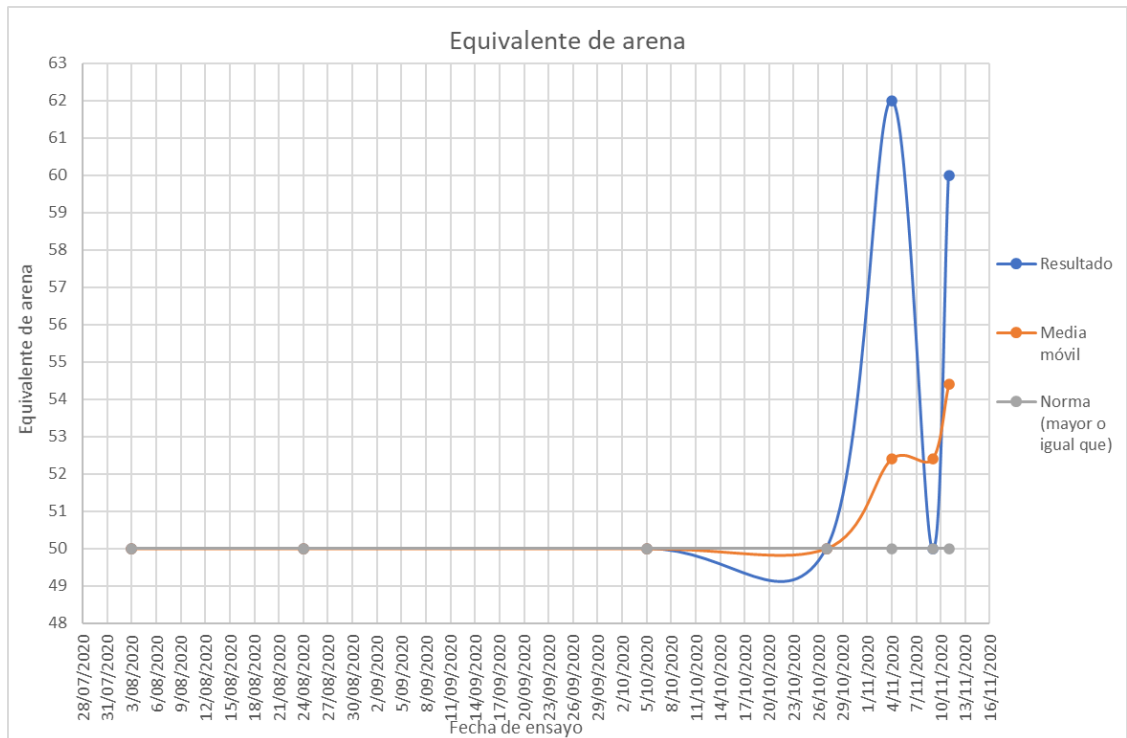
- **Equivalente de Arena**

Tabla 47. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena

Ensayo:	Equivalente de arena			
Norma:	INV E 133-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor o igual que)
3/08/2020	50	50	50	50
24/08/2020	50	50	50	50
5/10/2020	50	50	50	50
27/10/2020	50	50	50	50
4/11/2020	62	52	52.4	50
9/11/2020	50	52.4	52.4	50
11/11/2020	60	54.4	54.4	50

Fuente: La autora.

Figura 35. Resultado para Equivalente de Arena



Fuente: La autora.

4.1.4.3 Validación estadística mezcla asfáltica

Posterior a la aplicación de la técnica estadística a los ensayos que lo permitieron, se procedió a la validación de los resultados obtenidos, calculando el promedio, la desviación estándar y coeficiente de variación como se evidencia en la Tabla 48.

Tabla 48. Validación estadística mezcla asfáltica

Ensayo	Periodo	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación. (%)
Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas de pavimentos	Segundo periodo	5.2	0.04	0.01
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Flujo	Segundo periodo	3.3	0.00	0.00
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacios llenos de asfalto	Segundo periodo	71.1	0.32	0.00
Angularidad de la fracción fina metodo A	Primer periodo	45.9	0.04	0.00
	Segundo periodo	46.2	0.06	0.00
Azul de metileno	Segundo periodo	5.5	0.14	0.02
Impurezas en agregados gruesos	Segundo periodo	0.4	0.01	0.02
Resistencia a la compresión de concretos: cuneta	Segundo periodo	164.0	3.01	0.02
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacios en agregados	Segundo periodo	15.9	0.06	0.00
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Vacios en mezcla	Segundo periodo	4.6	0.06	0.01
Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente (MARSHALL) Estabilidad/flujo	Segundo periodo	552.7	14.16	0.03
Equivalente de arena	Segundo periodo	51.3	1.77	0.03

Fuente: La autora.

Con lo anterior se pudo observar que los datos de resultados posterior a la aplicación de la técnica estadística media móvil no presentan una dispersión significativa, su coeficiente de variación demuestra que los datos no son variables.

4.1.4.4 Comparación del proceso usado en el control de calidad

A continuación, se comparará el proceso de control de calidad realizado por el contratista con respecto al proceso de calidad con la media móvil.

Para realizar el control de calidad a los materiales y procesos constructivos, el contratista realizó ensayos de laboratorio, los cuales fueron comparados con los requisitos establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción, en cuanto a la media móvil, esta registra de manera histórica los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos en las jornadas de trabajo.

Se evidenció que los datos presentaron menor dispersión de los resultados luego de la aplicación de la técnica estadística, aun así, en ambos casos, es decir, los resultados directos de los ensayos realizados por el constructor y los resultados de la aplicación de la media móvil cumplen con los requisitos dados por las especificaciones generales de construcción.

A continuación, se presenta en la Tabla 49 el resumen de la aplicación de la técnica estadística a los ensayos que por cantidad lo permitieron.

4.1.4.5 Análisis técnico y conclusiones

En el caso del material usado para la mezcla asfáltica cumple con todos los requisitos por ensayo realizado, pero es importante resaltar que en ninguna jornada de trabajo se realizaron todos los ensayos mínimos requeridos por las especificaciones generales de construcción, por lo tanto, se puede concluir que ningún día se pudo conceptuar la aceptación integral del material usado para la mezcla asfáltica. El trabajo del constructor presenta continuidad, las jornadas de trabajo son continuas pero no se presentan resultados en todas estas jornadas para todos los ensayos de calidad requeridos.

Tabla 49. Resumen media móvil mezcla asfáltica

	Ensayo	Extracción cuantitativa del asfalto en			Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en			Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en			Estabilidad y flujo de			Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en			Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en		
	Norma	INV E 732-13			INV E 748-13			INV E 732-13			INV E 732-13			INV E 732-13			INV E 732-13		
	Fecha	Media móvil	Norma (mayor que)	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Norma (menor que)	
Primer periodo	2/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	13/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	14/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	17/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	18/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Segundo periodo	3/08/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	24/08/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	27/08/2020	5.3	5	5.4	3.3	2	3.5	71.3	65	75	16.1	15	4.6	4	6	575	300	600	
	28/08/2020	5.3	5	5.4	3.3	2	3.5	71.7	65	75	16	15	4.5	4	6	560	300	600	
	29/08/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	71.5	65	75	16	15	4.5	4	6	554.7	300	600	
	4/10/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	71.5	65	75	15.9	15	4.6	4	6	551.8	300	600	
	5/10/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	71.3	65	75	15.9	15	4.6	4	6	552.7	300	600	
	7/10/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	71.1	65	75	15.9	15	4.6	4	6	545.4	300	600	
	8/10/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	70.9	65	75	15.9	15	4.6	4	6	539.9	300	600	
	22/10/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	71	65	75	15.9	15	4.6	4	6	534.2	300	600	
	23/10/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	70.8	65	75	15.9	15	4.6	4	6	535.5	300	600	
	26/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	27/10/2020	-	-	-	3.3	2	3.5	71.1	65	75	15.9	15	4.6	4	6	532.6	300	600	
	28/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5/11/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	70.9	65	75	15.9	15	4.6	4	6	538.9	300	600	
6/11/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	70.9	65	75	15.9	15	4.6	4	6	551	300	600		
9/11/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	70.6	65	75	15.9	15	4.7	4	6	561.6	300	600		
11/11/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	70.8	65	75	15.9	15	4.7	4	6	571.1	300	600		
12/11/2020	5.2	5	5.4	3.3	2	3.5	70.6	65	75	16	15	4.7	4	6	571.3	300	600		
13/11/2020	5.3	5	5.4	3.3	2	3.5	70.9	65	75	16	15	4.7	4	6	568	300	600		

Fuente: La autora.

Tabla 49. Continuación. Resumen media móvil mezcla asfáltica

	Ensayo	Angularidad de la fracción		Azul de metileno		Impurezas en agregados		Resistencia a la compresión		Equivalente de arena		
	Norma	INV E 239-13		INV E 235-13		INV E 237-13		INV E 410-13		INV E 133-13		
	Fecha	Media móvil	Norma (mayor que)	Media móvil	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Media móvil	Norma (mayor o igual que)	
Primer periodo	2/03/2020	45.9	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11/03/2020	46	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	13/03/2020	45.9	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	14/03/2020	45.9	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	17/03/2020	45.9	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	18/03/2020	45.9	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
Segundo periodo	3/08/2020	46.3	45	5.7	10	0.39	0.5	-	-	50	50	
	24/08/2020	46.3	45	5.6	10	0.38	0.5	-	-	50	50	
	27/08/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	28/08/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	29/08/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4/10/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5/10/2020	46.1	45	5.6	10	0.38	0.5	-	-	50	50	
	7/10/2020	46.1	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8/10/2020	46.1	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	22/10/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	23/10/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	26/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	160.7	100	-	-
	27/10/2020	46.2	45	5.6	10	0.37	0.5	162.1	100	50	50	
	28/10/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	168.1	100	-	-
	1/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	163	100	-	-
	3/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	166	100	-	-
	4/11/2020	-	-	5.4	10	-	-	-	-	-	52.4	50
	5/11/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
6/11/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-		
9/11/2020	46.2	45	5.5	10	0.38	0.5	-	-	52.4	50		
11/11/2020	46.2	45	5.3	10	-	-	-	-	54.4	50		
12/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13/11/2020	46.2	45	-	-	-	-	-	-	-	-		

Fuente: La autora.

4.1.5 Concreto estructural

4.1.5.1 Control de calidad por parte del constructor

En el desarrollo de la obra el constructor llevo a cabo ensayos de laboratorio para controlar la calidad de los materiales usados en la construcción del concreto estructural, estos están relacionados en la Tabla 50 junto con los requisitos de las especificaciones generales de construcción (Artículo 630, Tablas 630-1 y 630-3).

Tabla 50. Ensayos concreto estructural

Ensayo	3/02/2020	10/10/2020	11/02/2020	12/02/2020	13/02/2020	17/02/2020	19/02/2020	24/02/2020	25/02/2020	28/02/2020	2/03/2020	3/03/2020	5/03/2020	7/03/2020	9/03/2020	10/03/2020	11/03/2020	12/03/2020	16/03/2020	17/03/2020	18/03/2020	20/03/2020	28/03/2020
Indice de aplanamiento; INVE 230-13	19.9			22.4			22.1				22						22.4				24		
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : grueso; INVE 211-13	0.09			0.02			0.03				0.07						0.03				0.05		
Azul de metileno; INVE 235-13	4.7			4.7			4.7				4.7						4.7				4.7		
Equivalente de arena; INVE 133-13	66			61			62				62						62				61		
Resistencia a la compresion de concretos: cunetas; INVE 410-13		70.4	70.7		70.5	92.9		90.29	97.89	90	91		88	89		90.34		86.16	75.79		81.68	81.62	
Desgaste en la maquina de los Angeles 500rv; INVE 218-13	19																						
Perdida en ensayo de solidez en sulfatos: Sulfato de magnesio : grueso; INVE 220-13	2.84																						
Peso especifico y absorción del agregado fino; INVE 212-13	1.16																						
Indice de alargamiento; INVE 230-13	23.4			21.4			24				24.3						23.7				22.7		
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : fino; INVE 211-13				0.04			0.04				0.02						0.03				0.04		
Material que pasa el tamiz 200; INVE 214-13	5.9			3.7			4.2				3.1						4.4				4		
Resistencia a la compresion de concretos: cunetas; INVE 410-13											107	146	157		182				128	120	125		126
Resistencia a la compresion de concretos: placa entrada; INVE 410-13																							
Desgaste en la maquina de los Angeles 100rv; INVE 218-13	3.6																						
Perdida en ensayo de solidez en sulfatos: Sulfato de magnesio : fino; INVE 220-13	3.55																						
Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos; INVE 123-13	0.01										0.01												
Limite líquido; INVE 125-13	NL			NL			NL				NL						NL				NL		
Indice de plasticidad; INVE 125-126-13	NP			NP			NP				NP						NP				NP		

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

Tabla 50. Continuación. Ensayos concreto estructural

Ensayo	18/03/2020	20/03/2020	28/03/2020	13/08/2020	18/08/2020	19/08/2020	20/08/2020	25/08/2020	30/09/2020	4/09/2020	7/09/2020	12/09/2020	16/09/2020	21/09/2020	26/09/2020	30/09/2020	3/10/2020	9/10/2020	13/10/2020	15/10/2020	21/10/2020	27/10/2020	29/10/2020	31/10/2020	4/11/2020	5/11/2020	10/11/2020	11/11/2020	12/11/2020	13/11/2020	17/11/2020	19/11/2020	21/11/2020	24/11/2020	25/11/2020	Observación del contratista	Requisito		
Índice de aplanamiento; INVE 230-13	24		21.9				23.3	21.5	22.3			25.8	23.7	22.6			18.4	20.8	22.9		21.6													23.2	20.4		Cumple con los requisitos	<25	
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : grueso; INVE 211-13	0.05		0.03				0.02	0.03	0.1			0.03	0.02	0.04			0.03	0.08	0.04		0.02													0.04	0.04		Cumple con los requisitos	>0.25	
Azul de metileno; INVE 235-13	4.7		4.67				4.67	4.67	4.7			4.7	4.7	4.33			4.3	4.7	4.7		4.83							4.2							4.67		Cumple con los requisitos	<5	
Equivalente de arena; INVE 133-13	61		60				60	61	62			61	61	62			66	61	62		61														61		Cumple con los requisitos	>60	
Resistencia a la compresión de concretos; cunetas; INVE 410-13	81.68	81.62		82.68	89.46														88.87	94.06		84.1	94	97.36	70.72			94.41			72.49	93.29			90.29	94.88	Cumple con los requisitos	>70	
Desgaste en la maquina de los Angeles 500nr; INVE 218-13							18		16.9										20.2																		Cumple con los requisitos	<40	
Perdida en ensayo de solidez en sulfatos: Sulfato de magnesio : grueso; INVE 220-13							2.83		2.24										2.65																		Cumple con los requisitos	<18	
Peso especifico y absorción del agregado fino; INVE 212-13							0.81		0.7										0.76																		Cumple con los requisitos	<4	
Índice de alargamiento; INVE 230-13	22.7		21.5				20.5	20.8	21.1										20.7	23.6		23.3												26	23.6		Cumple con los requisitos	<25	
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : fino; INVE 211-13	0.04		0.04				0.05	0.04	0.03			0.05	0.04	0.05			0.02	0.04	0.04		0.03													0.03	0.04		Cumple con los requisitos	<1	
Material que pasa el tamiz 200; INVE 214-13	4		4.7				4.9	4.4	4.5			4.8	4.7	4.6			4.3	4.1	4.2		4.9													4.2	4.8		Cumple con los requisitos	<5	
Resistencia a la compresión de concretos; cunetas; INVE 410-13	125		126							140.5	139.26																											Cumple con los requisitos	>100
Resistencia a la compresión de concretos; placa entrada; INVE 410-13																												87.34									Cumple con los requisitos	>100	
Desgaste en la maquina de los Angeles 100nr; INVE 218-13							2.9		3.5										4																		Cumple con los requisitos	<8	
Perdida en ensayo de solidez en sulfatos: Sulfato de magnesio : fino; INVE 220-13							2.25		1.93										1.93																			Cumple con los requisitos	<15
Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos; INVE 123-13							1		0.01										0.01																		Cumple con los requisitos	<1	
Límite líquido; INVE 125-13	NL		NL				NL	NL	NL			NL	NL	NL			NL	NL	NL		NL													NL	NL		Cumple con los requisitos	NL	
Índice de plasticidad; INVE 125-126-13	NP		NP				NP	NP	NP			NP	NP	NP			NP	NP	NP		NP													NP	NP		Cumple con los requisitos	NP	

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

4.1.5.2 Control de calidad mediante la media móvil

A los ensayos que lo permitieron, se les aplicó la técnica estadística media móvil, presentado en la Tabla 51 – Tabla 59.

- Índice de Aplanamiento

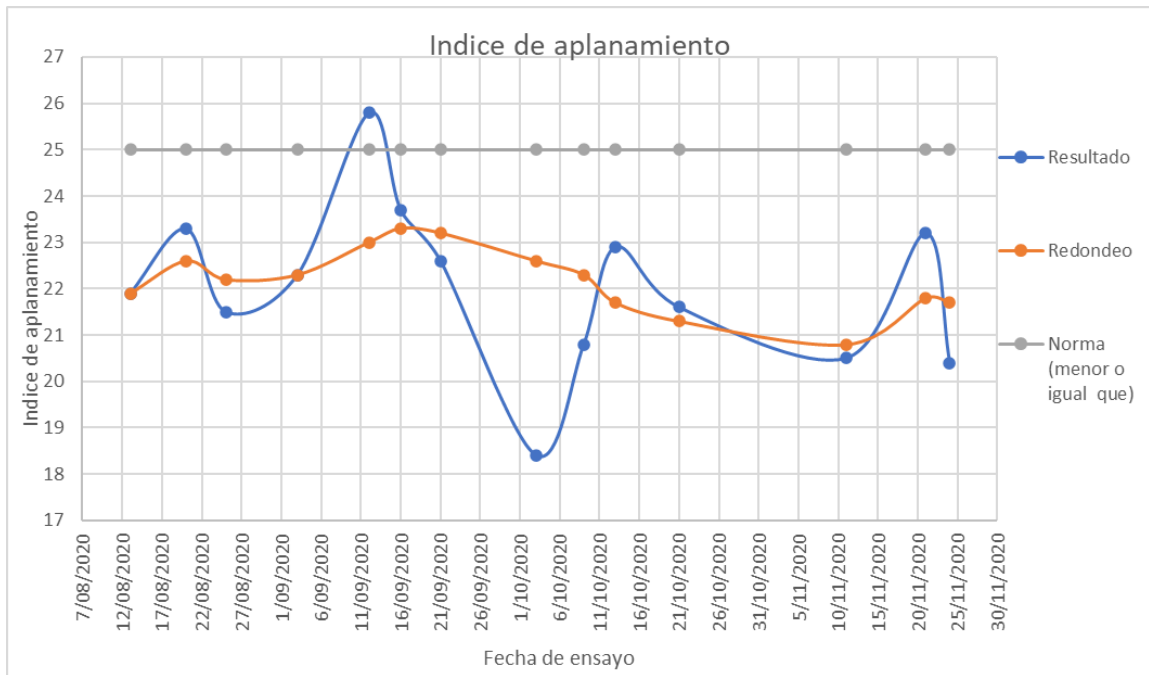
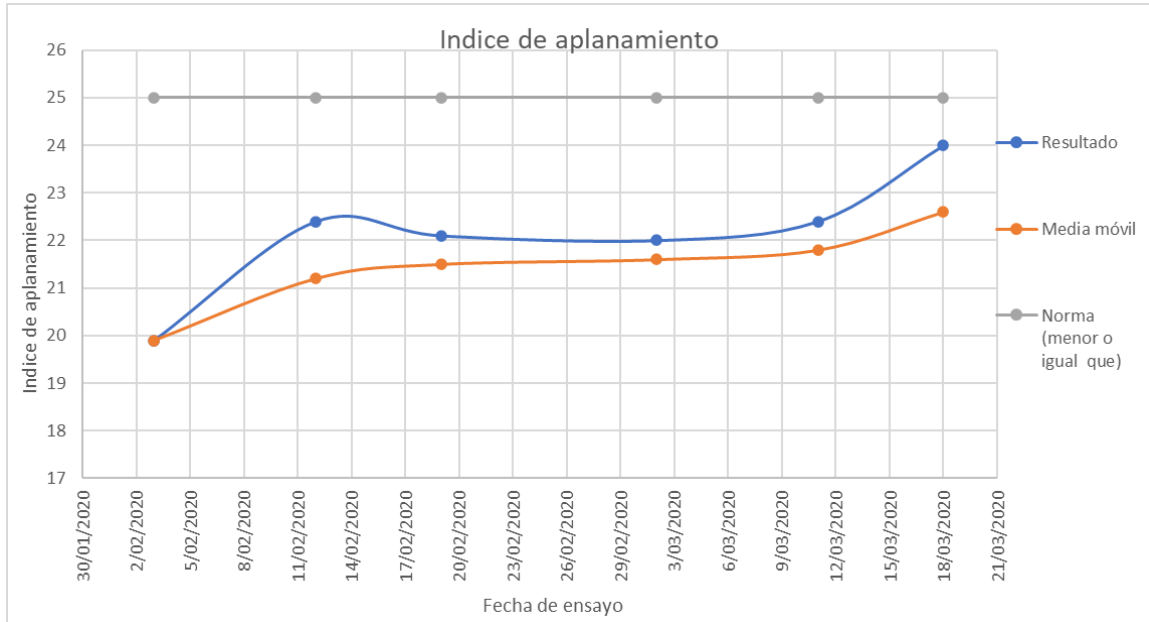
Tabla 51. Aplicación media móvil para Índice de Aplanamiento

Ensayo:	Índice de aplanamiento			
Norma:	INV E 230-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
3/02/2020	19.9	19.9	19.9	25
12/02/2020	22.4	21.15	21.2	25
19/02/2020	22.1	21.467	21.5	25
2/03/2020	22	21.6	21.6	25
11/03/2020	22.4	21.76	21.8	25
18/03/2020	24	22.58	22.6	25

Ensayo:	Índice de aplanamiento			
Norma:	INV E 230-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
13/08/2020	21.9	21.9	21.9	25
20/08/2020	23.3	22.6	22.6	25
25/08/2020	21.5	22.233	22.2	25
3/09/2020	22.3	22.25	22.3	25
12/09/2020	25.8	22.96	23	25
16/09/2020	23.7	23.32	23.3	25
21/09/2020	22.6	23.18	23.2	25
3/10/2020	18.4	22.56	22.6	25
9/10/2020	20.8	22.26	22.3	25
13/10/2020	22.9	21.68	21.7	25
21/10/2020	21.6	21.26	21.3	25
11/11/2020	20.5	20.84	20.8	25
21/11/2020	23.2	21.8	21.8	25
24/11/2020	20.4	21.72	21.7	25

Fuente: La autora.

Figura 36. Resultado para Índice de Aplanamiento



Fuente: La autora.

- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales: grueso**

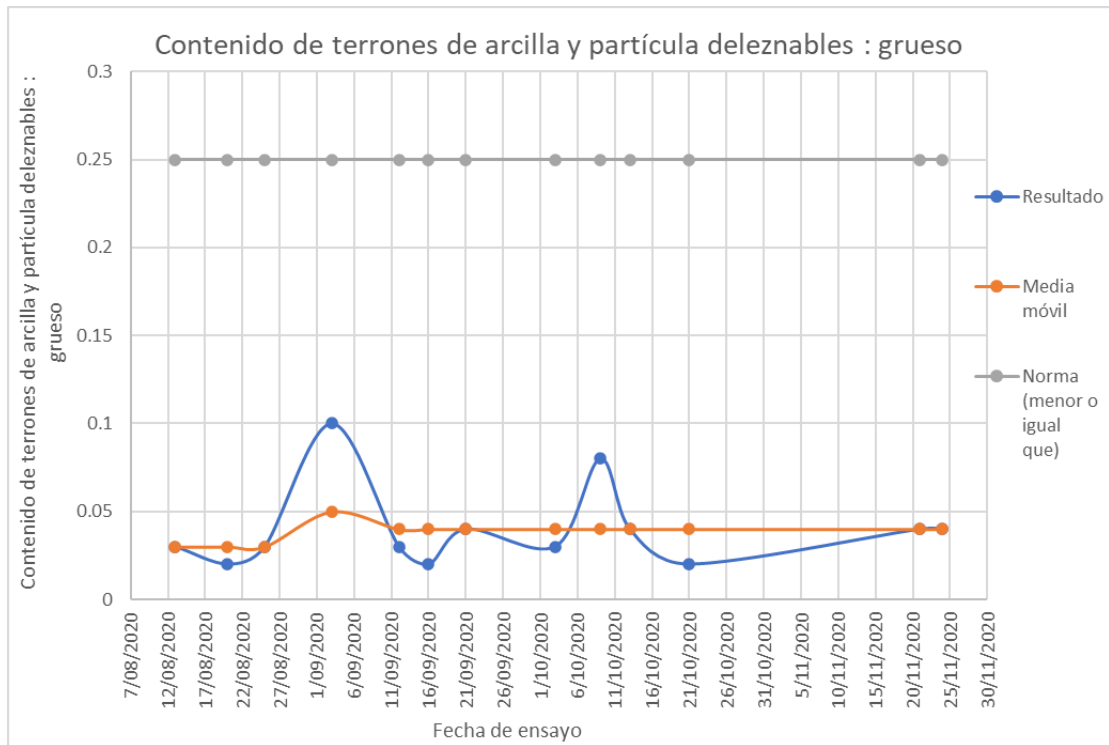
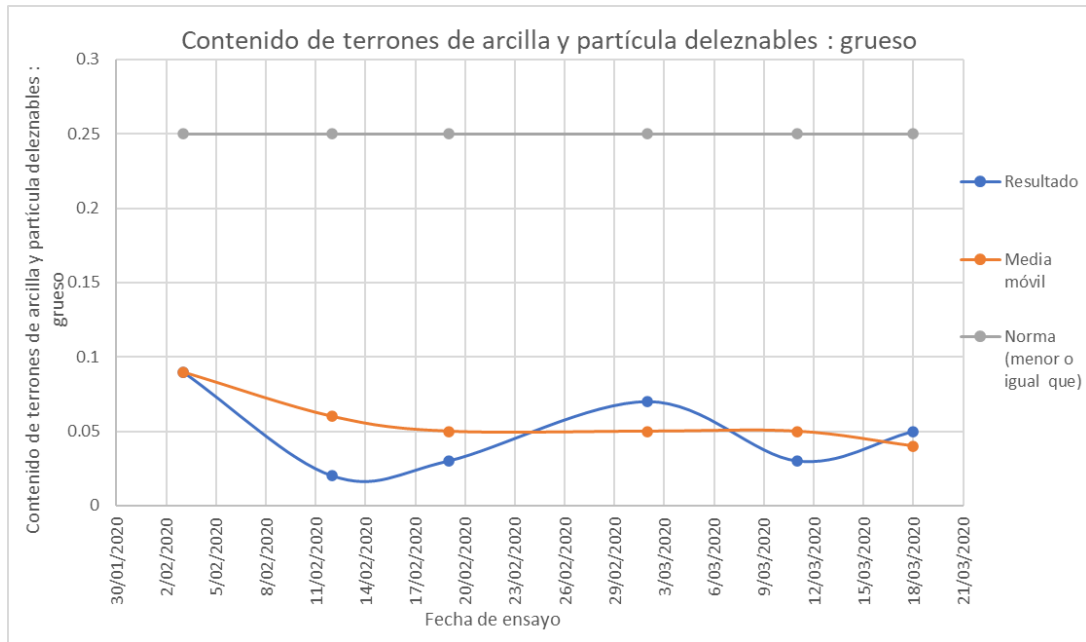
Tabla 52. Aplicación media móvil para Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : grueso			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
3/02/2020	0.09	0.09	0.09	0.25
12/02/2020	0.02	0.055	0.06	0.25
19/02/2020	0.03	0.0467	0.05	0.25
2/03/2020	0.07	0.0525	0.05	0.25
11/03/2020	0.03	0.048	0.05	0.25
18/03/2020	0.05	0.04	0.04	0.25

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : grueso			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
13/08/2020	0.03	0.03	0.03	0.25
20/08/2020	0.02	0.025	0.03	0.25
25/08/2020	0.03	0.0267	0.03	0.25
3/09/2020	0.1	0.045	0.05	0.25
12/09/2020	0.03	0.042	0.04	0.25
16/09/2020	0.02	0.04	0.04	0.25
21/09/2020	0.04	0.044	0.04	0.25
3/10/2020	0.03	0.044	0.04	0.25
9/10/2020	0.08	0.04	0.04	0.25
13/10/2020	0.04	0.042	0.04	0.25
21/10/2020	0.02	0.042	0.04	0.25
21/11/2020	0.04	0.042	0.04	0.25
24/11/2020	0.04	0.044	0.04	0.25

Fuente: La autora.

Figura 37. Resultado para Contenido de Terrones de Arcilla y Partícula Deleznales: grueso



Fuente: La autora.

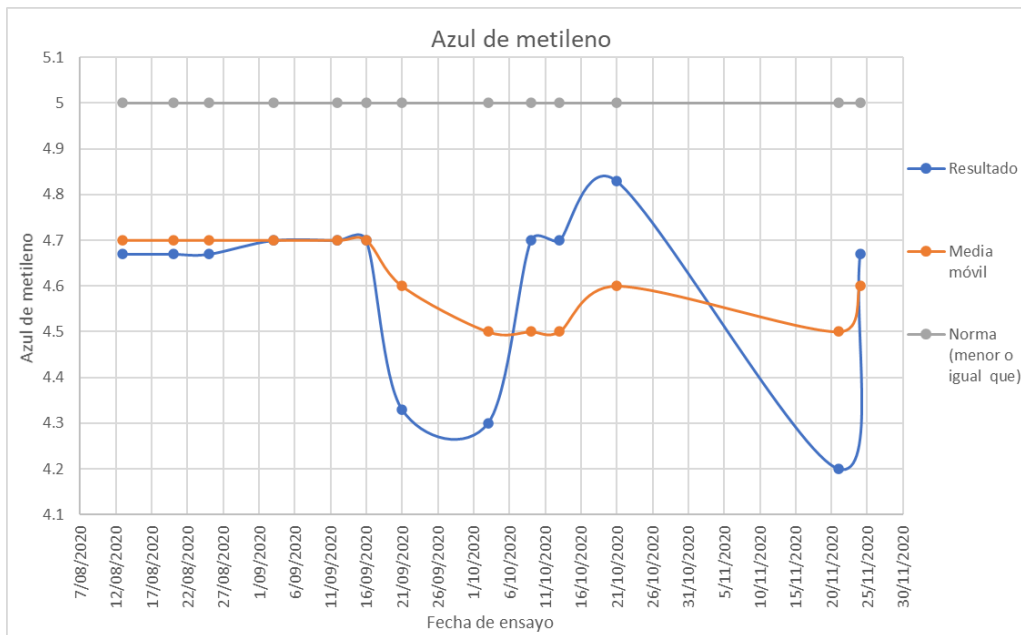
- **Azul de Metileno**

Tabla 53. Aplicación media móvil para Azul de Metileno

Ensayo:	Azul de metileno			
Norma:	INV E 235-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
13/08/2020	4.67	4.67	4.7	5
20/08/2020	4.67	4.67	4.7	5
25/08/2020	4.67	4.67	4.7	5
3/09/2020	4.7	4.6775	4.7	5
12/09/2020	4.7	4.682	4.7	5
16/09/2020	4.7	4.688	4.7	5
21/09/2020	4.33	4.62	4.6	5
3/10/2020	4.3	4.546	4.5	5
9/10/2020	4.7	4.546	4.5	5
13/10/2020	4.7	4.546	4.5	5
21/10/2020	4.83	4.572	4.6	5
21/11/2020	4.2	4.546	4.5	5
24/11/2020	4.67	4.62	4.6	5

Fuente: La autora.

Figura 38. Resultado para Azul de Metileno



Fuente: La autora.

- **Equivalente de Arena**

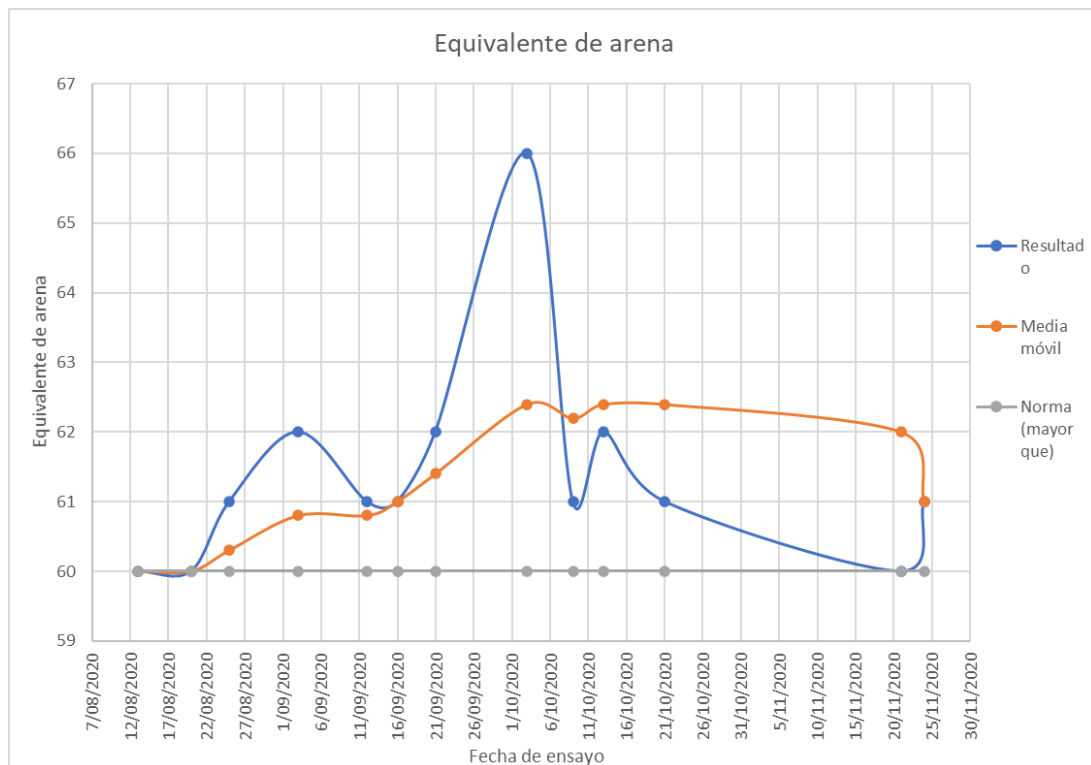
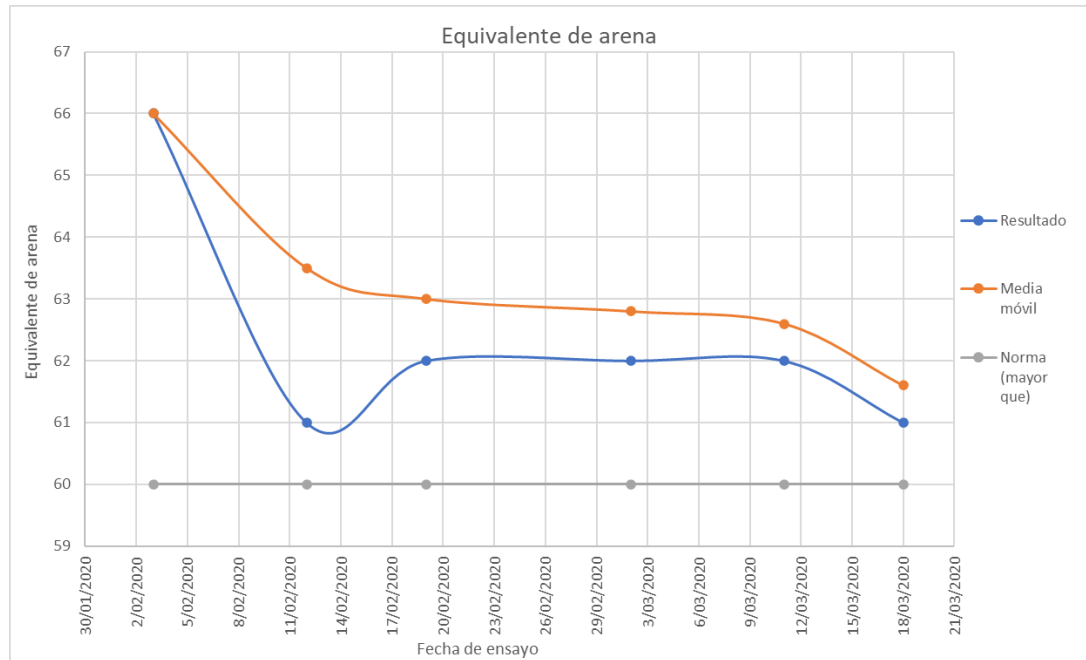
Tabla 54. Aplicación media móvil para Equivalente de Arena

Ensayo:	Equivalente de arena			
Norma:	INV E 133-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
3/02/2020	66	66	66	60
12/02/2020	61	63.5	63.5	60
19/02/2020	62	63	63	60
2/03/2020	62	62.75	62.8	60
11/03/2020	62	62.6	62.6	60
18/03/2020	61	61.6	61.6	60

Ensayo:	Equivalente de arena			
Norma:	INV E 133-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
13/08/2020	60	60	60	60
20/08/2020	60	60	60	60
25/08/2020	61	60.33	60.3	60
3/09/2020	62	60.75	60.8	60
12/09/2020	61	60.8	60.8	60
16/09/2020	61	61	61	60
21/09/2020	62	61.4	61.4	60
3/10/2020	66	62.4	62.4	60
9/10/2020	61	62.2	62.2	60
13/10/2020	62	62.4	62.4	60
21/10/2020	61	62.4	62.4	60
21/11/2020	60	62	62	60
24/11/2020	61	61	61	60

Fuente: La autora.

Figura 39. Resultado para Equivalente de Arena



Fuente: La autora.

- **Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas**

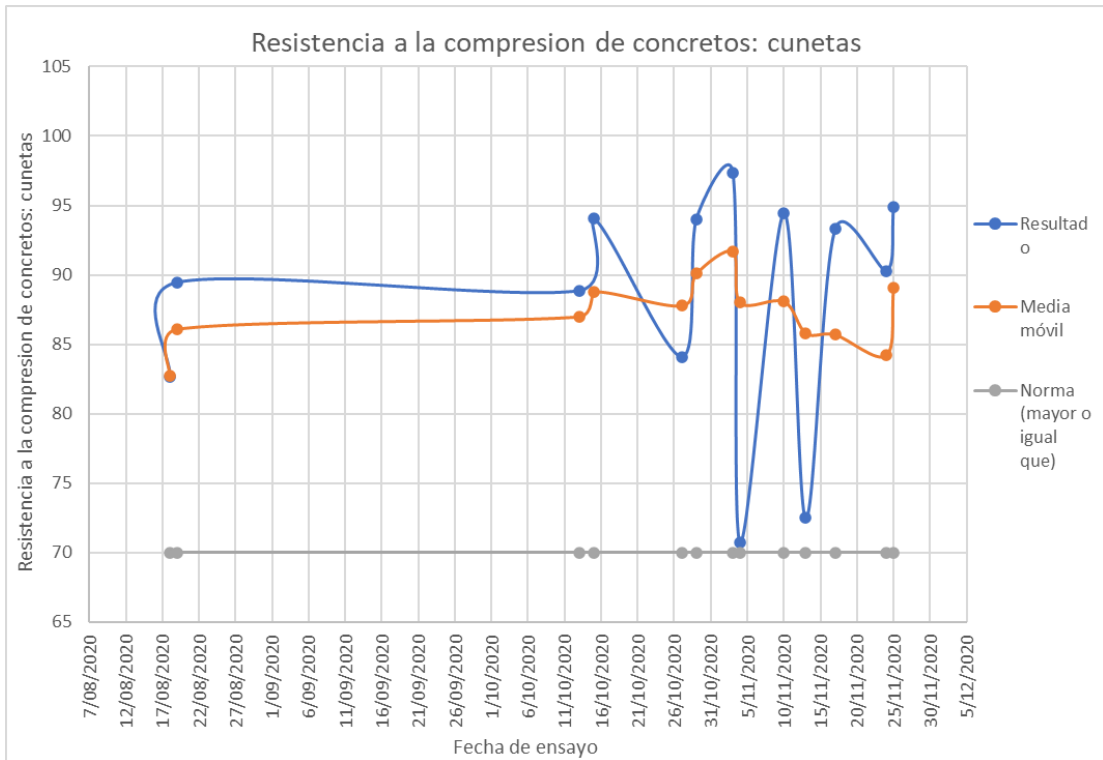
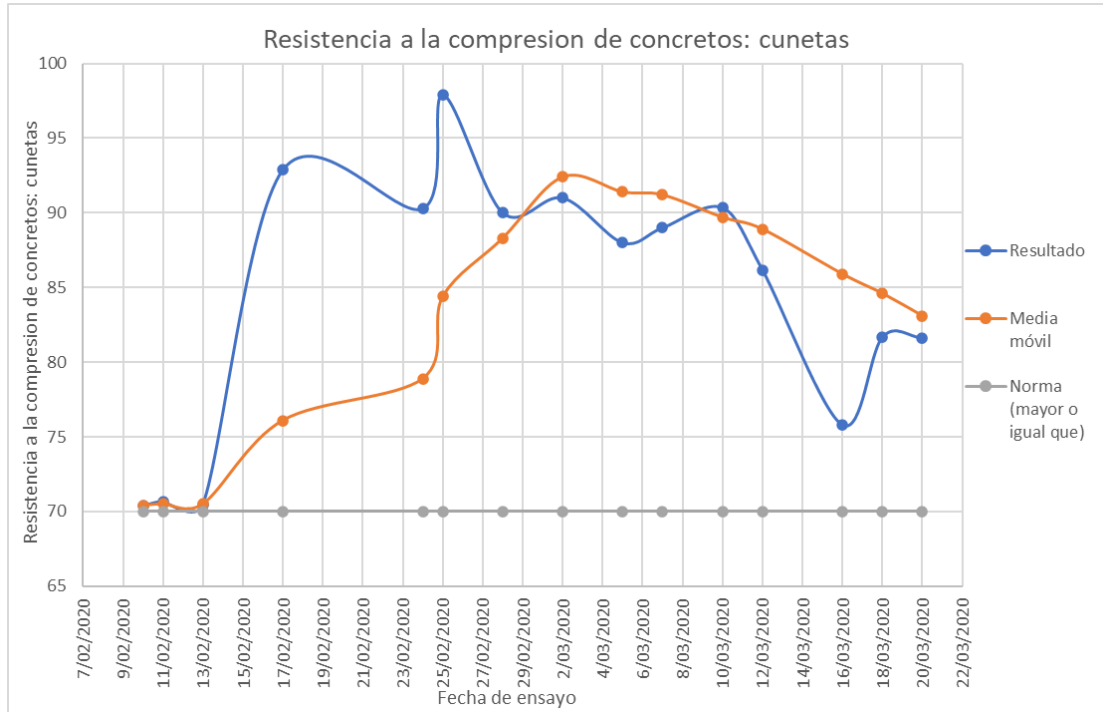
Tabla 55. Aplicación media móvil para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas

Ensayo:	Resistencia a la compresion de concretos: cunetas			
Norma:	INV E 410-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor o igual que)
10/02/2020	70.37	70.37	70.4	70
11/02/2020	70.66	70.515	70.5	70
13/02/2020	70.48	70.503	70.5	70
17/02/2020	92.88	76.0975	76.1	70
24/02/2020	90.29	78.936	78.9	70
25/02/2020	97.89	84.44	84.4	70
28/02/2020	90	88.308	88.3	70
2/03/2020	91	92.412	92.4	70
5/03/2020	88	91.436	91.4	70
7/03/2020	89	91.178	91.2	70
10/03/2020	90.34	89.668	89.7	70
12/03/2020	86.16	88.9	88.9	70
16/03/2020	75.79	85.858	85.9	70
18/03/2020	81.68	84.594	84.6	70
20/03/2020	81.62	83.118	83.1	70

Ensayo:	Resistencia a la compresion de concretos: cunetas			
Norma:	INV E 410-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor o igual que)
18/08/2020	82.68	82.68	82.7	70
19/08/2020	89.46	86.07	86.1	70
13/10/2020	88.87	87.00	87	70
15/10/2020	94.06	88.77	88.8	70
27/10/2020	84.1	87.834	87.8	70
29/10/2020	94	90.098	90.1	70
3/11/2020	97.36	91.678	91.7	70
4/11/2020	70.72	88.048	88	70
10/11/2020	94.41	88.118	88.1	70
13/11/2020	72.49	85.796	85.8	70
17/11/2020	93.29	85.654	85.7	70
24/11/2020	90.29	84.24	84.2	70
25/11/2020	94.88	89.072	89.1	70

Fuente: La autora.

Figura 40. Resultado para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas



Fuente: La autora.

En la Figura 40 se puede evidenciar que el trabajo del constructor no fue uniforme, se presentan sobresaltos abruptos en los resultados de ensayos de laboratorio realizados en las jornadas de trabajo, en algunos casos se acerca mucho a los limites establecidos por los requisitos de las Especificaciones Generales de Construcción, lo que pone en riesgo el no cumplimiento de las cunetas en cuanto a la Resistencia a la Comprensión. Igualmente, aunque los sobresaltos son disminuidos por la media móvil, se evidencia que el trabajo no fue constante ni uniforme.

- **Índice de alargamiento**

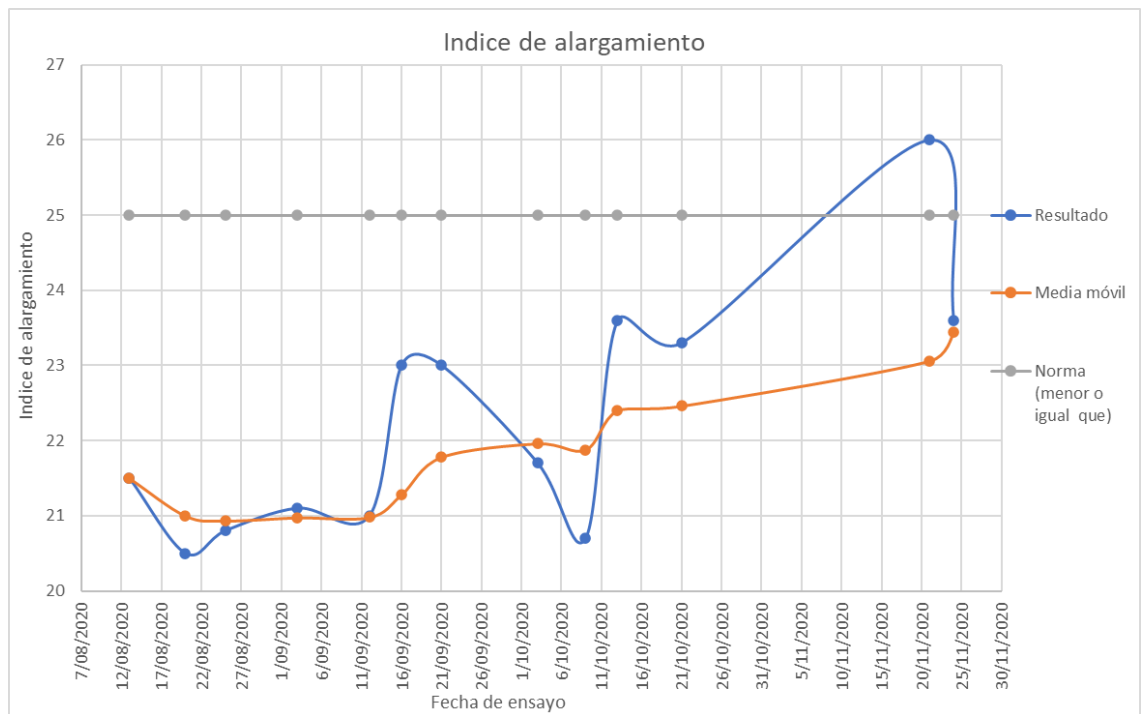
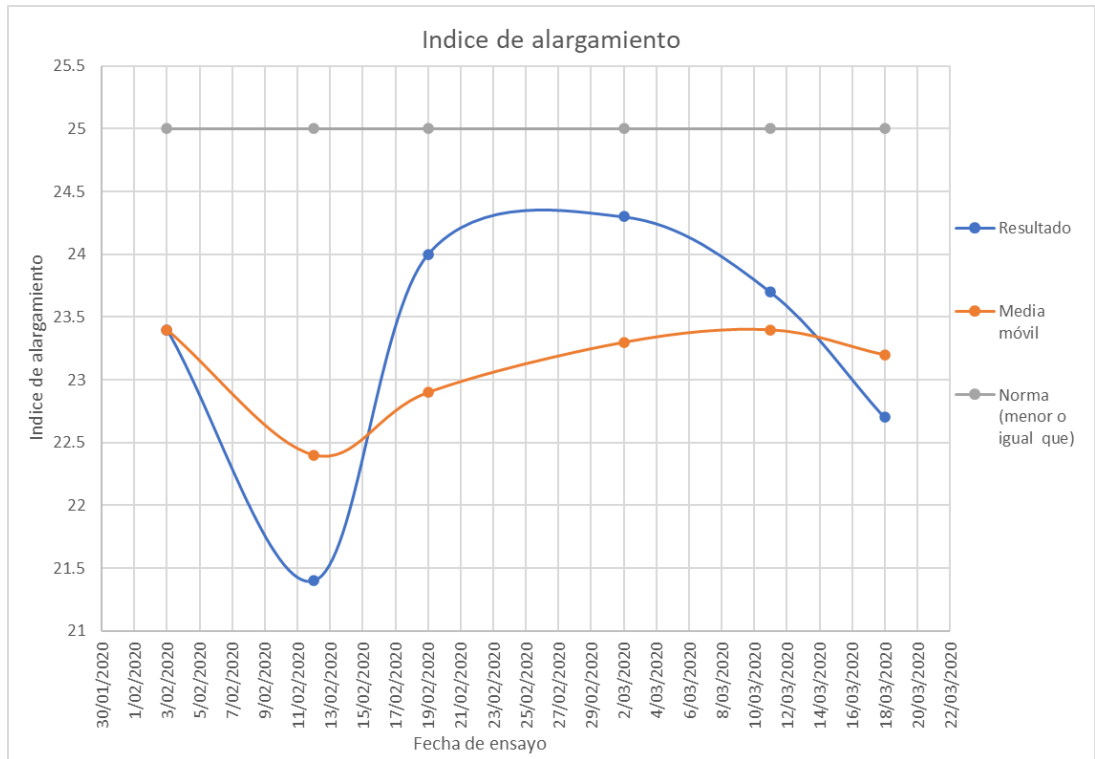
Tabla 56. Aplicación media móvil para Índice de alargamiento

Ensayo:		Índice de alargamiento		
Norma:		INV E 230-13		
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
3/02/2020	23.4	23.4	23.4	25
12/02/2020	21.4	22.4	22.4	25
19/02/2020	24	22.933	22.9	25
2/03/2020	24.3	23.275	23.3	25
11/03/2020	23.7	23.36	23.4	25
18/03/2020	22.7	23.22	23.2	25

Ensayo:		Índice de alargamiento		
Norma:		INV E 230-13		
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
13/08/2020	21.5	21.5	21.5	25
20/08/2020	20.5	21	21	25
25/08/2020	20.8	20.933	20.9	25
3/09/2020	21.1	20.975	21	25
12/09/2020	21	20.98	21	25
16/09/2020	23	21.28	21.3	25
21/09/2020	23	21.78	21.8	25
3/10/2020	21.7	21.96	22	25
9/10/2020	20.7	21.88	21.9	25
13/10/2020	23.6	22.4	22.4	25
21/10/2020	23.3	22.46	22.5	25
21/11/2020	26	23.06	23.1	25
24/11/2020	23.6	23.44	23.4	25

Fuente: La autora.

Figura 41. Resultados para Índice de Alargamiento



Fuente: La autora.

- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino**

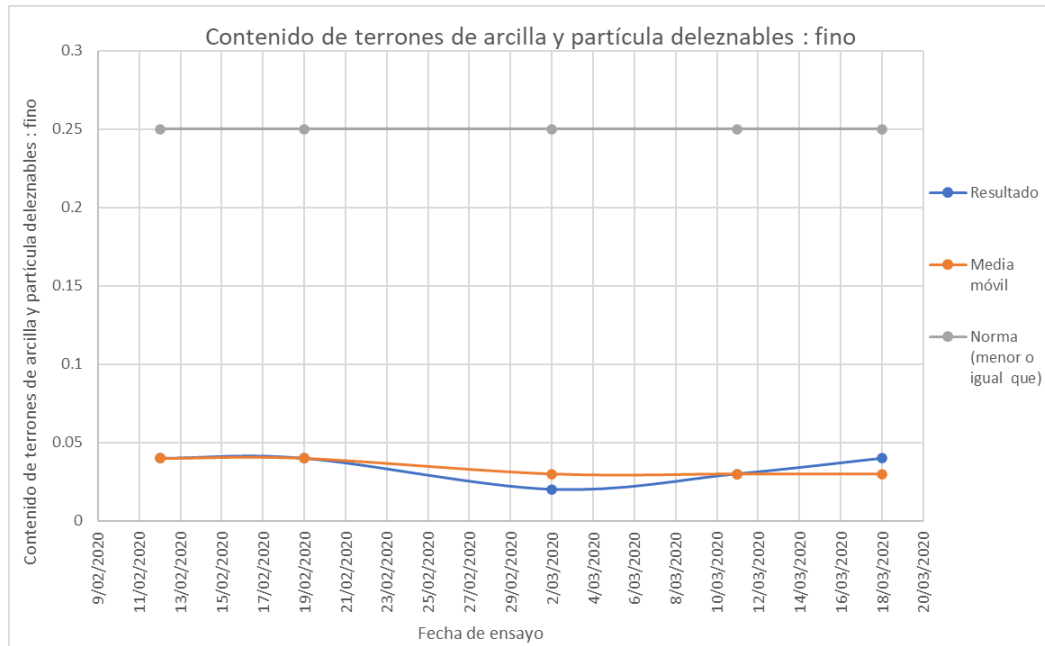
Tabla 57. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partícula Deleznables: fino

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : fino			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
12/02/2020	0.04	0.04	0.04	0.25
19/02/2020	0.04	0.04	0.04	0.25
2/03/2020	0.02	0.0333	0.03	0.25
11/03/2020	0.03	0.0325	0.03	0.25
18/03/2020	0.04	0.034	0.03	0.25

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznables : fino			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
13/08/2020	0.04	0.04	0.04	0.25
20/08/2020	0.05	0.045	0.05	0.25
25/08/2020	0.04	0.0433	0.04	0.25
3/09/2020	0.03	0.04	0.04	0.25
12/09/2020	0.05	0.042	0.04	0.25
16/09/2020	0.04	0.042	0.04	0.25
21/09/2020	0.05	0.042	0.04	0.25
3/10/2020	0.02	0.038	0.04	0.25
9/10/2020	0.04	0.04	0.04	0.25
13/10/2020	0.04	0.038	0.04	0.25
21/10/2020	0.03	0.036	0.04	0.25
21/11/2020	0.03	0.032	0.03	0.25
24/11/2020	0.04	0.036	0.04	0.25

Fuente: La autora.

Figura 42. Resultados para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino”



Fuente: La autora.

- **Material que pasa el Tamiz 200**

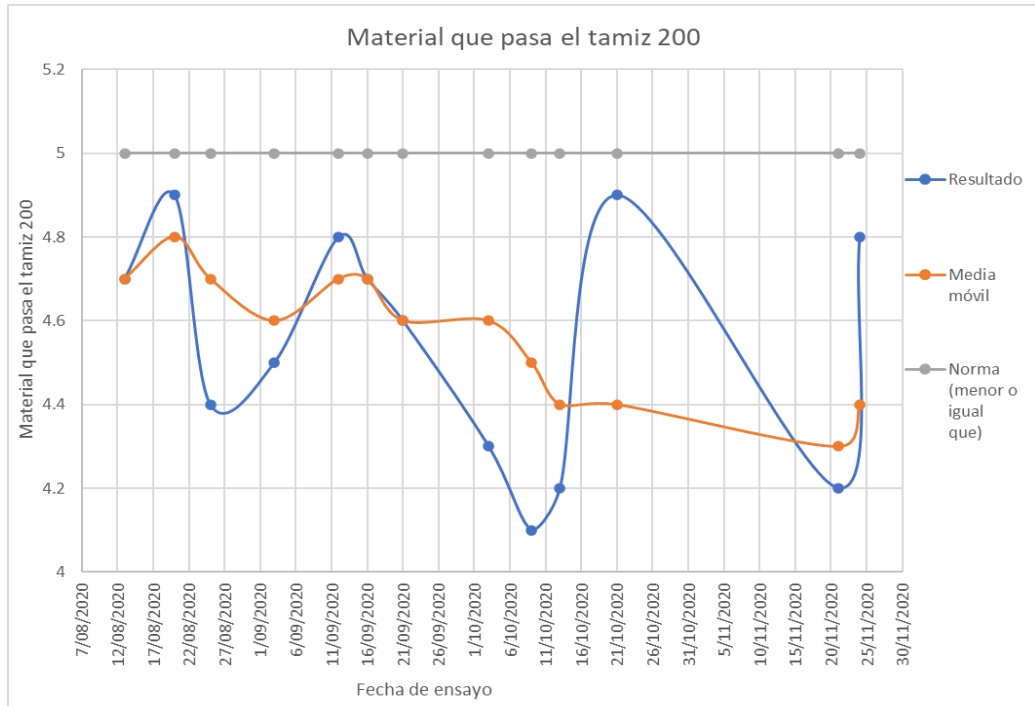
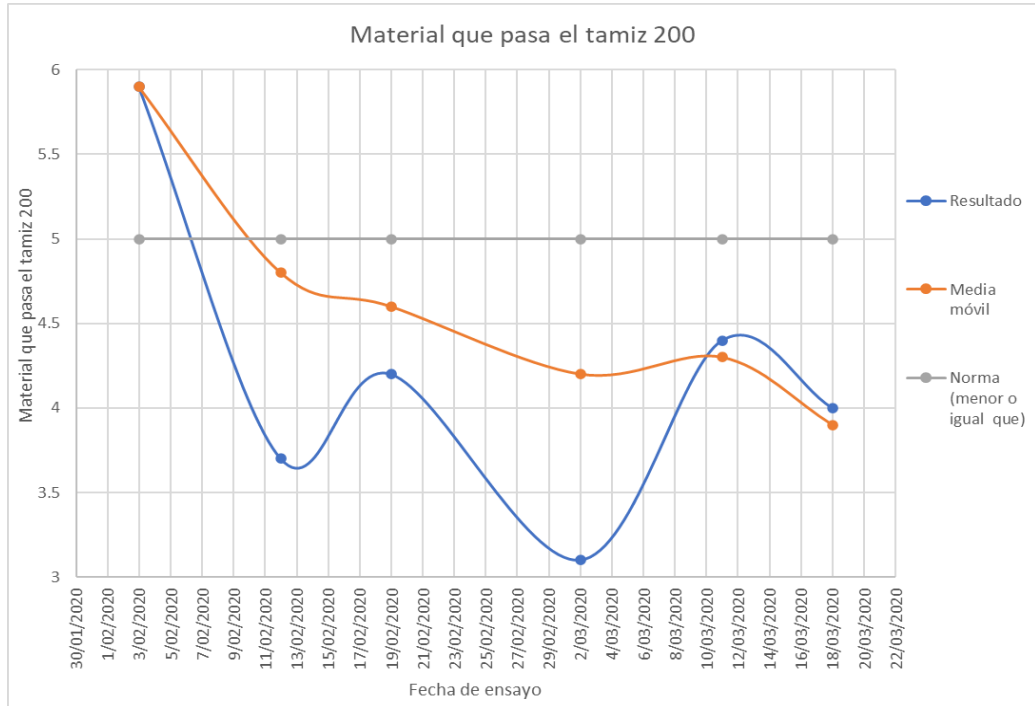
Tabla 58. Aplicación media móvil para Material que pasa el Tamiz 200

Ensayo:	Material que pasa el tamiz 200			
Norma:	INV E 214-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
3/02/2020	5.9	5.9		5
12/02/2020	3.7	3.7	3.7	5
19/02/2020	4.2	3.95	4	5
2/03/2020	3.1	3.667	3.7	5
11/03/2020	4.4	3.85	3.9	5
18/03/2020	4	3.88	3.9	5

Ensayo:	Material que pasa el tamiz 200			
Norma:	INV E 214-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor o igual que)
13/08/2020	4.7	4.7	4.7	5
20/08/2020	4.9	4.8	4.8	5
25/08/2020	4.4	4.67	4.7	5
3/09/2020	4.5	4.625	4.6	5
12/09/2020	4.8	4.66	4.7	5
16/09/2020	4.7	4.66	4.7	5
21/09/2020	4.6	4.6	4.6	5
3/10/2020	4.3	4.58	4.6	5
9/10/2020	4.1	4.5	4.5	5
13/10/2020	4.2	4.38	4.4	5
21/10/2020	4.9	4.42	4.4	5
21/11/2020	4.2	4.34	4.3	5
24/11/2020	4.8	4.44	4.4	5

Fuente: La autora.

Figura 43. Resultado para Material que pasa el Tamiz 200



Fuente: La autora.

- **Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas**

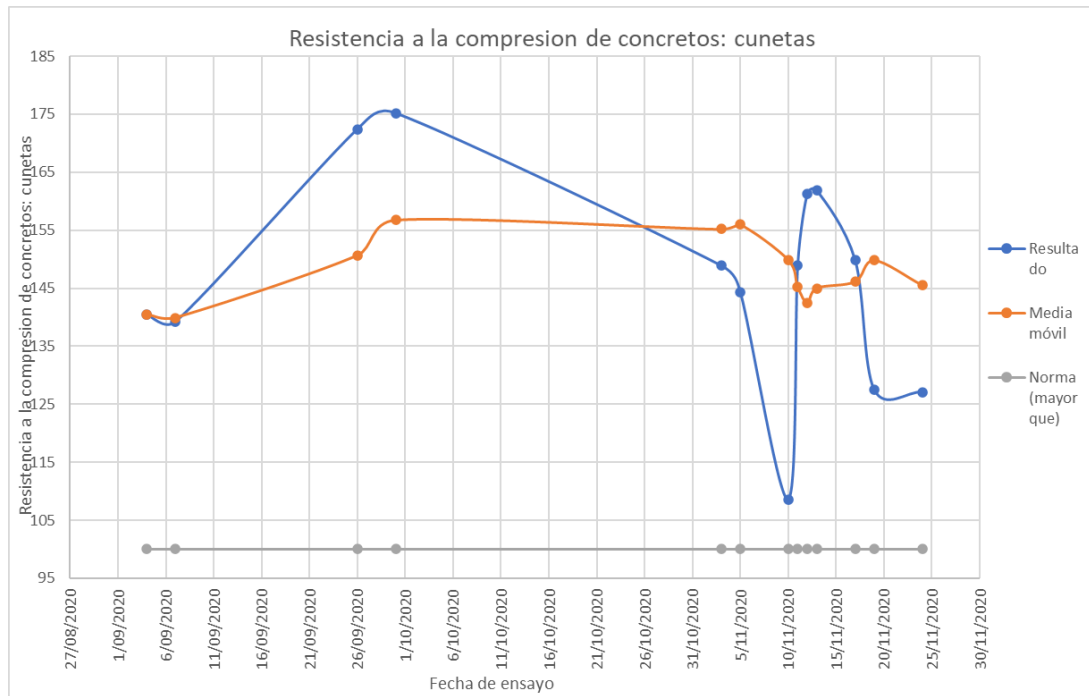
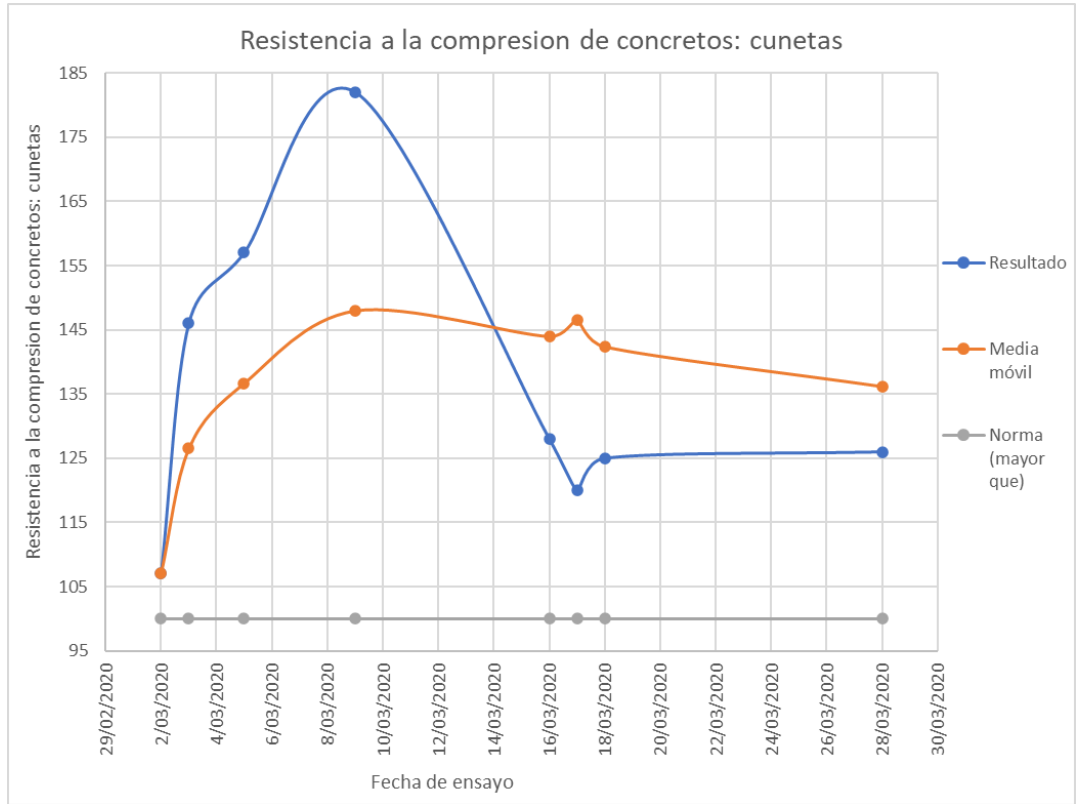
Tabla 59. Aplicación media móvil para Resistencia a la Compresión de Concretos:
Cunetas

Ensayo:	Resistencia a la compresion de concretos:			
Norma:	INV E 410-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
2/03/2020	107	107	107	100
3/03/2020	146	126.5	126.5	100
5/03/2020	157	136.667	136.7	100
9/03/2020	182	148	148	100
16/03/2020	128	144	144	100
17/03/2020	120	146.6	146.6	100
18/03/2020	125	142.4	142.4	100
28/03/2020	126	136.2	136.2	100

Ensayo:	Resistencia a la compresion de concretos:			
Norma:	INV E 410-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)
4/09/2020	140.5	140.5	140.5	100
7/09/2020	139.26	139.88	139.9	100
26/09/2020	172.44	150.73	150.7	100
30/09/2020	175.15	156.84	156.8	100
3/11/2020	148.88	155.246	155.2	100
5/11/2020	144.27	156	156	100
10/11/2020	108.61	149.87	149.9	100
11/11/2020	148.88	145.158	145.2	100
12/11/2020	161.24	142.376	142.4	100
13/11/2020	161.83	144.966	145	100
17/11/2020	149.81	146.074	146.1	100
19/11/2020	127.47	149.846	149.8	100
24/11/2020	127.12	145.494	145.5	100

Fuente: La autora.

Figura 44. Resultado para Resistencia a la Compresión de Concretos: Cunetas



Fuente: La autora.

Se debe resaltar el no cumplimiento del requisito de calidad en el ensayo de “Material que pasa en tamiz 200” en la fecha 3 de febrero de 2020.

4.1.5.3 Validación estadística concreto estructural

Posterior a la aplicación de la media móvil, se procedió a la validación estadística de los resultados obtenidos presentados en la Tabla 60.

Tabla 60. validación estadística concreto estructural

Ensayo	Periodo	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación. (%)
Índice de aplanamiento	Primer periodo	21.43	0.89	0.04
	Segundo periodo	22.19	0.72	0.03
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : grueso	Primer periodo	0.06	0.02	0.31
	Segundo periodo	0.04	0.01	0.14
Azul de metileno	Primer periodo	4.62	0.09	0.02
Equivalente de arena	Primer periodo	63.25	1.49	0.02
	Segundo periodo	61.28	0.91	0.01
Resistencia a la compresión de concretos: cunetas	Primer periodo	83.09	7.94	0.10
	Segundo periodo	87.32	2.44	0.03
Índice de alargamiento	Primer periodo	23.1	0.39	0.02
	Segundo periodo	21.83	0.83	0.04
Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : fino	Primer periodo	0.03	0.01	0.16
	Segundo periodo	0.04	0.004	0.10
Material que pasa el tamiz 200	Primer periodo	4.62	0.70	0.15
	Segundo periodo	4.57	0.15	0.03
Resistencia a la compresión de concretos: cunetas	Primer periodo	135.93	13.59	0.10
	Segundo periodo	147.92	5.68	0.04

Fuente: La autora.

Todos los ensayos presentan una baja dispersión, y un coeficiente de variación menor a 1, los datos tratados con la técnica estadística son altamente uniformes y en todos los casos cumplen con los requisitos de cada ensayo.

4.1.5.4 Comparación del proceso usado en el control de calidad

En este capítulo se pretende comparar el proceso de control de calidad realizado por el contratista con respecto al proceso de calidad con la media móvil.

El contratista llevo a cabo el control de calidad por medio de la comparación de los resultados de ensayos de laboratorio de cada jornada con los requisitos establecidos en la Especificaciones Generales de Construcción, mientras que al aplicar la media móvil se tiene en cuenta el comportamiento histórico de los ensayos de laboratorio realizado por el constructor.

Se evidencia un mejor ajuste en cuanto a la uniformidad posterior a la aplicación de la técnica estadística, es importante resaltar en el caso del ensayo de “Material que pasa el tamiz 200” en la fecha 3 de febrero de 2020 no cumplió con el requisito, por lo tanto, el inicio del cálculo de la técnica estadística se inició en la siguiente jornada de trabajo.

Se presenta en la Tabla 61 el resumen de los resultados de ensayos posterior a la aplicación de la media móvil.

4.1.5.5 Análisis técnico y conclusiones

En la gran mayoría de los casos los resultados cumplieron con los requisitos exigidos por las especificaciones generales de construcción, se ajustó un poco más a la uniformidad esperada los resultados de la media móvil respecto a los resultados directos de los ensayos. El constructor cumplió con todos los ensayos que son requerido, pero no cumplió con la frecuencia mínima de ensayos requerida.

Tabla 61. Resumen media móvil Concreto estructural

Ensayo	Índice de aplanamiento		Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : grueso		Contenido de terrones de arcilla y partícula deleznales : fino		Azul de metileno		Equivalente de arena		Índice de alargamiento		Material que pasa el tamiz 200		Resistencia a la compresión de concretos: cunetas		Resistencia a la compresión de concretos: cunetas		
Norma	INV E -230		INV E 211-13		INVE 211-13		INVE 235-13		INV E 133-13		INV E 230-13		INVE 214-13		INV E 410-13		INV E 410-13		
Fecha	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (menor o igual que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Media móvil	Norma (mayor o igual que)	
3/02/2020	19.90	25	0.09	0.25	0.04	0.25	-	-	66	60	23.4	25	5.9	5	-	-	-	-	
10/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.4	70	
11/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.5	70	
12/02/2020	21.20	25	0.06	0.25	-	-	-	-	63.5	60	22.4	25	3.7	5	-	-	-	-	
13/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.5	70	
17/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76.1	70	
19/02/2020	21.50	25	0.05	0.25	0.04	0.25	-	-	63	60	22.9	25	4	5	-	-	-	-	
24/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.9	70	
25/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.4	70	
28/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88.3	70	
2/03/2020	21.60	25	0.05	0.25	0.03	0.25	-	-	62.8	60	23.3	25	3.7	5	107	100	92.4	70	
3/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126.5	100	-	-
5/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136.7	100	91.4	70
7/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91.2	70	
9/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148	100	-	-
10/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.7	70	
11/03/2020	21.80	25	0.05	0.25	0.03	0.25	-	-	62.6	60	23.4	25	3.9	5	-	-	-	-	
12/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88.9	70	
16/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	144	100	85.9	70
17/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	146.6	100	-	-
18/03/2020	22.60	25	0.04	0.25	0.03	0.25	-	-	61.6	60	23.2	25	3.9	5	142.4	100	84.6	70	
20/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83.1	70	
28/03/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136.2	100	-	-
13/08/2020	21.9	25	0.03	0.25	0.04	0.25	4.7	5	60	60	21.5	25	4.7	5	-	-	-	-	
18/08/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82.7	70	
19/08/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86.1	70	
20/08/2020	22.6	25	0.03	0.25	0.05	0.25	4.7	5	60.0	60	21	25	4.8	5	-	-	-	-	
25/08/2020	22.2	25	0.03	0.25	0.04	0.25	4.7	5	60.3	60	20.9	25	4.7	5	-	-	-	-	
3/09/2020	22.3	25	0.05	0.25	0.04	0.25	4.7	5	60.8	60	21	25	4.6	5	-	-	-	-	
4/09/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140.5	100	-	-
7/09/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.9	100	-	-
12/09/2020	23	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.7	5	60.8	60	21	25	4.7	5	-	-	-	-	
16/09/2020	23.3	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.7	5	61	60	21.3	25	4.7	5	-	-	-	-	
21/09/2020	23.2	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.6	5	61.4	60	21.8	25	4.6	5	-	-	-	-	
26/09/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150.7	100	-	-
30/09/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156.8	100	-	-
3/10/2020	22.6	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.5	5	62.4	60	22	25	4.6	5	-	-	-	-	
9/10/2020	22.3	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.5	5	62.2	60	21.9	25	4.5	5	-	-	-	-	
13/10/2020	21.7	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.5	5	62.4	60	22.4	25	4.4	5	-	-	87	70	
15/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86.1	70	
21/10/2020	21.3	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.6	5	62.4	60	22.5	25	4.4	5	-	-	-	-	
27/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.8	70	
29/10/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90.1	70	
3/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155.2	100	91.7	70
4/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	70	
5/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156	100	-	-
10/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149.9	100	88.1	70
11/11/2020	20.8	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145.2	100	-	-
12/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142.4	100	-	-
13/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145	100	85.8	70
17/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	146.1	100	85.7	70
19/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149.8	100	-	-
21/11/2020	21.8	25	0.04	0.25	0.03	0.25	4.5	5	62	60	23.1	25	4.3	5	-	-	-	-	
24/11/2020	21.7	25	0.04	0.25	0.04	0.25	4.6	5	61	60	23.4	25	4.4	5	145.5	100	84.2	70	
25/11/2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.1	70	

Fuente: La autora.

4.1.6 Afirmado

4.1.6.1 Control de calidad por parte del constructor

Para realizar el control de calidad el constructor realizó ensayos de laboratorio sobre el material a usar y aprobó su uso comparando con las exigencias dadas en las especificaciones generales de construcción, específicamente en el artículo 311. La relación de los ensayos de laboratorio se presenta a continuación en la Tabla 62.

Tabla 61. Ensayos realizados sobre afirmado

Ensayo	6/02/2020	11/02/2020	18/02/2020	24/02/2020	3/03/2020	10/03/2020	18/03/2020	11/08/2020	18/08/2020	24/08/2020	6/09/2020	11/09/2020	18/09/2020	25/09/2020	4/10/2020	8/10/2020	14/10/2020	19/10/2020	Observación del contratista	Requisito
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable: grueso INV E 211-13	0.1	0.1	0.7	0.1	0.1	0.7	0.1	0.1	0.8	0.1	0.9	0.3	0.5	0.5	0.8	0.7	0.7	0.7	Cumple con los requisitos	<2
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable: fino INV E 211-13	0.2	0.1	0.7	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.4	0.1	0.4	0.5	1	0.8	0.7	0.4	0.3	0.5	Cumple con los requisitos	<2
Limite liquido INV E 125-13	25	24	25	25	27	27	25	23	22.5	25	22.5	22	23	23	25	24.4	25	25	Cumple con los requisitos	<40
Indice de plasticidad INV E 125/126-13	8.2	8.8	8.4	7.9	8.3	8.7	8.4	7.1	8.2	8.3	7.4	7.7	7.4	8.2	8.1	8.2	7.8	8.3	Cumple con los requisitos	entre 4-9
Desgaste en la maquina de los Angeles 500rv INV E 218-13			35.8			35	35				34.6					34.5			Cumple con los requisitos	<50
Perdida en ensayo de solidez en sulfato de sodio: fino INV E 220-			7			6.6					5.8					0.39			Cumple con los requisitos	<12
Perdida en ensayo de solidez en sulfato de sodio: grueso INV E 220-13			7.3			6					5.6					6.55			Cumple con los requisitos	<12
CBR INV E 148-13			23			39			19.4		19.5					16.6			Cumple con los requisitos	>=15

Fuente: La autora, con base en información de informes de interventoría y obra.

4.1.6.2 Control de calidad mediante de la media móvil

Se procedió a la aplicación de la técnica estadística media móvil a los ensayos que por su cantidad lo permitieron, los cuales son presentados en la Tabla 62 – Tabla 65.

- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznable: grueso**

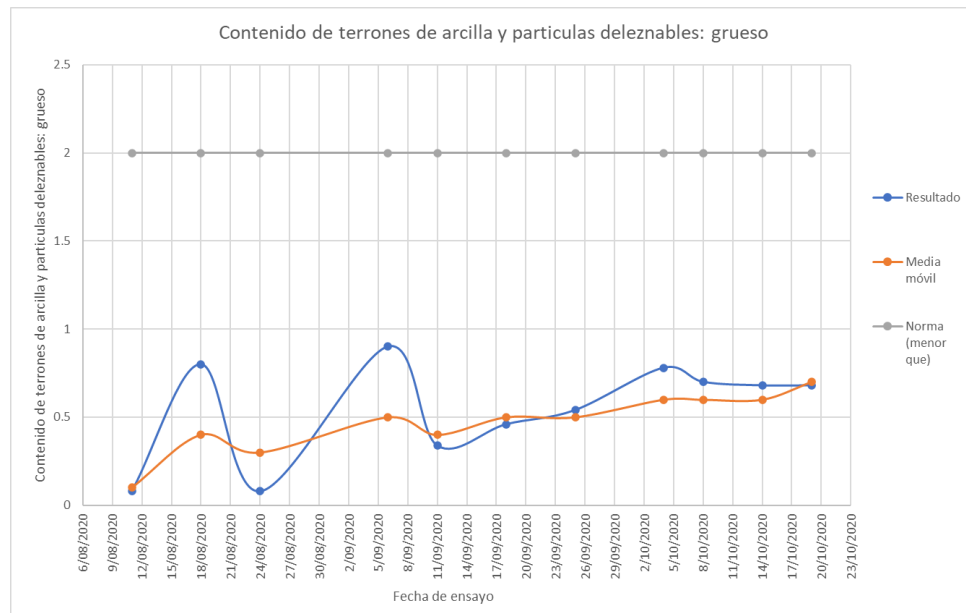
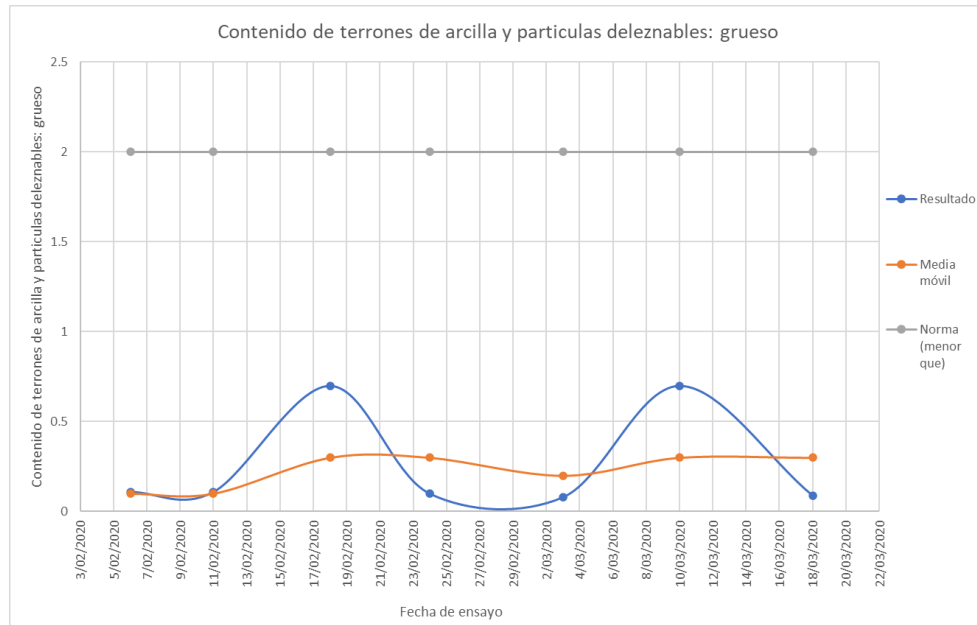
Tabla 62. Aplicación media móvil para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: grueso			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
6/02/2020	0.11	0.11	0.1	2
11/02/2020	0.11	0.11	0.1	2
18/02/2020	0.7	0.307	0.3	2
24/02/2020	0.1	0.255	0.3	2
3/03/2020	0.08	0.22	0.2	2
10/03/2020	0.7	0.338	0.3	2
18/03/2020	0.09	0.334	0.3	2

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: grueso			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
11/08/2020	0.08	0.08	0.1	2
18/08/2020	0.8	0.44	0.4	2
24/08/2020	0.08	0.32	0.3	2
6/09/2020	0.9	0.465	0.5	2
11/09/2020	0.34	0.44	0.4	2
18/09/2020	0.46	0.516	0.5	2
25/09/2020	0.54	0.464	0.5	2
4/10/2020	0.78	0.604	0.6	2
8/10/2020	0.7	0.564	0.6	2
14/10/2020	0.68	0.632	0.6	2
19/10/2020	0.68	0.676	0.7	2

Fuente: La autora.

Figura 45. Resultado para contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: grueso



Fuente: La autora.

- **Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino**

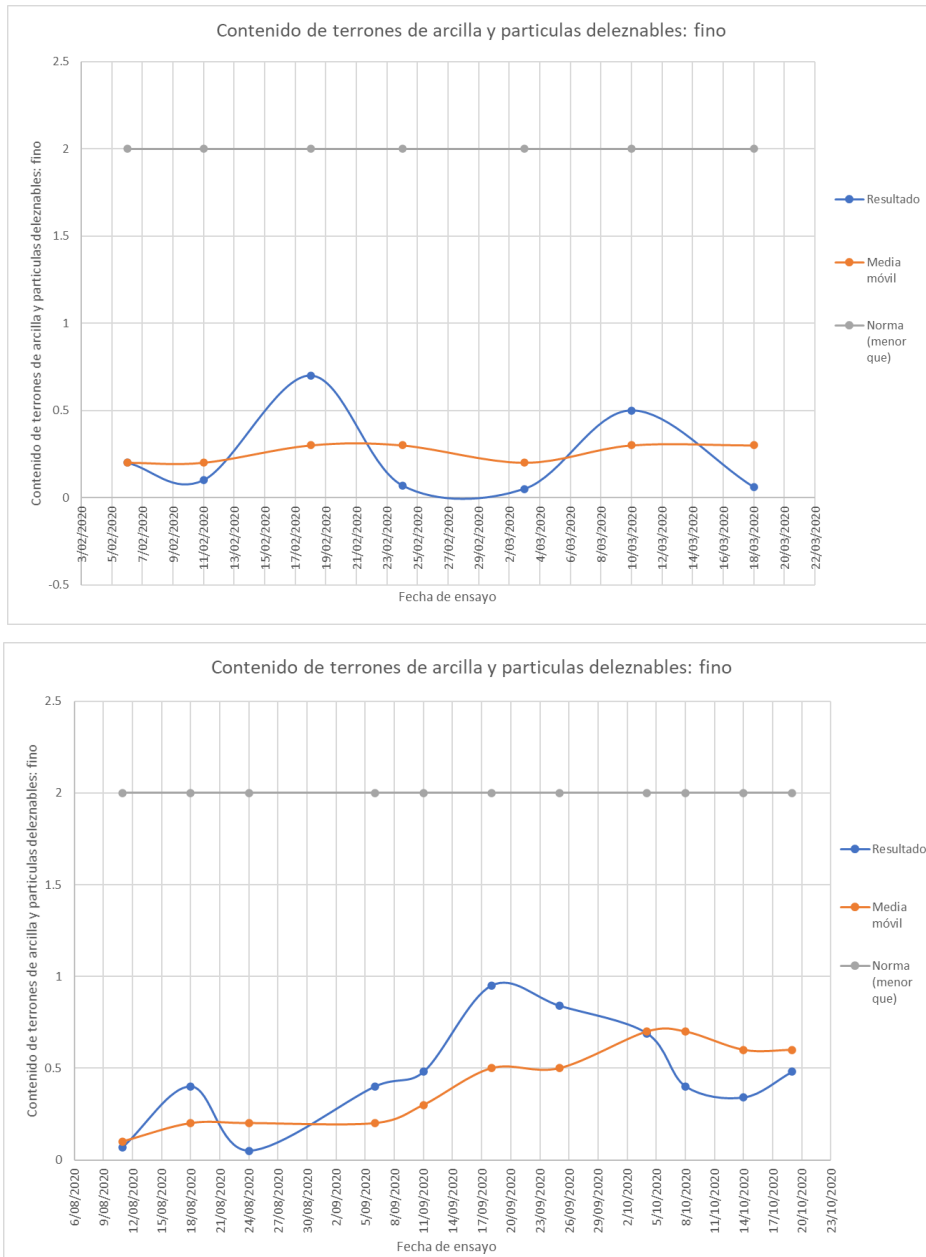
Tabla 63. Aplicación media móvil para Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: fino			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
6/02/2020	0.2	0.2	0.2	2
11/02/2020	0.1	0.15	0.2	2
18/02/2020	0.7	0.333	0.3	2
24/02/2020	0.07	0.2675	0.3	2
3/03/2020	0.05	0.224	0.2	2
10/03/2020	0.5	0.284	0.3	2
18/03/2020	0.06	0.276	0.3	2

Ensayo:	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: fino			
Norma:	INV E 211-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
11/08/2020	0.07	0.07	0.1	2
18/08/2020	0.4	0.235	0.2	2
24/08/2020	0.05	0.1733333	0.2	2
6/09/2020	0.4	0.23	0.2	2
11/09/2020	0.48	0.28	0.3	2
18/09/2020	0.95	0.456	0.5	2
25/09/2020	0.84	0.544	0.5	2
4/10/2020	0.69	0.672	0.7	2
8/10/2020	0.4	0.672	0.7	2
14/10/2020	0.34	0.644	0.6	2
19/10/2020	0.48	0.55	0.6	2

Fuente: La autora.

Figura 46. Resultado para Contenido de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables: fino



Fuente: La autora.

- **Limite Liquido**

Tabla 64. Aplicación media móvil para Limite Liquido

Ensayo:	Limite liquido			
Norma:	INV E 125-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
6/02/2020	24.6	24.6	24.6	40
11/02/2020	24.4	24.5	24.5	40
18/02/2020	24.7	24.5667	24.6	40
24/02/2020	24.6	24.575	24.6	40
3/03/2020	26.6	24.98	25	40
10/03/2020	26.6	25.38	25.4	40
18/03/2020	24.6	25.42	25.4	40

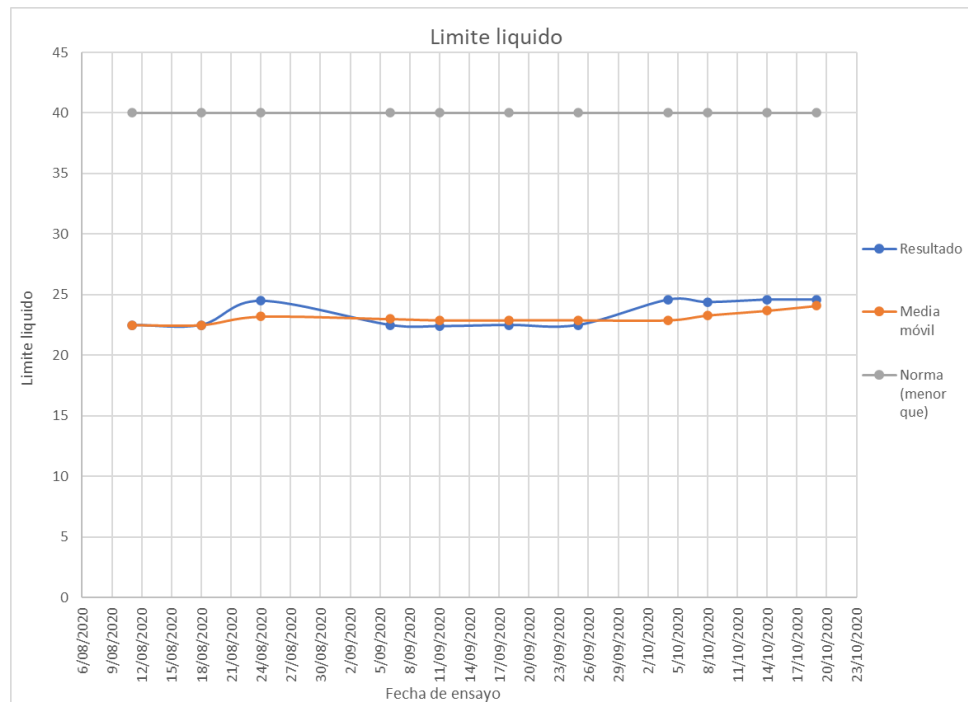
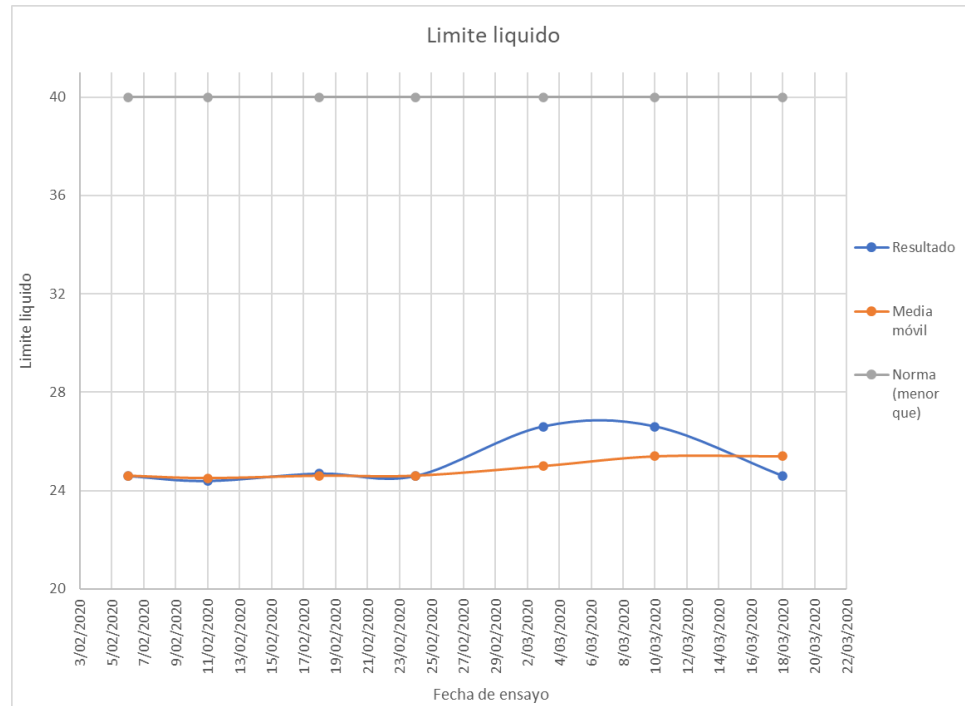
Fuente: La autora.

Tabla 64. Continuación. Aplicación media móvil para Limite Liquido

Ensayo:	Limite liquido			
Norma:	INV E 125-13			
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (menor que)
11/08/2020	22.5	22.5	22.5	40
18/08/2020	22.5	22.5	22.5	40
24/08/2020	24.5	23.167	23.2	40
6/09/2020	22.5	23	23	40
11/09/2020	22.4	22.88	22.9	40
18/09/2020	22.5	22.88	22.9	40
25/09/2020	22.5	22.88	22.9	40
4/10/2020	24.6	22.9	22.9	40
8/10/2020	24.4	23.28	23.3	40
14/10/2020	24.6	23.72	23.7	40
19/10/2020	24.6	24.14	24.1	40

Fuente: La autora.

Figura 47. Resultado para Limite Liquido



Fuente: La autora.

- Índice de Plasticidad

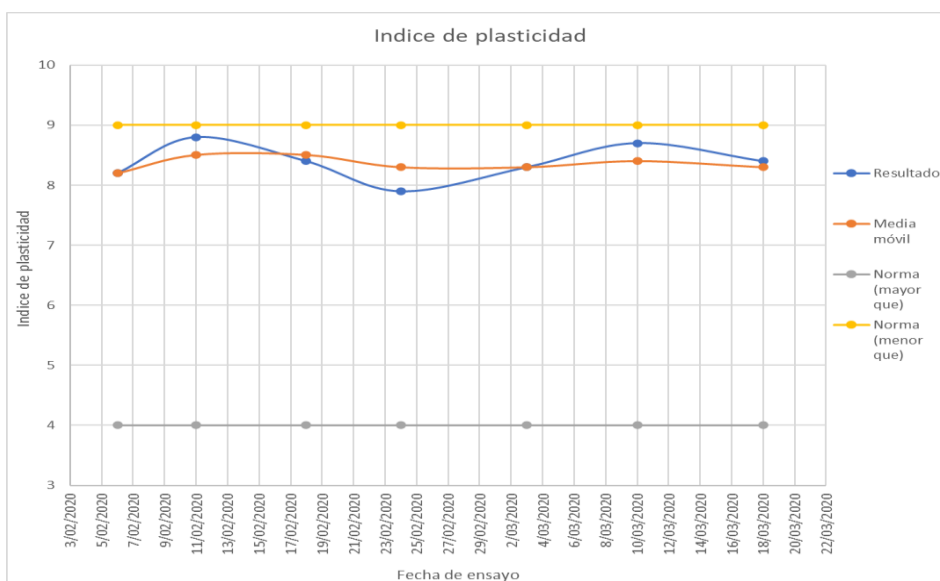
Tabla 65. Aplicación media móvil para Índice de Plasticidad

Ensayo:	Índice de plasticidad				
Norma:	INV E 125/126-13				
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
6/02/2020	8.2	8.2	8.2	4	9
11/02/2020	8.8	8.5	8.5	4	9
18/02/2020	8.4	8.4667	8.5	4	9
24/02/2020	7.9	8.325	8.3	4	9
3/03/2020	8.3	8.32	8.3	4	9
10/03/2020	8.7	8.42	8.4	4	9
18/03/2020	8.4	8.34	8.3	4	9

Ensayo:	Índice de plasticidad				
Norma:	INV E 125/126-13				
Fecha de ensayo	Resultado	Media móvil	Redondeo	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
11/08/2020	7.1	8.08	8.1	4	9
18/08/2020	8.2	7.65	7.7	4	9
24/08/2020	8.3	7.8667	7.9	4	9
6/09/2020	7.4	7.75	7.8	4	9
11/09/2020	7.7	7.74	7.7	4	9
18/09/2020	7.4	7.8	7.8	4	9
25/09/2020	8.2	7.8	7.8	4	9
4/10/2020	8.1	7.76	7.8	4	9
8/10/2020	8.2	7.92	7.9	4	9
14/10/2020	7.8	7.94	7.9	4	9
19/10/2020	8.3	8.12	8.1	4	9

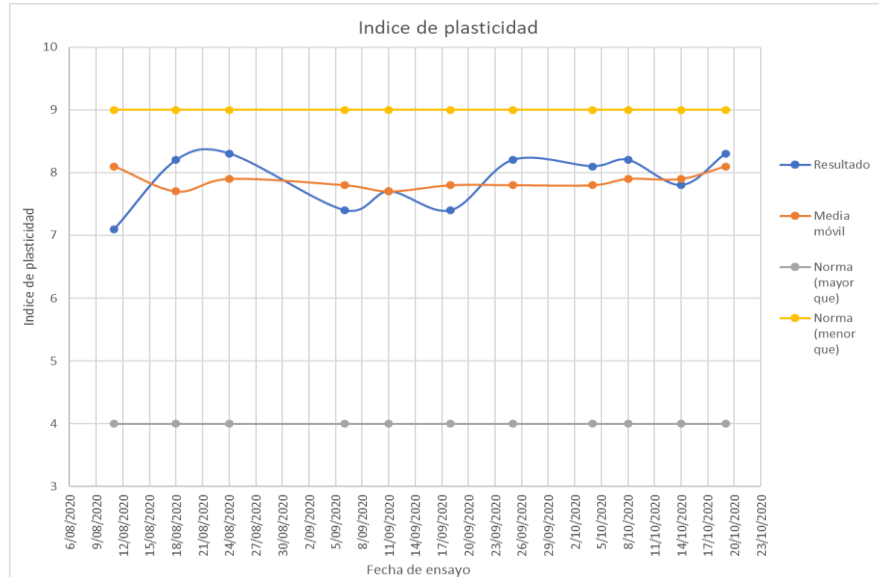
Fuente: La autora.

Figura 48. Resultado para Índice de Plasticidad



Fuente: La autora.

Figura 48. Continuación. Resultado para Índice de Plasticidad



Fuente: La autora.

4.1.6.3 Validación estadística afirmado

Por medio del cálculo del promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación se validó estadísticamente la aplicación de la media móvil, como se aprecia en la Tabla 66. Con esto se puede afirmar que se presentan en los resultados de la aplicación de la media móvil coeficientes de variación cercanos a 0, por lo tanto, los resultados no son dispersos y son uniformes.

Tabla 66. Validación estadística “Afirmado”

Ensayo	Periodo	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación. (%)
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable: grueso	Primer periodo	0.23	0.10	0.42
	Segundo periodo	0.47	0.17	0.36
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable: fino	Primer periodo	0.26	0.05	0.21
	Segundo periodo	0.42	0.22	0.53
Limite liquido	Primer periodo	24.87	0.39	0.02
	Segundo periodo	23.08	0.48	0.02
Índice de plasticidad	Primer periodo	8.36	0.11	0.01
	Segundo periodo	7.86	0.14	0.02

Fuente: La autora.

4.1.6.4 Comparación del proceso de calidad usado

En los dos casos (resultados directos y aplicación de media móvil) los resultados cumplieron con los requisitos exigidos en las especificaciones generales de construcción. Se evidencio que se presenta una mayor uniformidad y menor dispersión en los resultados de la aplicación de la técnica estadística. Se presenta en la Tabla 67 un resumen de la aplicación de media móvil.

Tabla 67. Resumen aplicación media móvil “Afirmado”

Ensayo	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: grueso		Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables: fino		Limite liquido		Indice de plasticidad		
Norma	INV E 211-13		INV E 211-13		INV E 125-13		INV E 125/126-13		
Fecha	Media móvil	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (menor que)	Media móvil	Norma (mayor que)	Norma (menor que)
6/02/2020	0.1	2	0.2	2	24.6	40	8.2	4	9
11/02/2020	0.1	2	0.2	2	24.5	40	8.5	4	9
18/02/2020	0.3	2	0.3	2	24.6	40	8.5	4	9
24/02/2020	0.3	2	0.3	2	24.6	40	8.3	4	9
3/03/2020	0.2	2	0.2	2	25	40	8.3	4	9
10/03/2020	0.3	2	0.3	2	25.4	40	8.4	4	9
18/03/2020	0.3	2	0.3	2	25.4	40	8.3	4	9
11/08/2020	0.1	2	0.1	2	22.5	40	8.1	4	9
18/08/2020	0.4	2	0.2	2	22.5	40	7.7	4	9
24/08/2020	0.3	2	0.2	2	23.2	40	7.9	4	9
6/09/2020	0.5	2	0.2	2	23	40	7.8	4	9
11/09/2020	0.4	2	0.3	2	22.9	40	7.7	4	9
18/09/2020	0.5	2	0.5	2	22.9	40	7.8	4	9
25/09/2020	0.5	2	0.5	2	22.9	40	7.8	4	9
4/10/2020	0.6	2	0.7	2	22.9	40	7.8	4	9
8/10/2020	0.6	2	0.7	2	23.3	40	7.9	4	9
14/10/2020	0.6	2	0.6	2	23.7	40	7.9	4	9
19/10/2020	0.7	2	0.6	2	24.1	40	8.1	4	9

Fuente: La autora.

4.1.6.5 Análisis técnico y conclusiones

El constructor realizó sobre el material que se destinó a la construcción del afirmado todos los ensayos que son necesarios, con una frecuencia de trabajo en la mayoría de los casos buena, se logró evidenciar que los resultados presentaron mayor uniformidad y menor dispersión posterior a la aplicación de la media móvil.

4.2 CONTRATO 014 DE 2018

En la Tabla 68 se presenta la descripción del contrato

Tabla 68. Descripción contrato de obra n°2

Objeto:	Construcción de placa huellas en sectores veredales del municipio de Raquira, Boyacá
Fecha acta de inicio	2 de enero de 2019
Plazo	3 meses (90 días calendario)
Fecha final	2 de abril de 2019
Valor contrato de obra	\$390'724.783,15.
Liquidación	Liquidado
Prórrogas	Sin prórrogas
Adicionales	Sin adicionales

Fuente: La autora.

En el contrato de obra se realizaron actividades relacionadas con la construcción de placa huella en tres veredas del municipio, sobre las cuales se realizaron procesos de construcción de sub – base, afirmado, subrasante y concreto.

4.2.1 Control de calidad

4.2.1.1 Control de calidad realizado por el constructor

Con el fin de controlar la calidad del material y del proceso constructivo el constructor realizó ensayos de laboratorio, a pesar de esto en el informe entregado se relacionan muy pocos resultados de los mismos, además se debe mencionar que algunas de las fechas que presentan los mismos datan del año 2017, siendo el año del contrato 2019, esto se evidencia en el ANEXO 2.

4.2.1.2 Control de calidad realizado por el interventor

Por parte de la interventoría se estableció que el control de calidad fue realizado por medio de ensayos de laboratorio, estos son únicamente dos, como se presenta en el Anexo 2.

4.2.2 Media móvil

Por la cantidad de ensayos encontrados en el informe proporcionado por la interventoría no es posible la aplicación de la técnica estadística, por lo tanto, tampoco se logró validar estadísticamente ni comparar los controles de calidad.

4.2.3 Análisis técnico y conclusiones

El control de calidad no es evidenciado en el informe entregado por la interventoría, y los resultados de ensayos de laboratorio presentados en la mayoría de los casos para el constructor presenta fecha del año 2017 siendo la obra realizada en el 2019. Además, se debe resaltar que los resultados de ensayos que fueron entregados son únicamente sobre la sub – base granular y el concreto usado en la construcción de la placa huella.

Para esta obra, por la poca información suministrada no fue posible la aplicación de la media móvil.

4.3 CONTRATO 006 DE 2015

Se presenta en la Tabla 69 se presenta la descripción del contrato.

4.3.1 Control de calidad realizado por la interventoría

Dentro de las actividades descritas en el informe final proporcionado se presentan actividades de control de calidad sobre los trabajos realizados por el constructor, sin embargo, no se encontraron los resultados de los mismos en la información.

4.3.2 Media móvil

Al no encontrarse los resultados de los ensayos de laboratorio mencionados, no es posible la aplicación de la técnica estadística ni tampoco se logró validar estadísticamente. Según el informe proporcionado por la interventoría se realizaron trabajos como extensión de concreto y afirmado.

Tabla 69. Descripción contrato N° 3

Objeto:	Interventoría técnica, administrativa y contable y ambiental para el proyecto de rehabilitación y construcción de placa huella en la vía veredal del municipio de Moniquira, Boyacá
Fecha acta de inicio	28 de agosto de 2015
Plazo	4 meses (120 días calendario)
Suspensión 1	18 de enero de 2016
Reinicio 1	4 de marzo de 2016
Suspensión 2	4 de marzo de 2016
Reinicio 2	3 de mayo de 2016
Suspensión 3	28 de mayo de 2016
Reinicio 3	27 de junio de 2016
Plazo final	6 meses (180 días calendario)
Fecha final	2 de abril de 2019
Fecha entrega	6 de julio de 2016
Valor contrato de obra	28'101.975,98
Valor adicional	10'015.082,00
Valor final contrato	38'117.057,98
Liquidación	Liquidado
Prórrogas	3 suspensiones en un total de 2 meses
Adicionales	1 adicional

Fuente: La autora.

4.3.3 Análisis técnico y conclusiones

A pesar de que la interventoría indica que dentro de los trabajos realizados como control sobre el constructor se desarrollaron ensayos de laboratorio para verificar el material usado y el proceso constructivo, estos no se encontraron dentro del informe, por lo tanto, no es posible la aplicación de la media móvil ni todos los cálculos que conllevan. El resumen de lo encontrado se encuentra en el Anexo 3.

4.4 CONTRATO MANTENIMIENTO VÍA ARMENIA – CAJAMARCA

En el caso de esta obra, se presentan documentos separados de resultados de ensayos de laboratorio mas no un documento descriptivo del trabajo desarrollado, por lo tanto, no se puede presentar la tabla descriptiva únicamente el objeto del

contrato: “Interventoría mantenimiento vial Armenia – Cajamarca y variante Calarcá – Circasia”.

De los documentos encontrados se relacionaron trabajos sobre base, mezcla asfáltica y concreto, a pesar de esto no para todos se encontraron resultados de ensayos de laboratorio.

4.4.1 Control de calidad realizado por la interventoría

La interventoría realizó el control de calidad por medio de ensayos de laboratorio, sobre estos se presentan documentos originales de los resultados en donde se realizaron ensayos de laboratorio sobre el material y el proceso constructivo realizado, referenciados en el Anexo 4.

4.4.2 Media móvil

La cantidad de ensayos desarrollados para el control de calidad por parte de la interventoría y las fechas en las que fueron realizados no permitieron la aplicación de la técnica estadística y por lo tanto tampoco se logró validar estadísticamente.

4.4.3 Análisis técnico y conclusiones

A pesar de que el contratista realizó control de calidad sobre los materiales y el proceso constructivo se presentan lapsos de tiempo entre octubre y enero y entre abril y mayo en donde no se referencian resultados, no es constante el trabajo realizado y por lo tanto la media móvil no fue aplicada.

No se recibió por parte de la interventoría un informe en donde se pudiera conocer la información del contrato, los trabajos desarrollados a lo largo de la obra, características como suspensiones que justificaran la falta de resultados de ensayos de calidad.

4.5 CONTRATO N° 117 DE 2018

En la tabla 70 se relaciona la descripción del contrato.

Tabla 70. Descripción contrato N° 5

Objeto	Gestión predial, social, ambiental y construcción de ciclo-infraestructura deportiva de Antioquia en las subregiones de occidente, Urabá y norte del área metropolitana.
Fecha de inicio	28 de enero de 2019
Plazo	11 meses
Fecha final	28 de diciembre de 2019
Valor del contrato	\$44.136'796.199
Adicionales	Sin adicionales
Prorrogas	Sin prorrogas

Fuente: La autora.

Según el informe recibido se realizaron trabajos de señalización, excavaciones, afirmado.

4.5.1 Control de calidad realizado por la interventoría

Se evidenció en el Anexo 5 del informe entregado por la interventoría que para el periodo presentado no se realizaron procesos de verificación de calidad de los materiales o procesos constructivos. Por lo tanto, sobre esta obra no existe control de calidad.

4.5.2 Media móvil

Ya que no se encontraron resultados de ensayos de calidad no se logró la aplicación de la media móvil ni la validación estadística.

4.5.3 Análisis técnico y conclusiones

En el caso de esta obra no se presentan ensayos de calidad sobre el proceso constructivo y el material, el informe no presenta de manera precisa las actividades

constructivas realizadas en la obra. Lo encontrado en esta obra se referenció en el Anexo 5.

4.6 CONTRATO N° 1969 DE 2019

A continuación, en la Tabla 71 se presenta la descripción del contrato N° 6. El constructor realizó trabajos sobre la rehabilitación y mantenimiento de la vía además de construcción de muros de contención.

Tabla 71. Descripción contrato N°6

Objeto	“Mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la carretera Sogamoso- el crucero-aguazul, en los departamentos de Boyacá y Casanare a cargo de invias”
Fecha de inicio	9 de diciembre de 2019
Plazo	5 meses y 22 días
Fecha terminación	31 de mayo de 2020
Suspensión	13 de abril de 2020
Reinicio	28 de abril de 2020
Fecha final	4 de julio de 2020
Valor del contrato	\$24.486'827.495
Adición	\$5.941'116.460
Valor final contrato	\$30.427'944.385

Fuente: La autora.

4.6.1 Control de calidad

4.6.1.1 Control de calidad realizado por el constructor

Según se encontró en el informe de interventoría el constructor no reportó ensayos de control de calidad sobre el proceso constructivo y los materiales.

4.6.1.2 Control de calidad realizado por la interventoría

Se presentó en el informe proporcionado únicamente resultados de granulometría sobre el material usado para la construcción de la capa asfáltica, el resumen se puede encontrar en el Anexo 6.

Dentro del rango de tiempo (agosto de 2020), en donde se realizó el control de calidad, el trabajo fue continuo y los resultados en su mayoría cumplieron con los requisitos exigidos en las especificaciones generales de construcción excepto en el ensayo “Granulometría Tamiz 3/8” en la fecha 13/08/2020 y en el ensayo “Granulometría Tamiz 200” en la fecha 10/08/2020.

4.6.2 Media móvil

Se aplicó a los ensayos encontrados en el informe proporcionado la técnica estadística (ver Anexo 6). En los resultados se evidencia uniformidad y cumplimiento en todos los días de los requisitos de las especificaciones generales de construcciones en los únicos ensayos encontrados de granulometría del material usado para la mezcla asfáltica.

4.6.3 Validación estadística media móvil

Posterior a la aplicación de la media móvil se continuó con la validación estadística, la cual arrojo resultados de variación muy bajo de los resultados y ajuste a una uniformidad alta.

4.6.4 Comparación de control de calidad

Como se mencionó anteriormente dentro de los resultados directos presentados por el contratista se presentó el no cumplimiento en dos días de la granulometría, por lo tanto, en estas jornadas no se debió recepcionar ni usar el material, a pesar de ello posterior a la aplicación de la media móvil y por el seguimiento que esta tiene de las jornadas anteriores de trabajo se cumple con los requisitos exigidos.

4.6.5 Análisis técnico y conclusiones

La aplicación de la media móvil sobre los resultados de laboratorio de cada jornada permite que se lleve un control a lo largo de la misma, se le otorga un margen de error al constructor de corregir posibles errores que se comentan en la obra, tal

como se evidencio en los resultados de este contrato. Analizar la validación estadística le da un refuerzo a la media móvil sobre la utilidad de su uso.

4.7 CONTRATO 1414 DE 2015

En la tabla 72 se presenta se relaciona la descripción de contrato de obra.

Tabla 71. Descripción obra N° 7

Objeto	Construcción de obras de infraestructura física para el nuevo terminal de transporte terrestre de pasajeros del municipio de Tunja, Boyacá
Fecha inicio	20 de abril de 2015
Fecha fin	19 de abril 2016
Valor inicial	\$37.845'096.193
Prorroga 1	6 meses
Prorroga 2	2 meses
Prorroga 3	8 meses
Prorroga 4	3 meses y 10 días
Prorroga 5	1 mes
Prorroga 6	6 meses
Prorroga 7	2 meses y 5 días
Prorroga 8	3 meses
Prorroga 9	2 meses y 13 días
Prorroga 10	2 meses
Entrega final	6 de mayo de 2019
Adicional 1	\$5.527'137.162,35
Adicional 2	\$12.206'427.367,65
Adicional 3	\$1.452'064.098,61
Valor final	\$56.759'724.821,91
Total prorrogas	10
Total adicionales	3

Fuente: La autora.

Dentro de las actividades desarrolladas y descritas en el informe se encontró:

- Estructuras de concreto
- Subbase
- Base
- Afirmado
- Mezcla asfáltica
- Señalización

4.7.1 Control de calidad

4.7.1.1 Control de calidad realizado por el constructor

Para realizar el control de calidad sobre el material usado y el proceso constructivo el contratista realizó ensayos de laboratorio aprobados mediante la comparación directa de los requisitos contemplados en las especificaciones generales de construcción como de evidencia en el Anexo 7.

4.7.1.2 Control de calidad realizado por la interventoría

Por parte de la interventoría para el control de calidad se realizaron ensayos de laboratorio que fueron comparados con las especificaciones generales de construcción, lo que se evidencia en el Anexo 7.

4.7.2 Media móvil

La cantidad de ensayos que se encontraron en los informes entregados por parte de la interventoría no cumplen con la cantidad mínima para la aplicación de la técnica estadística, además la cantidad de prórrogas otorgadas no permitieron el trabajo continuo en la obra, por lo tanto, tampoco se pudo verificar estadísticamente.

4.7.3 Análisis técnico y conclusiones

A pesar de ser una obra que conllevó bastantes trabajos constructivos, que dio uso a una gran cantidad de material, no se encontraron una cantidad de ensayos que permitiera la aplicación de la técnica estadística, esto también influido por la gran cantidad de prórrogas que fueron adicionadas al contrato.

4.8 CONTRATO 265 DE 2019

En la Tabla 72 se referencia la descripción del contrato de obra, en donde se desarrollaron trabajos sobre subbase y base.

Tabla 72. Descripción contrato N° 8

Objeto	Mejoramiento, rehabilitación y obras complementarias de vías urbanas y rurales del municipio de Paipa, Boyacá
Fecha inicio	7 de mayo de 2019
Plazo	180 días calendario
Fecha final	2 de noviembre de 2019
Valor	\$2.437'322.473
Prorrogas	Sin prorrogas
Adiciones	Sin adiciones

Fuente: La autora.

4.8.1 Control de calidad

4.8.1.1 Control de calidad realizado por el constructor

Dentro del informe proporcionado por la interventoría se menciona el control de calidad por medio de ensayos de laboratorio por parte del constructor, mas no se presentan los resultados del mismo.

4.8.1.2 Control de calidad realizado por la interventoría

La interventoría realizó sobre los materiales usados y el proceso constructivo de sub – base y base ensayos de calidad de laboratorio que se referenciaron en el Anexo 8, los cuales para ser aceptados se compararon con los requisitos de las especificaciones generales de construcción.

4.8.2 Media móvil

La cantidad de ensayos referenciados en el informe obtenido no permiten la aplicación de la técnica estadística y por lo tanto no se logró validar estadísticamente.

4.8.3 Análisis técnico y conclusiones

El informe no proporcionó información suficiente para lograr la aplicación de la media móvil, a pesar de ello todo el material que fue analizado por medio de los ensayos de laboratorio fue aceptado.

4.9 CONTRATO 222 DE 2019

En la tabla 73 se presenta la información descriptiva del contrato de obra.

Tabla 73. Descripción contrato de obra N° 9

Objeto	Construcción de pavimento rígido en la vía calle 26a entre avenida Libertadores y carrera 26a, en el municipio de Paipa, Boyacá.
Fecha inicio	26 de marzo de 2019
Plazo	90 días calendario
Fecha final	23 de junio de 2019
Valor	\$639'530.084

Fuente: La autora.

Dentro del informe se logró identificar el trabajo de obras de afirmado, subbase y base.

4.9.1 Control de calidad

4.9.1.1 Control de calidad realizado por el constructor

Según lo referenciado en el informe el constructor realizó el control de calidad por medio de ensayos de laboratorio, pero los resultados no son entregados.

4.9.1.2 Control de calidad realizado por la interventoría

Se realizó el control de calidad a los materiales usados y el proceso constructivo por medio de ensayos de laboratorio los cuales para su aceptación son comparados con los requisitos de las especificaciones generales de construcción y se encuentran en el Anexo 9.

4.9.2 Media móvil

A pesar de realizar el control de calidad, la cantidad de ensayos presentados en el informe impide la aplicación de la técnica estadística y por lo tanto la validación estadística de los mismos.

4.9.3 Análisis técnico y conclusiones

El informe proporcionado por parte de la interventoría no otorga la información necesaria para lograr la aplicación de la técnica estadística, además posterior a la revisión del mismo se evidencia la falta de la fecha de algunos ensayos de laboratorio, lo que impide emitir el concepto sobre la calidad del material.

4.10 CONTRATO 0284 DE 2019

En la Tabla 74 se presenta la descripción del contrato de obra.

Tabla 74. Descripción contrato de obra N°10

Objeto	Mejoramiento de la vía hotel colonial casona el Salitre-Tunguavita en el municipio de Paipa, Boyacá
Fecha inicio	11 de junio de 2019
Plazo	6 meses
Fecha final	10 de diciembre de 2019
Valor	\$4.626'821.901
Prorrogas	Sin prorrogas
Adicionales	Sin adicionales

Fuente: La autora.

Dentro de los trabajos realizados se evidencio afirmado, subbase y base.

4.10.1 Control de calidad

Tanto para el constructor como para la interventoría se evidencian en el informe actividades propias de la realización de ensayos de laboratorio con el fin de verificar la calidad de los materiales usados y el proceso constructivo, a pesar de esto en el mismo no se evidencian los resultados de los mismos.

4.10.2 Media móvil

Ya que no se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio no se logró la aplicación de la técnica estadística ni la validación estadística de la misma.

4.10.3 Análisis técnico y conclusiones

A pesar del informe indicar la realización de actividades de control de calidad, los resultados de estas no son presentadas y por lo tanto la media móvil no se pudo aplicar a esta obra.

CONCLUSIONES

La media móvil, dentro de sus funciones permite el control histórico de los resultados del control de calidad realizado, a pesar de esto, se pudo observar que en algunos casos los resultados reportados en un ensayo de laboratorio presentan el mismo valor todos los días y por lo tanto la tendencia de la media móvil será lineal (el mismo valor cada día) y por lo tanto se podría considerar innecesario su pertinencia, sin embargo se debe tener en cuenta que la aceptación o rechazo de un material es dado bajo el análisis de todos los parámetros que son controlados, es decir de todos los ensayos de laboratorio que son exigidos para el mismo, por lo tanto todos los valores calculados son necesarios para emitir el concepto final y completo.

En los casos en donde la media móvil es aplicada se presentan resultados con menor dispersión respecto al análisis únicamente de los resultados de laboratorio, lo cual representa una de las características que aporta la técnica estadística, además esta presenta la ventaja de analizar a lo largo del tiempo el trabajo realizado por el constructor.

Si alguna jornada presentase un resultado que no cumple con los requisitos, estuviese alejado de los límites de control o cercano a los límites de tolerancia, el análisis realizado por la media móvil permite la corrección del mismo sin tener que rechazar el material o el trabajo directamente, permite a su vez al constructor hacer las correcciones pertinentes y a tiempo, por lo que se logra concluir que el valor agregado de la aplicación de esta es ampliar el rango de aceptación y disminuir el rango de rechazo y este es uno de los valores agregados de la técnica estadística en comparación con su no uso.

Es importante resaltar que al aplicar la media móvil los límites establecidos por las Especificaciones Generales de Construcción no cambian, por lo tanto, en los casos

en que este valor (media móvil) se encuentre fuera de los mismos, el material o el proceso constructivo debe ser rechazado, se debe iniciar el cálculo de una nueva media móvil luego de que el resultado del ensayo de laboratorio cumpla con los requisitos.

El control de calidad sobre los materiales y el proceso constructivo llevado a cabo en las obras es una actividad que debe realizarse de manera correcta y continua en todo tipo de obra civil, se evidencia en la gran mayoría de obras analizadas que este proceso no se encuentra en los informes que son entregados tanto por la interventoría como por los constructores, lo que demuestra que el proceso de control de la calidad no está debidamente justificado.

La función principal de la interventoría de las obras es el control sobre todos los procesos que son llevados a cabo y que estos sean realizados de manera que se garantice la calidad de la obra terminada, según la revisión realizada a los informes recibidos esta se enfoca en procesos distintos a la verificación de la calidad, los informes presentan información sobre las cantidades de obra, planillas de pago de seguridad social, y otras actividades distintas a la verificación y control de calidad.

Conseguir la información sobre los ensayos de laboratorio o el control de calidad realizado las obras es un proceso complejo, las empresas que se dedican a realizar el trabajo de consultoría se muestran reacias a la revisión de la información de actividades realizadas en obra, lo que hace pensar que el trabajo no es llevado a cabo de manera correcta ni cumplen las funciones para las que son contratados.

RECOMENDACIONES

Dentro de los informes de Interventoría es de suma importancia relacionar todos los ensayos de laboratorio realizados con el objetivo de dar a conocer el control de calidad de los materiales usados y los procesos constructivos. En este orden de ideas, al desear aplicar la media móvil, se hace necesario conseguir informes que entreguen de manera completa todos los resultados, que estos sean de varias jornadas de trabajo (mínimo) y se pueda reconocer de manera sencilla los criterios de aplicación que fueron tenidos en cuenta para la aceptación o rechazo.

Finalmente, es importante hacer seguimiento a los contenidos mínimos de los informes finales de obra entregados tanto por la interventoría como por el constructor, dentro de los mismos incluir todo el proceso por medio del cual se llevó a cabo el control de calidad y concretamente los criterios usados en su aceptación y rechazo, así como el tratamiento a lo largo del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

Buenos Aires: Viabilidad Nacional Argentina. (2019). *Guía de buenas prácticas para el control de calidad de mezclas asfálticas y aplicaciones bituminosas.*

Cerón, Z. (2013). *Análisis probabilístico del concreto de alta resistencia.* Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1081>

INVIAS. (2013). *Manual de diseño geométrico vial.*

INVIAS. (2014). *Manual de servicios de consultoría para estudios y diseños, interventoría de estudios y diseños y gerencia de proyectos en INVIAS.*

INVIAS. (2016). *Manual de interventoría.*

López, J. (2011). *Diseño y control estadístico de calidad del concreto premezclado en plantas dosificadoras.* Guatemala: Universidad Mariano Gálvez Guatemala.

Monroy, J. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú.* Universidad de Piura.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1967/MAS_ICIV-L_023.pdf

Ramos, L. (2018). *Estudio del índice de regularidad internacional en vías pavimentadas mediante el uso de perfilómetro láser ROMDAS*. Lima: Pontificia universidad católica del Perú.

Secretaria de comunicaciones y transporte. (2003). *Cal. control y aseguramiento de calidad*. Ciudad de México. México.

Van Rossum, H. (2018). *Moving average quality control: principles, practical application and future perspectives*. De G.

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2018-0795/html>