

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN



**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN OBRA DE MÓDULOS
PREFABRICADOS PARA ALCANTARILLAS DE LA CARRETERA
CAÑETE - LUNAHUANÁ**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: WALTER IBONY CARRASCO NEYRA

ASESOR: ING. WILLIAM PRÓSPERO QUIROZ GONZALES

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

COPYRIGHT © 2014 BY
WALTER IBONY CARRASCO NEYRA
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

DEDICATORIA

A:

Mis padres Victor Carrasco Chinchay y Aurora Neyra Pinta, Por su esfuerzo y sacrificio para salir adelante, por su apoyo en todo momento de mi vida, por su cariño y por inculcarme valores que me han hecho crecer dignamente dentro de la sociedad.

A:

Mis abuelos German Carrasco Román y Balvina Chinchay Ocupa; Eudulia Pinta Guerreo, Por su ejemplo de bondad, humildad y generosidad con sus semejantes.

A:

Mis hermanos Flor, Victor Joel, Yiyi Gizeñie y Luis Fernando por sus ánimos y motivaciones en los momentos difíciles, por hacerme creer que los sueños se pueden hacer realidad y por brindarme la confianza y apoyo incondicional.

A:

Mis tíos Eugenio, Pastora, Nepalí, Guzmán, Lucía, Lucy †, Hipólito, Maura, Wilmer, Luz angélica, Carmen, Marta, Neli, Juan y Dionila

A:

Mis sobrinos Hillary, Sofía y Oliver.

A:

Mi novia Liberty Maritza Olivera Vargas... por tu amor y cariño sincero

AGRADECIMIENTO

A:

Dios, por darme lo más importante que toda persona pueda poseer: salud y vida

A:

La universidad Nacional de Cajamarca – sede Jaén, por brindarme conocimientos para iniciar como ingeniero.

A:

Mis Profesores por transmitir sus conocimientos y valores para el desarrollo de la profesión de una manera ética, en beneficio de la sociedad que nos brinda la oportunidad de sobresalir y ser reconocidos por nuestros actos.

A:

Los ingenieros del trabajo Miguel, Edwin, Felipe por su apoyo y colaboración incondicional para hacer posible la realización de las pruebas en el desarrollo del presente trabajo, dándome la oportunidad de aprender un poco de sus invaluable conocimientos.

INDICE

Contenido	Pagina
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE ABREVIACIONES.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.1.1. Internacional.....	4
2.1.2. Nacional.....	5
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1. Marcos prefabricados hormigón armado.....	6
2.2.2. Diferencias entre cajón modular y obra “in situ”.....	6
2.2.3. Normatividad.....	7
2.2.4. Mercado de los marcos.....	8
2.2.5. Diseño.....	8
2.2.6. Especificaciones físicas.....	14
2.2.7. Manejo, instalación y junteo.....	19
2.2.8. Usos y aplicaciones.....	22
2.2.9. Factores que determinan el diseño de una alcantarilla.....	22
2.3. Definición de términos.....	29
2.3.1. Caja (box culvert).....	29
2.3.2. Conector elástico.....	29
2.3.3. Concreto.....	29
2.3.4. Elemento.....	29
2.3.5. Ferrallas.....	29

2.3.6. Fundación.....	29
2.3.7. Refuerzo.....	29
2.3.8. Sellador de unión flexible preformado.....	29
2.3.9. Unión.....	29
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Ubicación geográfica.....	30
3.1.1. Tiempo que se realizó la investigación.....	31
3.2. Materiales y equipos.....	31
3.3. Diseño metodológico.....	31
3.3.1. Fase inicial de gabinete.....	32
3.3.2. Trabajo de campo.....	37
3.3.3 fase final de gabinete.....	38
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
4.1. Análisis de datos.....	41
4.2. Presentación de resultados.....	43
4.3. Análisis de resultados.....	48
4.4. Discusión de resultados.....	49
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
5.1. Conclusiones.....	51
5.2. Recomendaciones.....	51
Referencias bibliográficas.....	52
Anexos.....	53

INDICE DE TABLAS

Contenido	Pagina
Tabla 1. Requisitos de límites de aceptación.....	14
Tabla 2. Requisitos de límites de aceptación.....	15
Tabla 3. Límites de aceptación de Sustancias Perjudiciales.....	16
Tabla.4 Granulometría de agregado grueso.....	17
Tabla 5. Velocidades según el tipo de materiales sólidos.....	28
Tabla 6. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 1.00m, Camión Ubicado al Borde lateral.....	46
Tabla 7. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.80m, Camión Ubicado al Borde lateral.....	46
Tabla 8. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.50m, Camión Ubicado al Borde lateral.....	46
Tabla 9. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 1.00m, Camión Ubicado al centro de alcantarilla.	46
Tabla 10. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.80m, Camión Ubicado al centro de alcantarilla.	46
Tabla 11. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.50m, Camión Ubicado al centro de alcantarilla.....	47
Tabla 12. Volumen de filtración en la junta.....	47
Tabla 13. Determinación de las pendientes y longitud.....	57
Tabla 14. Determinación de los Asentamientos.....	58
Tabla 15. Determinación de los Desplazamientos.....	63
Tabla 16. Verificación periódica de las juntas y sedimentación.....	69
Tabla 17. Caudales y obtención de velocidad.....	71

Tabla 18. Desplazamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla	
MCA 1.0 m x1.0 m.....	72
Tabla 19. Asentamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla	
MCA 1.0 m x1.0 m.....	73
Tabla 20. Asentamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla	
MCA 1.0 m x 0.80 m.....	74
Tabla 21. Asentamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla	
MCA 1.0 m x 0.50 m.....	75
Tabla 22. Determinación de la impermeabilidad de junta.....	76
Tabla 23. Resultado del control periódico.....	77
Tabla 24. Resultado de la prueba de junta con carga, camión ubicado al borde lateral de alcantarilla	79
Tabla 25. Resultado de la prueba de junta con carga, camión ubicado en el centro de alcantarilla.....	79
Tabla 26. Determinación de la impermeabilidad de junta.....	79
Tabla 27. Tabla de dimensión de módulos prefabricados de concreto.....	81

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Pagina
Figura 1. Marcos de concreto armado con la instalación en zanja.....	8
Figura 2. Marco de concreto armado con la instalación en zanja terraplenada.....	9
Figura 3. Marco de concreto armado con la instalación en terraplén.....	9
Figura 4. Marco de concreto armado con la instalación en zanja inducida en terraplén.....	10
Figura 5. Cargas muertas en alcantarilla.....	10
Figura 6. Carga vehicular en alcantarilla.....	11
Figura 7. Factores de apoyo con material de banco (cantera).....	11
Figura 8. Factores de apoyo con plantilla de concreto (solado).....	12
Figura 9. Cajones Prefabricados de concreto armado.....	13
Figura 10. Cajones Prefabricados Armados.....	13
Figura 11. Soluciones para unión rígida y unión elástica.....	20
Figura 12. Zona de aplicación de las juntas.....	20
Figura 13. Ubicación geográfica dela investigación.....	30
Figura 14. Localización de la investigación.....	31
Figura 15. Puntos de control de asentamientos.....	32
Figura 16. Puntos de control de desplazamientos.....	33
Figura 17. Ubicación del camión en planta para la prueba de junta con carga en borde lateral.....	34
Figura 18. Vista en elevación del camión para la prueba de junta con carga en borde lateral.....	34
Figura 19. Ubicación del camión en planta para la prueba de junta con carga en el centro de alcantarilla.....	35

Figura 20. Vista en elevación del camión para la prueba de junta con carga en el centro de alcantarilla.....	35
Figura 21. Vista transversal de alcantarilla con el camión para la prueba de junta con carga.....	35
Figura 22. Instalación de cajones prefabricados de concreto armado.....	36
Figura 23. Verificación de las juntas selladas con mortero cemento arena 1:3.....	36
Figura 24. Unión de dos módulos prefabricados de concreto taponeados y llenado con agua para la prueba de impermeabilidad de junta.....	36
Figura 25. Longitud de alcantarilla.....	39
Figura 26. Parámetros de control vs porcentaje.....	41
Figura 27. Parámetros de control vs porcentaje.....	42
Figura 28. Volúmenes de control.....	42
Figura 29. Alcantarillas vs pendiente.....	43
Figura 30. Alcantarilla vs Asentamiento.....	43
Figura 31. Alcantarilla vs Desplazamiento.....	44
Figura 32. Alcantarilla vs sello de juntas Uniformes.....	44
Figura 33. Alcantarilla vs velocidad.....	45
Figura 34. Alcantarilla vs Sedimentación no presentada.....	45
Figura 35. Esquema de carga en camión Actros 4144K/ 8x4.....	80
Figura 36. Características geométricas de los módulos prefabricados de concreto armado.....	81
Figura 37. Alcantarilla tipo 1 (MCA 1.0 x 0.80 m).....	82
Figura 38. Alcantarilla tipo 2 (MCA 1.0 x 1.0 m).....	83
Figura 39. Alcantarilla tipo 2 (MCA 1.0 x 0.50 m).....	84
Figura 40. Detalle de Sello de junta, recubrimientos e izaje.....	85

Figura 41. Colocación de puntos de control para la prueba de junta con carga.....	86
Figura 42. Toma de lecturas en los puntos de control en el techo de alcantarilla antes y durante la aplicación de la carga.....	86
Figura 43. Colocación del camión cargado para la prueba de junta al borde lateral (zona de empalme modulo-cabezal).....	87
Figura 44. Colocación del camión cargado para la prueba de junta al centro de alcantarilla.....	87
Figura 45. Unión de los módulos prefabricados de concreto para la prueba de impermeabilidad de junta.....	88
Figura 46. Colocación de dados y llenado de agua limpia (prueba de impermea- bilidad de junta).....	88
Figura 47. Control de lecturas después de las 24 horas de impregnación (prueba de impermeabilidad de junta).....	88
Figura 48. Toma de datos en el control periódico de alcantarillas.....	89
Figura 49. Verificación del sello de juntas con mortero 1:3 cemento arena.....	89
Figura 50. Verificación de sedimentación en el control periódico de alcantarillas....	89

LISTA DE ABREVIACIONES

ANDECE:	Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón
ASTM:	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
AASHTO:	Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte
UNE:	Una Norma Española
EN:	Norma Europea

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es analizar el comportamiento en obra relacionado a la longitud, pendiente, desplazamiento y asentamiento de módulos prefabricados de concreto armado para alcantarillas con caudales mayores que $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, en la construcción de la carretera Cañete – Lunahuaná. La obtención de datos se realizó en el mes de septiembre y octubre del 2014, mediante tres etapas; etapa 1 fue de control periódico en 20 alcantarillas, etapa 2 verificación con la prueba de juntas con carga solamente a tres alcantarillas de las 20 analizadas de secciones $1,0\text{m} \times 1,0 \text{ m}$, $1,0 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$ y $1,0\text{m} \times 0,50 \text{ m}$ con rellenos sobre la losa superior de $0,40 \text{ m}$, $0,20 \text{ m}$ y $0,42 \text{ m}$ respectivamente y en la etapa 3 se realizó la impermeabilidad de la junta en la unión entre marcos de concreto armado, en la primera etapa se determinó la pendiente, asentamiento, desplazamiento, verificación del sello de juntas y sedimentación, frente a las cargas de servicio y condiciones hidráulicas, en la segunda etapa se determinó el asentamiento, desplazamiento y la presencia o no de fisuras frente a la aplicación directa de la carga del camión Mercedes – Benz Actros 4144k/ 8x4 lleno con material de base granular con peso en los ejes traseros de 16 toneladas en cada uno, y la tercera etapa se determinó la cantidad de agua filtrada en 30 minutos en la junta de dos módulos de concreto con unión machihembrada sellado con mortero 1: 3 cemento - arena y junta selladora de caucho butílico en forma de cuerda flexible, concluyéndose que el comportamiento en obra de los módulos prefabricados de concreto armado para alcantarillas es eficiente, sin presencia de asentamientos, desplazamientos, sedimentación y fisuras en juntas.

Palabras claves: comportamiento en obra, longitud, pendiente, desplazamiento, asentamiento y juntas.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the behavior in work related to the length, slope, displacement and settlement modules prefabricated reinforced concrete culverts with higher flow than $0.5 \text{ m}^3 / \text{s}$, in the construction of the highway Cañete – Lunahuaná. Data collection was conducted in September and October 2014, through three stages; Stage 1 was 20 culverts periodic inspection, verification Stage 2 test load together with only three culverts analyzed sections $20 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ and $1.0 \text{ m} \times 0.80 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$ with fillers on the top slab of 0.40 m , 0.20 m and 0.42 m respectively and in stage 3 impermeability of the Board was held at the junction of reinforced concrete frames in the first stage is determined the pending settlement, displacement, verification seal joints and sedimentation, face charges of service and hydraulic conditions, in the second stage the settlement movement and the presence or absence of cracks was determined from direct application of the load of the truck Mercedes - Benz Actros 4144k / 8x4 filled with granular material base weight on the rear axle of 16 tonnes each, and the third stage the amount of filtered water in 30 minutes on the board of two modules concrete sealed with mortar 1 binding was determined machihembrada 1: 3 cement - sand and butyl rubber sealing gasket as a flexible cord, concluded that the behavior in work of the prefabricated modules of reinforced concrete culverts is efficient without presence of settlements, displacement, sedimentation and cracks in joints.

Key words: behavior in work, length, slope, displacement, settlement, and joints

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

A medida que pasa el tiempo el aumento de vehículos, población y el turismo, ha sido notable, donde la construcción de las obras de drenaje alcantarillas “in situ” transversalmente a la carretera, juegan un papel importante debido al tiempo para su ejecución y a los anchos de excavación para el libre flujo de tránsito, además cuando existe caudales manejados para el desarrollo de la agricultura, donde solo se permiten interrupciones de tres días máximos a la semana, de allí que el carácter de flujo es permanente haciéndose necesario la construcción de alcantarillas por otro proceso constructivo, mediante módulos prefabricados de concreto armado, por esta razón se realizó las evaluaciones de la pendiente, asentamientos, desplazamientos y funcionalidad de juntas para determinar el comportamiento en obra de los módulos prefabricados en la construcción de alcantarillas.

La justificación básica de este estudio es conocer la importancia del comportamiento de los módulos prefabricados de concreto que favorecen su empleo como proceso alternativo en la construcción de alcantarillas, también servirá como modelo guía para otros investigadores o formuladores de proyectos viales y de drenaje. La investigación se realizó en la Carretera Cañete Lunahuaná, ubicado en el departamento de Lima, provincia de Cañete con dirección a la sierra del país, teniendo como punto de inicio el km 5+400 en el distrito de Imperial y como punto de término el km 42 +844,23 en el anexo de Uchumpampa, perteneciente al distrito de Lunahuaná, en el mes de septiembre y octubre del 2014 haciendo el control diario de desplazamientos, asentamientos y funcionalidad de junta de 20 alcantarillas, de las 20 alcantarillas en 3 se realizó la prueba de junta con carga, además se verificó la impermeabilidad de junta y módulos machihembrados sellado con mortero 1:3 cemento – arena y junta selladora de caucho butílico en forma de cuerda flexible (Pro – Stik) con agua durante 24 horas en planta de fabricación.

El problema de la investigación tiene como interrogante ¿cuál es el comportamiento en obra relacionado a la longitud, pendiente, desplazamiento y asentamiento de módulos

prefabricados de concreto para alcantarillas con caudales mayores que $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, en la construcción de la carretera Cañete – Lunahuaná?

La hipótesis de esta investigación se basa en determinar la eficiencia o no del comportamiento en obra relacionado a la longitud, pendiente, desplazamiento y asentamiento de módulos prefabricados de concreto para alcantarillas con caudales mayores que $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, en la construcción de la carretera Cañete – Lunahuaná.

El objetivo general de esta investigación, es analizar el comportamiento en obra relacionado a la longitud, pendiente, desplazamiento y asentamiento de módulos prefabricados de concreto para alcantarillas con caudales mayores que $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, en la construcción de la carretera Cañete – Lunahuaná; y como objetivos específicos se plantea determinar la pendiente y longitud adecuada para el uso de módulos prefabricados de concreto en la construcción de alcantarillas, determinar la funcionalidad óptima en las juntas de la alcantarilla y realizar el control de desplazamientos y asentamientos de módulos de las alcantarillas en obra.

Esta investigación consta de 5 capítulos, el primer capítulo habla del problema, justificación, hipótesis, objetivos, y la descripción de los contenidos de los capítulos; El segundo capítulo habla de los antecedentes internacionales y nacionales, se definió los marcos prefabricados de hormigón armado, se estableció la diferencia entre cajón modular y obra “in situ”, se indicó la normatividad para su fabricación, el marcado de los marcos durante la producción, consideraciones de diseño, especificaciones físicas, manejo instalación y junteo, usos y aplicaciones, factores que determinan el diseño de una alcantarilla y la definición de términos relacionado a la investigación; En el capítulo 3 se indica la ubicación de la investigación, el tiempo, materiales y equipos y el diseño metodológico en sus tres fases, fase inicial de gabinete se trató de las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, fase trabajo de campo se trató del procedimiento para la toma de los datos y la fase final de gabinete se realizó el tratamiento de las variables, comportamiento de alcantarilla, longitud de alcantarilla, pendiente de alcantarilla, desplazamiento de módulos en la alcantarilla y asentamiento de módulos en la alcantarilla; así como también se indica el análisis de datos y la presentación de resultados; El capítulo 4 se analizó los resultados del control periódico a la muestra, la prueba de junta con carga a tres alcantarillas de la muestra con secciones de $1,0 \times 1,0 \text{ m}$, $1,0 \times 0,80 \text{ m}$ y $1,0 \times 0,50 \text{ m}$ con rellenos de $0,40 \text{ m}$, $0,20 \text{ m}$ y $0,42 \text{ m}$

respectivamente, además se realizó la prueba de impermeabilidad de juntas y marcos para que con la verificación de las juntas, se defina la funcionalidad de junta. En el análisis se realizó la discusión con la investigación de ANDECE y Morales; y en el capítulo 5 se concluye que el comportamiento en obra relacionado a la longitud, pendiente, desplazamiento y asentamientos de módulos prefabricados de concreto armado para alcantarillas con caudales mayores a $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ en la carretera Cañete-Lunahuaná es eficiente y se recomienda en esta sección realizar un estudio de comparación económica para la construcción de alcantarillas in situ y módulos prefabricados, tomando en consideración los factores; medio ambientales, calidad, seguridad y tiempo, también se recomienda hacer un estudio de análisis estructural de la alcantarilla con módulos prefabricados de concreto armado y el comportamiento de la carpeta asfáltica cuando el relleno sobre la clave del marco es menor a 200 mm según la rasante y evaluar el sello de juntas con mortero bastardo yeso- cemento.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

En España según las investigaciones de ANDECE, para el mercado de productos prefabricados de hormigón “marcos” en la construcción de alcantarillas pluviales, sostiene que los marcos pueden estar sujetos a asentamientos diferenciales los que serán compensados por un movimiento relativo al nivel de las juntas, debería considerarse que un asentamiento de este tipo no tiene ningún efecto sobre las cargas de cálculo o análisis estructural y no debe ser previsto ningún margen para la transmisión de esfuerzos entre los elementos, también sostiene que los desplazamientos no influyen sobre los marcos ya que se admite que las cargas aplicadas horizontales a la superficie son absorbidas por la losa de rodadura en forma segura u otra superficie sin efecto sobre el marco (López, 2010)

En España según el Proyecto de Colector de Pluviales de la Ronda Sudeste de Vila Real, los marcos prefabricados de hormigón armado que se emplearon para la ingeniería del agua, las características físico-químicas han sido inalterables a la acción de las aguas. Los marcos resistieron las cargas de tierras y tráfico para las que se proyectaron de forma que se obtuvo una resistencia característica a los veintiocho días de doscientos setenta y cinco kilopondios por centímetro cuadrado (275 kp/cm^2), y la necesaria impermeabilidad exigible en los marcos con encaje machihembrado rejuntados por el interior con un mortero elástico sin retracción tipo “PREMHOR”, con un relleno ejecutado cuidadosamente asegurando la inmovilidad de los marcos (Fernández, 2009)

En México se emplean cajones prefabricados de concreto reforzado de sección rectangular o cuadrada, en la construcción de proyectos pluviales, canalizaciones de ríos, puentes, pasos vehiculares, ferroviarias, aeroportuarias, cuya resistencia a la compresión a los veintiocho días es de 350 kg/cm^2 con acero fy 5500 kg/cm^2 y longitud

útil de 1,25 m, 1,50 m, 1,75 m, 2,0 m y 2,40 m, utilizando una plantilla de concreto simple $f'c= 150 \text{ kg/cm}^2$ o material de banco compactado al 90% proctor, requiriendo una capacidad mínima de suelo de 10 Ton/m², estos marcos se unen con una junta hermética bituminosa flexible sellada con mortero 1:3 cemento-arena, con estas características se construyeron diversas obras, donde su comportamiento es bueno frente a las cargas de servicio y condiciones hidráulicas a la que está sujeta la estructura (tubocreto, 2009)

En Colombia, los cajones prefabricados de concreto con resistencia a la compresión de 35 MPa con secciones variadas y longitud de 2.00 m, durante el relleno estructural de los cajones, se tiene que tener especial cuidado cuando la zanja esta anegada o el caudal es importante, ya que el agua puede correr por la pendiente de la excavación, produciendo inevitablemente, la socavación de la fundación del cajón alterando el comportamiento de la estructura con asentamientos y desplazamientos, por lo que se recomienda considerar los drenajes necesarios y rellenos con grava y arena para evitar la socavación (Cajones prefabricados, 2004)

2.1.2. Nacional

Se está realizando por primera vez, donde los cajones prefabricados de concreto son fabricados con longitud total de 1.50 m en la obra de la carretera Cañete - Lunahuaná, los mismos que presentan una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y la armadura tiene esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm² cuya capacidad portante del suelo de fundación de diseño es de 1.2 kg/cm², los empalmes para la construcción de alcantarillas son machihembrados unidas mediante un sellador de juntas de butilo preformada (PRO-STICK) y sellada con mortero 1:3 cemento-arena con cabezales construidos in situ.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Marcos Prefabricados Hormigón Armado

Bortubo (2011), se define como marcos prefabricados de hormigón armado, a los elementos prefabricados de sección rectangular o cuadrada, que se emplean en obras de saneamiento, drenaje, canalizaciones de ríos, paso inferiores y galerías de servicio visitables.

Por ser más común su empleo en obras de drenaje, con estos elementos prefabricados se consigue:

- Permeabilizar la plataforma mitigando el efecto presa de la obra y por lo tanto de permitir el drenaje transversal a lo largo de la misma, destacando especialmente las zonas sensibles a inundaciones.
- Permitir el paso de servicios y fundamentalmente de acequias o canales de riego.
- Permitir el paso de fauna.

2.2.2. Diferencias entre cajón modular y obra “in situ”

En la elección de ejecutar elementos de obra, empleando los distintos prefabricados o realizarlos “in situ”, intervienen además de factores económicos que en el mayor de los casos favorecen el empleo de los prefabricados, otros de máximo interés que hoy día las empresas de cierto nivel saben valorar adecuadamente.

- **Factores medioambientales.-**

La destrucción de madera, vertido de desencofrantes, ruidos en zonas urbanas, acopio de áridos con la erosión por el viento, etc., hacen más aconsejable el empleo de prefabricados.

- **Factores de calidad.-**

Indudablemente esta cuestión es la más importante, ya que un esmerado cuidado en todo el proceso de fabricación, que se extiende desde la recepción de materias primas, pasando por el propio proceso de fabricación hasta la recepción del producto terminado, consigue una alta calidad del producto que por razones obvias no siempre es posible en

obra, recogiendo la propia normativa vigente mayores coeficientes de seguridad para elementos realizados en obra.

- **Factores de seguridad.-**

Trabajos de encofrado en posiciones difíciles, vertidos de hormigón complicados y confecciones de ferrallas entre otros, representan un mayor riesgo de accidentes laborales que en los centros de producción de prefabricados de hormigón, donde se sustituyen por procesos de fabricación más racionales consiguiendo índices de siniestrabilidad sensiblemente inferiores.

- **Factores de tiempo.-**

Con una cuidadosa programación de obra, de forma que se planifiquen con antelación los trabajos en fábrica, se puede conseguir que las obras se ejecuten en un plazo muy inferior al que se consiguen, realizando las distintas partidas “In situ”, además de no estar expuestos a las inclemencias del tiempo.

- **Factores de comportamiento.-**

Con el cuidadoso proceso de fabricación, se consigue un recubrimiento correcto de las armaduras del cajón, factor este de importancia ya que a nadie escapa el dudoso recubrimiento resultante de los elementos preparados y hormigonados en obra, con lo que conseguimos preservar el buen comportamiento y duración del hormigón armado.

A pesar de que en el hormigonado “In situ” se puedan realizar cuantas juntas de dilatación se estimen convenientes, la gran ventaja de la utilización del marco en elementos modulares totalmente independientes, se traduce en la capacidad de absorber asentamientos del terreno a lo largo de su conducción

2.2.3. Normatividad

Los marcos o cajones prefabricados de concreto se fabrican conforme a las siguientes normas:

UNE-EN 14844, dispone el marcado correspondiente CE, en cada uno de los tipos de marcos (Bortubo, 2011).

ASTM-C-1433, Standard Specification for Precast Reinforced Concrete Monolithic Box Sections for Culverts, Storm Drains, And Sewers (Tubocreto, 2009)

ASTM C-789 y ASTM C-789M, con máquinas automatizadas de tecnología de punta (Prefabricados Grau, 2003)

2.2.4. Marcado de los Marcos

Todos los marcos se marcan interior y exteriormente, HA (Hormigón Armado), A x B (Ancho y alto nominal), la altura de relleno HR (expresada en centímetros) de tierra por encima de la clave para el que ha sido calculado y fabricado, la fecha de fabricación y además en la solera en su parte inferior se indica la palabra solera Bortubo (2011).

2.2.5. Diseño

Señala Tubocreto (2009) el procedimiento de diseño como sigue:

a. Determinación del tipo de Instalación

a.1. Zanja

Descripción: Son utilizadas para profundidades menores de $h_r \leq 2$ metros, en donde es colocado sobre una capa de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm y su relleno es con material de banco compactado al 90% Proctor hasta su totalidad.

Consideración de diseño para cajones utilizados para profundidades menores de $h_r \leq 2$ metros

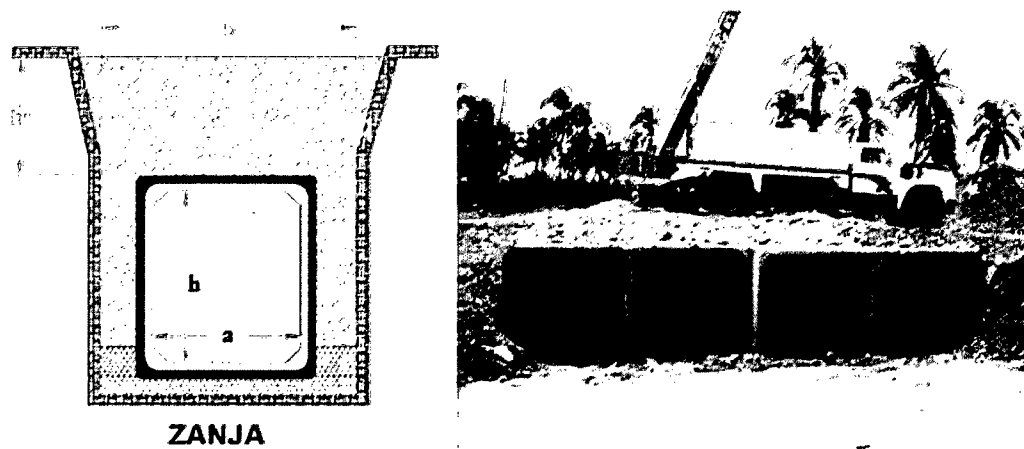


Figura 1. Marcos de concreto armado con la instalación en zanja

Fuente: Tubocreto (2009)

a.2. Zanja terraplenada

Descripción: Son utilizadas para alturas de rellenos $h \geq hr + hr'$, es donde son colocados sobre una capa de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm y su relleno es con material de banco compactado al 90% Proctor hasta su totalidad.

Consideración de diseño para cajones utilizados con alturas de rellenos $h \geq hr + hr'$

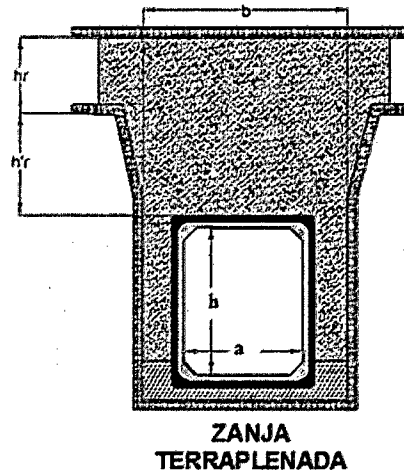


Figura 2. Marco de concreto armado con la instalación en zanja terraplenada

Fuente: Tubocreto (2009)

a.3. Terraplén

Descripción: Este tipo de instalación se produce cuando la cota superior de la pieza en su posición definitiva queda por encima del terreno natural. En donde el relleno arriba del cajón es $hr \leq hr' / 3$ y $b \leq 2b < 2h + b$

Consideración de diseño para cajones utilizados cuando $hr \leq hr' / 3$ y $b \leq 2b < 2h + b$

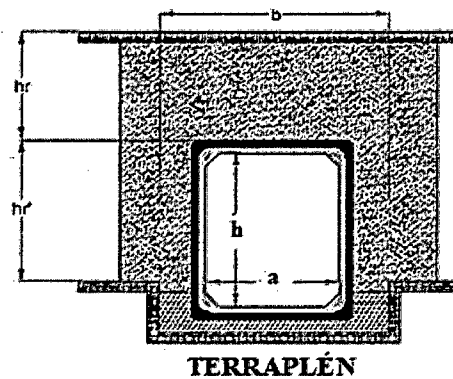


Figura 3. Marco de concreto armado con la instalación en terraplén

Fuente: Tubocreto (2009)

a.4. Zanja inducida en terraplén

Descripción: Este tipo de instalación nos ayuda al ahorro de recursos ya que en la parte superior del cajón se aloja una sección $hr_2 \times b_2$ la cual está rellena de material no compresible como paja, serrín, suelo orgánico o cualquier otro material que ofrezca garantía de un asentamiento claramente superior al del relleno compactado.

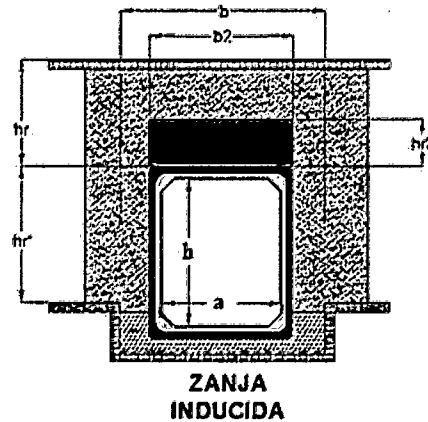


Figura 4. Marco de concreto armado con la instalación en zanja inducida en terraplén

Fuente: Tubocreto (2009)

b. Análisis de sollicitación de carga

b.1. cargas muertas

Peso propio (DC), peso del relleno (EV), peso del asfalto (DW)

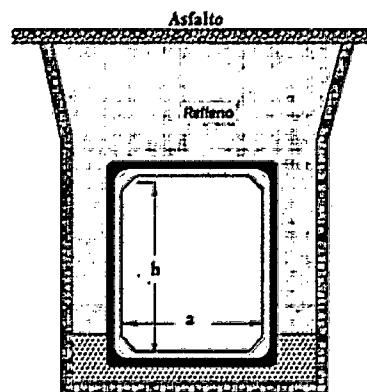


Figura 5. Cargas muertas en alcantarilla

Fuente: Tubocreto (2009)

b.1. cargas viva

Carga vehicular, ferroviarias, aeroportuarias, equipos de compactación (motoniveladora y rodillos)

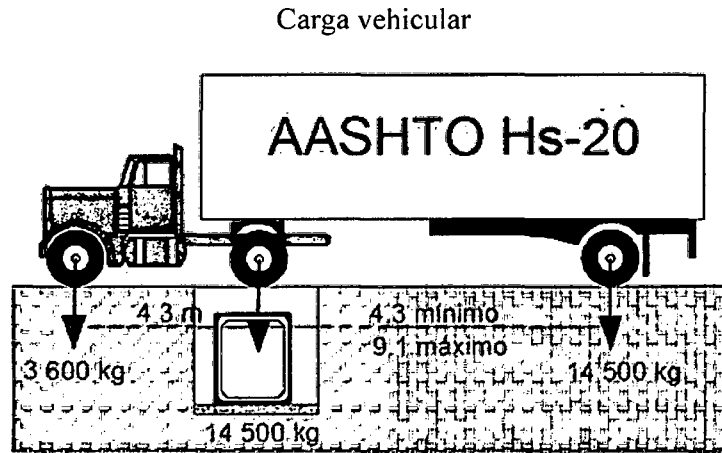


Figura 6. Carga vehicular en alcantarilla

Fuente: Tubocreto (2009)

c. Factores de apoyo

c.1. Material de banco compactado al 95% del proctor

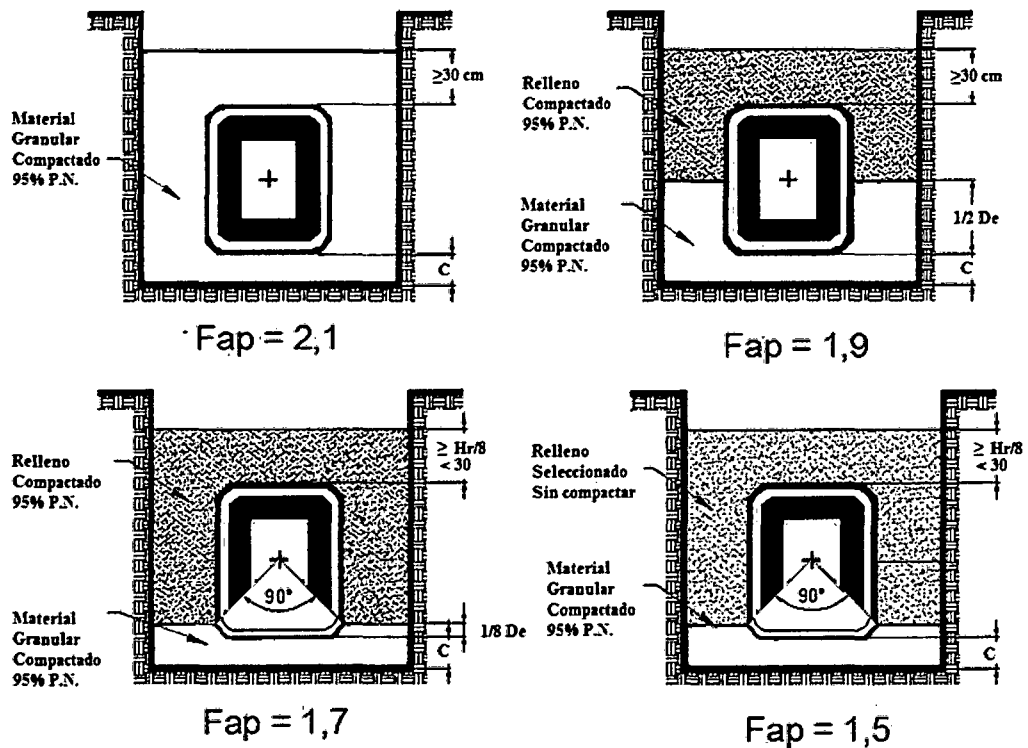


Figura 7. Factores de apoyo con material de banco (cantera)

Fuente: Tubocreto (2009)

c.2. Plantilla de concreto simple $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$

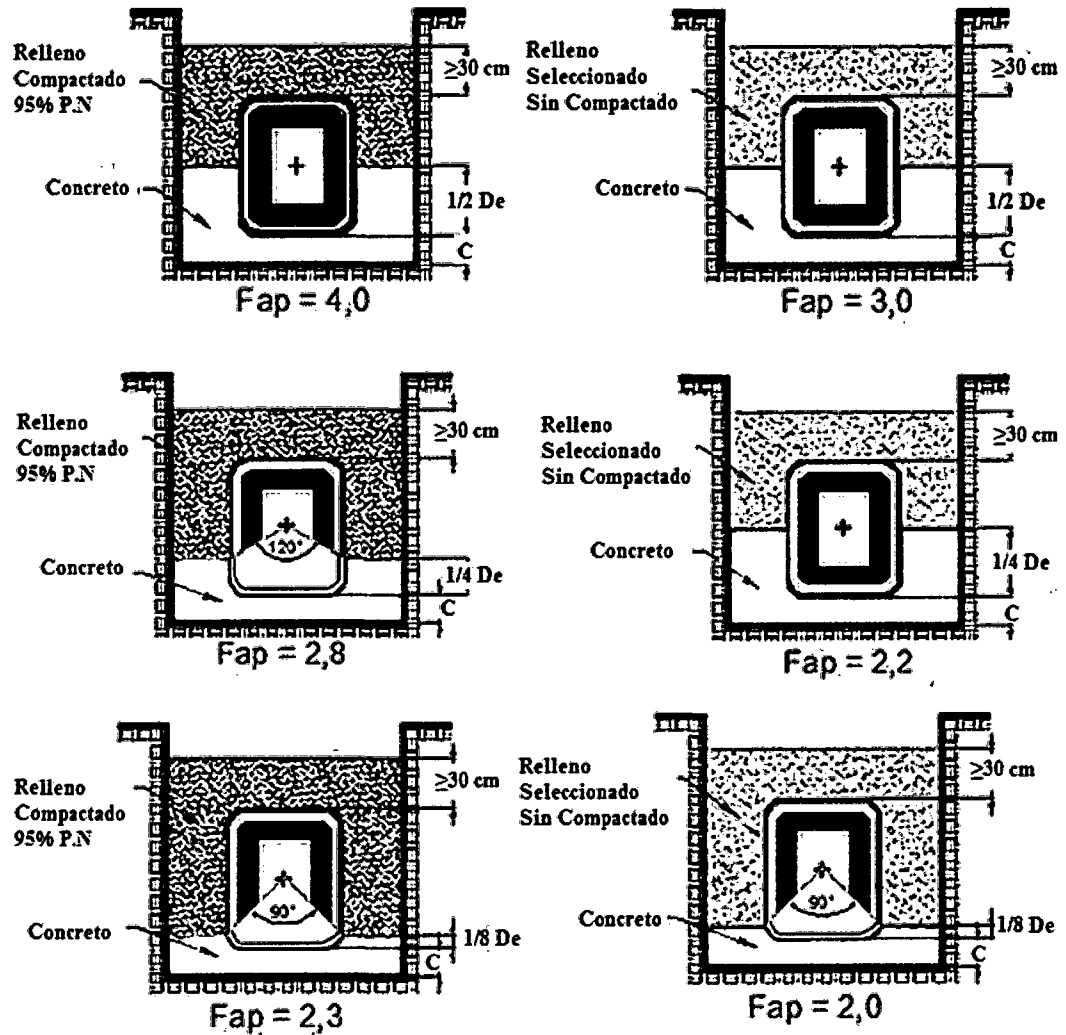


Figura 8. Factores de apoyo con plantilla de concreto (solado)

Fuente: Tubocreto (2009)

d. Recomendación en el diseño estructural

Se debe considerar el diseño por cortante y flexión en las juntas (hembra y macho)

e. Características técnicas

Dentro de las características que se muestran en las figuras 9 y 10 se determinan:

Tipo: a x h

Longitud: L

Espesor de pared: e

Además se considera las características de recubrimiento mínimo sobre la clave del marco, el tipo de concreto y límite de fluencia del acero (Bonttai, 2004)

Características técnicas

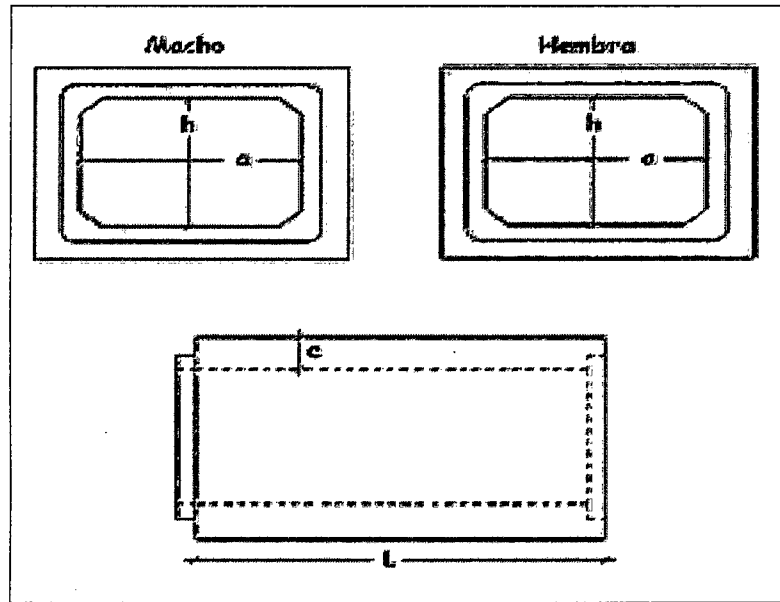


Figura 9. Cajones Prefabricados de concreto armado

Fuente: Bonttai prefabricados de hormigón (2004)

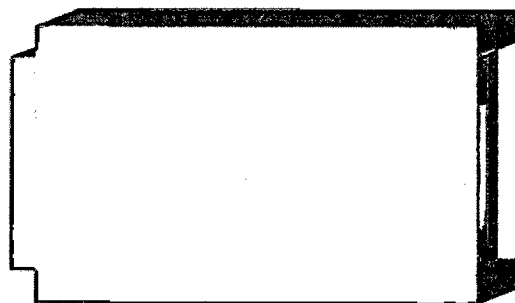


Figura 10. Cajones Prefabricados Armados

2.2.6. Especificaciones físicas

Según el estudio de la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cañete – Lunahuaná (2011), se tiene:

A. Concreto

• Descripción

Este trabajo consiste en el suministro de materiales, fabricación, colocación, vibrado, curado y acabados de los concretos de cemento Pórtland, utilizados para la construcción de estructuras de drenaje, muros de contención, cabezales de alcantarillas, cajas de captación, aletas, sumideros y estructuras en general, de acuerdo con los planos del proyecto, las especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

• Cemento

El cemento utilizado será Pórtland Tipo I o normal, el cual deberá cumplir lo especificado en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, NTP 334.090, Norma AASHTO M 85 o la Norma ASTM-C 150.

• Agregados

(a) Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase la malla de 4.75 mm (Nº 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas o gravas. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30%) del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requisitos:

(1) Contenido de sustancias perjudiciales.

Tabla 1. Requisitos de límites de aceptación.

CARACTERÍSTICAS	NORMA DE ENSAYO	MASA TOTAL DE LA MUESTRA
Terrones de Arcilla y partículas delezables	MTC E 212	1.00% máx.
Material que pasa el Tamiz de 75µm (Nº 200)	MTC E 202	5.00 % máx.
Cantidad de Partículas Livianas	MTC E 211	0.50 % máx.
Contenido de sulfatos, expresados como ión SO ₄	AASHTO T290	0.06% máx.
Contenido de Cloruros, expresado conclusión	AASHTO T291	0.10% máx.

Fuente: Estudio de la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cañete – Lunahuaná (2011)

Además, no se permitirá el empleo de arena que en el ensayo colorimétrico para detección de materia orgánica, según norma de ensayo Norma Técnica Peruana 400.013 y 400.024, produzca un color más oscuro que el de la muestra patrón.

(2) Reactividad

El agregado fino no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO₂ y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma ASTM C289, se obtienen los siguientes resultados:

SiO₂ > R cuando R ≥ 70

SiO₂ > 35 + 0,5 R cuando R < 70

(3) Granulometría

La curva granulométrica del agregado fino deberá encontrarse dentro de los límites que se señalan a continuación:

Tabla 2. Requisitos de límites de aceptación.

TAMIZ (MM)	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm (3 /8")	100
4,75 mm (N° 4)	95-100
2,36 mm (N° 8)	80-100
1,18 mm (N° 16)	50-85
600 μm (N° 30)	25-60
300 μm (N° 50)	10-30
150 μm (N° 100)	2-10

Fuente: ASTM C33 (2011)

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45%) de material retenido entre dos tamices consecutivos. El Modulo de Finura se encontrará entre 2.3 y 3.1.

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de 0.2 en el Módulo de Finura con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

(4) Durabilidad

El agregado fino no podrá presentar pérdidas superiores a diez por ciento (10%) o quince por ciento (15%), al ser sometido a la prueba de durabilidad en sulfatos de sodio o magnesio, respectivamente, según la norma MTC E 209.

En caso de no cumplirse esta condición, el agregado podrá aceptarse siempre que habiendo sido empleado para preparar concretos de características similares, expuestas a condiciones ambientales parecidas durante largo tiempo, haya dado pruebas de comportamiento satisfactorio.

(5) Limpieza

El Equivalente de Arena, medido según la Norma MTC E 114, será sesenta y cinco por ciento (65%) mínimo para concretos de $f'c \leq 210\text{kg/cm}^2$ y para resistencias mayores setenta y cinco por ciento (75%) como mínimo.

(b) Agregado grueso

Se considera como tal, al material granular que quede retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4). Será grava proveniente de la trituración de roca. Los requisitos que debe cumplir el agregado grueso son los siguientes:

(1) Contenido de sustancias perjudiciales

Tabla 3. Límites de aceptación de Sustancias Perjudiciales

CARACTERÍSTICAS	NORMA DE ENSAYO	MASA TOTAL DE LA MUESTRA
Terrones de Arcilla y partículas deleznales	MTC E 212	0.25% máx.
Contenido de Carbón y lignito	MTC E 215	0.5% máx.
Cantidad de Partículas Livianas	MTC E 202	1.0% máx.
Contenido de sulfatos, expresados como ión $\text{SO}_4=$	AASHTO T290	0.06% máx.
Contenido de Cloruros, expresado como ión Cl^-	AASHTO T291	0.10% máx.

Fuente: Estudio de la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cañete – Lunahuaná (2011)

(2) Reactividad

El agregado no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento, lo cual se comprobará por idéntico procedimiento y análogo criterio que en el caso de agregado fino.

(3) Durabilidad

Los resultados del ensayo de durabilidad (norma de ensayo MTC E 209), no podrán superar el doce por ciento (12%) o dieciocho por ciento (18%), según se utilice sulfato de sodio o de magnesio, respectivamente.

(4) Abrasión L.A.

El desgaste del agregado grueso en la máquina de los Ángeles (norma de ensayo MTC E 207) no podrá ser mayor de cuarenta por ciento (40%).

(5) Granulometría

La gradación del agregado grueso deberá satisfacer una de las siguientes franjas, según se especifique en los documentos del proyecto o apruebe el Supervisor con base en el tamaño máximo de agregado a usar, de acuerdo a la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

Tabla.4 Granulometría de agregado grueso

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA						
	AG-1	AG-2	AG-3	AG-4	AG-5	AG-6	AG-7
63 mm (2,5")	-	-	-	-	100	-	100
50 mm (2")	-	-	-	100	95 - 100	100	90 - 100
37,5 mm (1½")	-	-	100	95 - 100	-	90 - 100	35 - 70
25,0 mm (1")	-	100	95 - 100	-	35 - 70	20 - 55	0 - 15
19,0 mm (¾")	100	90 - 100	-	35 - 70	-	0 - 15	-
12,5 mm (½")	90 - 100	-	25 - 60	-	10 - 30	-	0 - 5
9,5 mm (3/8")	40 - 70	20 - 55	-	10 - 30	-	0 - 5	-
4,75 mm (N°4)	0 - 15	0 - 10	0 - 10	0 - 5	0 - 5	-	-
2,36 mm (N°8)	0 - 5	0 - 5	0 - 5	-	-	-	-

Fuente: Estudio de la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cañete – Lunahuaná (2011)

Nota: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas.

(6) Forma

El porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso procesado, determinados según la norma MTC E 221, no deberán ser mayores de quince por ciento (15%).

B. Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

• Descripción

Esta partida comprenderá el aprovisionamiento, almacenamiento, corte, doblado y colocación de las varillas de acero para el refuerzo en estructuras de concreto armado, de acuerdo a la sección 9 “Reinforcing Steel” de la división II de la norma AASHTO, a la sección 615 “Acero de Refuerzo” de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000, a estas especificaciones técnicas, a los planos o a las indicaciones del Supervisor.

• Material

Las varillas para el refuerzo del concreto estructural, deberán estar de acuerdo con los requisitos AASHTO, designación M-31 y deberán ser probadas de acuerdo con AASHTO, M-137 en lo que respecta a las varillas N° 3 a N° 11 o conforme a las especificaciones del acero producido por SIDERPERU o ACEROS AREQUIPA del acero grado 60, según corresponda.

El alambre N° 16, para efectuar el atortolamiento, del acero de refuerzo deberá ser del tipo negro recocido.

2.2.7. Manejo, instalación y junteo

Sellado de Uniones

Para el sellado de elementos con unión machihembrada, al no permitir habitualmente el uso de juntas de goma, se dispone de productos y soluciones especiales adaptables al tipo de instalación y al entorno de trabajo, tanto interior como exterior.

El tipo de unión puede ser rígida o elástica, según los materiales empleados en el rejuntado y sellado.

A. Solución para Unión Rígida

La solución consiste en:

- a) Fondo de junta
- b) Imprimación
- c) Mortero de relleno

El fondo de junta se utiliza para limitar el tamaño y evitar el uso excesivo de mortero.

Normalmente se utiliza un polietileno de célula cerrada, cordón elastomérico o caucho butilo, con un grosor en torno a un 25% superior al de la junta.

La misión de la imprimación es la de unir el hormigón base y el mortero de relleno.

El mortero de relleno debe ser tixotrópico, para evitar su descuelgue pues normalmente se aplica en suelo, paredes laterales y techos.

El soporte debe estar limpio y seco ver figura 02 solución 1.

Recomendaciones de Uso

Esta solución solamente es recomendable en el caso de que se garantice la no existencia de movimientos diferenciales entre elementos, siendo válida prácticamente para cualquier situación.

B. Solución para Unión Elástica

La solución consiste en:

- a) Fondo de junta
- b) Masilla o Mástic bituminoso (presencia eventual de agua)
Masilla o Juntas hidroexpansivas (presencia permanente de agua)

La zona a tratar se limpiará adecuadamente previo al inicio de los trabajos.

La masilla debe ser capaz de soportar las condiciones ambientales en las que va a estar inmersa. Normalmente es suficiente el uso del poliuretano monocomponente.

Para agresividad química alta deberán usarse masillas de polisulfuro de dos componentes con alta resistencia química.

Las juntas hidroexpansivas se pueden colocar sobre un adhesivo, si la superficie está seca y lisa, o sobre masilla hidroexpansiva si la superficie está húmeda o es irregular ver figura 02 solución 2

Recomendaciones de Uso

Esta solución solo debe aplicarse con presencia permanente de agua.

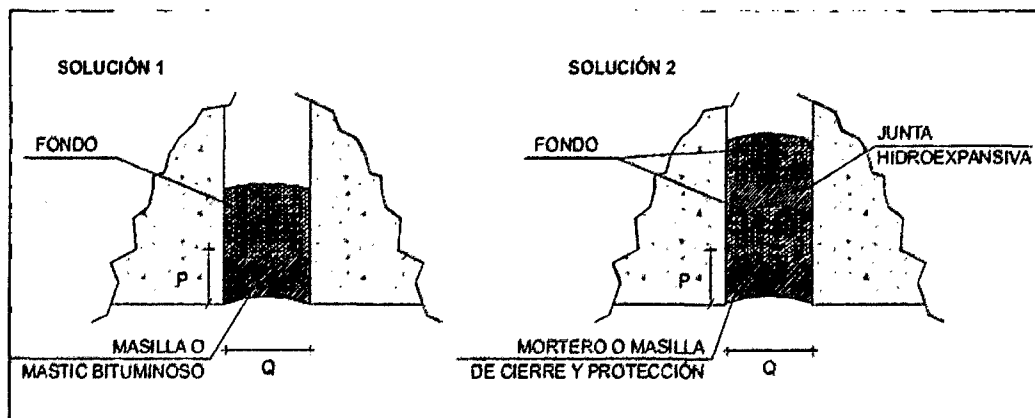


Figura 11. Soluciones para unión rígida y unión elástica

Fuente: Bortubo (2011)

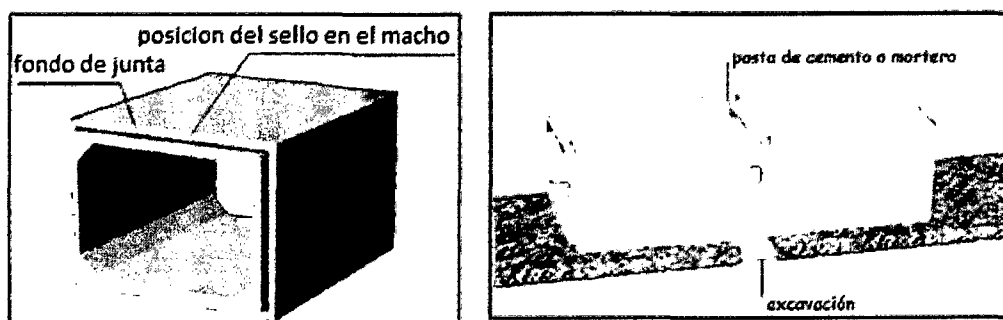


Figura 12. zona de aplicación de las juntas

Fuente: Bonttai prefabricados de hormigón (2004)

C. Instalación de cajones

Sostiene Prefabricados Grau (2003) las consideraciones a tener en cuenta para la instalación de los cajones lo siguiente:

1. Antes de la instalación, la cota de excavación debe compactarse de modo que la alineación y pendiente se mantenga después de la instalación de los cajones prefabricados.
2. Si el nivel freático corresponde con la cota de excavación, entonces, se deberá, emplear un método de agotamiento adecuado. El Profesional a cargo debe considerar los efectos de la napa de agua en el futuro sobre el material de relleno. El lavado del material de cama y de relleno es inaceptable.
3. Colocar una cama de 75 a 100 mm. de espesor, compuesta de material granular de arena gruesa, tamaño de 10 mm, libre de material orgánico o arcilla en el fondo de la zanja, para asegurar un contacto uniforme con el cajón prefabricado. El material granular fino proporcionará un apoyo suave y uniforme a todo al ancho y largo de la línea; si la estabilidad del suelo lo exige debe construirse una cama de hormigón pobre H-10.
4. Realizar una pequeña zanja transversal (del ancho de la pala x la profundidad del material granular x ancho del cajón) al término del último cajón instalado para permitir que el material granular caiga dentro de ésta, cuando el siguiente cajón se deslice al punto para el montaje.
5. Al unir los cajones, no es recomendable utilizar equipos de construcción como retroexcavadoras, cargadores frontales, etc. Si tales equipos se usan, una cubierta de madera, cojinetes u otro elemento deben utilizarse como protección entre ellos.
6. Al materializar la unión, se debe utilizar un sistema de cables y tecles tipo TILFOR que generen la fuerza necesaria.
7. En las instalaciones de cajones múltiples, debe proporcionarse apoyo lateral positivo entre los costados del mismo. Este apoyo puede obtenerse con el uso de masilla epóxica, arena fina, material granular, o suelo compactado. El

espacio entre los cajones se controlará por el tipo de material especificado para proporcionar el apoyo lateral continuo.

8. El material de relleno se colocará uniformemente en cada lado del cajón de acuerdo al avance de la instalación. El Tipo de material, el grado de compactación, altura de las capas, etc, debe estar de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

2.2.8. Usos y Aplicaciones

El Cajón Prefabricado tiene múltiples aplicaciones como la conducción de aguas pluviales, residuales, canalización de ríos, puentes, pasos vehiculares, galería visitable de instalaciones, entre otros.

El uso de los cajones prefabricados también se hace cuando por razones de cotas de captación y/o desagües, caudales manejados, etc. resulta imposible la utilización de tuberías prefabricadas de sección circular o en casos que por razones técnico económicas resulta inviable la fabricación en situ.

2.2.9. Factores que Determinan el Diseño de una Alcantarilla

1. Definición

Sostiene Alonso (2005) Una alcantarilla es un canal cubierto de longitud relativamente corta diseñado para conducir el agua a través de un terraplén (por ejemplo, carreteras, vías de ferrocarril, presas). Es una estructura hidráulica que puede conducir aguas de creciente, aguas de drenaje, corrientes naturales por debajo de la estructura de relleno en tierras o en rocas.

Desde el punto de vista hidráulico, es importante si la alcantarilla fluye llena o no.

a. Finalidad y Propósito

Es una obra necesaria para permitir el acceso y la circulación interna del flujo y externa de vehículos y animales. La solución alternativa y más costosa es la ejecución de un puente de hormigón armado.

Un sistema de alcantarillado puede ser diseñado para diversos propósitos:

- Puede dejar pasar toda el agua que llega a la alcantarilla sin ningún tipo de retención.
- Puede restringir el paso del agua, dejando solo pasar un caudal máximo igual a su capacidad máxima. En estas condiciones la alcantarilla también cumple una función reguladora, por lo que esta opción se aplica en obras de retención con descargas semipermanentes.
- Permite la instalación de los instrumentos hidráulicos de aviso y control de escurrimientos, propios de la investigación científica.

b. Partes de una alcantarilla

Una alcantarilla consta de 6 partes principales:

- 1) Bocatoma: entrada o abanico, (inlet)
- 2) Barril: cuerpo central o garganta
- 3) Difusor: salida o abanico de expansión, (oulet)
- 4) Batea: es el fondo del barril o cuerpo central.
- 5) Corona o Clave: es el techo del cuerpo central o garganta.
- 6) Muros Aleta: son los muros que permiten la transición del flujo a la entrada y a la salida de la estructura de cruce.

2. Clases de alcantarilla

El requerimiento del diseño de una alcantarilla tiene su origen en la necesidad de cruzar un torrente o para restituir parte del flujo de una ladera cortado por una vía, es construido como un dren colector de descarga de aguas excedentes. Por ende las alcantarillas se clasifican según la sección geométrica de su barril, la forma en que el agua luye sobre la batea y por las obras auxiliares de entrada y salida del flujo a la estructura principal.

a. Geometría de la sección de una Alcantarillas

La sección geométrica de una alcantarilla puede definirse de dos formas:

Circular o de Tubo.

Rectangular o de Cajón.

Esta elección va a depender de las condiciones geomorfológicas del lugar y el hidrograma del flujo. Por ejemplo una alcantarilla por debajo de un terraplén es una estructura “larga”, que opera llena (es decir como flujo en tuberías). En cambio una alcantarilla por debajo de un puente o plataforma de una carretera es una estructura corta de sección rectangular que opera con flujo a superficie libre.

3. Flujo a través de una Alcantarilla

Dentro de una alcantarilla son muy complicados los comportamientos del flujo, debido a que es controlado por muchas variables, incluidas la geometría de salida, la pendiente, el tamaño, la rugosidad, las condiciones de profundidad de aproximación y de salida, etc.

La mayoría de las alcantarillas se diseñan para operar con superficie libre, con condiciones de flujo subcrítico en el barril a fin de maximizar el caudal por unidad de ancho y reducir la sección transversal del barril (y por consiguiente, su costo).

El flujo aguas arriba y aguas abajo de la alcantarilla es de régimen subcrítico. A medida que el flujo se aproxima a la alcantarilla, la construcción del canal (es decir la sección de entrada) induce un incremento en el número de Froude. Para el caudal de diseño. El flujo se vuelve casi crítico en el barril. En la práctica, condiciones perfectas de flujo crítico en el barril son difíciles de establecer: se caracterizan por efectos de “choques” e inestabilidades de superficie libre.

4. Estructuras de entrada en las Alcantarillas.

Las estructuras de entrada de las alcantarillas son aquellas diseñadas é instaladas para permitir el ingreso ordenado del flujo, pueden definirse como sección de control según la topografía de la zona donde se ubican y son las siguientes:

a. Entrada tipo Buzón o Caja Toma:

Las alcantarillas con estructura de entrada tipo buzón o caja toma permiten:

- El ingreso del agua captada por las cunetas construidas al pie de taludes de corte y así evacuarlas hacia un dren natural o quebrada.

- El ingreso del agua proveniente de las quebradas que presentan ancho de contacto con la carretera y pendiente que facilita este tipo de estructura para evacuarlas ordenadamente sin causar daño a la carretera.
- Las cajas o buzones de concreto armado, serán estructuras de sección rectangular mínimas necesarias, para la evacuación del agua de las quebradas (drenaje transversal) y cunetas (drenaje longitudinal). Los buzones tendrán una altura tal que en su interior pueda encajar la alcantarilla correspondiente que se proyecte, con una profundidad adicional de 0.30m para almacenar los sedimentos que arrastran las quebradas y cunetas, y también permitir la descarga libre hacia el interior del cajón.

b. Entrada Tipo Alero Inclinado

Este tipo de entrada se ha considerado conveniente colocar cuando las alcantarillas se ubican en zonas donde la carretera va en relleno o por razones de topografía y requiere el ingreso del agua de las zonas que quedan por debajo de la rasante de la carretera. Se tendrá la precaución de colocar un sistema de protección de los taludes del terraplén al ingreso de la alcantarilla, lo cual es para evitar la erosión del terraplén de la carretera, más aún si especialmente se encuentran en los casos en que los taludes están directamente expuestos al paso del flujo de agua al ingreso. En esta protección se dispondrá de piedra asentada y emboquillada de diámetro nominal 0.20m en una longitud mínima requerida en cada caso, lados de la estructura de entrada de la alcantarilla.

La estructura de este tipo de entrada consiste de aleros inclinados con talud 1:1.5 según el talud de relleno.

5. Estructuras de salida de las Alcantarillas.

Las estructuras de salida de las alcantarillas son aquellas diseñadas é instaladas para permitir la salida ordenada del sistema de drenaje transversal, que según la topografía de la zona donde se ubican son las siguientes:

a. Salida Tipo Alero Inclinado

Se ha considerado conveniente colocar este tipo de estructura en tramos en donde la carretera va en relleno o en zonas a media ladera y no permite la entrega de cunetas o por razones de topografía. Este tipo de estructuras permitirá una entrega libre y encauzada del flujo hacia la zona de evacuación, adecuadamente protegida en dirección del dren de entrega natural, dependiendo de la variación del nivel del terreno a la salida.

Se tendrá la precaución de colocar un sistema de protección de los taludes del terraplén a la salida de la alcantarilla, lo cual se propone para evitar, en cualquier caso, la erosión del terraplén de la carretera. En esta protección se dispondrá de piedra asentada y emboquillada de diámetro nominal 0.20m en una longitud mínima de 10.0m a cada lado de la estructura de salida de la alcantarilla, según se requiera.

Este tipo de salida consiste de aleros inclinados con talud 1:1.5 según el talud de relleno, conforme a los planos mostrados.

b. Salida Tipo muro con alas inclinadas.

Se ha considerado colocar una estructura tipo muro con alas cuando se tenga la necesidad de contener cierta altura de relleno sobre el tubo, o cuando al salir el tubo del terraplén, este quede “colgado”, a una altura determinada del nivel de terreno natural, la cual es salvada por este tipo de estructura.

Los aleros de esta estructura tendrán talud de 1:1.5, según el talud de relleno, conforme a los planos mostrados.

c. Salida Tipo Muro.

Debido a condiciones de trazo y/o topografía accidentada de la zona específica, existen tramos en donde es necesario proyectar muros de sostenimiento o contención y, en los cuales coinciden las salidas de alcantarillas que requerirán de protección adecuada a la salida pues en estos tramos los taludes son prácticamente verticales.

Estos muros son de concreto ciclópeo o concreto armado, dependiendo de la altura requerida.

6. Estructuras de aproximación al ingreso de las Alcantarillas.

Las aproximaciones al ingreso de las alcantarillas se instalan con la finalidad de evitar cualquier acción erosiva del flujo y que perjudique la estabilidad de las mismas, además de brindar protección a la zona aledaña al terraplén de la carretera.

Las estructuras de protección planteadas son las que a continuación se describen:

Adecuación de Entrada (RPE)

Para lograr este tipo de protección se instalan zanjas de ingreso en piedra asentada y emboquillada de diámetro nominal 0.20m en zonas llanas donde el nivel del fondo de la alcantarilla se encuentra por debajo del nivel del terreno. Estas zanjas tendrán una longitud aproximada de 10m y pendiente similar a la de la alcantarilla (1% o 2% según sea el caso) para así propiciar el ingreso del flujo hacia la alcantarilla. La sección geométrica de la zanja es variable según el nivel del terreno natural y el diámetro de la alcantarilla.

7. Protección de las estructuras a la salida de las Alcantarillas

Las estructuras de protección a la salida de las alcantarillas y/o aguas abajo, se instalan con la finalidad de evitar cualquier acción erosiva del flujo que perjudique la estabilidad de las mismas, además de brindar protección a la zona aledaña al terraplén de la carretera. Las estructuras de protección de la salida que se plantean son las que a continuación se describen.

Adecuación de salida (RPE)

La protección de este tipo se plantea con la finalidad que el flujo de salida evacue hacia el dren natural en forma ordenada dada las condiciones de topografía llana en un nivel algo superior al nivel de salida de la alcantarilla. Esta zanja para desfogue será de piedra asentada y emboquillada de diámetro nominal 0.20m y longitud mínima requerida para cada caso. La sección geométrica de la zanja varía según el diámetro de la alcantarilla y el nivel del terreno natural.

8. Posibles Formas de evitar la erosión y socavación

Las obras de alcantarillado pueden requerir de una estructura adicional de hormigón o piedra inmediatamente aguas abajo o aguas arriba a efectos de impedir la posible socavación del material de tierra por efecto dinámico del agua. Estas estructuras tienen forma de piletón donde la energía del agua saliente de la alcantarilla se disipa sin provocar daños.

Cuando un curso de agua encuentra una alcantarilla, una construcción o un estrechamiento del canal, las condiciones del flujo cambian y se vuelve más erosivo. Cuando esto ocurre, la erosión se enfocará donde el flujo entra y sale de la construcción. Esta erosión puede ser limitada si se colocan colchones de relleno, gaviones o algún producto contra la erosión en las riveras.

9. Pendiente de alcantarilla

Sostiene Morales (2010), que la pendiente normalmente se da la misma que tenga el cauce natural. Si la pendiente es menor que el cauce natural, se puede depositar segmentos en la entrada y a lo largo del colector; si la pendiente es mucho mayor, se puede producir erosión en la salida, que haría que se tengan que construir dispositivos muy costosos para disipar la energía.

10. Velocidad mínima

Según el diámetro de los materiales sólidos susceptibles a depositarse en la obra

Tabla 5. Velocidades según el tipo de materiales sólidos.

Tipo de material	Velocidad mínima (m/s)
Arena fina (< 0.05 mm)	0.40-0.50
Grava fina (<5 mm)	0.50-0.70
Grava gruesa (5-15 mm)	0.70-0.90
Piedras (15-30 mm)	1.00-1.20
Piedras gruesas (30-100 mm)	1.50-1.80

Fuente: Morales (2010)

11. Velocidad máxima

Para alcantarillas de tubos de hormigón debe estar comprendida entre 4.0- 4.50 m/s.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Caja (Box Culvert):

Una tubería o caja destinada a transportar agua bajo una carretera, vía de ferrocarril, canal o instalación similar.

2.3.2. Conector elástico

Una conexión flexible para unir tubo a estructuras capaz de ser deformadas y desviadas sin ser rota o presentar fugas.

2.3.3. Concreto

Una mezcla homogénea de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, y agua. La mezcla puede también contener mezclas u otros materiales cementosos o ambos.

2.3.4. Elemento

Parte de un componente o miembro compuesto por un solo material.

2.3.5. Ferrallas

Conjunto de barras de acero ya elaboradas, para armar el hormigón de todas las partes de la construcción.

2.3.6. Fundación

Elemento portante que transfiere su carga al suelo o roca que soporta la estructura.

2.3.7. Refuerzo

Acero en forma de varilla, tela de alambre soldada, o barras dentro del concreto para resistir la tensión.

2.3.8. Sellador de unión Flexible preformado

Material flexible formado en una sección transversal definida que se aplica a la superficie de un tubo, sección de caja, o unión de sección de pozo de registro para restringir el movimiento de fluidos o sólidos a través de la unión.

2.3.9. Unión

Una conexión de dos extremos de tubo, pozo de registro, o sección de caja hecha con o sin el uso de partes o materiales adicionales.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en la Carretera Cañete Lunahuaná, ubicado en el departamento de Lima, Provincia de Cañete con dirección a la sierra del país, teniendo como punto de inicio el km 5+400 en el Distrito de Imperial y como punto de término el km 42 +844.23 en el anexo de Uchumpampa, perteneciente al distrito de Lunahuaná.

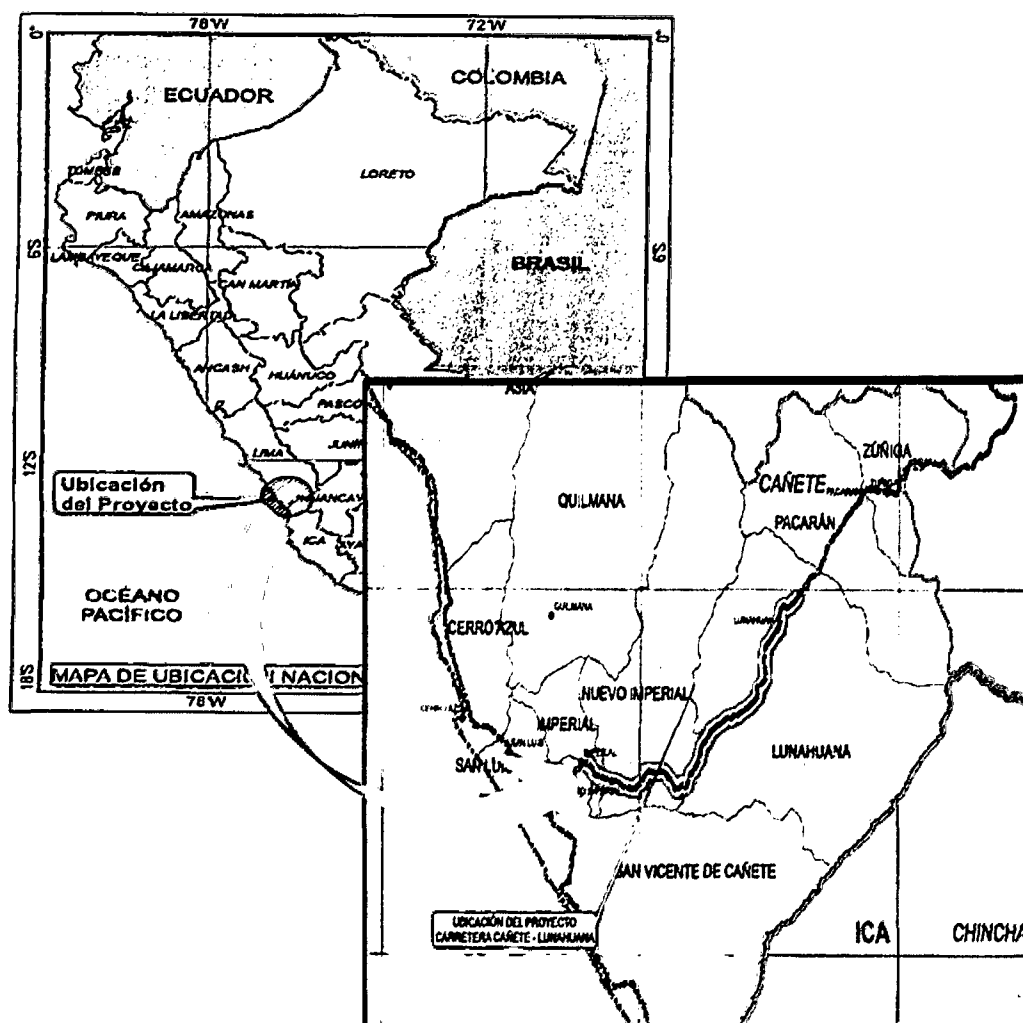
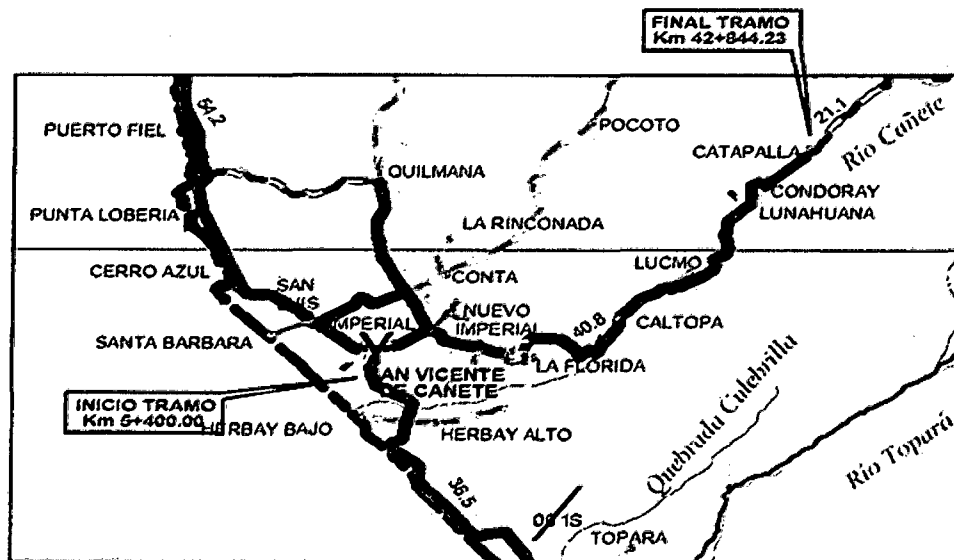


Figura 13. Ubicación geográfica de la investigación

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete - Lunahuaná (2014)



LOCALIZACION

Figura 14. Localización de la investigación

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete - Lunahuaná (2014)

3.1.1 Tiempo que se realizó la Investigación

Se realizó en el mes de septiembre y octubre, solo se realizó el control diario de desplazamientos, asentamientos y funcionalidad de junta de 20 alcantarillas, de las 20 alcantarillas 3 se realizó la prueba de carga, además se verificó la impermeabilidad de junta con agua durante 24 horas en planta de fabricación de los módulos.

3.2. Materiales y Equipos

Materiales: Material de escritorio, ficha de recolección de datos, yeso, esmalte, agua y cemento.

Equipo: Computador, estación total, Nivel de ingeniero, cámara fotográfica, Wincha, volquete grúa y linterna.

3.3. Diseño Metodológico

Tipo de investigación

Es una investigación descriptiva

3.3.1 Fase inicial de gabinete

1. población y muestra

La recolección de datos se realizó en 20 alcantarillas de las 183 alcantarillas de la Carretera Cañete Lunahuaná.

2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizara mediante observación directa, medición y toma de lecturas en los puntos de control en la entrada y salida de alcantarilla, prueba de junta con carga, verificación de juntas y prueba de impermeabilidad de juntas con los formatos que se encuentran en el anexo A.

Para las guías de observación o fichas de recolección de datos se elaboró siete tipos; para el control de asentamientos, control de desplazamientos, prueba de junta con carga, verificación de juntas y prueba de impermeabilidad de junta que consistieron en:

- a. Control de asentamientos.- tomar 4 lecturas de las cotas con nivel de precisión en diferentes fechas en la entrada y salida de las alcantarillas construidas para ser comparadas con las cotas iniciales de los planos.

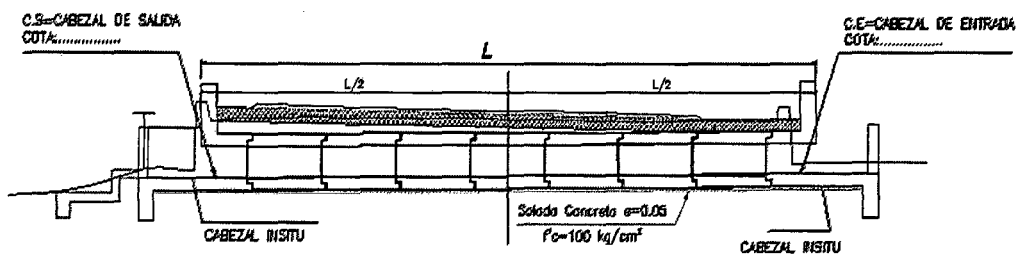


Figura 15. Puntos de control de asentamientos

- b. Control de desplazamientos.- tomar 4 lecturas de coordenadas norte y este con estación total en diferentes fechas en la entrada y salida de alcantarillas construidas para ser comparado con las coordenadas iniciales de los planos.

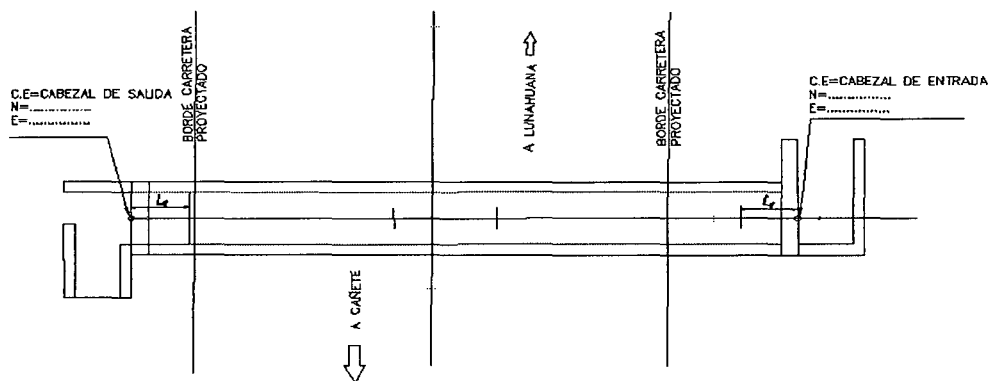


Figura 16. puntos de control de desplazamientos

c. Prueba de junta con carga.- se espera verificar el comportamiento de las juntas como resultado del proceso constructivo llevado a cabo. Esta prueba se basa en la inspección y control de deformaciones medidas en campo por efectos de la aplicación de cargas vehiculares, ejecutándose en la zona de juntas de las alcantarillas tipo 1, tipo 2 y tipo 5, y consiste en lo siguiente:

- Definir la condición de carga en función de la condición más desfavorable (zona de juntas)
- Definir los pesos y ubicación de las cargas vehiculares a ser utilizadas en las diferentes condiciones de carga de las pruebas. Se efectuó en base a las dimensiones y pesos (neto y bruto) de los vehículos disponibles proporcionados por el contratista.
- Verificación inicial en el campo con nivel de precisión los tres puntos de control vertical bajo el techo de la alcantarilla a lo largo de los tres ejes longitudinales de medición: eje central y dos laterales (zona de empalme módulos con cabezales).
- Definición de las mediciones efectuadas para la condición de carga de la prueba para lo cual se evaluó la ubicación de los puntos de medición, los parámetros y formas de medición.

- La ejecución de la prueba de junta consistirá en la aplicación de las cargas vehiculares y registro de las mediciones, donde se tomará mediciones previas a la aplicación de las cargas e inmediatamente después de aplicarse las cargas.
- Análisis y evaluación de los resultados de la prueba de junta

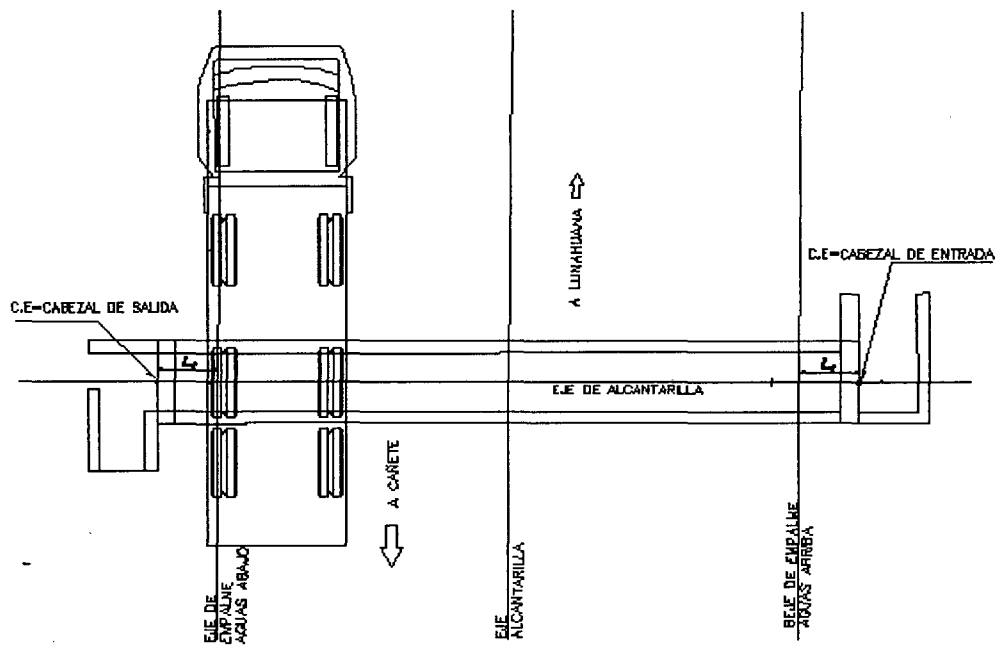


Figura 17. Ubicación del camión en planta para la prueba de junta con carga en borde lateral

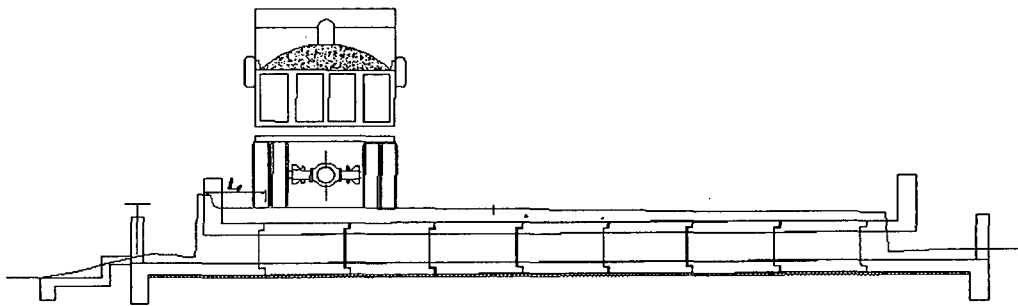


Figura 18. Vista en elevación del camión para la prueba de junta con carga en borde lateral

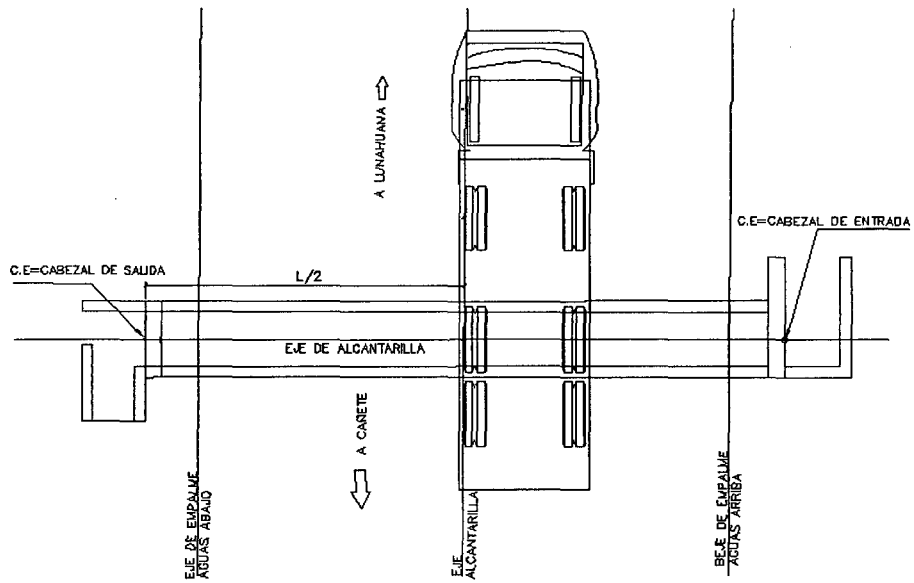


Figura 19. Ubicación del camión en planta para la prueba de junta con carga en el centro de alcantarilla

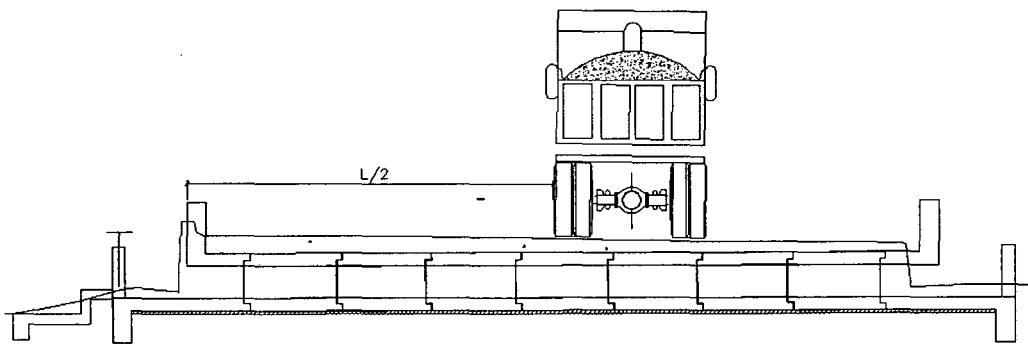


Figura.20. Vista en elevación del camión para la prueba de junta con carga en el centro de alcantarilla

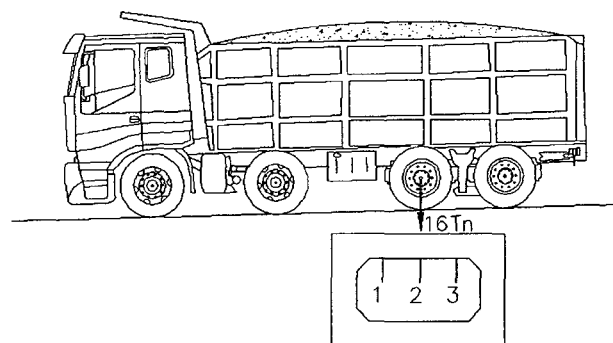


Figura 21. Vista transversal de alcantarilla con el camión para la prueba de junta con carga

- d. Verificación de juntas.- se realizará la inspección visual por el interior en todas las juntas de las 20 alcantarillas en diferentes fechas, con el objeto de ver si estas están uniformes o presentan huecos en el sello con mortero cemento arena 1:3.

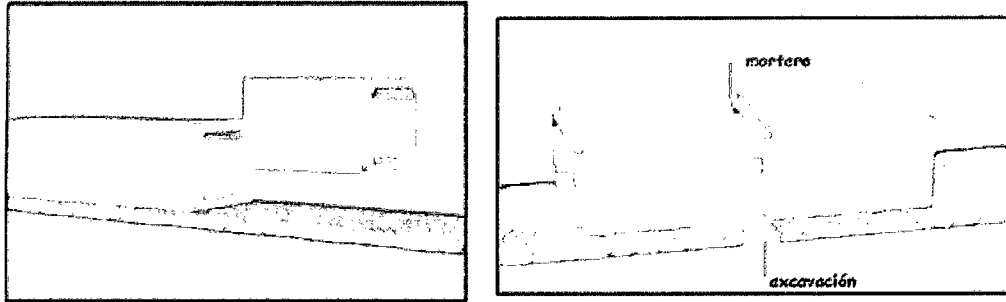


Figura 22. Instalación de cajones prefabricados de concreto armado

Fuente: Bonttai prefabricados de hormigón (2004)

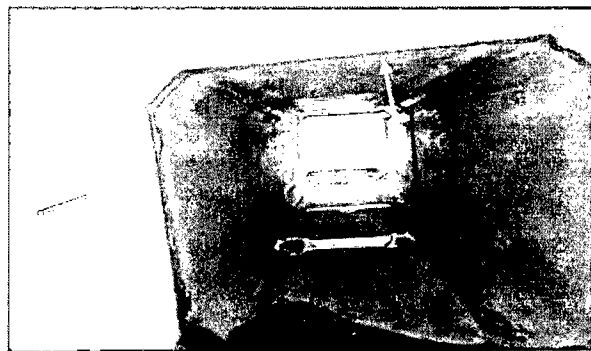


Figura 23. Verificación de las juntas selladas con mortero cemento arena 1:3

- e. Prueba de impermeabilidad de junta.- se realizara con la unión de dos módulos prefabricados de concreto llenando agua en su interior, y considerar 24 horas de impregnación para luego tomar los controles en altura del nivel de agua.

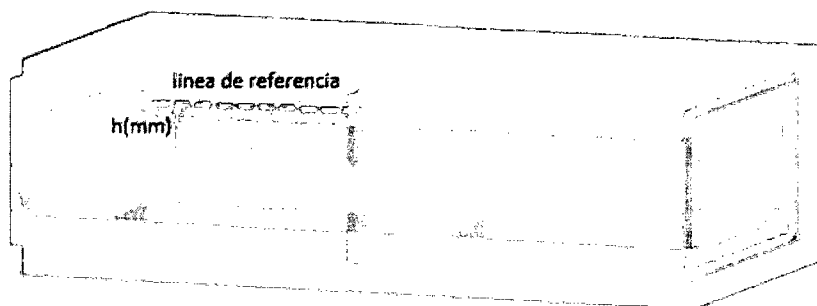


Figura 24. Unión de dos módulos prefabricados de concreto taponeados y llenado con agua para la prueba de impermeabilidad de junta

3.3.2 Trabajo de campo

Procedimiento para la toma de datos

En la determinación de asentamientos y desplazamientos el control se realizó en base a la poligonal de apoyo y BMS del replanteo de obra.

- A. Para la determinación de los asentamientos, se procedió a realizar el control de las cotas en la entrada y salida en 20 alcantarillas construidas por un periodo de 4 semanas, utilizando Nivel Automático marca Topcon modelo ATB4 con serie JY5058.
- B. Para determinación de los desplazamientos, se procedió a realizar el control de las coordenadas en la entrada y salida en 20 alcantarillas construidas por un periodo de 4 semanas, utilizando Estación Total marca Leica modelo TS06 PLUS con serie 1364376.
- C. Para la determinación de la pendiente y longitud adecuada, se procedió a sacar los datos de los planos de replanteo de obra la longitud y cotas iniciales para ser verificadas en campo, además se obtuvo del estudio de hidrología e hidráulica los datos de caudales para cada alcantarilla con el fin de determinar la velocidad mínima que no produzca sedimentación, la presencia de sedimentación se verificó en cada alcantarilla.
- D. Para la verificación de la funcionalidad óptima de junta se procedió a realizar lo siguiente:

Verificación del sello en cada junta de las 20 alcantarillas construidas, haciendo la inspección visual para verificar si el sello presenta huecos o es uniforme.

Prueba de junta con carga, utilizando el camión Actros 4144K/ 45 8x4 cargado con material de base con peso en los ejes posteriores de 16 Tn, esta prueba sólo se realizó en 3 alcantarillas; alcantarilla MCA -1,0 x 1.0 m, MCA -1.0 x 0.80 m y MCA -1.0 x 0.50 m; donde para la toma de datos se procedió a:

Cargar el camión Actros con un peso de 50 ton, hasta obtener un peso aproximado con una tolerancia del 5% controlado por el tesista.

Realizar una toma de lectura inicial bajo el techo de las alcantarillas en tres puntos de cada eje, antes de cargar las alcantarillas en el eje lateral zona de empalme de junta aguas abajo, en el eje central de alcantarilla y en el eje lateral zona de empalme de junta aguas arriba.

Trazar sobre la calzada longitudinal y transversal el eje del camión tal como se indica en el punto c), ítem 2), de la técnica e instrumentos de la recolección de datos para la prueba de junta con carga.

Proceder a colocar el camión en las posiciones descritas anteriormente.

Luego de colocar el camión se realizó una segunda lectura bajo el techo de las alcantarillas en los tres puntos de cada eje de las alcantarillas en el eje lateral zona de empalme de junta aguas abajo, en el eje central de alcantarilla y en el eje lateral zona de empalme de junta aguas arriba con el objeto de medir asentamientos y verificar fisuras en las juntas y zonas de empalme.

Prueba de impermeabilidad de junta, se procedió a llenar agua limpia en los módulos prefabricados unidos con la junta Pro- Stik y sello con mortero yeso cemento en proporción 1:3, durante 24 horas para luego tomar 2 lecturas, la primera de referencia y la segunda para determinar cuánto bajó el nivel del agua en mm en un periodo de 30 min para el área hidráulica de 0.35m² con tirante de 75% de la altura de la alcantarilla.

3.3.3 Fase final de gabinete

(A) Tratamiento de variables

1. Comportamiento de la alcantarilla.

Se determinó los resultados relacionados a la longitud, pendiente, desplazamiento y asentamientos de las 20 alcantarillas frente a las condiciones hidráulicas y cargas de servicio que se encuentra sometida la estructura.

Con el Camión de carga se verifico el asentamiento directo en los ejes de aplicación, así como también se inspeccionó la posible existencia de fisuras en las juntas y empalmes entre módulos con cabezales.

Con la velocidad de caudal se verificó las velocidades para evitar sedimentación y erosión, esta velocidad se obtuvo mediante la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} ; \quad Q = \frac{A_h}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Siendo:

A (h) = Área mojada, en m², función del tirante hidráulico h

P (h) = Perímetro mojado, en m, función del tirante hidráulico h

n = Un parámetro que depende de la rugosidad de la pared

V (h) = Velocidad media del agua en m/s, que es función del tirante hidráulico h

Q (h) = Caudal del agua en m³/s, en función del tirante hidráulico h

S = la pendiente de la línea de agua en m/m (Alonso, 2005)

2. Longitud de alcantarilla.

Se determinó distancia entre los extremos de los parapetos de la alcantarilla con respecto a su eje longitudinal que cruza de un lado a otro de la carretera.

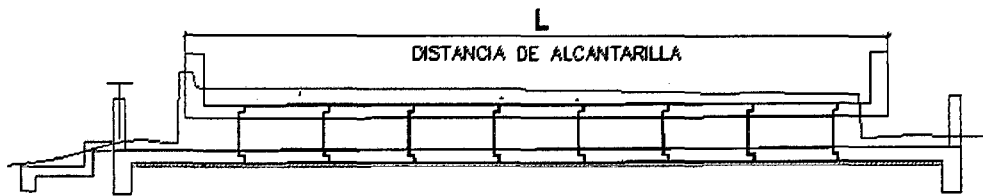


Figura 25. Longitud de alcantarilla

3. Pendiente de alcantarilla

Se determinó el porcentaje que señala la inclinación de la alcantarilla con respecto a su eje longitudinal, calculado en base a la variación de las cotas de entrada y salida entre su longitud, normalmente se da la misma pendiente que tenga el cauce natural o canal, se obtuvo con la siguiente expresión:

$$S = (\Delta h / L) \times 100$$

Donde:

S: Pendiente de la alcantarilla

Δh : variación de la cota de entrada y cota de salida.

L: Distancia entre los extremos de los parapetos de la alcantarilla con respecto a su eje longitudinal que cruza de un lado a otro del carretera (Morales, 2006)

4. Desplazamiento de módulos en la alcantarilla.

Se determinó el cambio de posición en tiempos bien definidos; y se obtuvo mediante el control de las coordenadas con la siguiente expresión:

$$\delta = \sqrt{([N_1 - N_2]^2 + [E_1 - E_2]^2)}$$

Donde:

δ : Desplazamiento

N_1, N_2 : Coordenadas Norte

E_2, E_1 : Coordenadas Este

5. Asentamiento de los módulos en la alcantarilla.

Se determinó la diferencia de niveles en tiempos bien definidos, y se obtuvo mediante el control de cotas con la siguiente expresión:

$$\Delta = \text{Cota inicial} - \text{Cota final}$$

Δ : asentamiento

Cotas: elevaciones verticales

(B) Análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva y procedimiento de cálculo según el tratamiento de las variables de acuerdo a los objetivos planteados.

(C) Presentación de resultados

Se realizó mediante gráficas (histogramas) y tablas para evaluar las pendientes, longitud de alcantarilla, asentamientos, desplazamientos y funcionalidad de las juntas

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de datos

Se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el control periódico, prueba de junta con carga y prueba de impermeabilidad de junta.

4.1.1. Control periódico

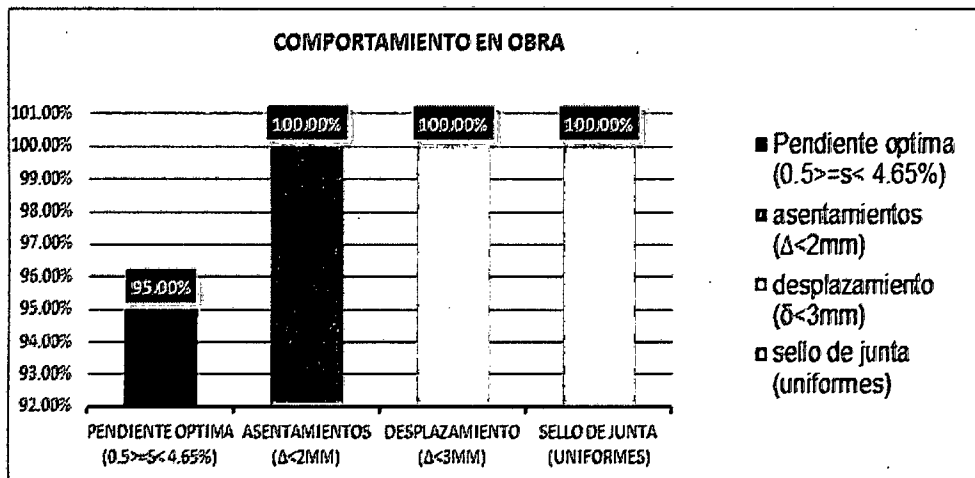


Figura 26. Parámetros de control vs porcentaje

En la figura 26 se muestra que:

- 95% de las alcantarillas analizadas tienen pendiente óptima.
- 100% de las alcantarillas analizadas presentan asentamientos menores a 2mm.
- 100% de las alcantarillas analizadas presentan desplazamientos menores a 3mm.
- 100% de las juntas observadas en las alcantarillas son uniformes

4.1.2. Prueba de junta con carga

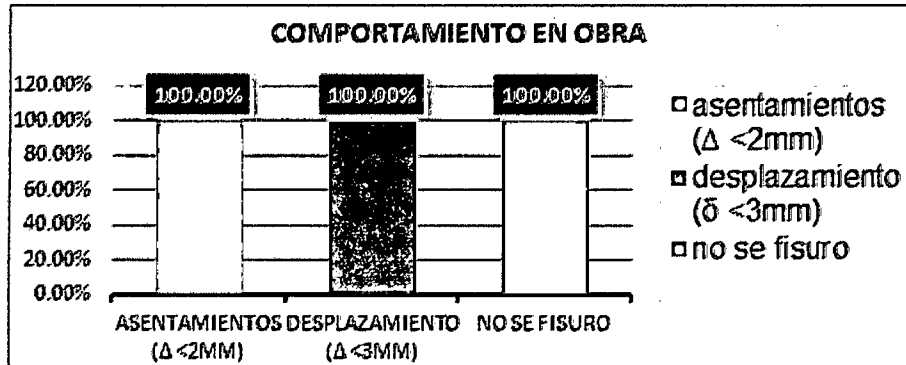


Figura 27. Parámetros de control vs porcentaje

En la figura 27 se muestra que:

- 100% de las alcantarillas analizadas presentan asentamientos menores a 2mm.
- 100% de las alcantarillas analizadas presentan desplazamientos menores a 3mm.
- 100% de las juntas observadas en las alcantarillas no se fisuraron.

4.1.3. Prueba de impermeabilidad de junta

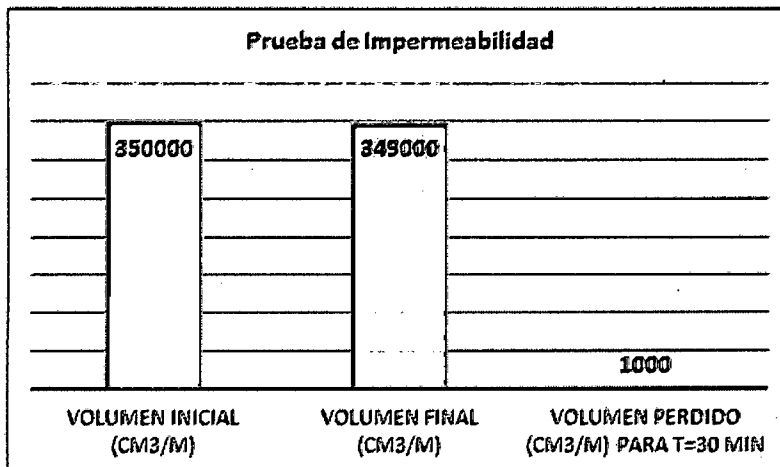


Figura 28. Volúmenes de control

En la figura 28, se muestra que en 30 minutos hay una filtración de agua de 1000 cm³/ml, por lo que para un minuto se tendrá 33 cm³/min/ml

4.2. Presentación de resultados

Del control periódico, prueba de junta con carga y prueba de impermeabilidad de junta se obtuvo los siguientes resultados.

4.2.1. Control periódico

A. resultado de las pendientes

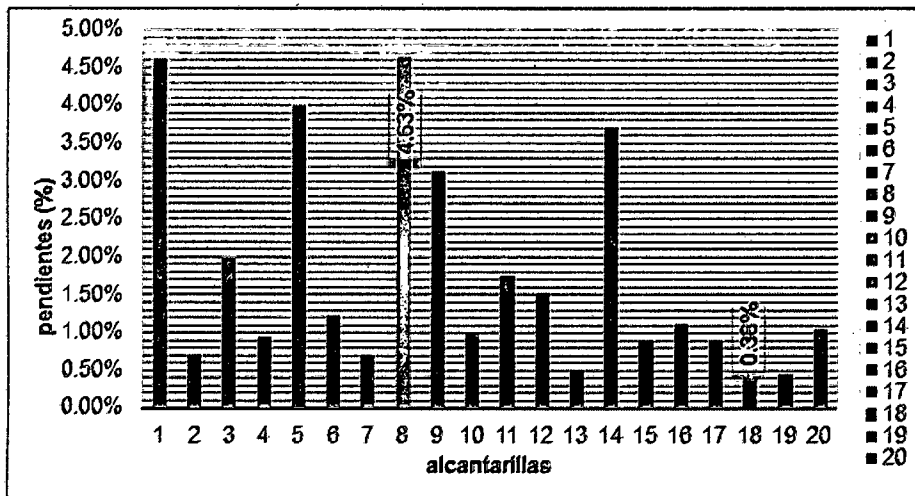


Figura 29. Alcantarillas vs pendiente

En la figura 29, muestra que la alcantarilla 8 tiene la pendiente mayor con 4.63% y la alcantarilla 18 tiene la pendiente menor con 0.38%.

B. resultado de asentamientos

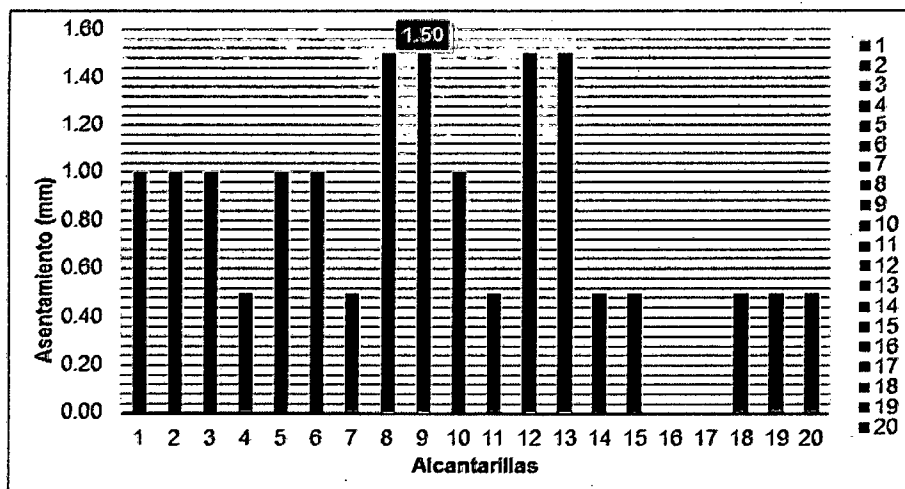


Figura 30. Alcantarilla vs Asentamiento

En la figura 30, muestra que la alcantarilla 8, 9, 12 y 13 tienen asentamiento mayor con 1.50mm y la alcantarilla 16 y 17 no tiene asentamientos.

C. resultado de desplazamientos

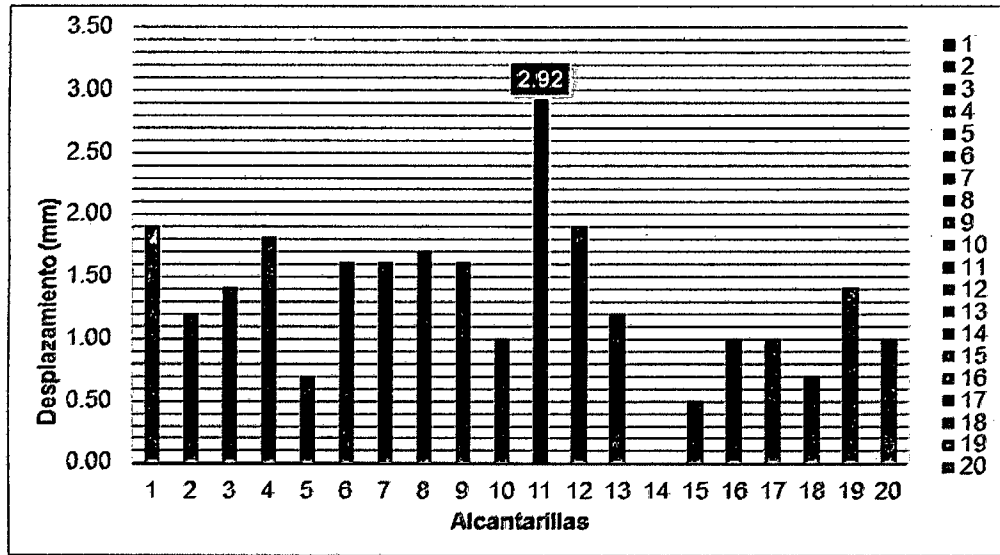


Figura 31. Alcantarilla vs Desplazamiento

En la figura 31, muestra que la alcantarilla 11 tiene desplazamiento mayor con 2.92 mm y la alcantarilla 14 no tiene desplazamiento.

D. resultado de sello de juntas

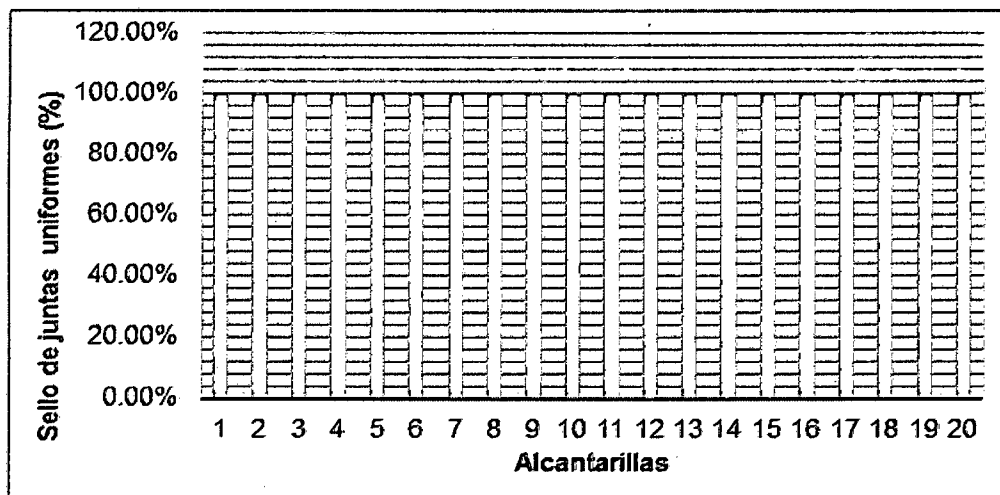


Figura 32. Alcantarilla vs sello de juntas Uniformes

En la figura 32, muestra que las 20 alcantarillas tienen el sello de juntas uniformes.

E resultado de velocidades

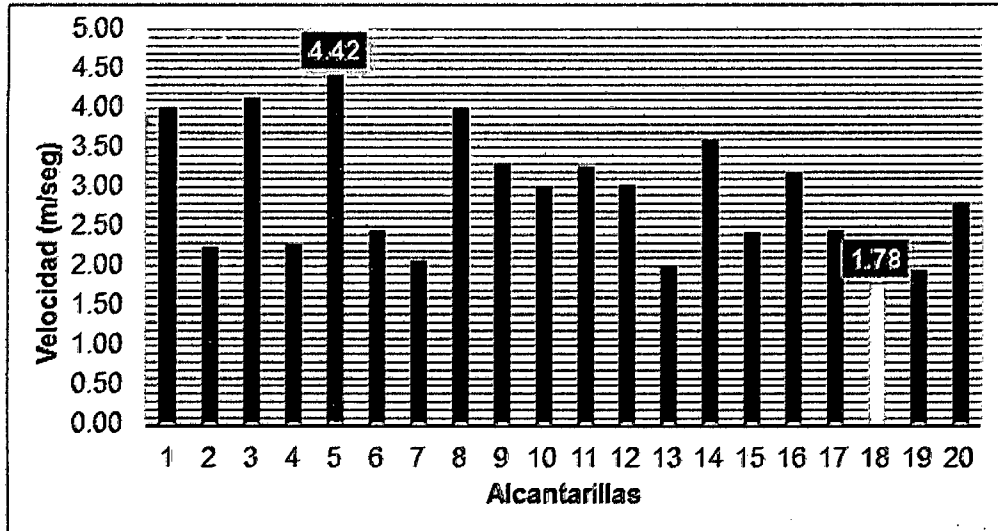


Figura 33. Alcantarilla vs velocidad

En la figura 33, muestra que la alcantarilla 5 tiene la máxima velocidad con 4.42 m/s y la alcantarilla 18 tiene la mínima velocidad con 1.78 m/s.

F. resultado de sedimentación

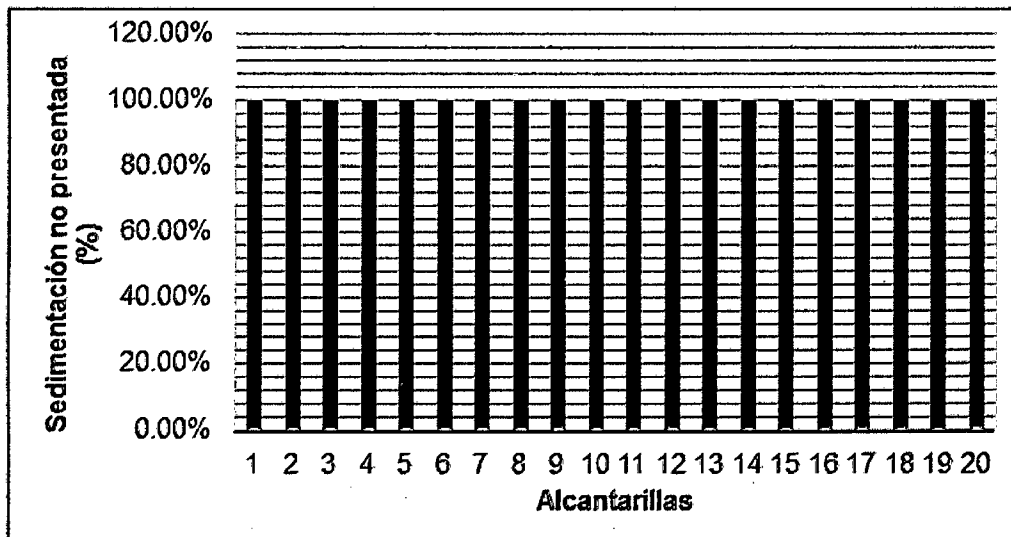


Figura 34. Alcantarilla vs Sedimentación no presentada

En la figura 34, muestra que las 20 alcantarillas no presentan sedimentación.

4.2.2. Prueba de junta con carga

Tabla 6. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 1.00m, Camión Ubicado al Borde lateral

Parámetros de control	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
Asentamiento (mm)	0,05	0,05	0,05
Desplazamiento (mm)	0	0	0
Fisuras	0	0	0

Tabla 7. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.80m, Camión Ubicado al Borde lateral

Parámetros de control	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
Asentamiento (mm)	0,05	0,05	0,05
Desplazamiento (mm)	0	0	0
Fisuras	0	0	0

Tabla 8. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.50m, Camión Ubicado al Borde lateral

Parámetros de control	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
Asentamiento (mm)	0,05	0,05	0,05
Desplazamiento (mm)	0	0	0
Fisuras	0	0	0

Tabla 9. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 1.00m, Camión Ubicado al centro de alcantarilla.

Parámetros de control	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
Asentamiento (mm)	0,2	0,1	0,05
Desplazamiento (mm)	0	0	0
Fisuras	0	0	0

Tabla 10. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.80m, Camión Ubicado al centro de alcantarilla.

Parámetros de control	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
Asentamiento (mm)	0,05	0,1	0,05
Desplazamiento (mm)	0	0	0
Fisuras	0	0	0

Tabla 11. Parámetros máximos de análisis para alcantarilla de sección 1.00m x 0.50m, Camión Ubicado al centro de alcantarilla.

Parámetros de control	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
Asentamiento (mm)	0,05	0,6	0,05
Desplazamiento (mm)	0	0	0
Fisuras	0	0	0

En la tabla 6, 7 y 8 muestra que; Cuando el camión cargado está ubicado en el borde lateral (zona de empalme cabezal módulo), las tres alcantarillas con sección variable tienen asentamientos de 0.05mm aguas arriba, aguas abajo y en el eje como máximo, y no presentan desplazamientos ni fisuras en juntas.

En la tabla 9, muestra que cuando el camión está ubicado en el centro de la alcantarilla con sección de 1,00 x 1,00 m, presenta asentamiento máximo aguas arriba de 0,2 mm, en el eje de 0,1mm y aguas abajo de 0,05mm, y no presenta desplazamientos ni fisuras en juntas.

En la tabla 10, muestra que cuando el camión está ubicado en el centro de la alcantarilla con sección de 1,00 x 0,80 m, presenta asentamiento máximo aguas arriba de 0,05 mm, en el eje de 0,1mm y aguas debajo de 0,05mm, y no presenta desplazamientos ni presencia de fisuras en juntas.

En la tabla 11, muestra que cuando el camión está ubicado en el centro de la alcantarilla con sección de 1,00 x 0,50 m presenta asentamiento máximo aguas arriba de 0,05 mm, en el eje de 0,6mm y aguas abajo de 0,05mm, además no presenta desplazamientos ni presencia de fisuras en juntas.

4.2.3. Prueba de impermeabilidad de junta

Tabla 12. Volumen de filtración en la junta

Volumen inicial (cm ³ /m)	350000,00
Volumen final (cm ³ /m)	349000,00
Volumen Perdido (cm ³ /m) para t=30 min	1000,00

La tabla 12, muestra que el volumen perdido para 30 minutos fue de 1000 cm³/ml.

4.3. Análisis de resultados

Se considera que las pendientes adecuadas, tienen longitudes adecuadas siempre y cuando aquellas satisfagan la velocidades comprendidas entre la velocidad mínima y velocidad máxima según el diámetro de los materiales solidos susceptibles a depositarse en la obra; para nuestro caso existen materiales con diámetros comprendidos entre 5 mm a 15 mm, correspondiéndoles como velocidad mínima 0,9 m/s y 4,50 m/s como velocidad máxima, y con relación a estos parámetros la pendiente mínima debe ser de 0,5%, por lo que en nuestros resultados mostrados en la figura 29 se tiene que 19 alcantarillas cumplen con tener pendientes mayores de 0,5%, las mismas que representan el 95% de las alcantarillas analizadas tal como se muestra en la figura 26.

Se considera que la junta funciona bien cuando el sello de los módulos frente a las cargas de servicio y condiciones hidráulicas es uniforme, no presenta fisuras y es impermeable, y en nuestro caso de los resultados mostrados en la figura 32, se determinó en el control periódico que el 100% de las 20 alcantarillas analizadas las juntas están uniformes, en la tablas del 6 al 11 de los resultados de la verificación en las tres alcantarillas de secciones 1,0 x 1,0 m ; 1,0 x 0,80 m y 1,0 x 0,50 m con la prueba de junta con carga no presentaron fisuras en las juntas, ni en los módulos, y en la tabla 12 de los resultados en la prueba de impermeabilidad de junta se obtuvo la filtración de 1000 cm³/ml en 30 min, si consideramos está perdida de agua en cm³/min/ml se obtendría como volumen perdido 33 cm³/min/ml.

Se considera que los marcos pueden estar sujetos a un asentamiento diferencial que será compensado por un movimiento relativo al nivel de las juntas, debería considerarse que un asentamiento de este tipo no tiene ningún efecto sobre las cargas de cálculo o análisis estructural, y en cuanto a los desplazamientos estos no influyen ya que se admite que las cargas aplicadas horizontales a la superficie son absorbidas por la losa de rodadura en forma segura u otra superficie sin efecto sobre el marco y en nuestro caso con los resultados mostrados del control periódico en la figura 30 se muestra que el máximo asentamiento es 1,50mm, y en la figura 31 muestra que el máximo desplazamiento es 2,92 mm, en las tablas del 6 al 8 de los resultados de la verificación en las tres alcantarillas de secciones 1,0 x 1,0 m ; 1,0 x 0,80 m y 1,0 x 0,50m con la prueba de junta con carga cuando el camión está ubicado al borde lateral los asentamientos máximos en los tres ejes de control fue de 0,05mm y desplazamientos cero, y en las tablas del 9 al 11 de los resultados de la verificación en las tres alcantarillas de secciones 1,0 x 1,0

m ; 1,0 x 0,80 m y 1,0 x 0,50 m con la prueba de junta con carga cuando el camión está ubicado al centro de la alcantarilla se obtuvo de los tres ejes de control el máximo asentamiento, en la alcantarilla de 1,0 x 0,50 m en el eje central, con 0,6 mm y desplazamientos cero para los tres casos.

De la figura 26 del análisis de datos en el control periódico se obtuvo lo siguiente:

95% de las 20 alcantarillas analizadas tienen pendiente óptima.

100% de las 20 alcantarillas analizadas presentan asentamientos menores a 2mm.

100% de las 20 alcantarillas analizadas presentan desplazamientos menores a 3mm.

100% de las juntas observadas en las 20 alcantarillas son uniformes

De la figura 27 del análisis de datos de la prueba con carga se obtuvo lo siguiente:

100% de las 3 alcantarillas analizadas presentan asentamientos menores a 2mm.

100% de las 3 alcantarillas analizadas presentan desplazamientos menores a 3mm.

100% de las juntas observadas en las 3 alcantarillas no se fisuraron.

De la figura 28 del análisis de datos en la prueba de impermeabilidad de junta se obtuvo 33 cm³/min/ml, cantidad que se encuentra dentro de los parámetros permisibles de las pruebas hidráulicas en saneamiento y drenaje pluvial.

4.4. Discusión de resultados

En relación con la pendiente mínima que no produce sedimentación según los resultados obtenidos es 0,38%, menor a lo indicado por Morales (2010) que considera 0,5% para el diseño de alcantarillas.

Con respecto a los asentamientos según los resultados obtenidos el máximo es 1,50mm donde consideramos que este asentamiento es muy pequeño y por la forma de su estimación correspondería a asentamientos diferenciales, por lo tanto coincidimos con lo indicado por López (2010) en las investigaciones de ANDECE, donde dicha asociación señala que los marcos pueden estar sujetos a asentamientos diferenciales compensado con un movimiento relativo al nivel de las juntas.

Con respecto a los desplazamientos según los resultados obtenidos el máximo es 2,92 mm donde consideramos que este desplazamiento es muy pequeño y por la forma de su estimación este resultado tiende hacerse cero, por lo tanto coincidimos con lo indicado por López (2010) en las investigaciones de ANDECE, donde dicha asociación señala que toda carga horizontal debida al tráfico superficial es absorbida de forma segura por la losa de rodadura sin efecto sobre el marco.

En relación con la funcionalidad de junta una de las pruebas fue la impermeabilidad donde se llenó con agua limpia hasta el 75% de la altura haciendo un área un área hidráulica de 0,35 m² y con esas características se obtuvo 33 cm³/min/ml como filtración de agua, con este resultado comparado con el área hidráulica de 0,30 m² de las especificaciones técnicas de instalaciones sanitarias que considera como perdida admisible para una tubería PVC de 600mm de diámetro 76 cm³/min/ml, se tiene una diferencia del 43% con respecto al estudio definitivo de arquitectura e ingeniería del patio taller sur.

En relación con el comportamiento de los módulos prefabricados de concreto armado, coincidimos Fernández, Tubocreto, donde tiene resultados de un comportamiento bueno resistiendo las cargas de tierra, tráfico y condiciones hidráulicas a las que se proyectaron.

En relación con el esfuerzo de compresión del concreto en la fabricación de los módulos prefabricados con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, no coincidimos con López, Tubocreto y cajones prefabricados, cuyas resistencias son de 275 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2 respectivamente.

En relación con el esfuerzo de fluencia del acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, no coincidimos con Tubocreto cuyo esfuerzo es 5500 kg/cm^2 .

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La pendiente y longitud adecuada es de 1,8% y 11,00 m respectivamente, en relación con la pendiente este es el valor promedio de todas las pendientes, ya que estas no presentaron sedimentación ver figura 34, y la longitud es con base al ancho de calzada de 10.80 m y de acuerdo al diseño los empalmes de los módulos prefabricados y los cabezales vaciados in situ son de 1,0 m, por lo que si utilizamos 6 módulos de 1,50 m tendríamos una longitud de 9,0 m y más los empalmes sumaría los 11m.

La buena funcionabilidad en las juntas de las alcantarillas con unión machihembrada selladas con Pro Stik y mortero 1:3 cemento -arena, no se observó filtración, fisuras ni huecos frente a las condiciones de servicio e hidráulicas.

El control de desplazamientos y asentamientos de módulos de las alcantarillas en obra, se obtuvo valores muy pequeños con tendencia a cero, considerándose nulos.

5.2. Recomendaciones

- 1) realizar un estudio de comparación económica, al proceso constructivo de alcantarillas para carreteras con módulos prefabricados de concreto en relación con las construidas in situ, considerando los factores; medio ambiental, calidad, seguridad y tiempo.
- 2) realizar un estudio de análisis al comportamiento estructural de la alcantarilla con módulos prefabricados de concreto armado y el comportamiento de la carpeta asfáltica, cuando el relleno sobre la clave del marco es menor a 200 mm según la rasante, porque según las recomendaciones de ANDECE ver anexo 4 estas deben tener un recubrimiento mínimo de 200mm.
- 3) evaluar el sello de juntas con mortero bastardo yeso-cemento

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alonso Facundo, J. 2005. Diseño Hidraulico de Alcantarillas. 117p.
- Association, A. C. 2010. Manual de Instalación de Cajas de Concreto Reforzado. Estados Unidos. 24p
- Bortubo, S. 2011. Elementos Prefabricados. Bortubo. 172p.
- Fernández Alargada, M. 2009. Proyecto de Colectores Pluviales de la Ronda sudoeste de Vila Real. España. 273p.
- Hermanos Rafael, Luis y Antonio Grau Pulgagut. 2003. Prefabricados Grau. Instalaciones Sanitarias y Obras de Arte en Conducción de Agua. 120 P.
- Hernández, EG. 2004. Prefabricados de Concreto en la Industria de la Construcción. México. 105p.
- Hormigón, B. P. 2004. Manual de Instalación Cajones Prefabricados. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/227933264/Manual-Cajones>.
- López Vidal, A. 2010. Guía específica de marcado CE para productos prefabricados de hormigón "Marcos". ANDECE. España. 75p
- Lundy, J. 2012. Los Prefabricados Sinónimo de Economía y Rapidez: Noticreto. 5p.
- Morales Sosa, HA. 2010. Ingeniería Vial I, 283p.
- Rodríguez, D. M. 2002. Modernos Sistemas Constructivos Prefabricados: I Congreso de Estructuras y Construcción. Lima. 6p.
- S.A., C. 2011. Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete- Lunahuaná. . Lima.
- Tubocreto, SA. 2009. Cajones prefabricados de concreto reforzado. México. 28p.

ANEXOS

ANEXO A

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Formato 1; para determinar las pendientes y longitud

ALC. (N°)	UBICACIÓN (Km)	SECCIÓN (A x H) (m)	LONGITUD (m)	COTAS		PENDIENTE (%)
				ENTRADA	SALIDA	
				msn	msn	

Formato 2; para el control periódico de asentamientos

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Asentamiento promedio (mm)	LECTURAS						
			PUNTOS	INICIAL	1ra	2da	3ra	4ta	
			C.E						
			C.S						
			Asentamiento (CE, CS)						
			Fecha						

CE: CABEZAL DE ENTRADA

CS: CABEZAL DE SALIDA

Formato 3; para el control periódico de desplazamientos

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS															
		C.E	C.S		PUNTOS	INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta						
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE					
					C.E															
					C.S															
					Desplazamientos	C.E														
						C.S														
					Fecha															

CE: CABEZAL DE ENTRADA ; CS: CABEZAL DE SALIDA

Formato 4; para la verificación periódica de las juntas y sedimentación

ALC. (N°)	UBICACIÓN (Km)	SECCION (A x H) (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	JUNTAS		SEDIMENTACIÓN	OBSERVACION	
					UNIFORMES	HUECOS		JUNTAS	SEDIMENTACIÓN

Formato 5; para determinar asentamientos con la Prueba de junta con carga

PRUEBA DE JUNTA CON CARGA

ALCANTARILLA _____

UBICACIÓN: _____

CONCRETO Kg/Cm2 _____

PROFUNDIDAD MAXIMA DE RELLENO

hr(m) _____

CONDICIÓN DE CARGA VIVA _____

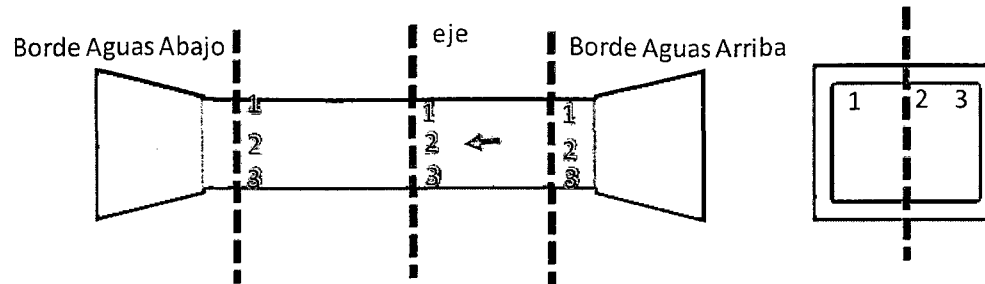
FECHA _____

Camión al borde lateral

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1										
2										
3										

Camión Ubicado en el centro de alcantarilla

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1										
2										
3										



Formato 6; para determinar desplazamientos con la Prueba de junta con carga

Alcantarilla (ubicación Km)	SECCION (A x H) (m)	Lectura de coordenadas de control				Desplazamiento (mm)
		coordenada inicial sin carga		coordenada Final con carga		
		Norte	este	Norte	este	

Formato 7; para determinar la impermeabilidad en la junta

ALCANTARILLA _____ TIPO DE JUNTA _____
 UBICACIÓN: _____ MATERIAL DE _____
 DESCRIPCION _____ SELLO: _____

fecha	Lectura Inicial (mm) t=0mim	Lectura Final (mm) t=30min	Perdida de agua (mm)	observación

ANEXO B

RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

DESCRIPCIÓN: la recolección de datos se realizó en tres etapas

Etapa 1. Recolección de datos con el control periódico en las 20 alcantarillas.

Se realizó en un periodo de 4 semanas, comprendido desde el 7 de septiembre hasta el 3 de octubre del 2014, donde se obtuvo la información para determinar la pendiente, asentamiento, desplazamiento, verificación del sello de juntas y sedimentación, cabe mencionar que estas alcantarillas tienen caudales mayores que 0.5 m³/seg, caudales que fueron obtenidos del estudio de hidrología e hidráulica del expediente técnico aprobado para los fines de evaluación; para el procesamiento de los datos se empleó el diseño metodológico del capítulo III fase final de gabinete, entre los datos tenemos:

Tabla 13. Determinación de las pendientes y longitud

ALC. (N°)	UBICACIÓN (Km)	SECCIÓN (A x H) (m)	LONGITUD (m)	COTAS		PENDIENTE (%)
				ENTRADA	SALIDA	
				msn	msn	
1	25+863.91	1.00x0.80	11.26	287.675	287.155	4.62%
2	25+980.00	1.00x0.50	12.83	288.591	288.500	0.71%
3	26+050.59	1.00x0.80	10.90	289.295	289.081	1.96%
4	26+196.50	1.00x0.80	10.81	290.633	290.531	0.94%
5	26+560.00	1.00x0.80	10.20	294.488	294.080	4.00%
6	26+637.40	1.00x0.80	10.54	295.000	294.870	1.23%
7	27+140.00	1.00x1.00	13.95	302.610	302.511	0.71%
8	27+951.63	1.00x0.80	11.01	318.726	318.216	4.63%
9	27+978.93	1.00x0.80	11.56	320.496	320.134	3.13%
10	28+184.03	1.00x0.80	11.95	331.921	331.802	1.00%
11	29+209.82	1.00x1.00	12.27	349.195	348.979	1.76%
12	29+452.80	1.00x1.00	9.7	350.520	350.372	1.53%
13	30+281.35	1.00x0.50	11.15	362.477	362.421	0.50%
14	30+476.85	1.00x1.00	10.24	358.189	357.810	3.70%
15	30+559.05	1.00x0.80	13.18	358.448	358.330	0.90%
16	30+824.51	1.00x1.00	16.19	354.446	354.265	1.12%
17	31+018.53	1.00x0.50	9.01	356.675	356.593	0.91%
18	31+120.10	1.00x0.50	7.09	358.601	358.574	0.38%
19	31+227.61	1.00x0.80	9.95	359.841	359.796	0.45%
20	31+295.20	1.00x0.80	8.49	360.769	360.680	1.05%

Tabla 14. Determinación de los Asentamientos

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Asentamiento promedio (mm)	LECTURAS									
			PUNTOS	INICIAL	1ra		2da		3ra		4ta	
1	25+863.91	1.0	C.E	287.675	287.675		287.675		287.674		287.674	
			C.S	287.155	287.154		287.154		287.154		287.154	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			Fecha		07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014	
2	25+980.00	1.0	C.E	288.591	288.591		288.591		288.590		288.590	
			C.S	288.500	288.499		288.499		288.499		288.499	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			Fecha		07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014	
3	26+050.59	1.0	C.E	289.295	289.294		289.294		289.294		289.294	
			C.S	289.081	289.080		289.080		289.080		289.080	
			Asentamiento (CE, CS)		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			Fecha		07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014	
4	26+196.50	0.5	C.E	290.633	290.632		290.632		290.632		290.632	
			C.S	290.531	290.531		290.531		290.531		290.531	
			Asentamiento (CE, CS)		0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
			Fecha		07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014	

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Asentamiento promedio (mm)	LECTURAS									
			PUNTOS	INICIAL	1ra		2da		3ra		4ta	
5	26+560.00	1.0	C.E	294.488	294.488		294.487		294.487		294.487	
			C.S	294.08	294.08		294.08		294.079		294.079	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
			Fecha		08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014	
6	26+637.40	1.0	C.E	295.000	295.000		295.000		294.999		294.999	
			C.S	294.870	294.869		294.869		294.869		294.869	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			Fecha		08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014	
7	27+140.00	0.5	C.E	302.61	302.610		302.610		302.610		302.610	
			C.S	302.51	302.510		302.510		302.510		302.510	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
			Fecha		08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014	
8	27+951.63	1.5	C.E	318.726	318.725		318.725		318.725		318.725	
			C.S	318.216	318.214		318.214		318.214		318.214	
			Asentamiento (CE, CS)		0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002
			Fecha		08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014	
9	27+978.93	1.5	C.E	320.496	320.494		320.494		320.494		320.494	

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Asentamiento promedio (mm)	LECTURAS									
			PUNTOS	INICIAL	1ra		2da		3ra		4ta	
			C.S	320.134	320.133		320.133		320.133		320.133	
			Asentamiento (CE, CS)		0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001
			Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014	
10	28+184.03	1.0	C.E	331.921	331.920		331.920		331.920		331.920	
			C.S	331.802	331.801		331.801		331.801		331.801	
			Asentamiento (CE, CS)		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014	
11	29+209.82	0.5	C.E	349.195	349.194		349.194		349.194		349.194	
			C.S	348.979	348.979		348.979		348.979		348.979	
			Asentamiento (CE, CS)		0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
			Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014	
12	29+452.80	1.5	C.E	350.520	350.519		350.518		350.518		350.518	
			C.S	350.372	350.371		350.371		350.371		350.371	
			Asentamiento (CE, CS)		0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001
			Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014	
13	30+281.35	1.5	C.E	362.477	362.475		362.475		362.475		362.475	
			C.S	362.421	362.420		362.420		362.420		362.420	

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Asentamiento promedio (mm)	LECTURAS									
			PUNTOS	INICIAL	1ra		2da		3ra		4ta	
			Asentamiento (CE, CS)		0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001
Fecha		10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014				
14	30+476.85	0.5	C.E	358.189	358.189		358.188		358.188		358.188	
			C.S	357.810	357.810		357.810		357.810		357.810	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
			Fecha		10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014	
15	30+559.05	0.5	C.E	358.448	358.448		358.448		358.448		358.448	
			C.S	358.330	358.330		358.330		358.329		358.329	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
			Fecha		10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014	
16	30+824.51	0.0	C.E	354.446	354.446		354.446		354.446		354.446	
			C.S	354.265	354.265		354.266		354.265		354.265	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
			Fecha		10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014	
17	31+018.53	0.0	C.E	356.675	356.675		356.675		356.675		356.675	
			C.S	356.593	356.593		356.593		356.593		356.593	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Asentamiento promedio (mm)	LECTURAS									
			PUNTOS	INICIAL	1ra		2da		3ra		4ta	
			Fecha		11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014	
18	31+120.10	0.5	C.E	358.601	358.601		358.601		358.600		358.600	
			C.S	358.574	358.574		358.574		358.574		358.574	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0
			Fecha		11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014	
19	31+227.61	0.5	C.E	359.841	359.841		359.841		359.840		359.840	
			C.S	359.796	359.796		359.796		359.796		359.796	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
			Fecha		11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014	
20	31+295.20	0.5	C.E	360.769	360.769		360.769		360.769		360.769	
			C.S	360.680	360.680		360.68		360.679		360.679	
			Asentamiento (CE, CS)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
			Fecha		11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014	

Tabla 15. Determinación de los Desplazamientos

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS											
		C.E	C.S		PUNTOS	INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta		
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
1	25+863.91	2.83	1.00	1.91	C.E	8558632.342	368834.411	8558632.340	368834.413	8558632.340	368834.413	8558632.340	368834.413	8558632.340	368834.413	
					C.S	8558621.342	368836.833	8558621.341	368836.833	8558621.341	368836.833	8558621.341	368836.833	8558621.341	368836.833	
					Desplazamientos	C.E	0.002	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.002
						C.S	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
					Fecha	07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014				
2	25+980.00	1.00	1.41	1.21	C.E	8558638.121	368949.572	8558638.121	368949.573	8558638.121	368949.573	8558638.121	368949.573	8558638.121	368949.573	
					C.S	8558625.665	368952.664	8558625.664	368952.665	8558625.664	368952.665	8558625.664	368952.665	8558625.664	368952.665	
					Desplazamientos	C.E	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001
						C.S	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001
					Fecha	07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014				
3	26+050.59	1.41	1.41	1.41	C.E	8558669.966	369009.577	8558669.965	369009.576	8558669.965	369009.576	8558669.965	369009.576	8558669.965	369009.576	
					C.S	8558661.176	369016.023	8558661.177	369016.022	8558661.177	369016.022	8558661.177	369016.022	8558661.177	369016.022	
					Desplazamientos	C.E	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
						C.S	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001
					Fecha	07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014				

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS											
		C.E	C.S		PUN TOS	INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta		
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
4	26+196.50	2.24	1.41	1.83	C.E	8558736.583	369140.254	8558736.582	369140.256	8558736.582	369140.256	8558736.582	369140.256	8558736.582	369140.256	
					C.S	8558726.992	369145.231	8558726.991	369145.232	8558726.991	369145.232	8558726.991	369145.232	8558726.991	369145.232	
					Desplazamientos	C.E	0.001	-0.002	0.001	-0.002	0.001	-0.002	0.001	-0.002	0.001	-0.002
						C.S	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001
					Fecha	07/09/2014		15/09/2014		22/09/2014		29/09/2014				
5	26+560.00	1.41	0.00	0.71	C.E	8558911.169	369457.944	8558911.169	369457.944	8558911.168	369457.943	8558911.168	369457.943	8558911.168	369457.943	
					C.S	8558901.152	369459.865	8558901.152	369459.865	8558901.152	369459.865	8558901.152	369459.865	8558901.152	369459.865	
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
						C.S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Fecha	08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014				
6	26+637.40	1.00	2.24	1.62	C.E	8558917.932	369535.591	8558917.932	369535.592	8558917.932	369535.592	8558917.932	369535.592	8558917.932	369535.592	
					C.S	8558928.237	369533.382	8558928.238	369533.384	8558928.238	369533.384	8558928.238	369533.384	8558928.238	369533.384	
					Desplazamientos	C.E	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001
						C.S	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002
					Fecha	08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014				
7	27+140.00	1.00	2.24	1.62	C.E	8559244.424	369902.852	8559244.424	369902.853	8559244.424	369902.853	8559244.424	369902.853	8559244.424	369902.853	

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS											
		C.E	C.S		PUN TOS	INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta		
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
					C.S	8559249.453	369889.837	8559249.451	369889.836	8559249.451	369889.836	8559249.451	369889.836	8559249.451	369889.836	
					Desplazamientos	C.E	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001		
						C.S	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001		
					Fecha		08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014			
8	27+951.63	2.00	1.41	1.71	C.E	8559245.854	370627.507	8559245.854	370627.509	8559245.854	370627.509	8559245.854	370627.509	8559245.854	370627.509	
					C.S	8559255.399	370622.029	8559255.398	370622.030	8559255.398	370622.030	8559255.398	370622.030	8559255.398	370622.030	
					Desplazamientos	C.E	0.000	-0.002	0.000	-0.002	0.000	-0.002	0.000	-0.002	0.000	-0.002
						C.S	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001
					Fecha		08/09/2014		16/09/2014		23/09/2014		30/09/2014			
9	27+978.93	1.00	2.24	1.62	C.E	8559247.594	370652.337	8559247.595	370652.337	8559247.595	370652.337	8559247.595	370652.337	8559247.595	370652.337	
					C.S	8559259.155	370652.255	8559259.157	370652.256	8559259.157	370652.256	8559259.157	370652.256	8559259.157	370652.256	
					Desplazamientos	C.E	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000
						C.S	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001
					Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014			
10	28+184.03	1.00	1.00	1.00	C.E	8559413.330	370767.877	8559413.330	370767.877	8559413.330	370767.877	8559413.330	370767.876	8559413.330	370767.876	
					C.S	8559416.584	370756.378	8559416.584	370756.378	8559416.584	370756.378	8559416.583	370756.378	8559416.583	370756.378	

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS										
		C.E	C.S		PUN TOS	INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta	
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
						Desplazamientos		C.E	ESTE	C.S	ESTE	C.E	ESTE	C.S	ESTE
Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014							
11	29+209.82	2.24	3.61	2.92	C.E	8559770.357	371606.798	8559770.359	371606.799	8559770.359	371606.799	8559770.359	371606.799	8559770.359	371606.799
					C.S	8559777.652	371596.931	8559777.655	371596.933	8559777.655	371596.933	8559777.655	371596.933	8559777.655	371596.933
					Desplazamientos		C.E	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001
					C.S	-0.003	-0.002	-0.003	-0.002	-0.003	-0.002	-0.003	-0.002		
Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014							
12	29+452.80	1.00	2.83	1.91	C.E	8559852.692	371817.930	8559852.691	371817.930	8559852.691	371817.930	8559852.691	371817.930	8559852.691	371817.930
					C.S	8559862.389	371817.887	8559862.391	371817.885	8559862.391	371817.885	8559862.391	371817.885	8559862.391	371817.885
					Desplazamientos		C.E	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
					C.S	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.002	0.002
Fecha		09/09/2014		17/09/2014		24/09/2014		01/10/2014							
13	30+281.35	1.41	1.00	1.21	C.E	8560205.319	372538.808	8560205.319	372538.808	8560205.319	372538.808	8560205.318	372538.807	8560205.318	372538.807
					C.S	8560215.300	372533.838	8560215.300	372533.838	8560215.301	372533.838	8560215.301	372533.838	8560215.301	372533.838
					Desplazamientos		C.E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS											
		C.E	C.S		INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta			
					NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE		
							C.S	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	
						Fecha	10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014			
14	30+476.85	0.00	0.00	0.00	C.E	8560310.836	372703.854	8560310.836	372703.854	8560310.836	372703.854	8560310.836	372703.854	8560310.836	372703.854	
					C.S	8560314.586	372694.330	8560314.586	372694.330	8560314.586	372694.330	8560314.586	372694.330	8560314.586	372694.330	
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
						C.S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
						Fecha	10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014			
15	30+559.05	0.00	1.00	0.50	C.E	8560393.108	372713.029	8560393.108	372713.029	8560393.108	372713.029	8560393.108	372713.029	8560393.108	372713.029	
					C.S	8560395.202	372700.017	8560395.201	372700.017	8560395.201	372700.017	8560395.201	372700.017	8560395.201	372700.017	
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
						C.S	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
						Fecha	10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014			
16	30+824.51	1.00	1.00	1.00	C.E	8560537.033	372923.733	8560537.033	372923.733	8560537.033	372923.732	8560537.033	372923.732	8560537.033	372923.732	
					C.S	8560547.696	372911.553	8560547.696	372911.553	8560547.697	372911.553	8560547.697	372911.553	8560547.697	372911.553	
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
						C.S	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS										
		C.E	C.S		PUN TOS	INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta	
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
		Fecha			10/09/2014		18/09/2014		25/09/2014		02/10/2014				
17	31+018.53	1.00	1.00	1.00	C.E	8560653.722	373077.145	8560653.722	373077.145	8560653.722	373077.145	8560653.722	373077.145	8560653.721	373077.145
					C.S	8560660.340	373071.035	8560660.340	373071.035	8560660.340	373071.035	8560660.340	373071.035	8560660.340	373071.036
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	
						C.S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	
Fecha		11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014							
18	31+120.10	0.00	1.41	0.71	C.E	8560722.499	373151.706	8560722.499	373151.706	8560722.499	373151.706	8560722.499	373151.707	8560722.499	373151.706
					C.S	8560727.862	373147.066	8560727.862	373147.066	8560727.862	373147.067	8560727.862	373147.067	8560727.861	373147.067
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	
						C.S	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.001	-0.001	
Fecha		11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014							
19	31+227.61	1.41	1.41	1.41	C.E	8560784.887	373236.030	8560784.887	373236.030	8560784.887	373236.031	8560784.887	373236.031	8560784.886	373236.031
					C.S	8560794.066	373232.199	8560794.066	373232.199	8560794.066	373232.200	8560794.066	373232.200	8560794.067	373232.200
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.001	-0.001	
						C.S	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	
Fecha		11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014							

ALC. (N°)	UBICACIÓN (KM)	Desplazamiento total (mm)		Desplazamiento Promedio (mm)	COORDENADAS											
		C.E	C.S		PUNTOS	INICIAL		1ra		2da		3ra		4ta		
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
20	31+295.20	1.00	1.00	1.00	C.E	8560804.489	373299.994	8560804.489	373299.994	8560804.488	373299.994	8560804.488	373299.994	8560804.488	373299.994	
					C.S	8560812.665	373297.691	8560812.665	373297.691	8560812.665	373297.691	8560812.665	373297.691	8560812.666	373297.691	
					Desplazamientos	C.E	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
						C.S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000
					Fecha	11/09/2014		19/09/2014		26/09/2014		03/10/2014				

Tabla 16. Verificación periódica de las juntas y sedimentación

UBICACIÓN (Km)	SECCIÓN (A x H) (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	JUNTAS		SEDIMENTACIÓN	OBSERVACIÓN	
				UNIFORMES	HUECOS		JUNTAS	SEDIMENTACIÓN
25+863.91	1.00x0.80	11.26	4.618%	x	-	-	no presenta	no presenta
25+980.00	1.00x0.50	12.83	0.709%	x	-	-	no presenta	no presenta
26+050.59	1.00x0.80	10.90	1.963%	x	-	-	no presenta	no presenta
26+196.50	1.00x0.80	10.81	0.944%	x	-	-	no presenta	no presenta
26+560.00	1.00x0.80	10.20	4.000%	x	-	-	no presenta	no presenta
26+637.40	1.00x0.80	10.54	1.233%	x	-	-	no presenta	no presenta

UBICACIÓN (Km)	SECCIÓN (A x H) (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	JUNTAS		SEDIMENTACIÓN	OBSERVACIÓN	
				UNIFORMES	HUECOS		JUNTAS	SEDIMENTACIÓN
27+140.00	1.00x1.00	13.95	0.710%	x	-	-	no presenta	no presenta
27+951.63	1.00x0.80	11.01	4.632%	x	-	-	no presenta	no presenta
27+978.93	1.00x0.80	11.56	3.131%	x	-	-	no presenta	no presenta
28+184.03	1.00x0.80	11.95	0.996%	x	-	-	no presenta	no presenta
29+209.82	1.00x1.00	12.27	1.760%	x	-	-	no presenta	no presenta
29+452.80	1.00x1.00	9.70	1.526%	x	-	-	no presenta	no presenta
30+281.35	1.00x0.50	11.15	0.502%	x	-	-	no presenta	no presenta
30+476.85	1.00x1.00	10.24	3.701%	x	-	-	no presenta	no presenta
30+559.05	1.00x0.80	13.18	0.895%	x	-	-	no presenta	no presenta
30+824.51	1.00x1.00	16.19	1.118%	x	-	-	no presenta	no presenta
31+018.53	1.00x0.50	9.01	0.910%	x	-	-	no presenta	no presenta
31+120.10	1.00x0.50	7.09	0.381%	x	-	-	no presenta	no presenta
31+227.61	1.00x0.80	9.95	0.452%	x	-	-	no presenta	no presenta
31+295.20	1.00x0.80	8.49	1.048%	x	-	-	no presenta	no presenta

Tabla 17. Caudales y obtención de velocidad

ALC. (N°)	UBICACIÓN (km)	GEOMETRIA			PENDIENTE (%)	CAUDAL EXISTENTE (m3/seg)	SECCIÓN HIDRÁULICA RECTANGULAR				Velocidad (m/s)
		B (m)	H (m)	LONG. (m)			y calculado (m)	Ah (m2)	Pm (m)	Rh (m)	
1	25+863.91	1.00	0.80	11.26	4.62%	0.54	0.13	0.1346	1.2692	0.106051	4.01
2	25+980.00	1.00	0.50	12.83	0.71%	0.63	0.28	0.282	1.564	0.180307	2.24
3	26+050.59	1.00	0.80	10.90	1.96%	1.55	0.37	0.36664	1.733275	0.211529	4.15
4	26+196.50	1.00	0.80	10.81	0.94%	0.5	0.21	0.21269	1.425387	0.149218	2.28
5	26+560.00	1.00	0.80	10.20	4.00%	0.86	0.19	0.18811	1.376221	0.136686	4.42
6	26+637.40	1.00	0.80	10.54	1.23%	0.5	0.19	0.18811	1.376221	0.136686	2.46
7	27+140.00	1.00	1.00	13.95	0.71%	0.5	0.24	0.23642	1.47285	0.160522	2.07
8	27+951.63	1.00	0.80	11.01	4.63%	0.62	0.13	0.1346	1.2692	0.106051	4.02
9	27+978.93	1.00	0.80	11.56	3.13%	0.5	0.13	0.1346	1.2692	0.106051	3.30
10	28+184.03	1.00	0.80	11.95	1.00%	1.17	0.39	0.38608	1.772163	0.217859	3.01
11	29+209.82	1.00	1.00	12.27	1.76%	0.73	0.24	0.23642	1.47285	0.160522	3.27
12	29+452.80	1.00	1.00	9.70	1.53%	0.75	0.24	0.23642	1.47285	0.160522	3.04
13	30+281.35	1.00	0.50	11.15	0.50%	0.63	0.32	0.32493	1.649869	0.196946	2.00
14	30+476.85	1.00	1.00	10.24	3.70%	0.54	0.13	0.1346	1.2692	0.106051	3.59
15	30+559.05	1.00	0.80	13.18	0.90%	0.64	0.26	0.25954	1.519086	0.170855	2.43
16	30+824.51	1.00	1.00	16.19	1.12%	1.26	0.39	0.38608	1.772163	0.217859	3.19
17	31+018.53	1.00	0.50	9.01	0.91%	0.63	0.26	0.25954	1.519086	0.170855	2.45
18	31+120.10	1.00	0.50	7.09	0.38%	0.63	0.35	0.34571	1.69141	0.204389	1.78
19	31+227.61	1.00	0.80	9.95	0.45%	0.69	0.35	0.34571	1.69141	0.204389	1.94
20	31+295.20	1.00	0.80	8.49	1.05%	0.86	0.30	0.30272	1.60544	0.188559	2.81

Etapa 2. Recolección de datos de la prueba de juntas con carga

Se realizó el 22 de octubre del 2014 solamente a tres alcantarillas de las 20 analizadas de secciones 1.0mx1.0 m, 1.0 mx 0.80 m y 1.0m x 0.50 m con rellenos sobre la losa superior de 0.40 m, 0.20 m y 0.42 m respectivamente, con esta prueba se hizo el control del asentamiento, desplazamiento y la verificación de fisuras frente a la aplicación directa de la carga, para el procesamiento de los datos se empleó el diseño metodológico del capítulo III fase final de gabinete, entre los datos tenemos:

Tabla 18. Desplazamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla MCA 1.0 m x1.0 m

Alcantarilla (ubicación km)	SECCION (A x H) (m)	Lectura de coordenadas de control				Desplazamiento (mm)
		coordenada inicial sin carga		coordenada Final con carga		
		Norte	este	Norte	este	
29+452.80	1.00x1.00	8559861.114	371817.15	8559861.114	371817.15	0.00
25+863.91	1.00x0.80	8558621.337	368836.832	8558621.337	368836.832	0.00
31+018.53	1.00x0.50	8560660.335	373071.034	8560660.335	373071.034	0.00

Tabla 19. Asentamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla MCA 1.0 m x1.0 m

ALCANTARILLA 1.00x1.00 PROFUNDIDAD MAXIMA DE RELLENO hr(m) 0.4
 UBICACIÓN: 29+452.8 CONDICIÓN DE CARGA VIVA Camión Actros 4144K/45 8x4
 CONCRETO Kg/Cm2 210 FECHA 22/10/2014

CAMIÓN AL BORDE LATERAL DE ALCANTARILLA MCA 1.0 M X 1.0 M

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje		Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1	34.15	28.5	22.2	34.1	28.5	22.15	-0.05	0	-0.05	NO PRESENTO
2	34.65	29.25	23.25	34.6	29.2	23.2	-0.05	-0.05	-0.05	NO PRESENTO
3	34.35	29.1	22.85	34.3	29.1	22.85	-0.05	0	0	NO PRESENTO

CAMIÓN UBICADO EN EL CENTRO DE ALCANTARILLA MCA 1.0 M X 1.0 M

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1	34.15	28.5	22.2	34.15	28.45	22.2	0	-0.05	0	NO PRESENTO
2	34.65	29.25	23.25	34.45	29.15	23.2	-0.2	-0.1	-0.05	NO PRESENTO
3	34.35	29.1	22.85	34.35	29.1	22.85	0	0	0	NO PRESENTO

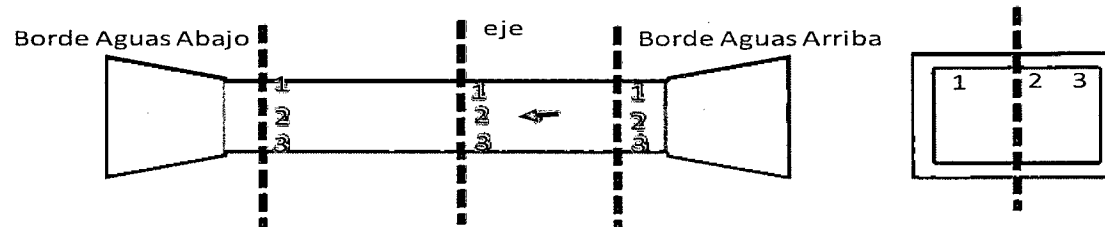


Tabla 20. Asentamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla MCA 1.0 m x 0.80 m

ALCANTARILLA 25+863.9 PROFUNDIDAD MAXIMA DE RELLENO hr(m) 0.2
 UBICACIÓN: 1.00x0.80 CONDICIÓN DE CARGA VIVA Camión Actros 4144K/45 8x4
 CONCRETO Kg/Cm2 210 FECHA 22/10/2014

CAMIÓN AL BORDE LATERAL DE ALCANTARILLA MCA 1.0 M X 0.80 M

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1	32.15	25.5	20.2	32.15	25.5	20.15	0	0	-0.05	NO PRESENTO
2	32.65	25.25	20.25	32.6	25.2	20.2	-0.05	-0.05	-0.05	NO PRESENTO
3	32.35	25.1	20.85	32.3	25.1	20.85	-0.05	0	0	NO PRESENTO

CAMION UBICADO EN EL CENTRO DE ALCANTARILLA MCA 1.0 M X 0.80 M

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1	32.15	25.5	20.2	32.1	25.5	20.15	-0.05	0	-0.05	NO PRESENTO
2	32.65	25.25	20.25	32.6	25.15	20.2	-0.05	-0.1	-0.05	NO PRESENTO
3	32.35	25.15	20.85	32.35	25.1	20.85	0	-0.05	0	NO PRESENTO

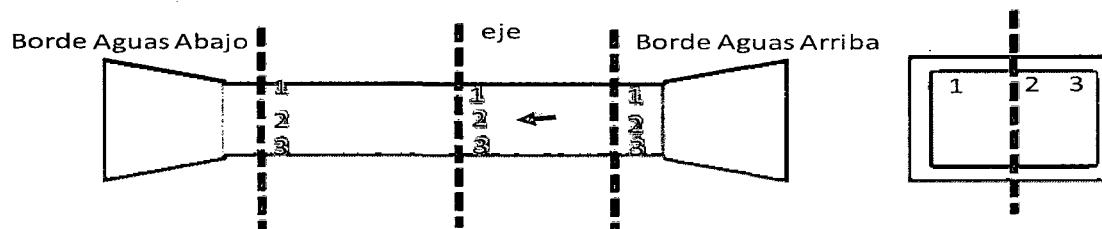


Tabla 21. Asentamientos de la prueba de junta con carga para alcantarilla MCA 1.0 m x 0.50 m

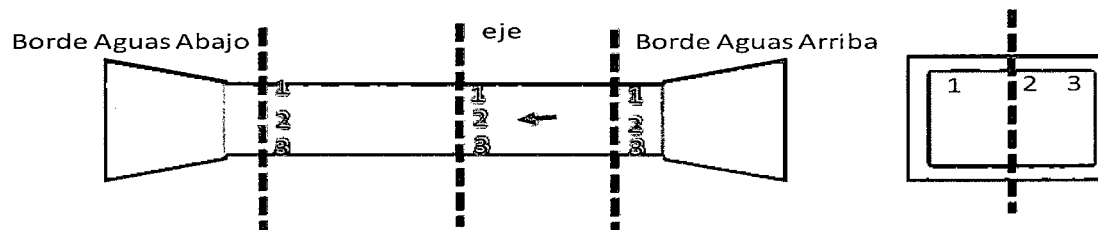
ALCANTARILLA 31+018.5 PROFUNDIDAD MAXIMA DE RELLENO hr(m) 0.42
 UBICACIÓN: 1.00x0.50 CONDICIÓN DE CARGA VIVA Camión Actros 4144K/45 8x4
 CONCRETO Kg/Cm2 210 FECHA 22/10/2014

CAMIÓN AL BORDE LATERAL DE ALCANTARILLA MCA 1.0 M X 0.50 M

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1	30.55	23.7	18.65	30.55	23.7	18.6	0	0	-0.05	NO PRESENTO
2	30.85	24.1	19.15	30.85	24.1	19.1	0	0	-0.05	NO PRESENTO
3	30.55	23.65	18.25	30.5	23.6	18.2	-0.05	-0.05	-0.05	NO PRESENTO

CAMION UBICADO EN EL CENTRO DE ALCANTARILLA MCA 1.0 M X 0.50 M

Puntos de control	LECTURA INICIAL SIN CARGA			LECTURAFINAL CON CARGA			ASENTAMIENTO (mm)			FISURAS
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	
1	30.55	23.7	18.65	30.5	23.7	18.6	-0.05	0	-0.05	NO PRESENTO
2	30.85	24.1	19.15	30.8	23.5	19.1	-0.05	-0.6	-0.05	NO PRESENTO
3	30.55	23.65	18.25	30.5	23.6	18.2	-0.05	-0.05	-0.05	NO PRESENTO



Etapa 3. Recolección de datos para la impermeabilidad de junta

Se realizó el día 21 y 22 de octubre del 2014, el día 21 se realizó la unión de los dos módulos prefabricados de concreto de sección 1.0m x0.50 m conforme a lo ejecutado en obra, el mismo día se procedió a taponear ambos lados para luego llenar con agua limpia para el proceso de impregnación, el día 22 transcurrido las 24 horas se procedió a la toma de datos para determinar la cantidad de agua filtrada en 30 minutos, entre los datos tenemos:

Tabla 22. Determinación de la impermeabilidad de junta.

ALCANTARILLA MCA 1x0.5 m L=2.60 TIPO DE JUNTA Pro- Stik
UBICACIÓN: Planta de prefabricados MATERIAL DE SELLO: Mortero 1:3
DESCRIPCION determinar si existe filtración en la junta

fecha	Lectura Inicial (mm) t=0mim	Lectura Final (mm) t=30min	Perdida de agua (mm)	observación
21/10/2014	62	0	0	Saturación de módulos
22/10/2014	69	70	1	Prueba

ANEXO C
RESULTADO DE DATOS

Descripción: se muestran las tablas de los resultados obtenidos en la toma de datos y procedimiento, de las tres etapas realizadas.

Tabla 23. Resultado del control periódico.

ALC. N°	UBICACIÓN (km)	SECCION (A x H) (m)	LONG. (m)	PENDIENTE (%)	CAUDAL EXISTENTE (m3/seg)	ASENTAMIENTO (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/seg)	SELLO DE JUNTAS		SEDIMENTACIÓN	
									UNIFORMES	HUECOS	PRESENTA	NO PRESENTA
1	25+863.91	1.00x0.80	11.26	4.62%	0.54	1.00	1.91	4.01	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
2	25+980.00	1.00x0.50	12.83	0.71%	0.63	1.00	1.21	2.24	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
3	26+050.59	1.00x0.80	10.90	1.96%	1.55	1.00	1.41	4.15	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
4	26+196.50	1.00x0.80	10.81	0.94%	0.50	0.50	1.83	2.28	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
5	26+560.00	1.00x0.80	10.20	4.00%	0.86	1.00	0.71	4.42	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
6	26+637.40	1.00x0.80	10.54	1.23%	0.50	1.00	1.62	2.46	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
7	27+140.00	1.00x1.00	13.95	0.71%	0.50	0.50	1.62	2.07	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
8	27+951.63	1.00x0.80	11.01	4.63%	0.62	1.50	1.71	4.02	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
9	27+978.93	1.00x0.80	11.56	3.13%	0.50	1.50	1.62	3.30	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
10	28+184.03	1.00x0.80	11.95	1.00%	1.17	1.00	1.00	3.01	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
11	29+209.82	1.00x1.00	12.27	1.76%	0.73	0.50	2.92	3.27	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
12	29+452.80	1.00x1.00	9.70	1.53%	0.75	1.50	1.91	3.04	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%

ALC. N°	UBICACIÓN (km)	SECCION (A x H) (m)	LONG. (m)	PENDIENTE (%)	CAUDAL EXISTENTE (m3/seg)	ASENTAMI ENTO (mm)	DESPLAZAMI ENTO (mm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/seg)	SELLO DE JUNTAS		SEDIMENTACIÓN	
									UNIFORMES	HUECOS	PRESENTA	NO PRESENTA
13	30+281.35	1.00x0.50	11.15	0.50%	0.63	1.50	1.21	2.00	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
14	30+476.85	1.00x1.00	10.24	3.70%	0.54	0.50	0.00	3.59	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
15	30+559.05	1.00x0.80	13.18	0.90%	0.64	0.50	0.50	2.43	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
16	30+824.51	1.00x1.00	16.19	1.12%	1.26	0.00	1.00	3.19	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
17	31+018.53	1.00x0.50	9.01	0.91%	0.63	0.00	1.00	2.45	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
18	31+120.10	1.00x0.50	7.09	0.38%	0.63	0.50	0.71	1.78	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
19	31+227.61	1.00x0.80	9.95	0.5%	0.69	0.50	1.41	1.94	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%
20	31+295.20	1.00x0.80	8.49	1.05%	0.86	0.50	1.00	2.81	100.00%	NO PRESENTA	-	100.00%

Tabla 24. Resultado de la prueba de junta con carga, camión ubicado al borde lateral de alcantarilla

Parámetros de control	ALCANTARILLAS								
	1.00x1.00			1.00x0.80			1.00x0.50		
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
Asentamiento (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Desplazamiento (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fisuras	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 25. Resultado de la prueba de junta con carga, camión ubicado en el centro de alcantarilla

Parámetros de control	ALCANTARILLAS								
	1.00x1.00			1.00x0.80			1.00x0.50		
	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo	Aguas Arriba	eje	Aguas Abajo
asentamiento (mm)	0.2	0.1	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	0.6	0.05
desplazamiento (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fisuras	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 26. Determinación de la impermeabilidad de junta.

Volumen inicial (cm ³ /m)	350000
Volumen final (cm ³ /m)	349000
Volumen Perdido (cm ³ /m) para t=30 min	1000

ANEXO 1

Camión de la prueba de junta con carga utilizado

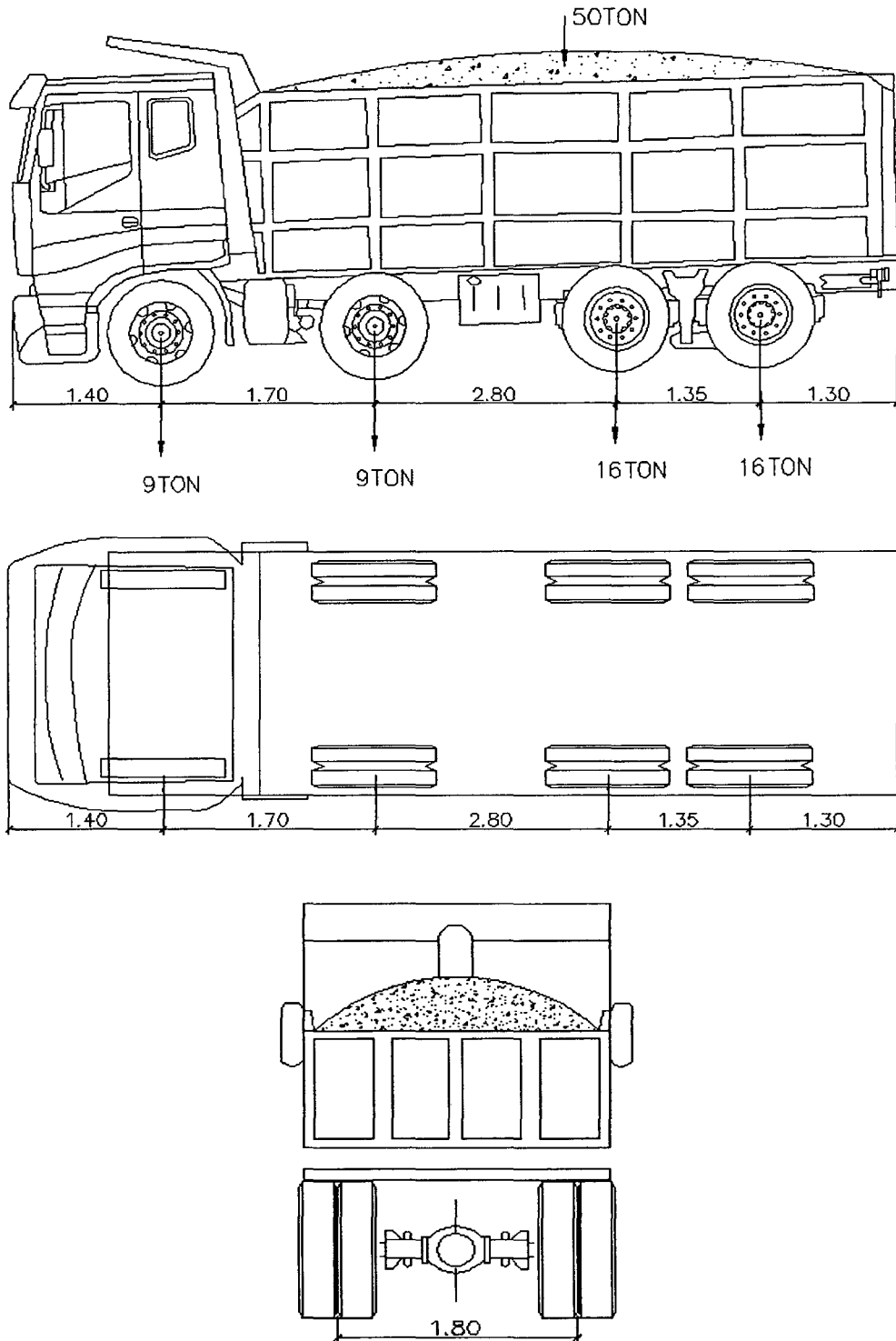


Figura 35. Esquema de carga en camión Actros 4144K/ 8x4

ANEXO 2

Características geométricas y estructurales de los marcos prefabricados de concreto armado

Tabla 27. Tabla de dimensión de módulos prefabricados de concreto

Tipo	Denominacion del cajon (m)	Base (m) B	Altura (m) h	Espesor delosa (m) S	Espesor de muro (m) Sp	Longitud total (m) Lt	Longitud util (m) Lu	Peso (Tn)
MCA-1	1.00x0.80x1.40	1.00	0.80	0.25	0.25	1.50	1.40	3.96
MCA-2	1.00x1.00x1.40	1.00	1.00	0.25	0.25	1.50	1.40	4.31
MCA-5	1.00x0.50x1.40	1.00	0.50	0.20	0.20	1.50	1.40	2.64

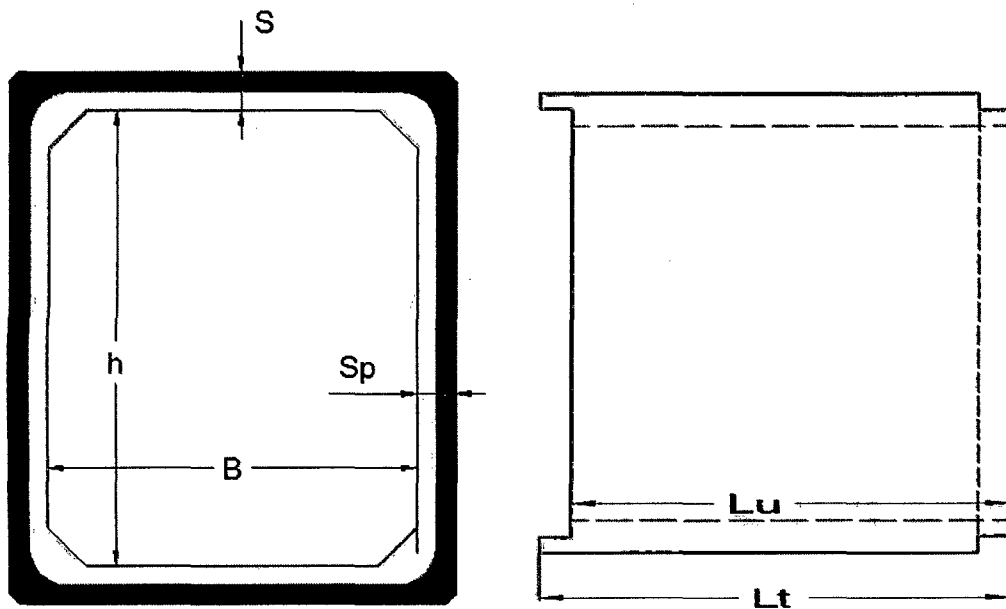
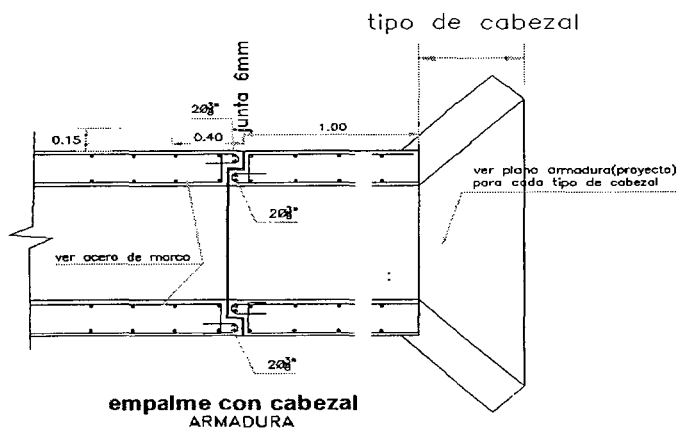
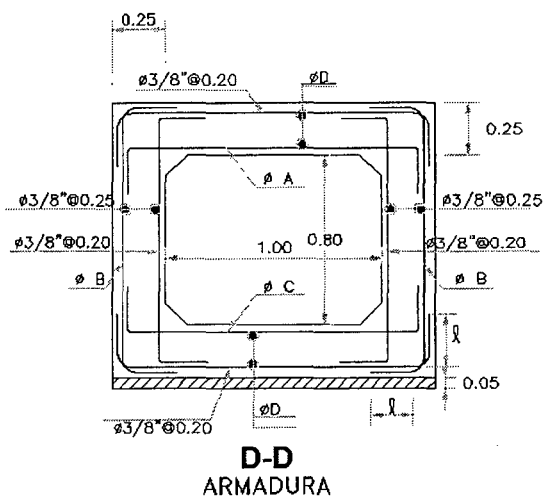
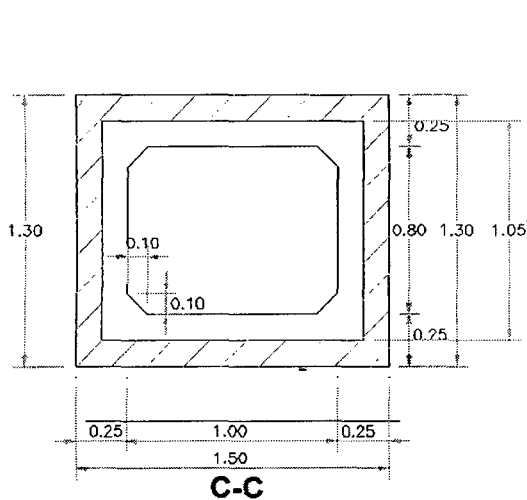
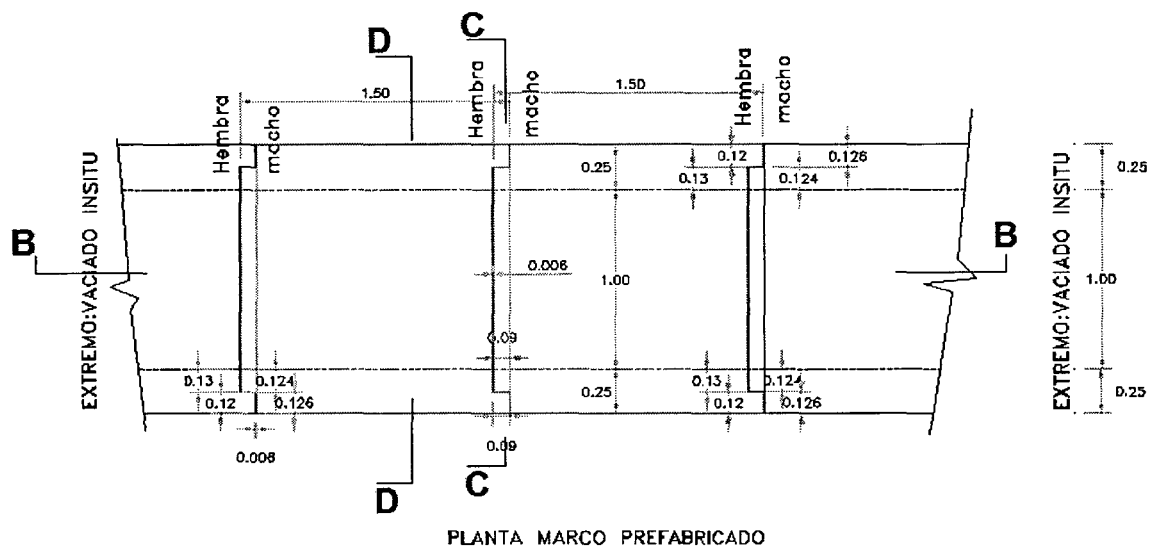
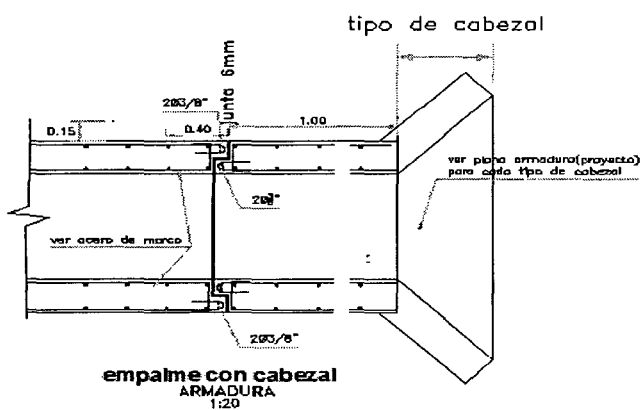
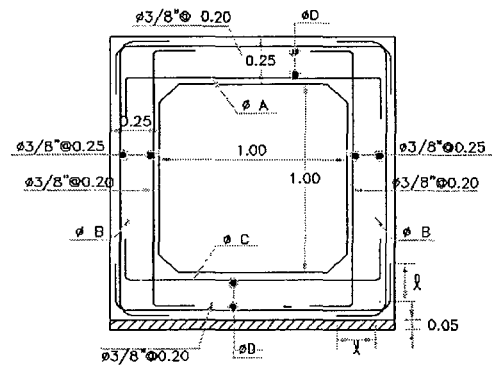
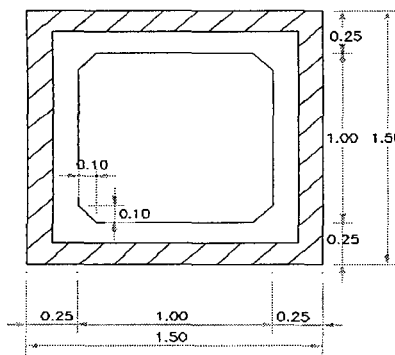
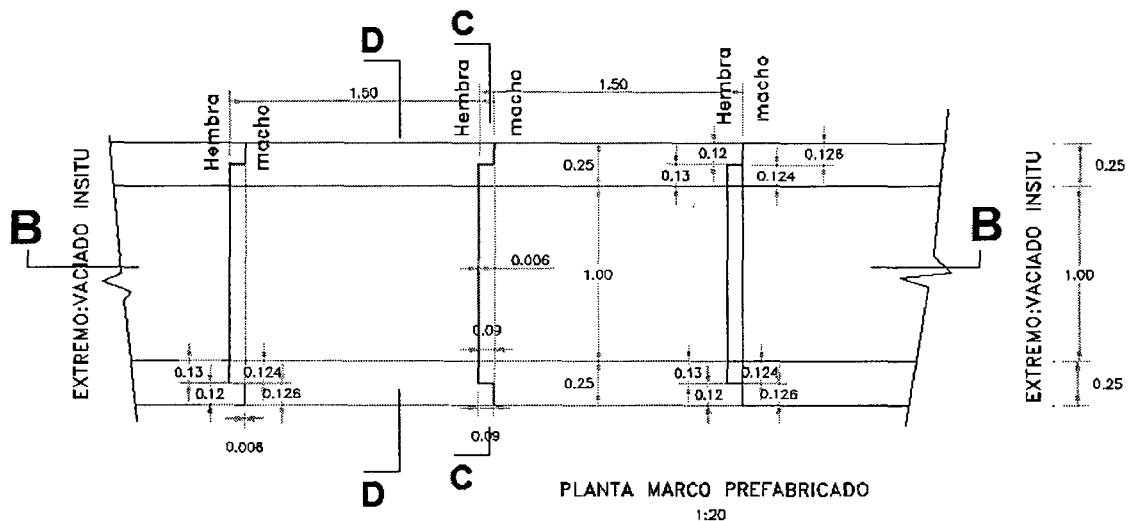


Figura 36. Características geométricas de los módulos prefabricados de concreto armado



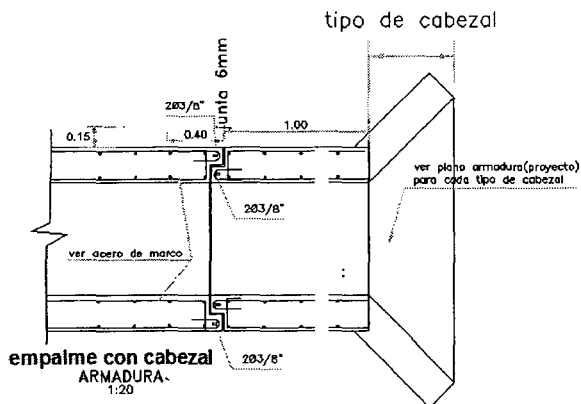
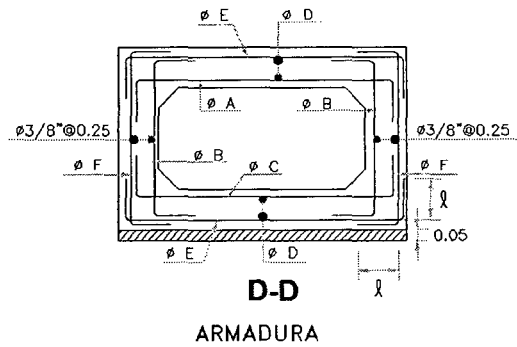
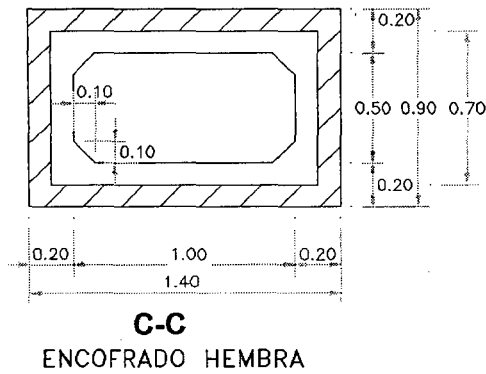
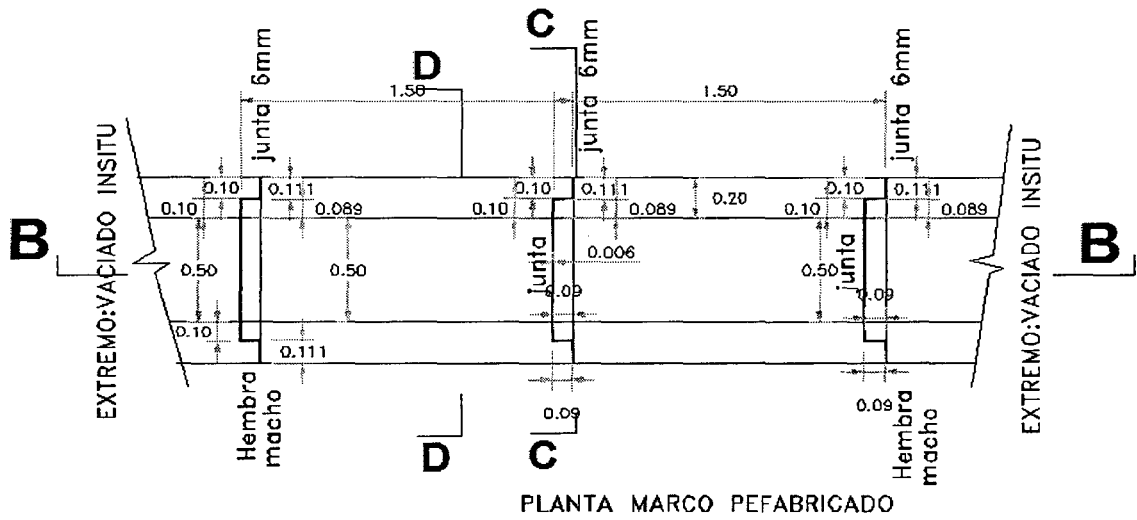
ALCANTARILLA TIPO 1 (MCA 1.00x.80)			
REFUERZO			
ϕA	ϕB	ϕC	ϕD
$\phi 1/2'' @ 0.25$	$\phi 3/8'' @ 0.20$	$\phi 1/2'' @ 0.25$	$\phi 3/8'' @ 0.25$

Figura 37. Alcantarilla tipo 1 (MCA 1.0 x 0.80 m)



ALCANTARILLA TIPO 2 (MCA 1.00x1.00)			
REFUERZO			
øA	øB	øC	øD
ø1/2" @ 0.25	ø3/8" @ 0.20	ø1/2" @ 0.25	ø3/8" @ 0.25

Figura 38. Alcantarilla tipo 2 (MCA 1.0 x 1.0 m)



ALCANTARILLA TIPO 5 (MCA 1.00x0.50)		
REFUERZO		
ϕA	ϕB	ϕC
$\phi 1/2" @ 0.25$	$\phi 3/8" @ 0.25$	$\phi 1/2" @ 0.25$
ϕD	ϕE	ϕF
$\phi 3/8" @ 0.25$	$\phi 3/8" @ 0.25$	$\phi 3/8" @ 0.25$

Figura 39. Alcantarilla tipo 2 (MCA 1.0 x 0.50 m)

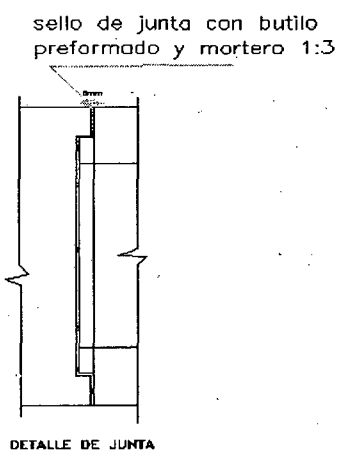
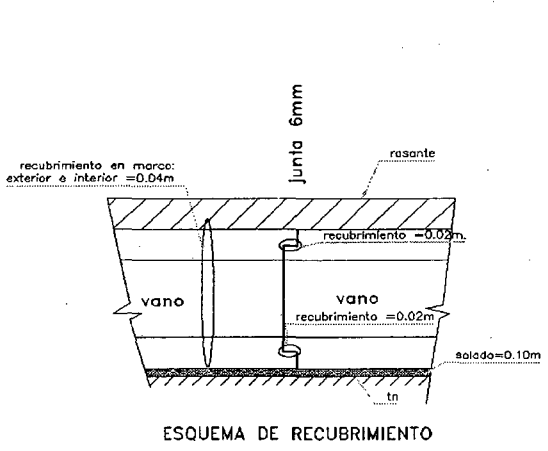
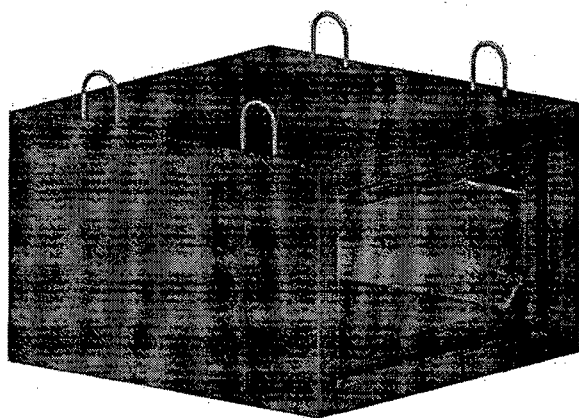
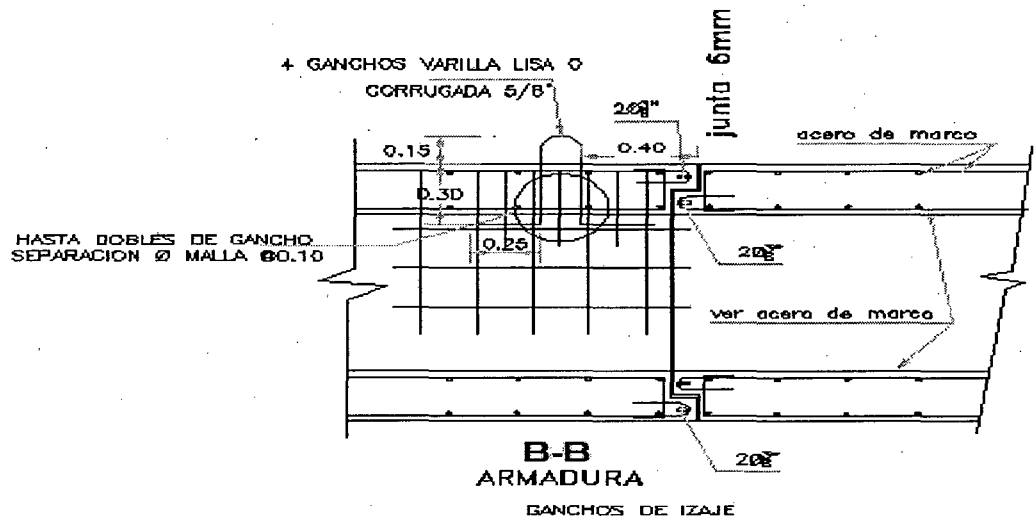


Figura 40. Detalle de Sello de junta, recubrimientos e izaje

ANEXO 3
Panel fotográfico

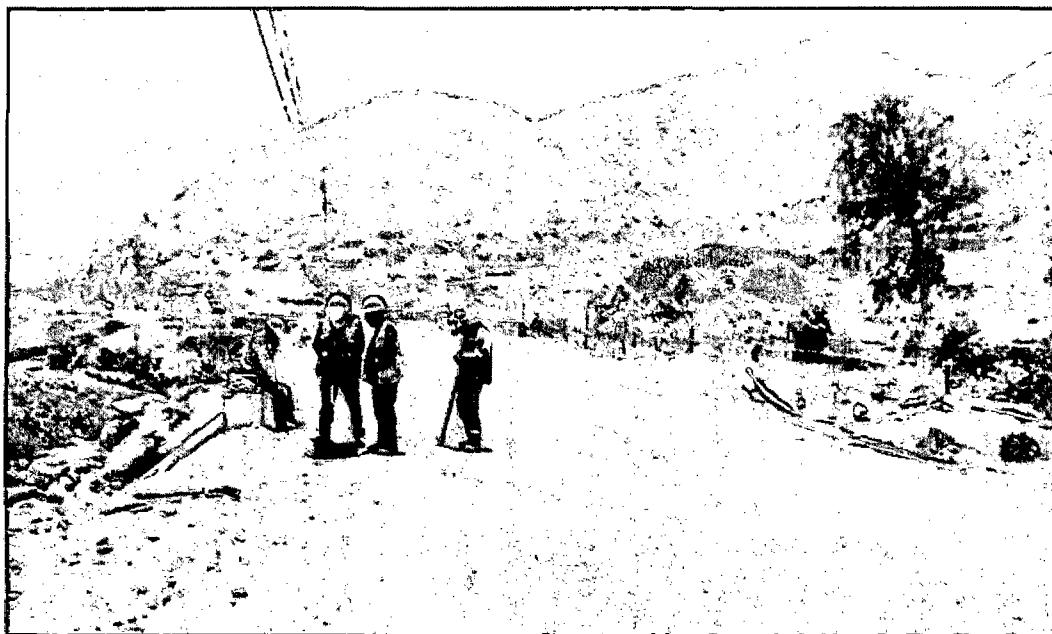


Figura 41. Colocación de puntos de control para la prueba de junta con carga



Figura 42: toma de lecturas en los puntos de control en el techo de alcantarilla antes y durante la aplicación de la carga.



Figura 43: colocación del camión cargado para la prueba de junta al borde lateral (zona de empalme modulo-cabezal)



Figura 44. Colocación del camión cargado para la prueba de junta al centro de alcantarilla

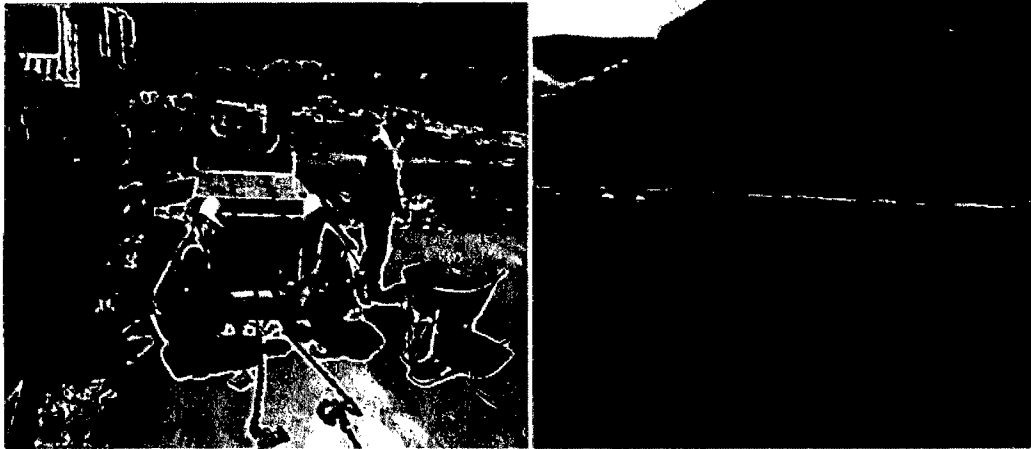


Figura 45. Unión de los módulos prefabricados de concreto para la prueba de impermeabilidad de junta



Figura 46. colocación de dados y llenado de agua limpia (prueba de impermeabilidad de junta)

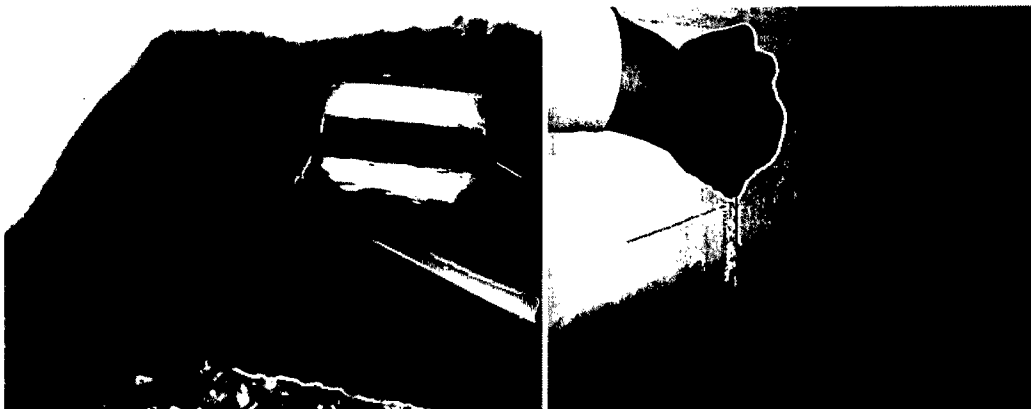


Figura 47. Control de lecturas después de las 24 horas de impregnación (prueba de impermeabilidad de junta)

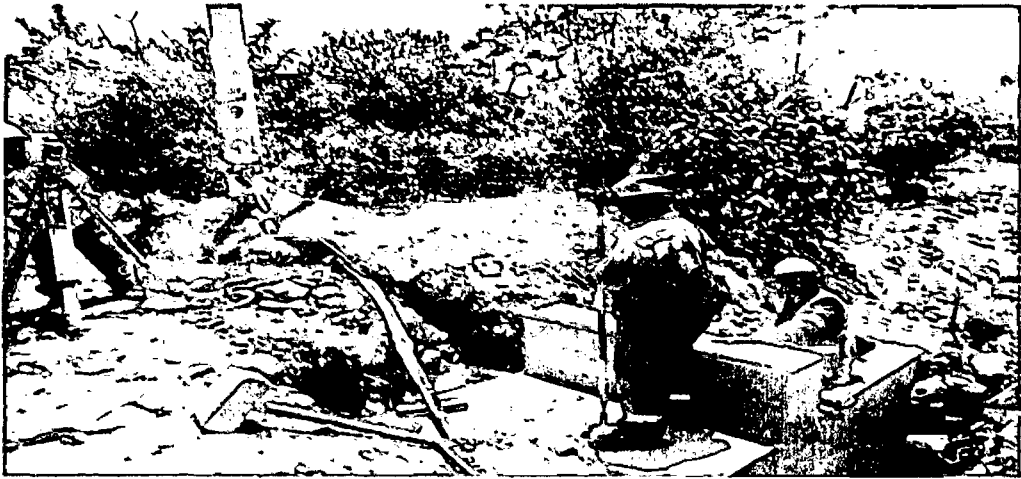


Figura 48. Toma de datos en el control periódico de alcantarillas



Figura 49: verificación del sello de juntas con mortero 1:3 cemento arena

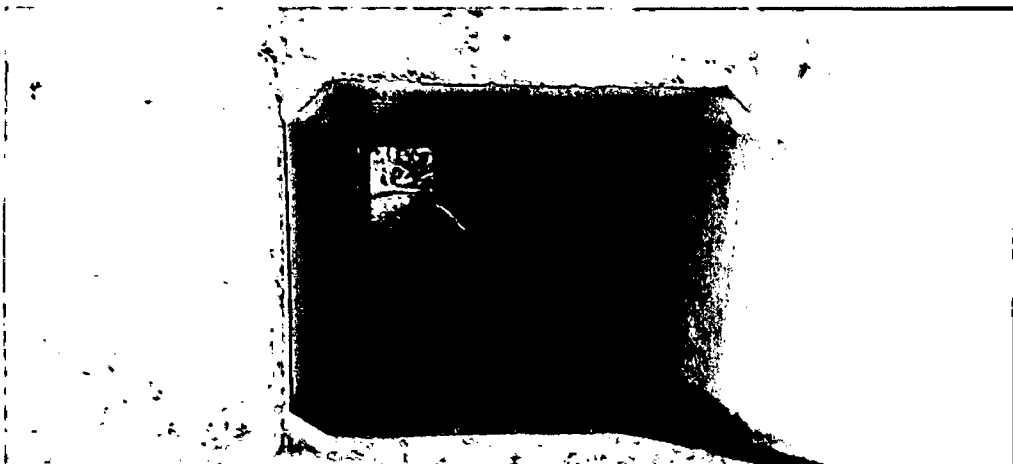


Figura 50. Verificación de sedimentación en el control periódico de alcantarillas

ANEXO 4

ANEXO DE LA INVESTIGACION DE ANDECE

ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL
DE LA INDUSTRIA DEL
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

ANEXO A (Informativo)

INFORMACIÓN ADICIONAL PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS MARCOS

A.1 Carga horizontal característica

Deberían evaluarse las cargas horizontales máxima y mínima debidas a la presión de relleno según los principios de la mecánica de suelos. Se debería tener en cuenta la naturaleza del relleno, los métodos de colocación de los marcos, el modo de relleno del trasdós y la posible presencia de aguas subterráneas.

A.2 Armadura de las caras internas de las paredes laterales

Incluso cuando el análisis indica que una cara no está sometida a ninguna tensión, debería proporcionarse una armadura mínima superior o igual a la armadura mínima de la Norma EN 1992-1-2. Ésta debería ser capaz de resistir un momento último de $0,8 H_e^2$ kNm/m (donde H_e es el vano efectivo de la pared lateral expresado en metros), no siendo inferior que la armadura mínima indicada en la Norma EN 1992-1-2. No obstante, no se aplica a las cartelas de los marcos ni a las caras interiores de la pared de los marcos, que presentan una profundidad inferior a 500 mm.

A.3 Estabilidad

Las consideraciones sobre la estabilidad, tales como la presión admisible y la estabilidad al deslizamiento o vuelco pueden no influir en el cálculo de la resistencia de los marcos y no están contempladas en el campo de aplicación de esta norma. Puede asumirse que si algunas de estas consideraciones son necesarias, serán tenidas en cuenta por el ingeniero a cargo de la obra en la que se utilicen los marcos.

A.4 Cargas horizontales superficiales

Se puede admitir que toda la carga horizontal debida al tráfico superficial será absorbida de forma segura por una losa de rodadura u otra superficie sin efecto sobre el marco.

A.5 Flecha de la losa superior

Generalmente no es necesario verificar la flecha de la losa superior. No obstante, si la altura de relleno es inferior al valor recomendado a continuación y es necesaria una evaluación de la flecha sometida a una carga variable, bastará con admitir:

$$\text{Flecha en el centro del vano} = \frac{20 M W_e^2}{L t^3}$$

donde

M es el momento¹⁾ máximo en el vano libre por elemento debido a la sobrecarga superficial únicamente en el estado límite de servicio (kNm);

W_e vano efectivo de la losa superior;

L longitud del elemento; y

t espesor de la losa superior.

La altura mínima de relleno no debería ser inferior a 200 mm o una quinceava parte de la anchura interior del marco si este valor es mayor.

A.6 Asentamiento diferencial

Los marcos pueden estar sujetos a un asentamiento diferencial que será compensado por un movimiento relativo al nivel de las juntas. Debería considerarse que un asentamiento de este tipo no tiene ningún efecto sobre las cargas de cálculo o análisis estructural y no debe ser previsto ningún margen para la transmisión de esfuerzos entre los elementos.

1) El momento del vano libre se calcula asumiendo que la losa superior está simplemente apoyada en su longitud de vano efectiva.

Verificación por cálculo apoyado en ensayos

En el caso de un ensayo, se debe aplicar el apartado 4.3.3.3. de la Norma UNE-EN 13369 y los parámetros de dimensionamiento adecuados deben ser reproducidos por el protocolo de ensayo. El dispositivo de ensayo debe tener la capacidad de aplicar una carga en diversas posiciones y a intensidades variables con el fin de simular las condiciones críticas de flexión, cizalladura y de fisuración.

Los detalles del dispositivo de ensayo se indican en el Anexo B.