



UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE
SAN NICOLÁS DE
HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

*MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE EN LA RAMA DE LAS VÍAS
TERRESTRES*

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

**IDENTIFICACIÓN DE DAÑO Y PROPUESTAS DE
REPARACIÓN DE LOS PUENTES CARRETEROS
TRAMO MORELIA – GUADALAJARA (RUTA 15)**

PRESENTA:

ING - ARQ. SANDRA ELENA VILLEGAS CERVANTES

ASESOR:

DR. HUGO HERNÁNDEZ BARRIOS



FEBRERO 2008

IDENTIFICACIÓN DE DAÑO Y PROPUESTAS DE REPARACIÓN DE LOS PUENTES CARRETEROS TRAMO MORELIA–GUADALAJARA (RUTA 15)

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIAS	1
AGRADECIMIENTOS	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I. INSPECCIÓN DE PUENTES	
1.1 DEFINICIÓN DE INSPECCIÓN	5
1.2 INSPECCIÓN EN PUENTES CARRETEROS	5
1.2.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR	5
1.2.2 INSPECCIÓN PRINCIPAL	6
1.2.3 INSPECCIÓN ESPECIAL	6
1.3 MEDIOS PARA LLEVAR ACABO UNA INSPECCIÓN	7
1.4 MEDIOS HUMANOS	7
1.5 MEDIOS MATERIALES	7
1.6 EQUIPO DE INSPECCIÓN	8
1.6.1 EQUIPO EN GENERAL	8
1.6.2 EQUIPO PARA SEÑALAMIENTO	8
1.6.3 EQUIPO PARA NIVELACIÓN	9
1.7 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN	9
1.7.1 CIMENTACIÓN	9
1.7.2 SUBESTRUCTURA	10
1.7.3 SUPERESTRUCTURA	11
1.7.4 EQUIPAMIENTO	12

1.8	CONCLUSIÓN	13
CAPITULO II. DAÑOS EN PUENTES DE CONCRETO		
2.1	INTRODUCCIÓN	14
2.2	CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO	15
2.2.1	AGRIETAMIENTO	16
2.2.2	PENETRACIÓN DE CLORUROS	17
2.2.3	CARBONATACIÓN	18
2.2.4	CORROSIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL	19
2.3	MECANISMOS DE DESINTEGRACIÓN	20
2.3.1	EXPOSICIÓN A QUÍMICOS AGRESIVOS	21
2.3.2	DESINTEGRACIÓN POR CONGELACIÓN Y DESHIELO	22
2.3.3	REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO	23
2.3.4	ATAQUE DE SULFATOS	26
2.4	EFFECTOS DE LA HUMEDAD	27
2.4.1	CONTRACCIÓN POR SECADO	27
2.4.2	CAMBIO DE VOLUMEN POR CONTENIDO DE HUMEDAD	28
2.5	EFFECTOS TÉRMICOS	28
2.5.1	CARGAS TÉRMICAS DIFERENTES	29
2.6	EFFECTOS DE CARGA	30
2.6.1	CONCRETO REFORZADO	31
2.6.2	CORTANTE EN ELEMENTOS LOSA-VIGA-COLUMNA	32
2.6.3	ESTRUCTURAS DE CONCRETO EN VOLADIZO O CANTILIVER	33
2.6.4	COLUMNAS	34
2.7	DEFECTOS DEBIDO A LA MANO DE OBRA NO CALIFICADA	35
2.7.1	COLOCACIÓN INAPROPIADA DEL ACERO DE REFUERZO	36
2.7.2	RETIRO PREMATURO DE LA CIMBRA	36
2.7.3	COLOCACIÓN INADECUADA DE LAS CIMBRAS PARA COLUMNAS	37
2.7.4	JUNTAS FRÍAS	38
2.7.5	SEGREGACIÓN	39
2.7.6	AGRIETAMIENTO POR ASENTAMIENTO PLÁSTICO (HUNDIMIENTO)	40
2.7.7	AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA	40
2.8	CONCLUSIONES	42
CAPITULO III. REPARACIÓN DE PUENTES DE CONCRETO REFORZADO		

3.1	INTRODUCCIÓN	43
3.2	METODOLOGÍA DE REPARACIÓN	45
3.2.1	EVALUACIÓN	45
3.2.2	MÉTODOS DE DESPRENDIMIENTO DEL CONCRETO	46
3.3	LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES	52
3.4	MATERIALES DE REPARACIÓN	56
3.4.1	CONCRETO	56
3.4.2	ADITIVOS	57
3.4.3	INYECCIÓN DE LECHADA A BASE DE CEMENTO	57
3.4.4	MORTERO Y LECHADAS ORGÁNICAS	57
3.4.5	REVESTIMIENTOS MONOLÍTICOS	58
3.4.6	ADHESIVOS	58
3.5	CONCLUSIONES	59
CAPITULO IV. EVALUACIÓN DE DAÑOS EN LOS PUENTES TRAMO MORELIA–GUADALAJARA (RUTA 15)		
4.1	INTRODUCCIÓN	60
4.2	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO	61
4.3	MUNICIPIOS QUE CRUZA EL TRAMO RUTA 15	70
4.4	CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES DEL TRAMO A ESTUDIO DE ACUERDO A SU GEOMETRÍA, SUPERESTRUCTURA, SUBESTRUCTURA	71
4.5	INSPECCIÓN FOTOGRÁFICA Y VISUAL DE LOS PUENTES A ESTUDIO	76
4.5.1	TRAMO: MORELIA-QUIROGA	76
4.5.2	LIBRAMIENTO QUIROGA	88
4.5.3	TRAMO: QUIROGA–COMANJA	89
4.5.4	TRAMO: COMANJA–CARAPAN	92
4.5.5	TRAMO: CARAPAN–ZAMORA	94
4.5.6	LIBRAMIENTO NORTE DE ZAMORA	99
4.5.7	TRAMO: ZAMORA–JIQUILPAN	101
4.5.8	LIBRAMIENTO JIQUILPAN	108
4.5.9	TRAMO: JIQUILPAN–LÍMITE MICHOACÁN/JALISCO	109
4.6	CONCLUSIONES	128

CONCLUSIONES GENERALES	129
BIBLIOGRAFÍA	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Proceso de la carbonatación	18
Tabla 2.2 Factores que afectan la contracción por secado	27
Tabla 3.1 Procedimientos para el desprendimiento del concreto	46
Tabla 3.2 Procedimientos de preparación del sustrato	52
Tabla 4.1 Puentes que se encuentran en el tramo (Ruta 15)	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Factores que afectan al concreto	14
Figura 2.2	Agentes que provocan la corrosión	16
Figura 2.3	Agrietamiento y desprendimiento del concreto	16
Figura 2.4	Penetración de cloruros en el concreto	17
Figura 2.5	Desprendimiento del concreto	17
Figura 2.6	Desprendimiento del concreto debido a la corrosión en el acero	19
Figura 2.7	Se introduce la humedad y las sales hacia el concreto	19
Figura 2.8	Desprendimiento de la losa debido a la corrosión	20
Figura 2.9	Estructura de concreto antes del ataque de los ácidos	21
Figura 2.10	Estructura de concreto durante el ataque de ácidos	21
Figura 2.11	Agregados de piedra caliza o dolomitas	22
Figura 2.12	Deterioro por congelación y deshielo en la estructura de concreto	23
Figura 2.13	Proceso de la reacción álcali-agregado	25
Figura 2.14	Cambio de volumen en el concreto	28
Figura 2.15	Estructura de concreto a temperatura constante	29
Figura 2.16	Estructura de concreto a temperatura variable	29
Figura 2.17	Cargas que se presentan en los puentes	30
Figura 2.18	Viga de concreto reforzado simplemente apoyada	31
Figura 2.19	Esfuerzo cortante en elementos losa-viga-columna	32
Figura 2.20	Losa en voladizo	33
Figura 2.21	Cargas que actúan en la parte superior de la losa	33
Figura 2.22	Fuerzas de tensión que actúan en la parte superior de la losa	34
Figura 2.23	Columnas sin carga y con carga	34
Figura 2.24	Acortamiento elástico	35
Figura 2.25	Acortamiento por fluencia	35
Figura 2.26	Secuencia de un proceso de construcción	35
Figura 2.27	Colocación inapropiada de acero	36
Figura 2.28	Retiro prematuro de cimbra	37
Figura 2.29	Colocación inadecuada de la cimbra	38
Figura 2.30	Representación de una junta fría	39
Figura 2.31	Representación de una segregación	39

Figura 2.32 Agrietamiento por asentamiento plástico	40
Figura 2.33 Agrietamiento por contracción plástica	41
Figura 3.1 Procedimiento general para la reparación de estructuras de concreto	44
Figura 3.2 Anatomía de la reparación de las superficies	45
Figura 3.3 Escarificación manual	49
Figura 3.4 Disco de desgaste	49
Figura 3.5 Escarificación mecánica	49
Figura 3.6 Demolición	49
Figura 3.7 Lijado manual	49
Figura 3.8 Lijado eléctrico	49
Figura 3.9 Cepillado manual	49
Figura 3.10 Pistola de agujas	49
Figura 3.11 Chorro de arena seca o húmeda	50
Figura 3.12 Disco de corte	50
Figura 3.13 Quema controlada	50
Figura 3.14 Máquina de desgaste superficial	50
Figura 3.15 Chorro de agua fría	53
Figura 3.16 Chorro de agua caliente	53
Figura 3.17 Vapor	53
Figura 3.18 Lavado con soluciones ácidas	53
Figura 3.19 Lavado con soluciones alcalinas	54
Figura 3.20 Chorro de aire comprimido	54
Figura 3.21 Solventes volátiles	54
Figura 3.22 Aspiración al vacío	54
Figura 4.1 Tramo carretero Morelia–Guadalajara (Ruta 15)	63
Figura 4.2 Tramo: Morelia–Quiroga	64
Figura 4.3 Tramo: Quiroga–Comanja	65
Figura 4.4 Tramo: Comanja–Carapan	65
Figura 4.5 Tramo: Carapan–Zamora	66
Figura 4.6 Tramo: Zamora–Jiquilpan	67
Figura 4.7 Tramo: Jiquilpan–Limites Michoacán/Jalisco	68
Figura 4.8 Mapa de los municipios que cruza el tramo ruta 15	69

Figura 4.9	Clasificación de puentes de acuerdo al año de construcción	70
Figura 4.10	Clasificación de puentes de acuerdo al número de claros	71
Figura 4.11	Longitud total del claro de los puentes	72
Figura 4.12	Ancho total del puente	72
Figura 4.13	Tipo de trazo horizontal de los puentes	73
Figura 4.14	Tipo de material en la superestructura de los puentes	74
Figura 4.15	Tipo de material en la subestructura de los puentes	74
Figura 4.16	Puente Tres Puentes Central (a), (b), (c)	75
Figura 4.17	Puente Tres Puentes Lateral Derecha (a), (b)	77
Figura 4.18	Puente tres Puentes Lateral Izquierda (a), (b)	78
Figura 4.19	Puente Peatonal Itzicuaro (a), (b)	79
Figura 4.20	Puente Peatonal Artillero (a), (b)	80
Figura 4.21	Puente Peatonal Secundaria Técnica 82 (a), (b)	81
Figura 4.22	Puente Capula (a), (b)	82
Figura 4.23	Puente Irátzio I (a), (b)	83
Figura 4.24	Puente Irátzio II (a), (b)	84
Figura 4.25	Puente Atzimbo I (a), (b)	85
Figura 4.26	Puente Atzimbo II (a), (b)	86
Figura 4.27	Puente Quiroga (a), (b)	87
Figura 4.28	Puente Madero (a), (b)	88
Figura 4.29	Puente Santa Fé (a), (b), (c)	89
Figura 4.30	Puente Chupícuaro (a), (b), (c)	91
Figura 4.31	Puente Peatonal Tirindaro (a)	92
Figura 4.32	PIV. FNM Naranja (a), (b)	93
Figura 4.33	Puente Chilchota (a), (b), (c)	94
Figura 4.34	Puente Pejo (a), (b)	96
Figura 4.35	Puente Tangancícuaro (a), (b)	97
Figura 4.36	Puente Las Adjuntas (a), (b)	98
Figura 4.37	Puentes Chaparaco (a), (b)	99
Figura 4.38	Puente Vallado del Rey (a), (b)	100
Figura 4.39	Puente El Duero Derecho (a), (b)	101
Figura 4.40	Puente El Duero Izquierdo (a), (b)	102
Figura 4.41	Puente Jacona (a), (b)	103

Figura 4.42 Puente Santiago Tangamandapio (a), (b)	104
Figura 4.43 Puente PSV. FNM Estación Moreno (a), (b)	105
Figura 4.44 Puente Jaripo	106
Figura 4.45 Puente El Totolán	107
Figura 4.46 Libramiento Jiquilpan (a), (b)	108
Figura 4.47 Puente Peatonal Sahuayo I	109
Figura 4.48 Puente Sahuayo II (a), (b)	110
Figura 4.49 Puente Peatonal Sahuayo III (a), (b)	111
Figura 4.50 La Ladrillera (a), (b), (c)	112
Figura 4.51 Puente Cojumatlán I (a), (b)	113
Figura 4.52 Puente Cojumatlán II (a), (b)	114
Figura 4.53 Puente Cojumatlán III (a), (b), (c)	115
Figura 4.54 Puente Santa Martha (a), (b)	116
Figura 4.55 Puente El Callejón (a), (b)	117
Figura 4.56 Palo Alto I	118
Figura 4.57 Palo Alto II (a), (b)	119
Figura 4.58 Palo Alto III (a), (b)	120
Figura 4.64 Palo Alto IV (varias)	121

INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia dar mantenimiento y conservación a los puentes carreteros para prevenir un comportamiento estructural inadecuado que pueda producir un colapso. El deterioro causado por los agentes naturales es común en todas las obras de ingeniería civil y es el resultado de un proceso mediante el cual la naturaleza trata de regresar a su estado original inicial.

Es indudable que la infraestructura, particularmente la del transporte constituye un elemento indispensable para el crecimiento económico, la competitividad y la integración social de un país. El transporte carretero permite la comunicación y el intercambio entre regiones, todos los sectores de la economía se ven beneficiados tanto el agrícola, el ganadero, el industrial, el comercial y el turístico.

La Red Carretera Federal Libre de Peaje tiene una longitud de 45,405.7 km, es atendida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través de la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) que está integrada de la siguiente manera:

Red Básica	Dentro de corredores carreteros: 13,317.4 km
	Fuera de corredores carreteros: 14,099.2 km

Red Secundaria	Integrada por 17,885.7 km
----------------	---------------------------

Puentes	7,230 puentes
---------	---------------

Por lo cual la Secretaría creo un Programa Nacional de Conservación de Carreteras Libres de Peaje en la cual se clasifica de la siguiente manera:

1. Conservación Rutinaria en tramos y puentes: Son aquellos que se realizan en forma cotidiana a lo largo del año.
2. Conservación Periódica: Son aquellos trabajos que se programan para corregir daños en la superficie de rodamiento.

3. Reconstrucción:

Reconstrucción de Tramos: Se realiza cuando la estructura del pavimento se ha dañado y no es posible mantener su nivel de servicio.

Reconstrucción de Puentes: Se realiza cuando la estructura del puente presenta daños importantes, afectando la seguridad del usuario.

La Conservación Rutinaria es la actividad que establece las acciones mínimas necesarias para mantener una carretera en condiciones de transitabilidad, seguridad y operación para el usuario, evitando el deterioro acelerado del camino.

Los conceptos más importantes que se realizan para la Conservación Rutinaria de Puentes son:

1. Limpieza de la superficie de rodamiento
2. Limpieza y reparación de drenes
3. Limpieza de coronas de la subestructura
4. Reparación y pinturas de parapetos
5. Limpieza de guarniciones
6. Sellado de grietas

En el país, el Estado de Michoacán cuenta con el mayor número de puentes carreteros con un total de 482 puentes; por lo anterior es importante realizar un procedimiento de conservación adecuado de los mismos.

CAPÍTULO I

INSPECCIÓN DE PUENTES

1.1 DEFINICIÓN DE INSPECCIÓN

La inspección de puentes es una actividad que debe realizarse en forma organizada y sistemática, ya que de ella dependen las recomendaciones para corregir defectos, señalar restricciones de carga y velocidad, lo cual hará que disminuya la posibilidad de daños severos en las estructuras si no son reparados a tiempo.

1.2 INSPECCIÓN EN PUENTES CARRETEROS

Existen tres tipos de inspección:

- a) Inspección Preliminar
- b) Inspección Principal
- c) Inspección Especial

1.2.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR

La inspección preliminar se realiza en cada puente por lo menos una vez al año por parte del personal no especializado en puentes, pero si, adiestrado específicamente para la identificación y evaluación de daños. El personal contará con un equipo mínimo y la inspección será fundamentalmente visual; la época más recomendable para realizar esta inspección es al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilita el acceso debajo de las obras y cuando están frescos los indicios de socavación, principal causa de colapsos.

Al término de la inspección preliminar, el jefe de brigada procederá a dar una calificación del estado global de la obra de forma práctica se recomienda que las obras se incluyan en alguno de éstos tres grupos:

- ⤴ Grupo "A" Son los puentes que por la gravedad de sus daños requieren atención inmediata.
- ⤴ Grupo "B" Son los puentes que presentan daños que deben ser atendidos en un plazo mediano (seis años), porque su situación puede degradarse a la situación "A".
- ⤴ Grupo "C" Son los puentes que presentan daños menores y se pueden corregir con tareas de mantenimiento rutinario a cargo de las brigadas de conservación.

1.2.2 INSPECCIÓN PRINCIPAL

Se realiza por lo menos una vez al año en aquellos puentes que hayan sido clasificados en el grupo "A" durante la inspección preliminar. Esta segunda inspección se realizará con personal especializado en puentes para ello se deberá contar con el equipo adecuado que permita el acceso a todas las partes del puente para observar detalladamente todos sus elementos, y que permita la medición cuantitativa de la estructura con precisión suficiente.

1.2.3 INSPECCIÓN ESPECIAL

Se realizará por personal altamente especializado en aquellos puentes que vayan a ser rehabilitados debe incluir el levantamiento geométrico de la estructura, la determinación de la naturaleza, la dimensión de los daños y la realización de diversos estudios que permitan determinar la causa que produjo el daño.

1.3 MEDIOS PARA LLEVAR ACABO LA INSPECCIÓN

El sistema más sencillo para el conocimiento del estado de una estructura es la observación visual de la misma. Para que de ella puedan extraerse datos útiles deben darse tres condiciones básicas:

- ⤴ Acceso a la inspección visual, que significa poder acceder a todas las partes que se desean inspeccionar, y en su caso ayudar con medios complementarios al ojo humano.
- ⤴ Observación visual, para lo cual se necesita un equipo de inspección calificado y con suficiente experiencia.
- ⤴ Conocimiento previo, es decir hay que preparar con anticipación las inspecciones, estudiando el proyecto, los posibles incidentes ocurridos en la construcción y los informes obtenidos en anteriores inspecciones, si existen.

1.4 MEDIOS HUMANOS

Es el equipo que está a cargo de la inspección y sobre todo el ingeniero a cargo que de preferencia debe contar con un cierto nivel de responsabilidad y conocimiento sobre el tema, debe haber cursado y aprobado un curso basado en el manual de formación de inspectores de puentes.

1.5 MEDIOS MATERIALES

En los puentes la estructura habitualmente estará a la vista, pero en muchos casos será imposible la observación detallada sin medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma que facilite la inspección a las distintas partes de la estructura incluye desde los medios más rudimentarios y básicos (cuerdas, cinturones de seguridad, escaleras, etc) a sistemas más complejos como las canastillas elaboradas para la inspección de puentes.

1.6 EQUIPO DE INSPECCIÓN

Para realizar la lista del equipo de la inspección es importante tener en consideración la utilidad y el costo de los mismos. Se debe considerar que si no se cuenta con transporte para el equipo resulta difícil su traslado, por el tiempo y la seguridad del equipo. Para realizar la inspección, el equipo se puede dividir en:

- a) Equipo en General
- b) Equipo para Señalamiento
- c) Equipo para nivelación

1.6.1 EQUIPO EN GENERAL

Es el equipo básico que cada miembro de la brigada puede traer sus propias herramientas como: una navaja, martillo, lámpara, binoculares flexómetro, libreta de campo, cámara digital, casco, botas, anteojos.

1.6.2 EQUIPO PARA SEÑALAMIENTO

Se utiliza principalmente cuando se inspeccionan las calzadas como son: conos de plástico, triángulos, chalecos antirreflejantes, señales de seguridad, entre otros.

1.6.3 EQUIPO PARA NIVELACIÓN

Cuando sea necesario realizar la nivelación del puente durante la etapa de inspección se debe contar con: tránsito o teodolito, nivel de mano, estadales, cintas métricas, balísas, libreta de tránsito.

1.7 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN

Los síntomas que presenta la estructura ante una primera inspección visual, nos permite determinar el agrietamiento y las deformaciones; pero una inspección visual debe completarse con una auscultación mediante métodos topográficos, magnéticos, eléctricos y químicos para determinar las profundidades de carbonatación y contenido de cloruros hasta determinar el grado de corrosión de las estructuras.

Los diferentes elementos que deben ser inspeccionados normalmente se agrupan en cuatro:

- a) Cimientos
- b) Subestructura
- c) Superestructura
- d) Equipamientos

1.7.1 CIMENTACIÓN

Normalmente acceder a la cimentación es complicado por lo que las posibles fallas que existan deben ser detectadas indirectamente en forma de movimientos excesivos, agrietamiento, etc, ó a través de otros defectos en la superestructura.

Cuando se tiene interés de predecir posibles fallas en la cimentación se sugiere realizar las siguientes actividades:

- ⤴ Nivelación del tablero
- ⤴ Inspecciones subacuáticas

Para determinar las condiciones de la cimentación se deben realizar algunas consideraciones como las siguientes:

- ✦ En los accesos, se debe detectar la presencia de deslaves, asentamientos o rugosidades que provocan que los vehículos que se acercan al puente causen esfuerzos de impacto no deseables.

- ✦ Los cauces se deben verificar de forma que tengan el suficiente espacio entre el cauce y la parte inferior de la estructura, es decir, que no se encuentre obstruido por depósitos de basura o materiales de arrastre y/o el crecimiento de la vegetación que puede modificar la orientación de la corriente, causando socavación en las pilas o en los estribos.

1.7.2 SUBESTRUCTURA

Los elementos que forman parte de la subestructura son: los estribos, las pilas y los sistemas de apoyo; de la amplia variedad de defectos y deterioros observables en este tipo de elementos, deben incluirse en un informe las fisuras y grietas que puedan observarse y que puedan ser indicios de otros problemas relacionados con la cimentación, el mal funcionamiento de apoyos, etc.

En las pilas y los estribos, se debe revisar la cimentación para detectar la presencia y severidad de grietas ya que estas pueden ser indicios de socavación o hundimientos.

En los apoyos es importante asegurar su adecuado funcionamiento, cuidando que no existan daños en los pernos de anclaje y que estén ajustados adecuadamente, libres de materiales extraños para que haya libertad de movimientos; se debe asegurar que no existan grietas por compresión, intemperismo o sobrecarga; humedad y sedimentación. Por lo regular los apoyos de los extremos son los más intemperizados y necesitan limpieza continua para asegurar su funcionalidad.

1.7.3 SUPERESTRUCTURA

La inspección de los elementos de la superestructura y los daños típicos que estos presentan, varían dependiendo si se trata de puentes metálicos, puentes de concreto armado, pretensado u obras prefabricadas.

En los puentes formados por armaduras metálicas, se deben vigilar las uniones de soldadura, que son puntos críticos en los que se acumulan residuos, que provocan la corrosión y la pérdida de sección en elementos de la estructura.

En las vigas y largueros de acero se debe vigilar la existencia de grietas y de corrosión, principalmente, en los patines superiores alrededor de los remaches, pernos y en las áreas de soldadura; asegurándose de que estén adecuadamente sostenidas y que no haya torceduras o desplazamientos, ni tengan daños debido a pérdidas de sección por corrosión.

Para las trabes de concreto, en caso de existir grietas deben observarse por un tiempo para determinar si son activas y medirlas; y si ya han sido tratadas con inyecciones de resina epóxicas así como las áreas que sufren desintegración del concreto y la existencia de las vibraciones o deflexiones excesivas.

En los elementos pretensados, como trabes o diafragmas, es importante la vigilancia frecuente para que el agua no penetre por las fisuras ni por los anclajes extremos de los ductos, ya que cualquier inicio de corrosión es difícil de detectar y también es importante verificar que la altura de los gálibos sean las requeridas para evitar accidentes o colisiones con las trabes u otro elemento del puente.

1.7.4 EQUIPAMIENTO

Dentro del equipamiento se incluye la inspección de calzadas y aceras, juntas de dilatación, sistemas de drenaje, parapeto, barandales, señalización, etc.

a) Juntas de dilatación, se debe observar que tengan el espacio adecuado para los desplazamientos por efectos térmicos y que estén libres de basura.

b) Tableros, el objetivo es buscar agrietamientos, descascaramientos, baches u otras evidencias de deterioro.

c) Señalizaciones, en los señalamientos deben revisarse la legibilidad, la visibilidad y la necesidad de las señales existentes.

d) Sistemas de drenaje, hay que revisar el drenaje para evitar encharcamientos, que los drenes estén libres de basura y funcionen correctamente.

e) Parapetos, se deben buscar golpes causados por colisiones de vehículos.

1.8 CONCLUSIONES

Con la ayuda de equipos tanto de señalamiento (prevención) y de nivelación para la medición de la estructura en caso necesario se debe tomar en cuenta una serie de procedimientos para la inspección en los puentes porque de eso depende la corrección de defectos y la disminución de daños que presente la estructura.

Los elementos que forman la estructura del puente son la cimentación, la subestructura, la superestructura y el equipamiento. De todos ellos se debe hacer una inspección especial cuando la problemática del puente es mayor en caso necesario.

CAPÍTULO II

DAÑOS EN PUENTES DE CONCRETO

2.1 INTRODUCCIÓN

El concreto puede presentar un comportamiento inadecuado como la desintegración, el desprendimiento, el agrietamiento, las deflexiones o los asentamientos. Para llevar a cabo las reparaciones se requiere saber que fue lo que ocasionó el mal comportamiento del concreto y entender la causa que permita diseñar la reparación.

El efecto que se produce en una construcción (Figura 2.1) se deriva de factores como: el asentamiento, deflexiones, desgastes, desprendimientos, agrietamientos y desintegraciones y las causas pueden ser por defectos, daños y deterioros antes, durante y después de la construcción.

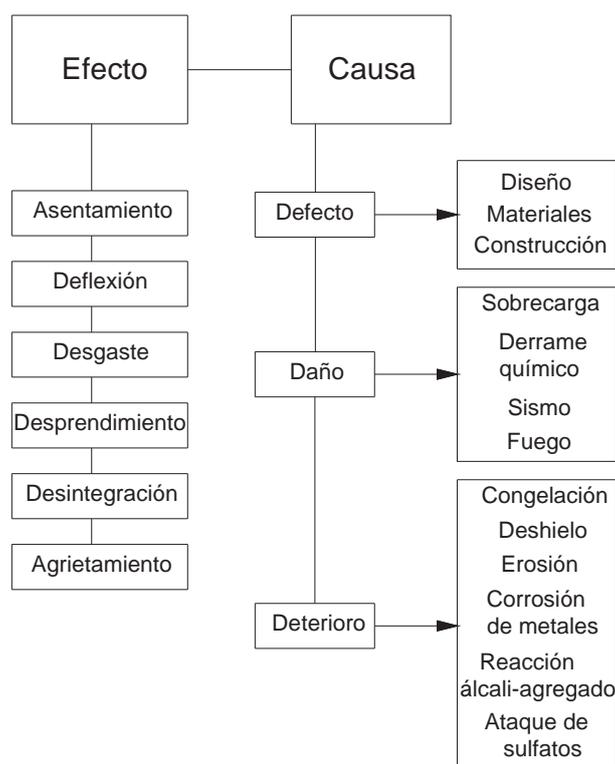


Figura 2.1 Factores que afectan al concreto

Los efectos que puede sufrir el concreto son los siguientes:

a) Corrosión del acero de refuerzo

- b) Mecanismos de desintegración
- c) Efectos de humedad
- d) Efectos térmicos
- e) Efectos de carga
- f) Defectos debido a la mano de obra no calificada

2.2 CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

El concreto es un material de alta alcalinidad. El PH (Potencial de Hidrógeno) del concreto recién mezclado generalmente se ubica entre 12 y 13. En éste intervalo de alcalinidad, el acero ahogado está protegido contra la corrosión por una película de pasivación adherida a la superficie de la varilla de refuerzo; por lo tanto cuando ésta se rompe, puede surgir la corrosión.

La corrosión es un proceso electroquímico que requiere de un ánodo, un cátodo y un electrolito. La matriz de un concreto húmedo forma un electrolito aceptable y el acero de refuerzo proporciona el ánodo y el cátodo. La corriente eléctrica influye entre el cátodo y el ánodo y la reacción da como resultado un incremento en el volumen del metal cuando el fierro se oxida, para que la reacción tenga lugar debe haber agua y oxígeno. En concreto de buena calidad la velocidad de corrosión es lenta.

Los agentes que provocan el inicio de la corrosión son (Figura 2.2): el oxígeno, el agua, las corrientes eléctricas y los cloruros.

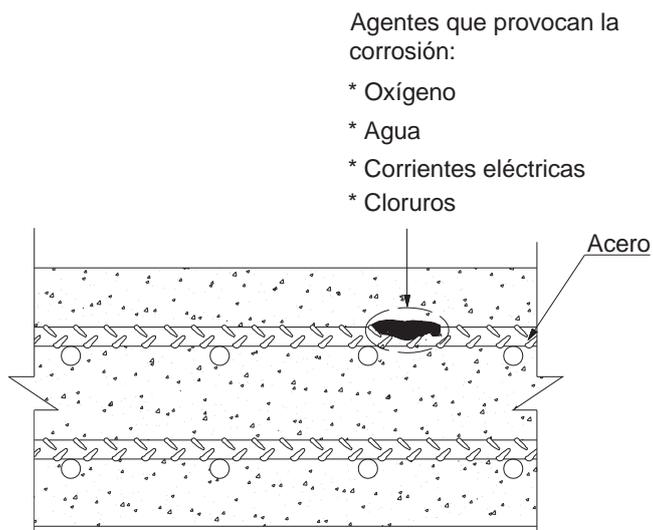


Figura 2.2 Agentes que provocan la corrosión

2.2.1 AGRIETAMIENTO

El agrietamiento del concreto inducido por la corrosión del acero (Figura 2.3) es debido a:

- Resistencia a la tensión del concreto
- Calidad y espesor del recubrimiento del concreto sobre la varilla de refuerzo
- Adherencia entre la varilla de refuerzo y el concreto
- Diámetro de la varilla de refuerzo

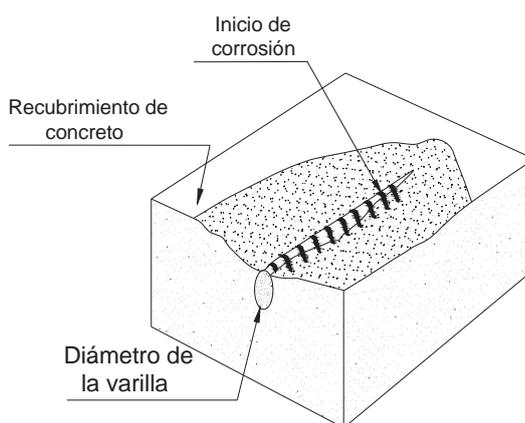


Figura 2.3 Agrietamiento y desprendimiento del concreto

2.2.2 PENETRACIÓN DE CLORUROS

Los cloruros pueden introducirse en el concreto cuando entran en contacto con el ambiente, elementos tales como el agua de mar o sales descongelantes.

La penetración de los cloruros empieza en la superficie y posteriormente se mueve hacia adentro (Figura 2.4), esto es, dependiendo de la cantidad de cloruros que entren en contacto con el concreto, de la permeabilidad del concreto y la cantidad de humedad presente.

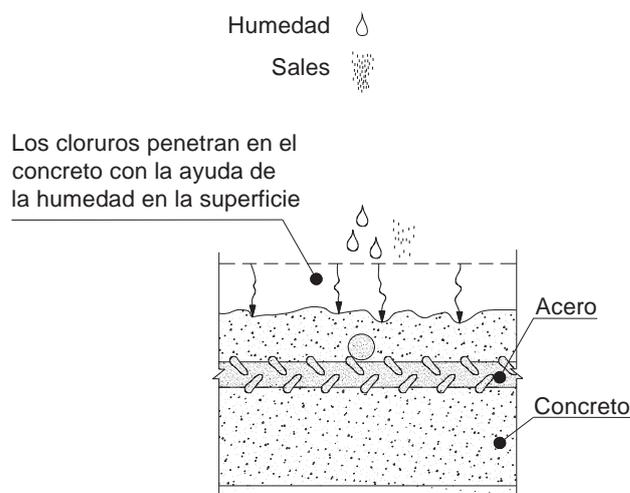


Figura 2.4 Penetración de cloruros en el concreto

Las fuerzas de tensión generadas por la expansión del óxido, hacen que el concreto se agriete y se desprenda (Figura 2.5).

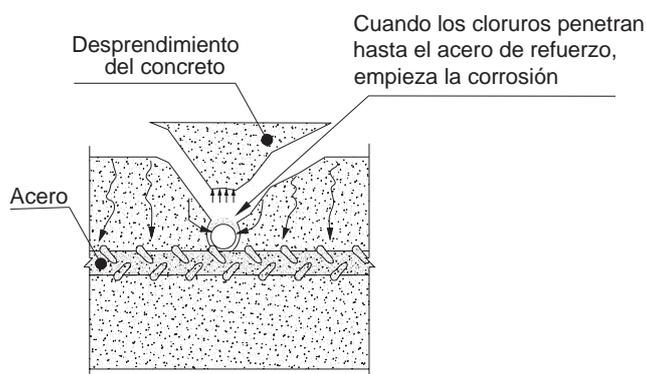


Figura 2.5 Desprendimiento del concreto

2.2.3 CARBONATACIÓN

La carbonatación del concreto es una reacción entre gases ácidos en la atmósfera y los productos de hidratación del cemento. El aire normal contiene dióxido de carbono (CO_2) en concentraciones relativamente bajas (0.03%). En la Tabla 2.1 se define las fases del proceso de la carbonatación.

Tabla 2.1 Proceso de la carbonatación

Primer fase	Contenido normal que tiene los poros del concreto son: Agua " H_2O " y Cal libre " $\text{Ca}(\text{OH})_2$ "
Segunda fase	Cuando el dióxido de carbono del aire penetra en los poros del concreto se forma ácido carbónico. Dióxido de carbono " CO_2 " + Agua " H_2O " = Ácido carbónico " H_2CO_3 "
Tercer fase	El ácido carbónico neutraliza la cal libre y forma carbonato de Calcio sólido con PH neutro. Cal libre " $\text{Ca}(\text{OH})_2$ " + Ácido carbónico " H_2CO_3 " = Carbonato de Calcio " CaCO_3 " + Agua " H_2O "

Cuando la alcalinidad del concreto se reduce a un valor PH de aproximadamente 10 y consecuentemente se pierde la protección del concreto del acero de refuerzo. La pasividad de la capa protectora en el acero es destruida cuando el acero es despasivado y el ambiente es ácido o ligeramente alcalino. Empieza la corrosión si la humedad y el oxígeno ganan acceso hacia el concreto.

En un concreto de buena calidad, el proceso de carbonatación es muy lento. Se ha estimado que el proceso continuará a una tasa de hasta 1mm (0.04") por año. Difícilmente la carbonatación ocurre cuando el concreto está constantemente bajo el agua.

Cuando el dióxido de carbono empieza a penetrarse en la grieta de la estructura hasta llegar al acero, se inicia la corrosión, pero esto se efectúa con el paso del tiempo (Figura 2.6).

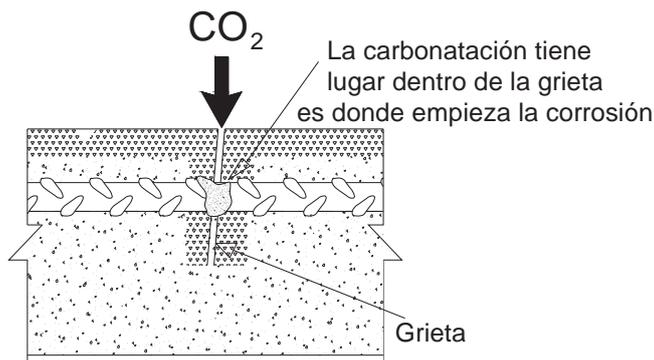


Figura 2.6 Desprendimiento del concreto debido a la corrosión en el acero

2.2.4 CORROSIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL

La corrosión de metales ahogados incluye elementos tales como vigas de acero coladas en el concreto para formar un elemento compuesto o cuando se le proporciona protección contra el fuego a la viga. Cuando una grieta o una junta de construcción se presenta en el patín superior de una viga es susceptible el proceso de corrosión debido a la humedad y sales corrosivas que se presentan en la estructura (Figura 2.7). La corrosión en el patín superior ejerce un empuje sobre el concreto que se encuentra por encima de patín. Cuando la fuerza es mayor ocurre el desprendimiento, entonces es evidente la separación de la losa y la viga desde el lado inferior de la losa (Figura 2.8).

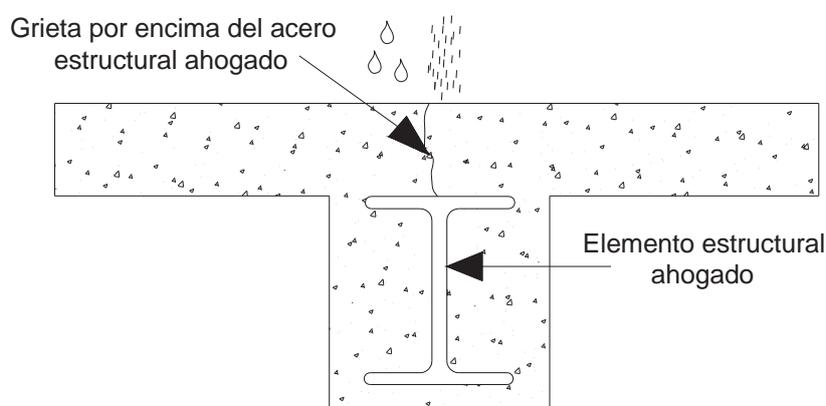


Figura 2.7 Se introduce la humedad y las sales hacia el concreto

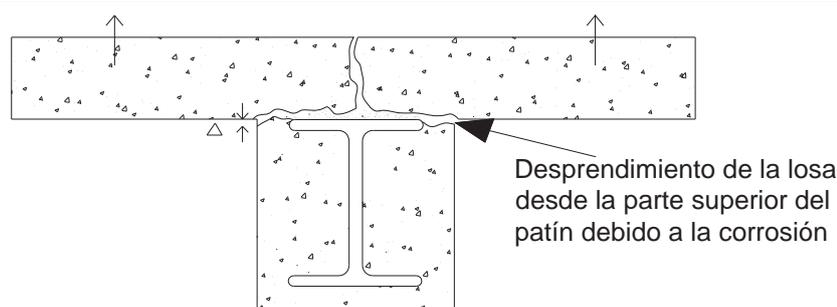


Figura 2.8 Desprendimiento de la losa debido a la corrosión

2.3 MECANISMOS DE DESINTEGRACIÓN

La exposición a químicos agresivos (ya sean artificiales o naturales), puede provocar que el concreto altere su composición química, teniendo como resultado un cambio en sus propiedades mecánicas. Dependiendo del tipo de ataque, el concreto puede ablandarse o desintegrarse en una parte o en su totalidad.

El agua puede ser uno de los ambientes más agresivos que causan la desintegración. Si el concreto está saturado con agua y sometido a congelación, la fuerza expansiva del incremento en volumen (hielo comparado con agua) puede causar que el concreto se separe en pedazos pequeños. Similar a los efectos del hielo es la expansión de los cristales de las sales en la superficie de concreto sometidos a soluciones salinas.

No todos los mecanismos de desintegración son causados por factores externos; las reacciones álcali-agregado, están internamente contenidas dentro del concreto originalmente elaborado. Tales reacciones dan como resultado la expansión del agregado afectado.

Los mecanismos de desintegración se clasifican en:

- a) Exposición a químicos agresivos
- b) Desintegración por congelación y deshielo
- c) Reacción álcali-agregado
- d) Ataque de sulfatos

2.3.1 EXPOSICIÓN A QUÍMICOS AGRESIVOS

Ciertos químicos en solución atacan a varios constituyentes del concreto. Los químicos agresivos pueden ser: ácidos inorgánicos, ácidos orgánicos, soluciones alcalinas, soluciones salinas.

En la Figura 2.9 se observa una estructura de concreto sana debido a que no ha sido atacada por químicos agresivos, mientras que en la Figura 2.10 empieza el ataque de ácidos al concreto esto es, la reacción que se produce entre el ácido y el Hidróxido de Calcio del cemento Pórtland hidratado; por lo cual se empieza a desprender los agregados pétreos del cemento.

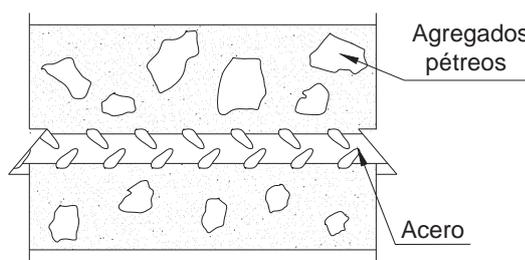


Figura 2.9 Estructura de concreto antes del ataque de ácidos

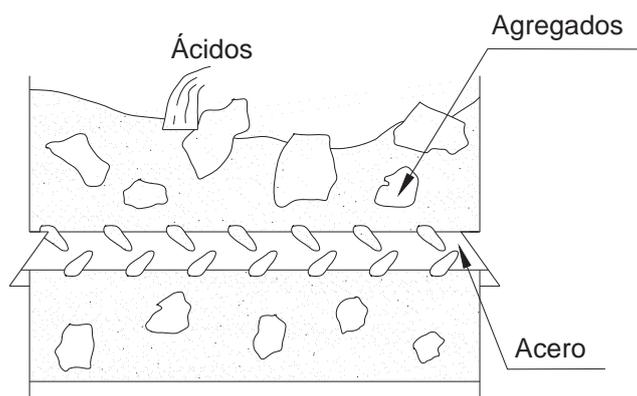


Figura 2.10 Estructura de concreto durante el ataque de ácidos

Cuando se usan agregados de piedra caliza o dolomitas, el ácido puede disolverlos (Figura 2.11).

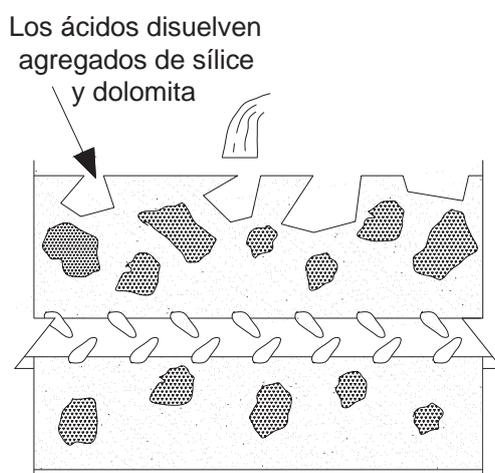


Figura 2.11 Agregados de piedra caliza o dolomitas

2.3.2 DESINTEGRACIÓN POR CONGELACIÓN Y DESHIELO

La desintegración o el deterioro por congelación y deshielo se origina cuando se presentan dos condiciones:

- ⤴ Ciclos de temperatura de congelación y deshielo dentro del concreto.
- ⤴ Concreto poroso que absorbe agua (poros capilares llenos de agua).

El deterioro por congelación y deshielo generalmente ocurre en superficies horizontales que están expuestas al agua, o en superficies verticales que estén en la línea de agua en porciones sumergidas de estructuras. El agua de congelación contenida en los poros de la estructura se expande hasta convertirse en hielo; por lo cual la expansión causa fuerzas de tensión que fracturan al concreto.

La velocidad del deterioro por congelación y deshielo (Figura 2.12) está en función de la porosidad incrementada (la velocidad aumenta); la saturación de humedad incrementada (la velocidad se incrementa); el número incrementado de los ciclos de congelación y deshielo (la velocidad se incrementa); el aire incluido (la velocidad se

reduce) y las superficies horizontales que atrapan agua estancada (la velocidad se incrementa).

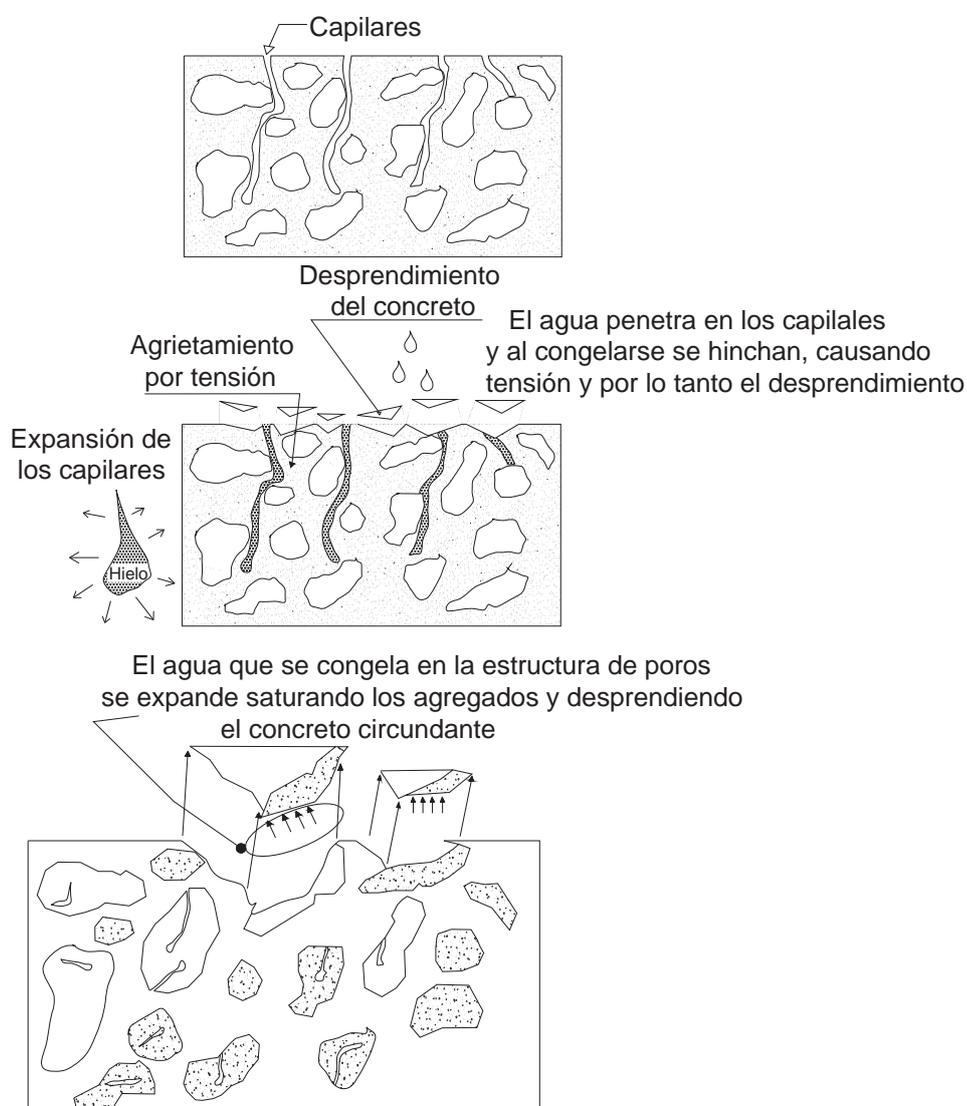


Figura 2.12 Deterioro por congelación y deshielo en la estructura de concreto

2.3.3 REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO

La reacción álcali-agregado es un fenómeno de carácter expansivo, el cual produce agrietamientos que son generados por esfuerzos en el interior de estructuras y pavimentos de concreto. Lo que se conoce acerca de éste tipo de reacción es que ciertos agregados, tales como, formas reactivas de Sílice, reaccionan con el Hidróxido

de Potasio, Sodio, y Calcio que están en el cemento y forman un gel alrededor de los agregados reaccionantes; cuando el gel alrededor del agregado es expuesto a humedad, se expande, creando fuerzas que causan grietas por tensión (Figura 2.13).

El contenido de humedad del concreto debe ser aproximadamente el 80%. El concreto no confinado que experimenta la reacción álcali-agregado muestra signos de agrietamiento superficial tipo de “mapas” sobre las superficies expuestas. Una vez que se ha formado el agrietamiento más humedad, penetra en el concreto, acelerando la reacción álcali-agregado y permitiendo daño adicional por congelación y deshielo.

La reacción álcali-agregado puede pasar inadvertida por algún tiempo, posiblemente años, antes de que se desarrollen severos trastornos asociados. Usualmente las pruebas para detectar la presencia de reacciones álcali-agregado se lleva a cabo mediante un examen petrográfico del concreto.

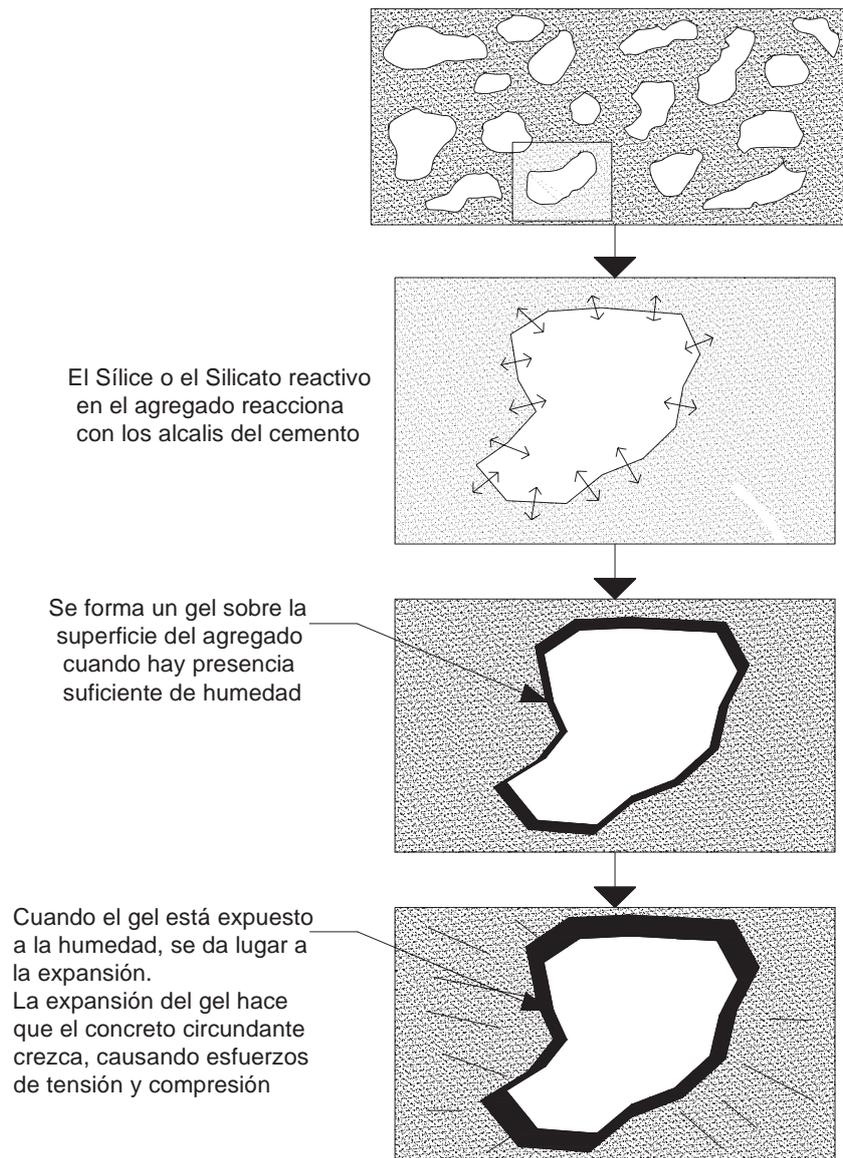


Figura 2.13 Proceso de la reacción álcali-agregado

2.3.4 ATAQUE DE SULFATOS

La presencia de Sulfatos solubles (principalmente los de Sodio, Calcio y Magnesio) es común en zona de operaciones mineras, de la industria química y del papel. Los Sulfatos de Sodio y Calcio son los más comunes en suelos, agua y procedimientos industriales. Los Sulfatos de Magnesio son menos comunes, pero más destructivos. El suelo o el agua que contienen estos sulfatos con frecuencia se llaman suelo o agua “álcali”.

Todos los sulfatos son potencialmente dañinos al concreto. Ellos reaccionan químicamente con la cal hidratada de la pasta de cemento y con el Aluminato de Calcio hidratado. Como resultado de ésta reacción, se forman productos sólidos con un volumen más grande que los productos que entran en la reacción.

La resistencia a sulfatos del concreto se mejora por una baja reacción agua-cemento y un factor adecuado de cemento, con un Aluminato con bajo contenido Tricálcico y con aire incluido apropiado. Con un proporcionamiento apropiado, el humo de Sílice (microsílice), la ceniza volante y la escoria molida generalmente mejoran la resistencia del concreto al ataque de Sulfatos, principalmente reduciendo la cantidad de elementos reactivos (tales como Calcio) necesario para reacciones de Sulfato expansivo.

2.4 EFECTOS DE LA HUMEDAD

2.4.1 CONTRACCIÓN POR SECADO

La contracción por secado se puede definir como la reducción de volumen del concreto causado por la pérdida química y física del agua durante el proceso del endurecimiento y la exposición del aire. La contracción ocurre cuando la pérdida de cemento, agua y agregados sueltan el agua por medio de la evaporación (pérdida física) y en parte por la hidratación del cemento (pérdida química) esto da como resultado la reducción del volumen que causa el agrietamiento por contracción. En su exposición a la atmósfera, el concreto pierde algo del agua original que tenía a través de la evaporación, y se contrae. El concreto de peso normal se contrae de 400 a 800 microdeformaciones (1×10^{-6} mm/mm). La colocación correcta del acero de refuerzo en el elemento distribuye los esfuerzos de contracción y controla los anchos y las grietas. En la Tabla 2.2 se presentan los factores que afectan la contracción por secado.

Tabla 2.2 Factores que afectan la contracción por secado

Factor	Contracción reducida	Contracción incrementada
Tipo de cemento	Tipo I, II	Tipo III
Tamaño del agregado	1 ½" (38 mm)	19 mm
Tipo de agregado	Cuarzo	Arenisca
Contenido de cemento	325 kg/m ³	415 kg/m ³
Revenimiento	76 mm	152 mm
Curado	7 días	3 días
Temperatura de colocación	16 °C	29 °C
Estado del agregado	Lavado	Sucio

2.4.2 CAMBIO DE VOLUMEN POR CONTENIDO DE HUMEDAD

El concreto cambia de longitud dependiendo de su contenido de humedad. El concreto húmedo que se seca se contrae, mientras que el concreto seco que se humedece se expande (Figura 2.14). El concreto tiene cambios de acuerdo a las estaciones del año: los veranos cálidos y húmedos generan altos contenidos de humedad, mientras que los veranos fríos y secos reducen los contenidos de humedad.

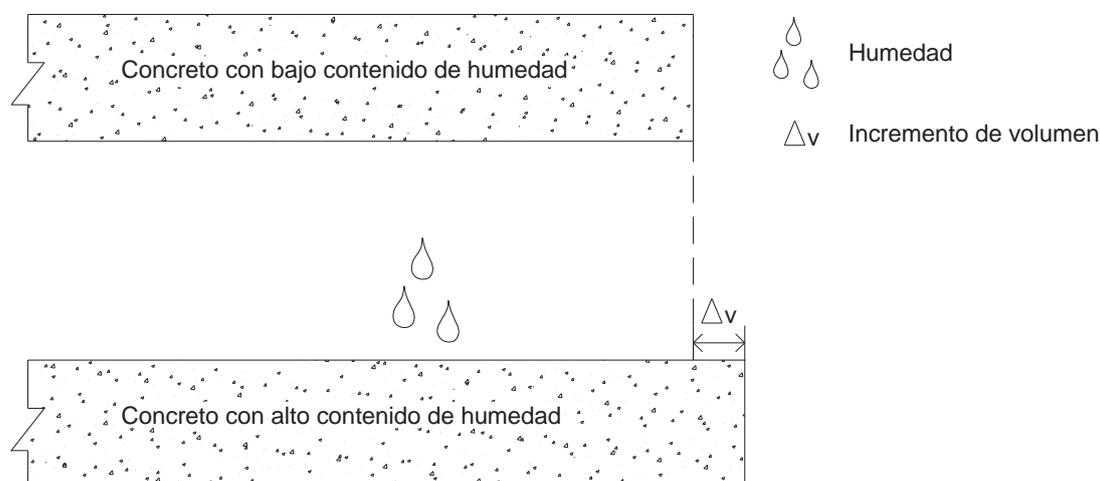


Figura 2.14 Cambio de volumen en el concreto

2.5 EFECTOS TÉRMICOS

El efecto de la temperatura en las estructuras y elementos de concreto es producido por el cambio de volumen; los cambios de volumen crean esfuerzos cuando el concreto está restringido, los esfuerzos pueden ser: de tensión, compresión y cortante y esto a su vez da como resultado el agrietamiento y desprendimiento de las estructuras de concreto.

2.5.1 CARGAS TÉRMICAS DIFERENTES

Cuando las estructuras de concreto se encuentran a una temperatura constante tanto en la parte superior e inferior de la losa no se produce cambios (Figura 2.15). Cuando la temperatura en la superficie de una losa de cubierta expuesta a los rayos directos del sol alcanza 48°C (118°F) y la parte inferior de la losa puede ser solamente de 26°C (78°F) en el cual hay una diferencia de 22°C (40°F) se le llama calentamiento solar diurno. Esto provoca que la superficie de arriba se expanda más que la superficie de abajo, dando como resultado un movimiento de la losa hacia arriba durante el calentamiento y un movimiento hacia abajo durante el enfriamiento (Figura 2.16).

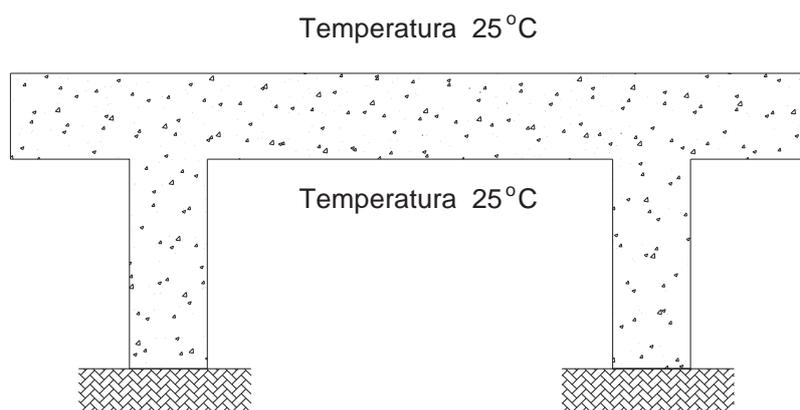


Figura 2.15 Estructura de concreto a temperatura constante

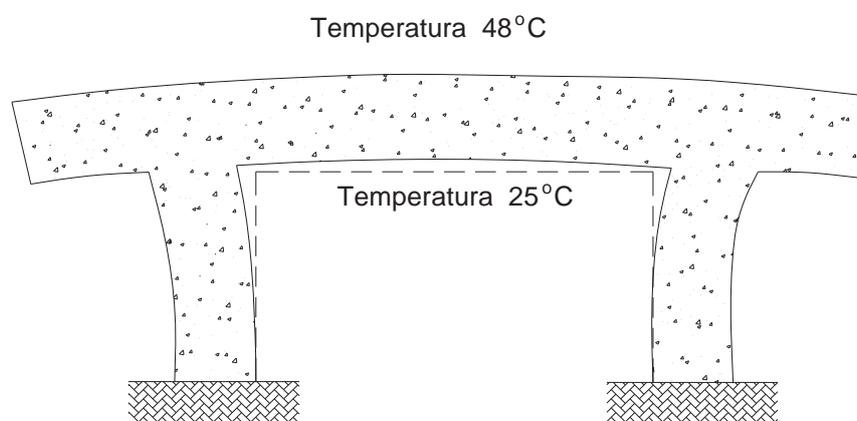


Figura 2.16 Estructura de concreto a temperatura variable

2.6 EFECTOS DE CARGA

Las estructuras y los elementos de concreto, soportan cargas. Algunos soportan únicamente el peso de los materiales de los cuales están elaborados, mientras que otros soportan cargas aplicadas a la estructura. Todos los materiales cambian de volumen cuando están sujetos a esfuerzos, el concreto no es la excepción. Cuando está sujeto a esfuerzos de tensión, el concreto se estira; cuando está sujeto a esfuerzos de compresión, se acorta o se encoge. El concreto reforzado está compuesto de dos materiales: el concreto propiamente dicho y el acero de refuerzo. El concreto posee alta resistencia a la compresión, pero poca resistencia a la tensión y el acero de refuerzo proporciona la resistencia necesaria a la tensión. El acero y el concreto trabajan juntos con eficacia como material compuesto debido a los coeficientes similares de expansión térmica, a la adherencia entre las varillas de refuerzo y el concreto evita que las varillas se deslicen respecto al concreto y a que el concreto de buena calidad protege adecuadamente al acero de refuerzo contra la corrosión.

Los problemas del concreto, tales como deflexión excesiva, agrietamiento o desprendimiento, pueden ser causados por el cambio de volumen asociado con los efectos de la carga. Las cargas que normalmente se presentan en un puente se muestran en la (Figura 2.17).

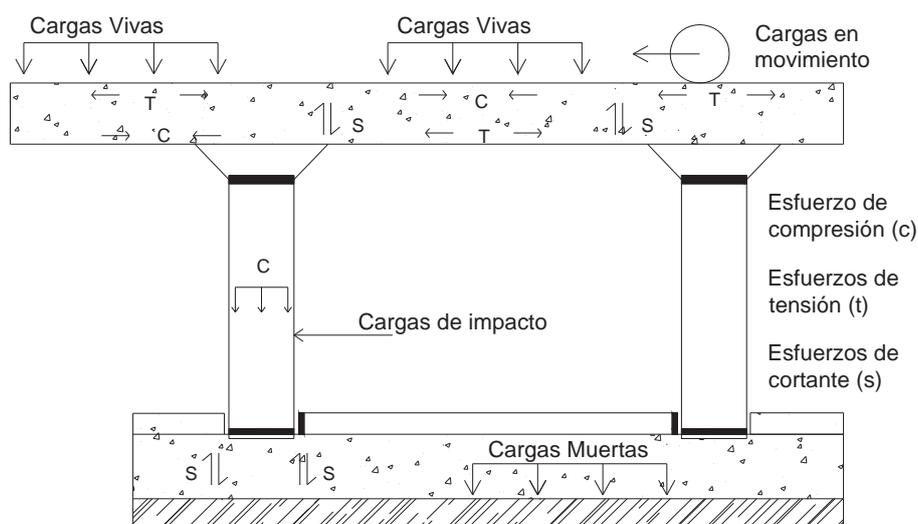


Figura 2.17 Cargas que se presentan en los puentes

2.6.1 CONCRETO REFORZADO

El concreto reforzado es un compuesto estructural formado por el concreto y el acero de refuerzo. El concreto tiene excelentes propiedades de compresión, pero pobres propiedades de tensión (aproximadamente el 10% de resistencia a la compresión). La mayoría de las estructuras de concreto están sujetas a fuerzas de tensión. Las losas y las vigas son los miembros más comúnmente sujetos a una tensión. Las varillas de refuerzo se colocan en el concreto para soportar las fuerzas de tensión. Una viga simplemente apoyada con carga en su parte superior experimenta tensión en su parte inferior (la tensión máxima a la mitad del claro), mientras que fuerzas de compresión están actuando en la parte superior (compresión máxima a la mitad del claro). Cuando las varillas de refuerzo están sujetas a tensión, se estiran. El concreto alrededor de las varillas de refuerzo, consecuentemente está sujeto a tensión y se estira. Cuando se alcanza una tensión que excede a la resistencia a tensión del concreto, pueden aparecer grietas transversales cerca de las varillas de refuerzo (Figura 2.18).

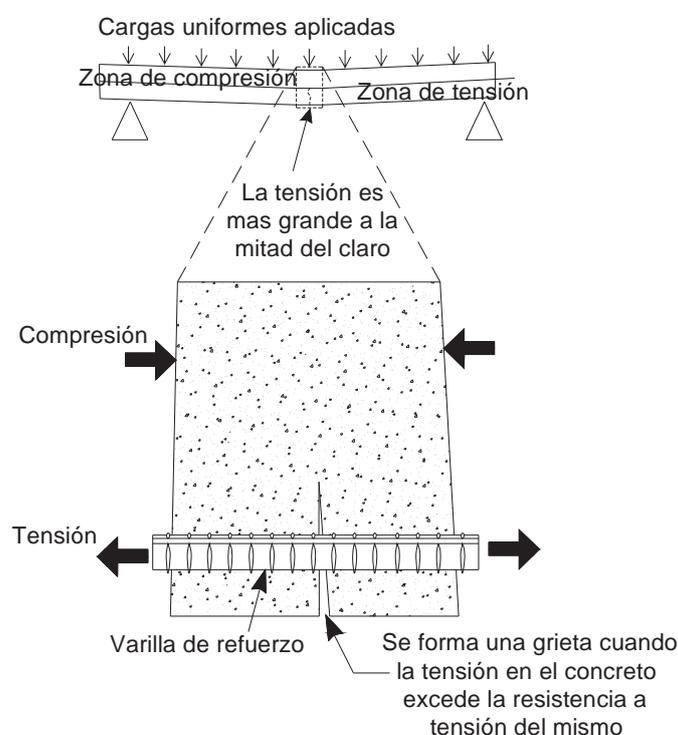


Figura 2.18 Viga de concreto reforzado simplemente apoyada

2.6.2 CORTANTE EN ELEMENTOS LOSA-VIGA-COLUMNA

Las conexiones de columnas a losas y vigas, experimentan un considerable esfuerzo de cortante. El esfuerzo excesivo produce grietas en las vigas y en la losa circundante. El agrietamiento por cortante de columnas y vigas en las conexiones puede ser causado por el movimiento horizontal. Las fuerzas horizontales pueden acumularse por los cambios de volumen causados por cambios de temperatura; por el acortamiento elástico causado por fuerzas de postensado y al movimiento de la cimentación causado por asentamientos o sismos.

En la Figura 2.19 se ve el desprendimiento que surge de la columna con la losa y viga debido al movimiento horizontal que se origina por los casos anteriores.

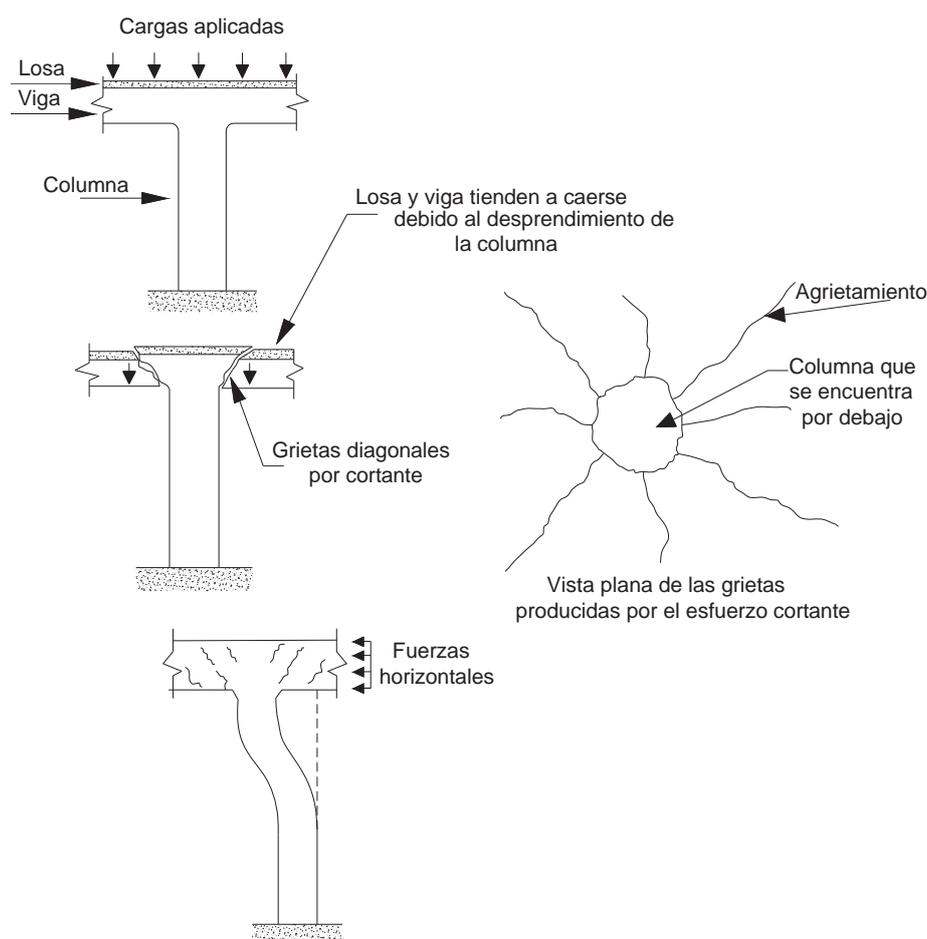


Figura 2.19 Esfuerzo cortante en elementos losa-viga-columna

2.6.3 ESTRUCTURAS DE CONCRETO EN VOLADIZO O CANTILEVER

Las estructuras en voladizo o cantilever (Figura 2.20) están apoyadas únicamente de un sólo lado (las losas de balcones son un ejemplo típico). Las cargas aplicadas en la parte superior de la losa producen un deflexión como se observa en la Figura 2.21 por lo cual las fuerzas de tensión están actuando en la parte superior del muro y son soportadas por el acero de refuerzo localizado en la parte superior del elemento (Figura 2.22). Se debe considerar que el acero de la parte superior debe ser colocado en la posición correcta cerca de la superficie del elemento. La colocación inapropiada del acero de refuerzo puede dar como resultado una falla por flexión de un elemento estructural y las grietas por tensión que se desarrollan en el acero de la parte superior de la losa son pasos naturales para la humedad y para otras sustancias inductoras de corrosión. La corrosión abundante da como resultado una pérdida en la sección y causa una pérdida proporcional en la capacidad de tensión. La falla del acero de refuerzo puede dar como resultado un efecto de bisagra y la falla completa.

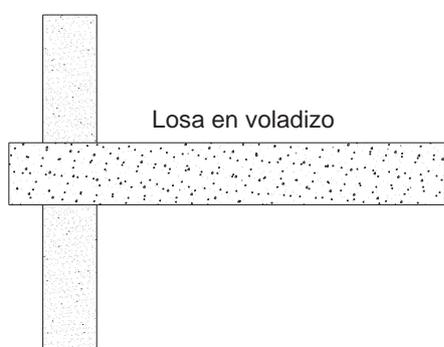


Figura 2.20 Losa en voladizo

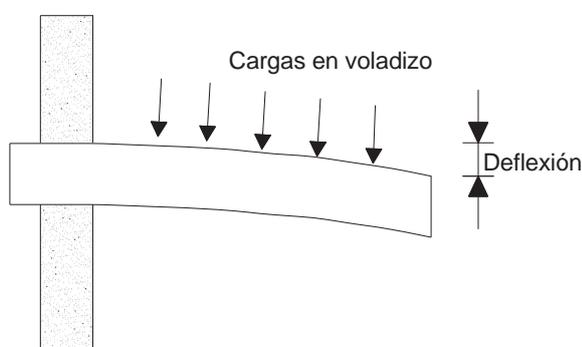


Figura 2.21 Cargas que actúan en la parte superior de la losa

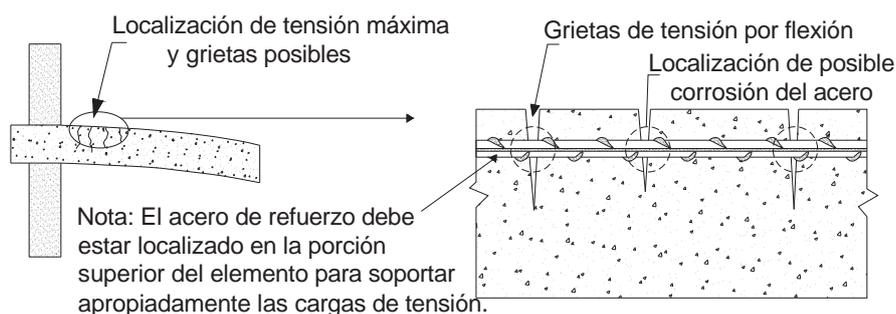


Figura 2.22 Fuerzas de tensión que actúan en la parte superior de la losa

2.6.4 COLUMNAS

Las columnas deben estar diseñadas para soportar las cargas verticales (Figura 2.23). El concreto como todos los materiales, se estira bajo tensión y se comprime bajo compresión. Cuando el concreto es comprimido, los miembros se acortan (deformación vertical) y se abultan (deformación horizontal). La expansión genera fuerzas de tensión que son restringidas por el acero de refuerzo (estribos de las columnas). El acortamiento de las columnas consiste en el acortamiento elástico que ocurre tan pronto como son aplicadas las cargas (Figura 2.24). y en el acortamiento por fluencia ocurre a través del tiempo (Figura 2.25) y es afectado por el esfuerzo constante y la pérdida de humedad después de largo tiempo (madurez del concreto).

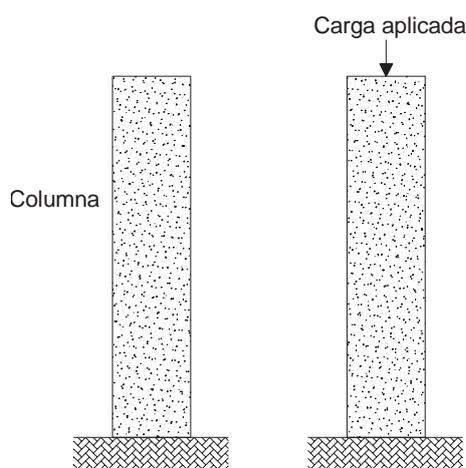


Figura 2.23 Columnas sin carga y con carga

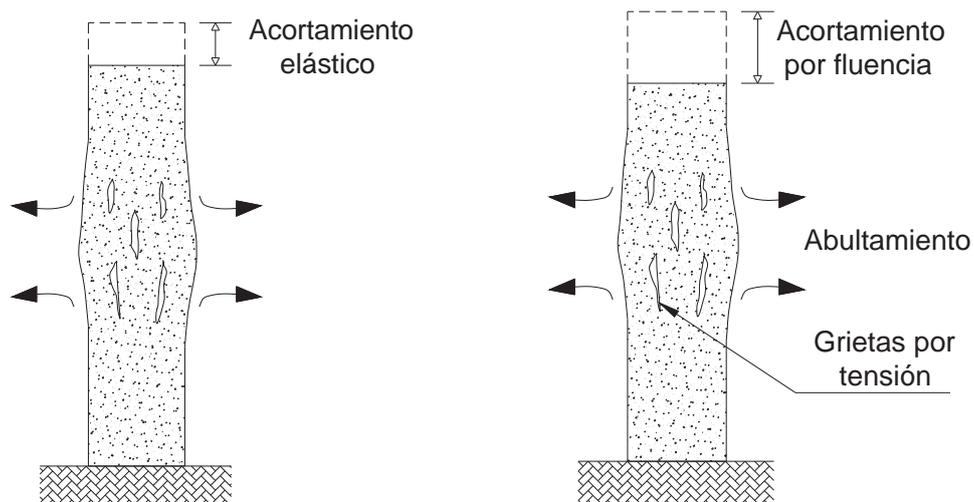


Figura 2.24 Acortamiento elástico Figura 2.25 Acortamiento por fluencia

2.7 DEFECTOS DEBIDO A LA MANO DE OBRA NO CALIFICADA

Todo proceso de construcción incluye una secuencia de operaciones necesarias paso a paso desde el plan conceptual a la estructura terminada (Figura 2.26).

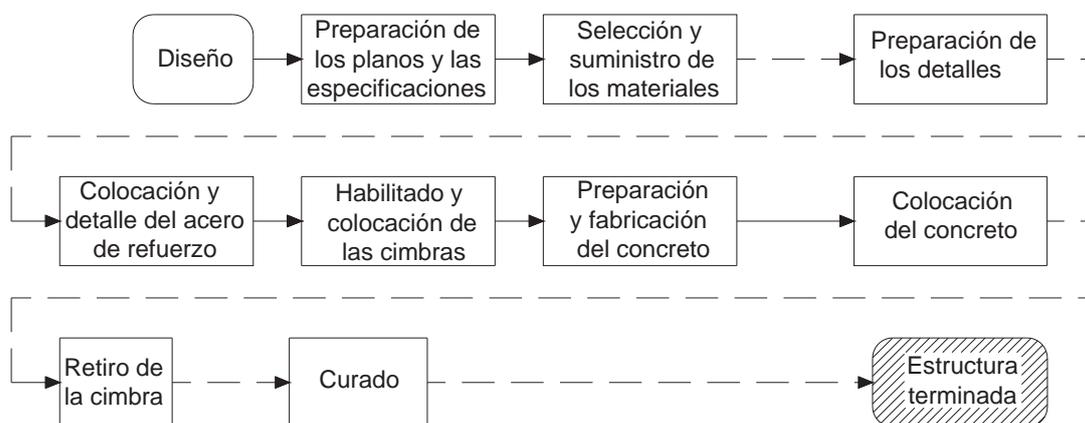


Figura 2.26 Secuencia de un proceso de construcción

2.7.1 COLOCACIÓN INAPROPIADA DEL ACERO DE REFUERZO

Las vigas y columnas generalmente son miembros demasiado congestionados. Los empalmes requieren traslapes de varillas y el resultado puede ser una carpeta de acero a través de la cual no puede pasar el concreto durante la colocación y la compactación. El resultado es un vacío, que puede ser visible; lo que sería peor alrededor del refuerzo como se observa en la Figura 2.27.

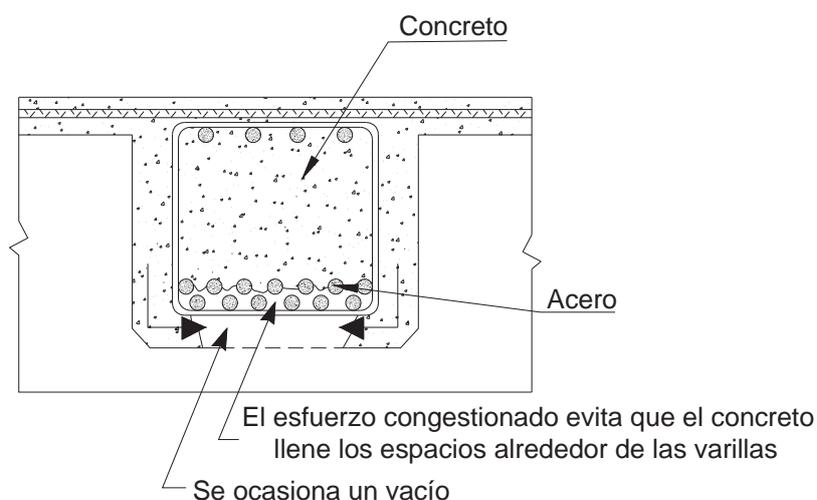


Figura 2.27 Secuencia de un proceso de construcción

2.7.2 RETIRO PREMATURO DE LA CIMBRA

El retiro de las cimbras (incluyendo el apuntalamiento) antes de que el concreto haya alcanzado su resistencia apropiada puede generar esfuerzo de compresión y de tensión, causando agrietamiento, deflexión y su posible colapso (Figura 2.28).

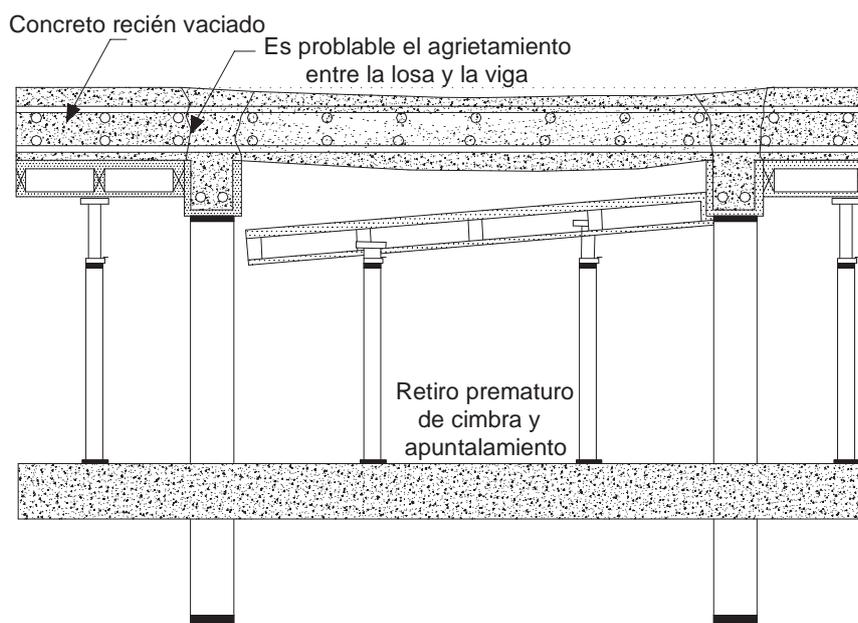


Figura 2.28 Retiro prematuro de la cimbra

2.7.3 COLOCACIÓN INADECUADA DE LAS CIMBRAS PARA COLUMNAS

Las cimbras circulares de cartón conocidas como “sonotubo” se usan ampliamente en la construcción de columnas redondas. Típicamente, las columnas son coladas previamente a la colocación de las cimbras para losas y vigas. La elevación exacta de la parte inferior de la losa o viga puede no ser determinada con precisión cuando son coladas las columnas. Si la columna es colada demasiado alto y penetra el concreto de la losa o viga, pueden ocurrir esfuerzos de cortante críticos, debido a un área inadecuada de la capacidad de cortante entre la columna, losa o viga (Figura 2.29).

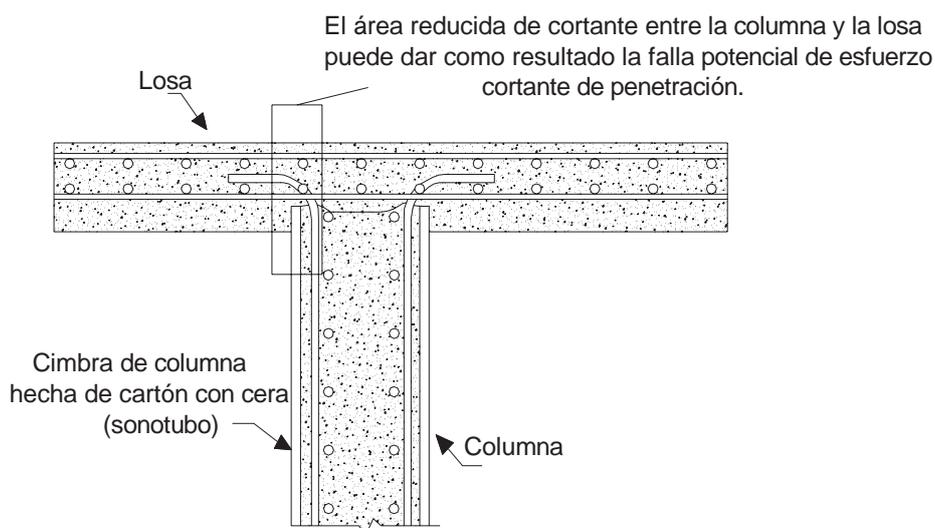


Figura 2.29 Colocación inadecuado de la cimbra

2.7.4 JUNTAS FRÍAS

Las juntas frías son lugares de discontinuidad dentro de una estructura en donde el concreto puede no estar firmemente adherido a sí mismo. Algunos procedimientos de colocación en la construcción requieren de varias coladas, por ejemplo una presa o muros altos. Para lograr la adherencia y la impermeabilidad apropiada, la superficie del concreto endurecido debe estar limpia, libre de grasa, polvo, partes sueltas o residuos de lechada. En ocasiones no se siguen los procedimientos adecuados de colado y limpieza apropiados o es difícil que se logre una adherencia entre los colados, esto da como resultado debilidad en la estructura.

Otro tipo de junta fría puede ocurrir dentro de un colado planeado (Figura 2.30), si una parte del concreto en un colado fragua, y después sobre éstas se coloca el resto del concreto; durante el colado se forman natas, originando un plano debilitado. Entonces puede ocurrir una fuga cuando la estructura es puesta en servicio.

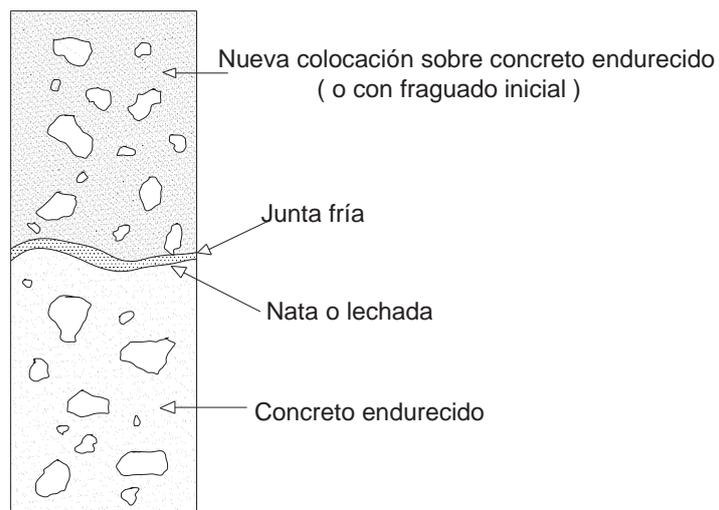


Figura 2.30 Representación de una junta fría

2.7.5 SEGREGACIÓN

Las principales causas de la segregación son: la mezcla con alto revenimiento, los métodos incorrectos para colocar el concreto y la vibración excesiva. Lo anterior provoca que la superficie superior tenga excesiva pasta y finos, y por lo tanto una excesiva relación agua-cemento, afectando su resistencia (Figura 2.31).

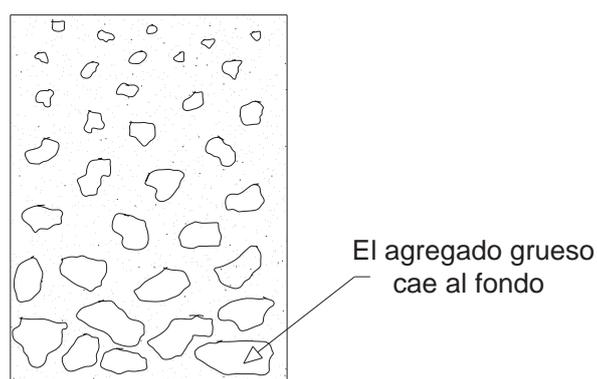


Figura 2.31 Representación de una segregación

2.7.6 AGRIETAMIENTO POR ASENTAMIENTO PLÁSTICO (ASENTAMIENTO)

El agrietamiento por asentamiento plástico es causado por asentamiento del concreto fresco alrededor de un esfuerzo fijo, dejando una grieta por encima de la varilla y un posible hueco por debajo de la misma (Figura 2.32). La probabilidad de agrietamiento depende del recubrimiento y del revenimiento.

El asentamiento del concreto plástico o fresco es causado por el bajo contenido de arena y alto contenido de agua; por las varillas grandes; por el escaso aislamiento térmico; por la baja humedad; por el tiempo insuficiente entre la corona de las columnas y la colocación de la losa y la viga; por la vibración deficiente y el movimiento de las cimbras.

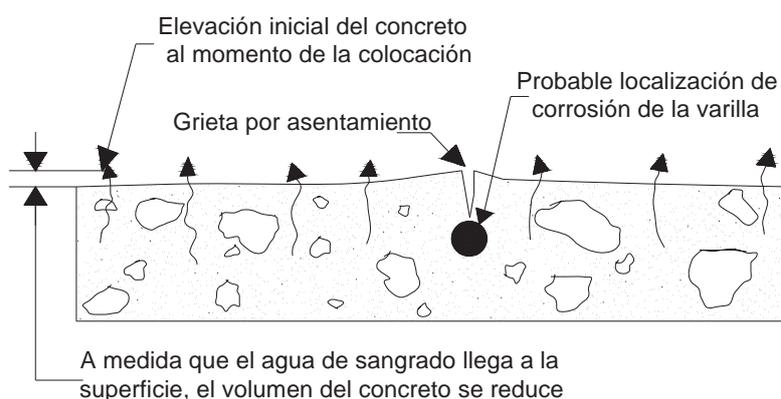


Figura 2.32 Agrietamiento por asentamiento plástico

2.7.7 AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA

La contracción plástica es causada por la rápida evaporación del agua de mezclado (no agua de sangrado) mientras que el concreto está en su estado plástico y en las primeras etapas del fraguado inicial. La contracción da como resultado agrietamiento cuando produce esfuerzo de tensión más grande que la capacidad de esfuerzo del

concreto recién colado (Figura 2.33). El agrietamiento por contracción plástica raramente fractura el agregado, pero se separa alrededor del mismo.

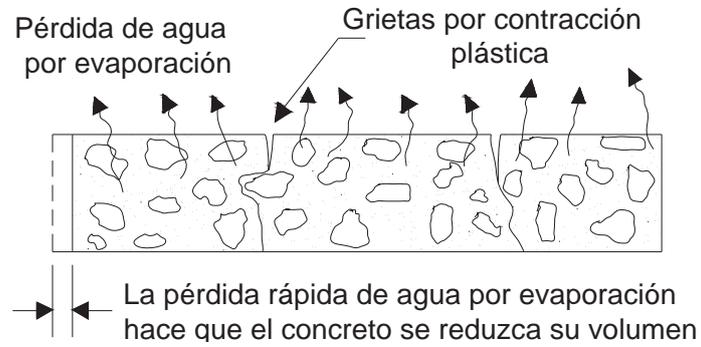


Figura 2.33 Agrietamiento por contracción plástica

2.8 CONCLUSIONES

Es importante tener el conocimiento de los factores que afectan el concreto ya que de ellos se deriva el mal comportamiento del mismo y por lo tanto habrá una comprensión de la causa del mismo, y además permite ubicar la zona en la que se puede realizar una reparación sobre la estructura.

El acero de refuerzo dentro del concreto puede presentar corrosión, desintegración, efectos de humedad, efectos térmicos, efectos de carga, defectos debido a la mano de obra no calificada (mala construcción); teniendo entendido todos éstos defectos que se producen sobre la estructura de concreto se puede realizar una mejor decisión en cuanto al método de reparación.

CAPÍTULO III

REPARACIÓN EN PUENTES DE CONCRETO REFORZADO

3.1 INTRODUCCIÓN

La práctica actual de reparación de superficies de concreto es mucho más compleja que en el pasado, por varias razones: para construcciones nuevas se usa concreto de alto rendimiento (alta resistencia, peso ligero, contenido de aditivos), etc.; el concreto se usa para diferentes ambientes agresivos; las estructuras son más complejas incluyendo postensado y prefabricado y hay mucha variedad de materiales para aplicaciones especiales.

Las técnicas actuales para la reparación de superficies de concreto son avanzadas tal que para aplicarlas se debe contar con un conocimiento efectivo de: los tipos de pruebas, las selecciones de material, la ingeniería estructural, de la preparación de superficies y de las técnicas y procedimientos de colocación.

La Figura 3.1 detalla los pasos generales que se involucran en la reparación de superficies.

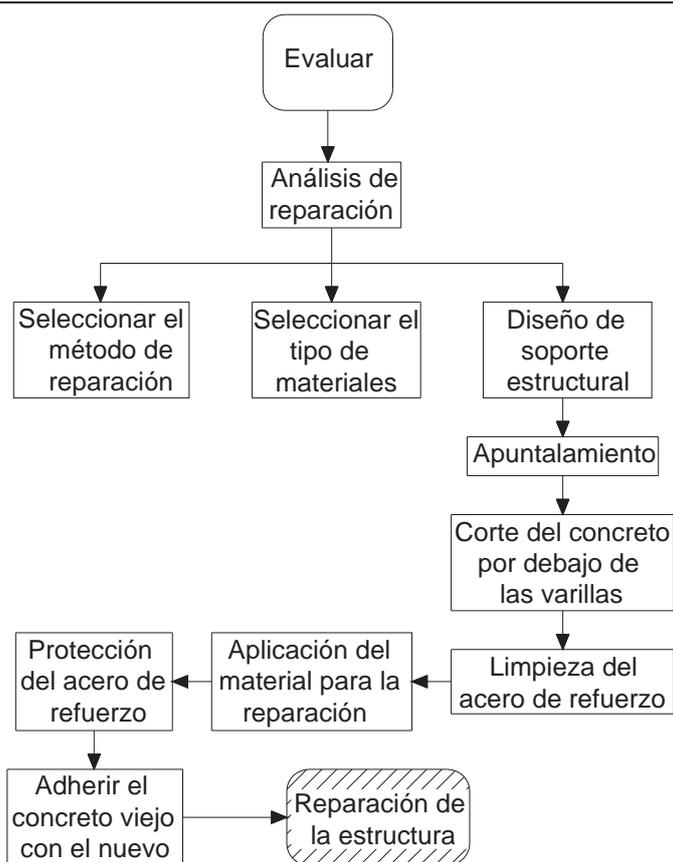
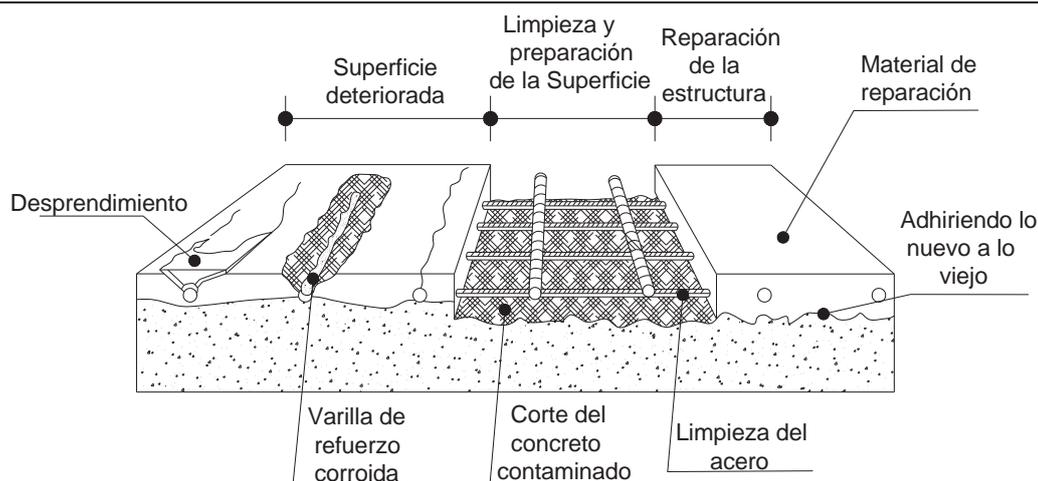


Figura 3.1 Procedimiento general para la reparación de estructuras de concreto

En la Figura 3.2 se observa el proceso que sufre el concreto como el desprendimiento, astillamiento, etc; para después realizar la limpieza y preparación de la superficie y por último se aplica el material adecuado para su reparación de acuerdo a la problemática que se presente.



3.2 Anatomía de la reparación de las superficies

3.2 METODOLOGÍA DE REPARACIÓN

Si se atiende la causa de una deficiencia que se produce en el concreto es probable seleccionar un sistema de reparación apropiado y como consecuencia la reparación será exitosa y se obtendrá la máxima vida de la estructura. Se deben diferenciar los síntomas que se observan de la deficiencia de la estructura, con respecto a las causas de esa alteración. Por ejemplo, el agrietamiento es un síntoma de sobreesfuerzo, que puede tener una variedad de causas. La selección de la técnica de reparación correcta para el agrietamiento depende de saber si se debe a cambios térmicos repetidos, sobrecarga accidental, agrietamiento por secado o construcción inadecuada, o alguna otra causa; sólo después que se conozcan las causas se pueden tomar decisiones en la selección de un sistema apropiado de reparación.

3.2.1 EVALUACIÓN

La evaluación puede incluir una revisión de documentos disponibles de diseño y construcción, análisis estructural de la estructura en su condición deteriorada. Al completar esta primera evaluación, el personal que la realice debe tener bien comprendida la condición de la estructura de concreto, así como el análisis visual que se debe realizar en ella.

3.2.2 MÉTODOS DE DESPRENDIMIENTO DEL CONCRETO

Los procedimientos de limpieza y preparación del sustrato son tan importantes que se consideran responsables del 50% o más de una recuperación o refuerzo de la estructura (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Procedimientos para el desprendimiento del concreto

Figura	Métodos para la preparación de la estructura	Uso	Equipo	Ventajas	Desventajas
3.3	Escarificación manual	En pequeñas superficies y de difícil acceso	Cinzel, marro	<ul style="list-style-type: none"> △ Poco ruido y ausencia de polvo. △ No se requiere de instalaciones de energía ni agua 	Después de la escarificación es necesario limpiar la superficie mediante aire comprimido
3.4	Disco de desgaste	Preparación y desgaste de grandes superficies	Pulidora industrial con disco	Alta productividad	Requiere de mano de obra especializada
3.5	Escarificación mecánica	En grandes superficies	Máquina de desgaste	<ul style="list-style-type: none"> △ Alto rendimiento en la preparación. △ No se requiere mano de obra especializada 	<ul style="list-style-type: none"> △ Se requiere de gran cuidado para no romper la estructura. △ Después de la escarificación se limpia la estructura con aire comprimido.

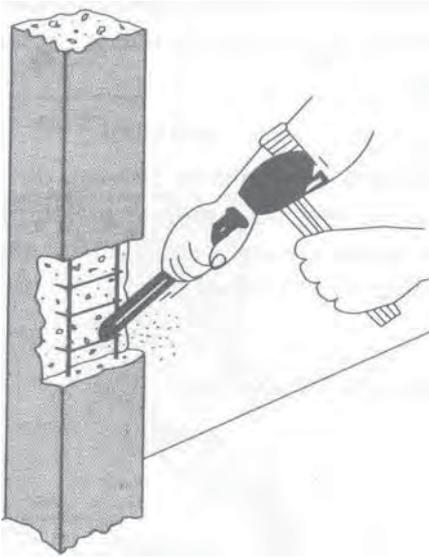
Tabla 3.1 Procedimientos de preparación del sustrato (continuación)

Figura	Métodos para la preparación de la estructura	Uso	Equipo	Ventajas	Desventajas
3.6	Demolición	En grandes superficies	Martillo neumático o electromecánico	Alto rendimiento en la preparación	<p>⤴ Se requiere de cuidado para no romper la estructura.</p> <p>⤴ No es adecuado para elementos estructurales esbeltos.</p> <p>⤴ Mano de obra especializada</p>
3.7	Lijado manual	En pequeñas superficies	Lija de agua para concreto o lija de hierro para acero.	No requiere de equipos pesados	Baja productividad y un control cuidadoso
3.8	Lijado eléctrico	En superficies de concreto o placas de acero	Lijadora electromecánica	<p>⤴ Remueve las impurezas existentes en la superficie del concreto</p> <p>⤴ La corrosión superficial de las placas metálicas</p>	Produce gran cantidad de polvo
3.9	Cepillado manual	En superficies de pequeña dimensión y difícil acceso	Cepillo de cerdas de acero	<p>⤴ No requiere mano de obra especializada.</p> <p>⤴ Retira la corrosión del acero de refuerzo</p>	Baja productividad
3.10	Pistola de agujas	Limpieza de superficies metálicas	Pistola electromecánica	Remueve la corrosión del acero de refuerzo	Se corre el riesgo de dañar las agujas cuando entran en contacto con el concreto

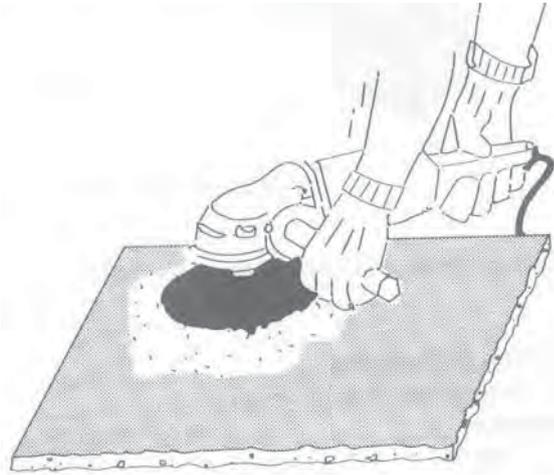
Tabla 3.1 Procedimientos de preparación del sustrato (continuación)

Figura	Métodos para la preparación de la estructura	Uso	Equipo	Ventajas	Desventajas
3.11	Chorro de arena, seca o húmeda	En grandes áreas	Compresor de aire, equipo de chorro de arena, manguera de alta presión. La arena debe tener una granulometría adecuada y ser lavada para que no contenga materia orgánica.	Prepara la superficie que será reparada removiendo el material que pueda afectar la adherencia de la capa protectora.	<p>△ Provoca alto grado de suciedad y polvo en el ambiente.</p> <p>△ Después de la utilización del chorro de arena se debe limpiar la superficie con aire comprimido</p>
3.12	Disco de corte	Delimitación del contorno del área a ser reparada	Maquina de corte con disco diamantado		<p>△ Se requiere el uso de mano de obra especializada</p> <p>△ Dificultades en el acceso del equipo a algunas regiones específicas</p>
3.13	Quema controlada	En áreas donde no hay acero de refuerzo expuesto	Soplete	Disgrega el concreto en capas de espesor de 5 mm, eliminando impurezas orgánicas como grasas, aceites y pinturas	Se requiere de mano de obra especializada
3.14	Máquina de desgaste superficial	En grandes áreas horizontales, donde es necesario la remoción de espesores de 0.5 a 3 mm	Fresadoras mecánicas	Retira elevados espesores de modo uniforme y eficiente	Sólo en superficies horizontales y planas

A continuación se muestran las Figuras de los métodos de desprendimiento del concreto que se menciona en la Tabla 3.1:



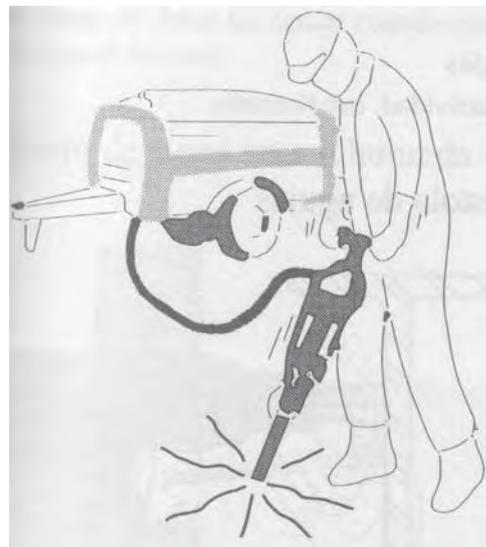
3.3 Escarificación manual



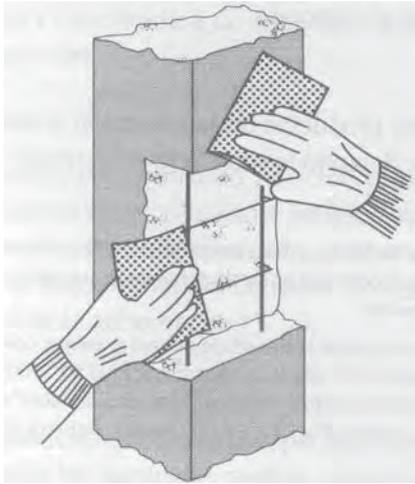
3.4 Disco de desgaste



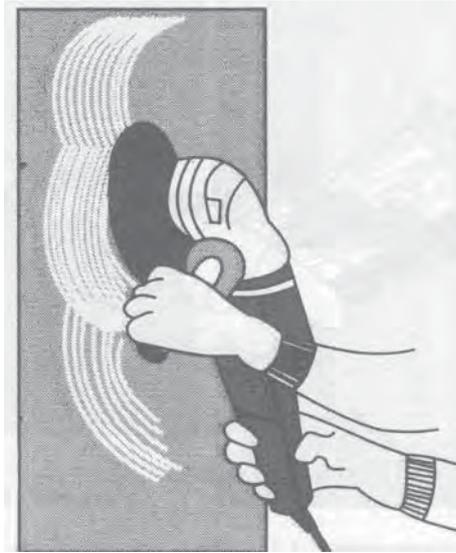
3.5 Escarificación mecánica



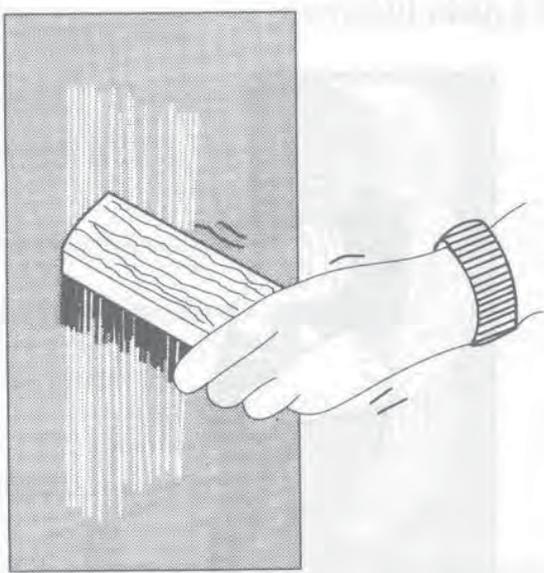
3.6 Demolición



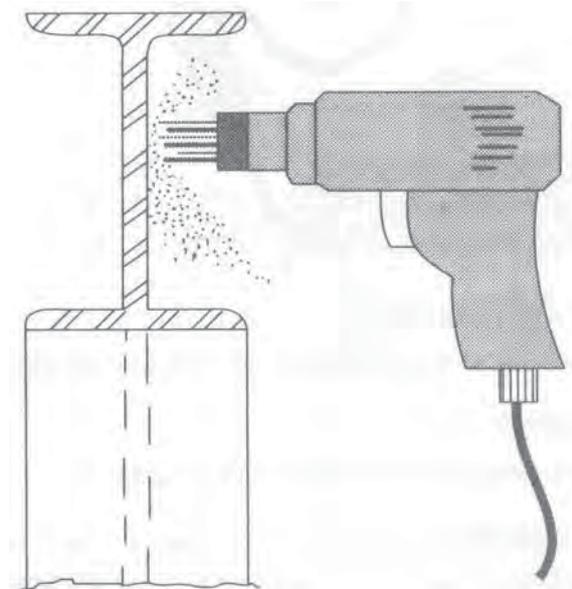
3.7 Lijado manual



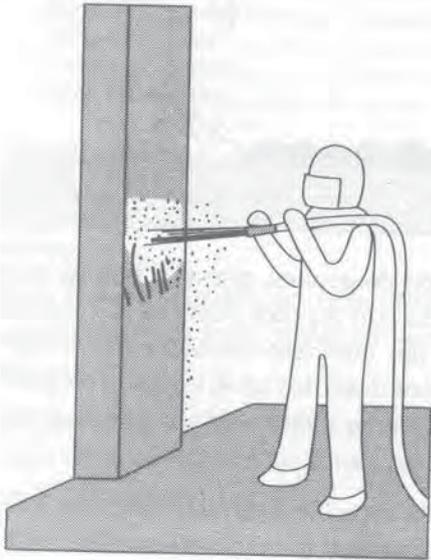
3.8 Lijado eléctrico



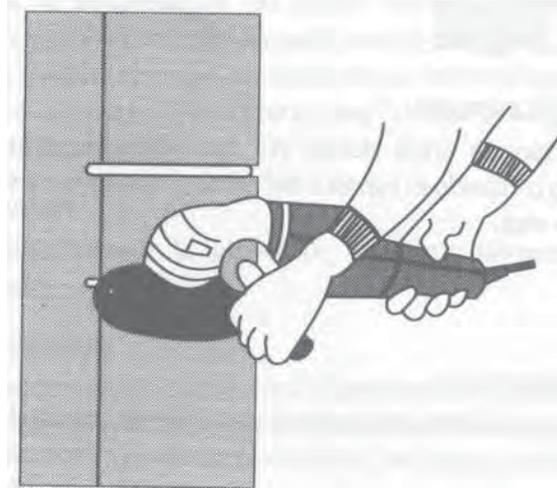
3.9 Cepillado manual



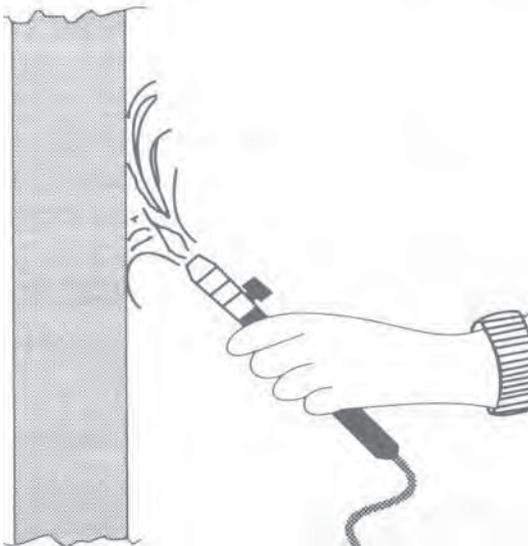
3.10 Pistola de agujas



3.11 Chorro de arena seca o húmeda



3.12 Disco de corte



3.13 Quema controlada



3.14 Máquina de desgaste superficial

3.3 LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES

La limpieza de las superficies es el conjunto de procedimientos efectuados instantes antes de la aplicación de los materiales de reparación.

En la tabla 3.2 se muestran algunos tipos de limpieza que son fundamentales de acuerdo al tipo de reparación utilizada.

Tabla 3.2 Procedimientos de preparación del sustrato

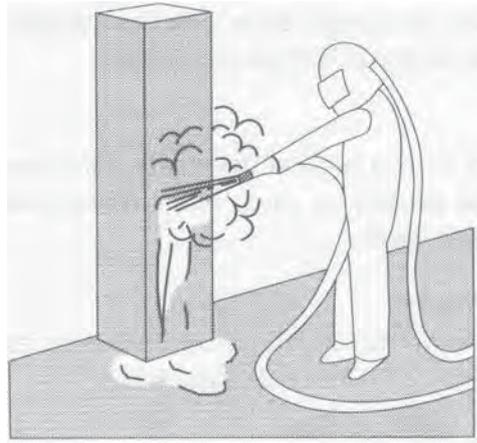
Figura	Tipos de limpieza sobre la superficie	Uso	Equipo	Ventajas	Desventajas
3.15	Chorro de agua fría	Limpieza en grandes áreas	Manguera de alta presión, lava a chorro y salida direccional	Limpia la superficie al mismo tiempo que la humedece	No es adecuado cuando los materiales de reparación requieren el sustrato seco para una buena adherencia
3.16	Chorro de agua caliente	Limpieza en grandes áreas levemente contaminadas con grasas	Manguera de alta presión, lava a chorro y salida direccional	Ayuda a limpiar impurezas orgánicas como grasa, aceites y pinturas	No es adecuado cuando los materiales de reparación requieren el sustrato seco para una buena adherencia
3.17	Vapor	En grandes áreas contaminadas con impurezas inorgánicas o minerales (sales)	Manguera de alta presión dotada de aislamiento térmico para evitar pérdida de calor	Ayuda a limpiar las impurezas minerales y orgánicas como aceite, grasa, pintura	Se requiere de operador especializado
3.18	Lavado con soluciones ácidas	Limpieza de grandes áreas donde no halla acero de refuerzo expuesto o muy próximo a la superficie	Pulverizador, brocha, pincel o escoba	Remueve de la superficie de la estructura residuos de cemento, impurezas orgánicas, etc.	Su empleo es aconsejado para tratamientos de limpieza superficiales

Tabla 3.2 Procedimientos de preparación del sustrato (continuación)

Figura	Tipos de limpieza sobre la superficie	Uso	Equipo	Ventajas	Desventajas
3.19	Lavado con soluciones alcalinas	Preparación de grandes áreas que presentan residuos ácidos impregnados. También se aplica a la limpieza de hongos y musgos.	Pulverizador, brocha, pincel o escoba	Neutraliza la estructura que estuvo sometida a un ataque de ácidos, mejorando las características adherentes al sustrato.	No es eficaz en la eliminación de productos provenientes de la corrosión del acero de refuerzo
3.20	Chorro de aire comprimido	Eliminación de polvo después de los procedimientos de preparación como escarificación, chorro de arena a presión. También se usa cuando en la superficie fue aplicada una resina de base epóxica	Manguera de alta presión y compresor de aire	Elimina el polvo y permite la aplicación del adhesivo estructural de base epóxica, siempre que el sustrato esté seco; adecuado para limpieza de fisuras	Es inadecuado para superficies húmedas
3.21	Solventes volátiles	Limpieza de superficies de concreto o de acero, antes de la aplicación de resinas epóxicas	Pincel, estopa y algodón	Retira contaminantes superficiales de grasas, pinturas y aceites	Es producto inflamable y muy volátil (pérdidas por evaporación)
3.22	Aspiración al vacío	Limpieza en seco de superficies de concreto, adecuadas para recibir adhesivos en el sustrato seco	Equipo para aspirar polvo de concreto	Retira partículas pequeñas (polvo) sin producir contaminación	No retira partículas grandes ni húmedas



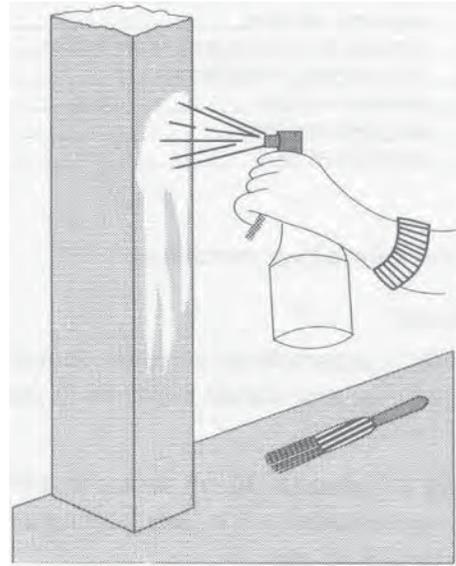
3.15 Chorro de agua fría



3.16 Chorro de agua caliente



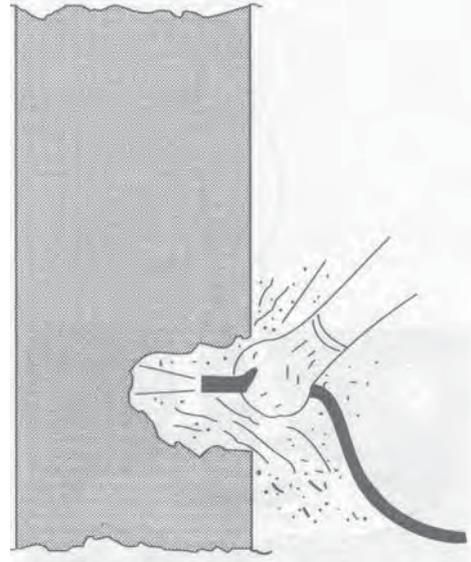
3.17 Vapor



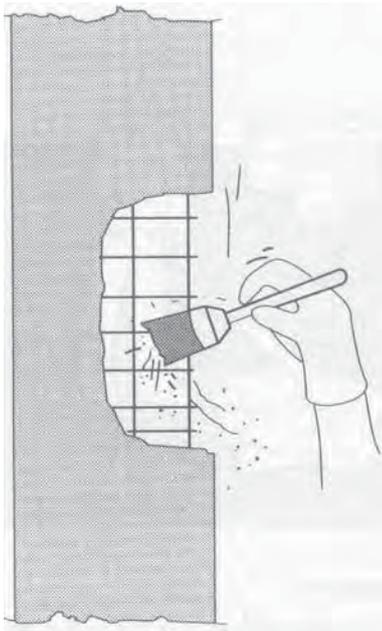
3.18 Lavado con soluciones ácidas



3.19 Lavado con soluciones alcalinas



3.20 Chorro de aire comprimido



3.21 Solventes volátiles



3.22 Aspiración al vacío

3.4 MATERIALES DE REPARACIÓN

Para seleccionar materiales que satisfagan todas las propiedades por las condiciones y requisitos necesarios es una tarea difícil. Algunas reparaciones requieren capacidad para soportar cargas, junto con la durabilidad. La mayoría de los materiales usados para reparaciones profundas utilizan aglomerantes de cemento Pórtland y agregados bien proporcionados. Para éstos materiales se puede agregar durabilidad usando puzolanas (microsílices), polímeros (látex), o aditivos especiales que reduzcan la permeabilidad.

A continuación se mencionan algunos de los materiales que pueden ser utilizados para la protección, reparación y refuerzos de las estructuras: como el Concreto, los aditivos, la Inyección de lechada a base de cemento, los Morteros y lechadas orgánicas, los Revestimientos monolíticos y los Adhesivos

3.4.1 CONCRETO

El concreto de cemento Pórtland es el material tradicionalmente usado en reparaciones y refuerzos; en algunos casos se requiere de una dosificación que mejore algunas características naturales como: la obtención de altas resistencias, eliminar la contracción por secado y la elevada adherencia al sustrato, baja permeabilidad.

Lo anterior sólo se logra a través de aditivos y adiciones como plastificantes, impermeabilizantes, microsílica y la clásica reducción en la relación agua/cemento. Los que forman parte de éste material para la reparación son el concreto lanzado, tanto vía seca como vía húmeda; en donde se usan comúnmente agregados de tamaño máximo de 9 mm, lo que se clasifican como microconcretos o morteros lanzados.

3.4.2 ADITIVOS

Los aditivos son productos especialmente formulados para mejorar algunas propiedades de los concretos y morteros, tanto en el estado fresco como endurecido. Se considera como aditivo todo producto adicionado hasta un máximo del 5% en relación a la pasta de cemento. Los aditivos normalmente son clasificados de acuerdo a la acción principal de los concretos y morteros, para las reparaciones, refuerzos, aceleradores de fraguado y endurecimiento, los reductores de agua o plastificantes.

3.4.3 INYECCIÓN DE LECHADA A BASE DE CEMENTO

La lechada es un material fluido y autonivelable en estado recién mezclado, destinado a llenar cavidades y por lo tanto ser adherente, resistente y sin contracción en el estado endurecido. La lechada de base cemento está constituida por cemento Pórtland común, cemento compuesto (con adiciones) o cemento de alta resistencia inicial, una granulometría adecuada, aditivos expansores y aditivos superplastificantes. Por sus características de alta fluidez, buena adherencia, baja contracción y alta permeabilidad, éste tipo de lechada es conveniente para reparaciones de acceso difícil o en secciones densamente armadas.

3.4.4 MORTEROS Y LECHADAS ORGÁNICAS

Son morteros y lechadas formulados con resinas orgánicas desde la unión y resistencia del conjunto, ésta es dada por las reacciones de polimerización y endurecimiento de los componentes de las resinas. Normalmente resultan morteros y lechadas con elevada resistencia mecánica y química, apropiadas para ambientes agresivos o en aquellos lugares donde debe existir altos rendimientos de las reparaciones, refuerzos y protecciones.

3.4.5 REVESTIMIENTOS MONOLÍTICOS

Los revestimientos monolíticos, también llamados laminados, son constituidos de un refuerzo en forma de manta, tejido o fibras, generalmente de vidrio, poliéster o nylon cubiertas por resinas de base epóxica y poliéster. Las resinas representan la barrera química del revestimiento y los refuerzos por quedar impregnados con la resina auxilian la formación de una barrera química más rica. Los refuerzos auxilian en la reducción de la contracción durante el curado.

3.4.6 ADHESIVOS

Son materiales usados para la adherencia entre diversos materiales, tales como: concreto viejo/concreto nuevo, acero/concreto nuevo, concreto viejo/mortero base poliéster.

3.5 CONCLUSIONES

Es necesario seleccionar adecuadamente el método de reparación a emplear en una estructura dañada. En la reparación de las superficies el proceso a seguir tanto en el corte y limpieza que se realice sobre ella y es de vital importancia que al momento de aplicar el material para la reparación que la superficie se encuentre libre de polvo, produce una mayor durabilidad sobre la estructura reparada ya que el proceso que se haya realizado se realizó con una calidad adecuada.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE DAÑOS EN LOS PUENTES TRAMO MORELIA – GUADALAJARA (RUTA 15)

4.1 INTRODUCCIÓN

La construcción y administración institucional de puentes carreteros en México empieza en 1925 con la fundación de la Comisión Nacional de Camino. En 1982 se inician acciones administrativas que consideran el problema global de la conservación de puentes. Antes de esa fecha solo se emprendían acciones dispersas, que en su mayor parte se aplicaban a la reconstrucción de puentes colapsados por socavación durante los temporales y que solo raras veces se realizan trabajos preventivos de conservación, por ejemplo la renovación de la pintura de estructuras metálicas.

En 1982 se elaboró un inventario de los puentes en la red federal que incluye una evaluación de sus condiciones. Este inventario es importante para la DGCC (Dirección General de Construcción y Conservación) de Obra pública por el control de las estructuras a su cargo. Posteriormente, se establecieron las Residencias de Conservación de Puentes en los Estados de la República Mexicana numerosas obras de reparación y modernización de puentes.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO

El estado de Michoacán cuenta con una totalidad de 485 puentes, el estudio de los daños reales en los puentes se tomó de la carretera Morelia – Límites Michoacán/Jalisco de la carretera Morelia – Guadalajara (Ruta 15), la cual tiene una longitud de 239.70 km y tiene un total de 44 puentes. El tramo se divide en subtramos como: Morelia – Quiroga con 41.00 km, Libramiento Quiroga, Quiroga – Comanja con 25.20 km, Comanja – Carapan con 44.90 km, Carapan – Zamora con 35.20 km, Libramiento de Zamora, Zamora – Jiquilpan con 57.50 km, Libramiento Jiquilpan, Jiquilpan – Límite Michoacán/Jalisco con 35.90 km (Tabla 4.1).

En el Tramo Morelia – Quiroga se encuentran nueve puentes carreteros y tres puentes peatonales; en el Libramiento Quiroga se encuentra un puente carretero; En el Tramo Quiroga – Comanja se encuentran dos puentes carreteros; en el Tramo Comanja – Carapan se encuentra un puente peatonal y un Paso Inferior Vehicular (PIV); en el Tramo Carapan – Zamora se encuentran cuatro puentes carreteros; en el Libramiento de Zamora se encuentran dos puentes carreteros; en el Tramo Zamora – Jiquilpan se encuentran seis puentes carreteros y un Paso Superior Vehicular (PSV); en el Libramiento Jiquilpan se encuentra un puente carretero; en el Tramo Jiquilpan – Límites Michoacán/Jalisco se encuentran tres puentes peatonales y diez puentes carreteros donde culmina el tramo a estudio.

Los puentes que están de color amarillo en la Tabla 4.1 forman un total de siete puentes peatonales los cuales se nombran a continuación: Peatonal Itzicuario, Peatonal Artillero y Peatonal Secundaria Técnica 82 que forman parte del tramo Morelia – Quiroga; Peatonal Tirindaro que forma parte del tramo Comanja – Carápan; Peatonal Sahuayo I, Peatonal Sahuayo II y Peatonal Sahuayo III que forman parte del tramo Jiquilpan – Límites Michoacán/Jalisco.

Tabla 4.1 Puentes que se encuentran en el tramo Ruta 15

Morelia - Guadalajara			
Tramo	Nombre del puente	Puentes carreteros	Puentes peatonales
Morelia - Quiróga	Tres Puentes Central	9	3
	Tres Puentes Lateral Derecha		
	Tres Puentes Lateral Izquierda		
	Peatonal Itzicuaro		
	Peatonal Artillero		
	Peatonal Secundaria Tecnica 82		
	Capula		
	Irátzio I		
	Irátzio II		
Libramiento Quiroga	Atzimbo I	1	0
	Atzimbo II		
	Quiroga		
	Puente Madero		
Quiróga - Comanja	Santa Fé	2	0
	Chupícuario		
Comanja - Carápan	Peatonal Tirindaro	1	1
	PIV (Paso Inferior Vehicular) FNM Naranja		
Carápan - Zamora	Chilchota	4	0
	Pejo		
	Tangancicuaro		
	Las Adjuntas		
Libramiento Norte de Zamora	Chaparaco	2	0
	Vallado del Rey		
Zamora - Jiquilpan	El Duero Derecho	7	0
	El Duero Izquierdo		
	Jacona		
	Santiago Tangamandapio		
	P.S.V (Paso Superior Vehicular) FNM Estación Moreno		
	Jaripo		
	El Totolan		
Libramiento Jiquilpan	Libramiento Jiquilpan	1	0
Jiquilpan - Limites Michoacán/Jalisco	Peatonal Sahuayo I	10	3
	Peatonal Sahuayo II		
	Peatonal Sahuayo III		
	La Ladrillera		
	Cojumatlán I		
	Cojumatlán II		
	Cojumatlán III		
	Santa Martha		
	El Callejón		
	Palo Alto I		
	Palo Alto II		
	Palo Alto III		
	Palo Alto IV		
Total de puentes	44		
Total de puentes carreteros		37	
Total de puentes peatonales			7

En la Figura 4.1 se observan las ciudades, municipios y localidades por los que pasa el Tramo carretero en estudio, en dicha Figura, sólo están ubicados los puentes carreteros y no se incluyen los puentes peatonales.

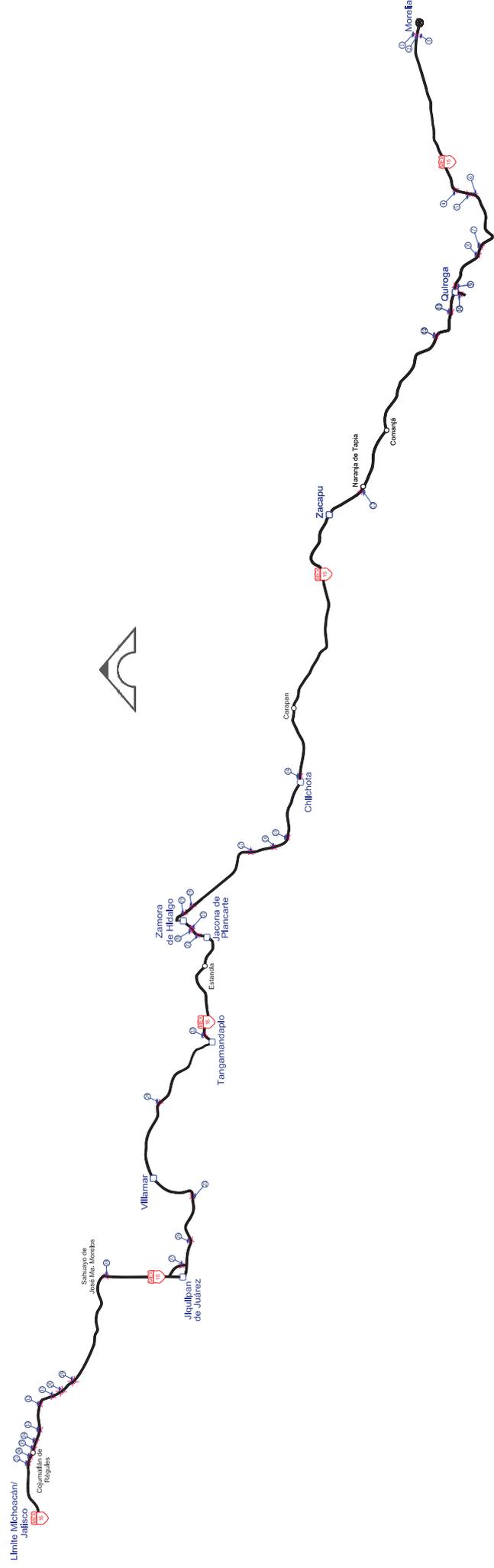


Figura 4.1 Tramo carretero Morelia-Guadalajara (Ruta 15)

En el tramo Morelia - Quiroga de la carretera Morelia-Guadalajara Ruta 15 (Figura 4.2) hay nueve puentes carreteros, de acuerdo a su numeración se describen de la siguiente manera:

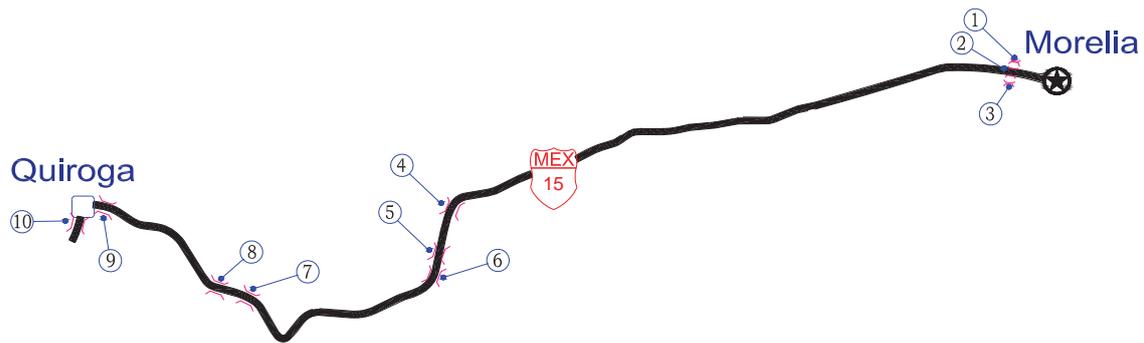


Figura 4.2 Tramo Morelia – Quiroga

1. Tres Puentes Central
2. Tres Puentes Lateral Derecha
3. Tres puentes Lateral Izquierda
4. Capula
5. Irátzio I
6. Irátzio II
7. Atzimbo I
8. Atzimbo II
9. Quiroga

En el Libramiento Quiroga se encuentra un puente carretero (Figura 4.2) en el cual es:

10. Puente Madero

En el tramo Quiroga–Comanja (Figura 4.3) hay dos puentes carreteros, de acuerdo a su numeración se describen de la siguiente manera:

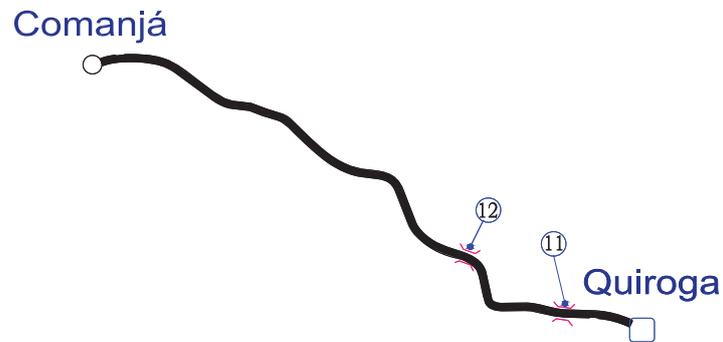


Figura 4.3 Tramo Quiroga-Comanja

- 11. Santa Fé
- 12. Chupícuaro

En el tramo Comanja - Carapan (Figura 4.4) hay un puente carretero que a continuación se menciona:

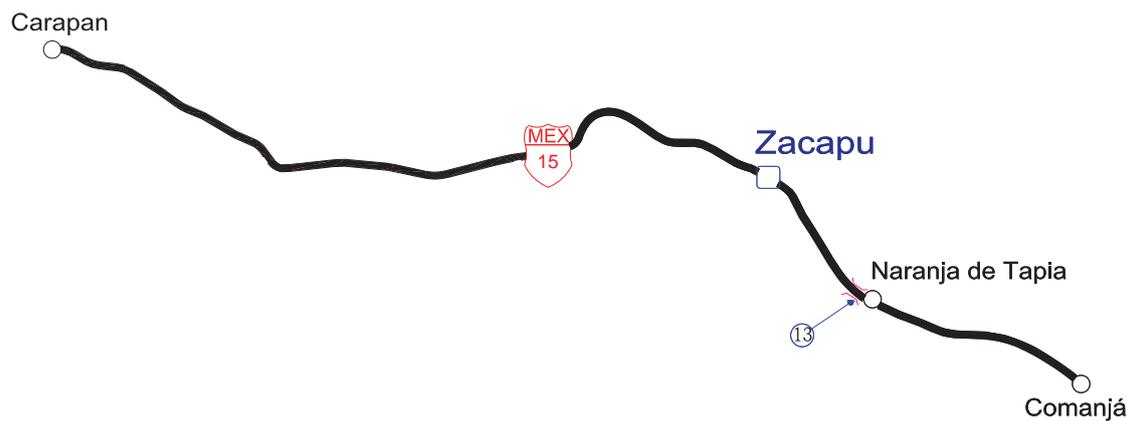


Figura 4.4 Tramo Comanja - Carapan

- 13. PIV. FNM Naranja

En el tramo Carapan - Zamora (Figura 4.5) son cuatro puentes carreteros, de acuerdo a su numeración se describen de la siguiente manera:

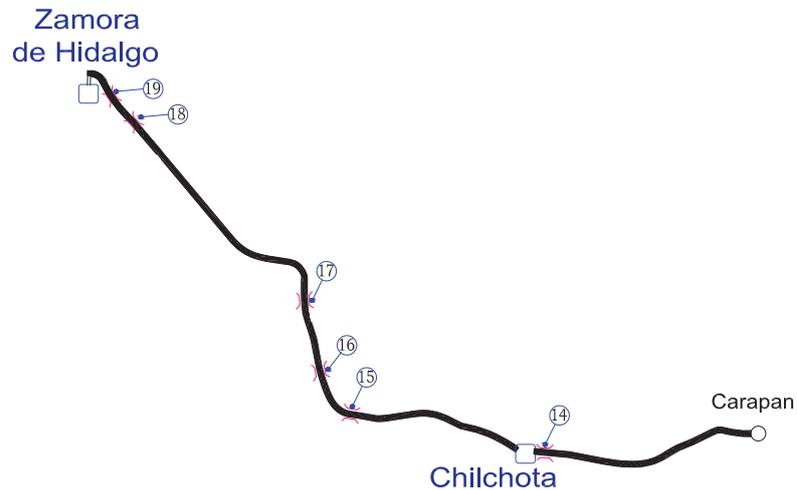


Figura 4.5 Tramo Carapan-Zamora

- 14. Chilchota
- 15. Pejo
- 16. Tangancicuaro
- 17. Las Adjuntas

En el Libramiento Norte de Zamora se encuentran (Figura 4.5) dos puentes carreteros los cuales son:

- 18. Chaparaco
- 19. Vallado del Rey

En el tramo Zamora - Jiquilpan (Figura 4.6) son siete puentes carreteros, de acuerdo a su numeración se describen de la siguiente manera:

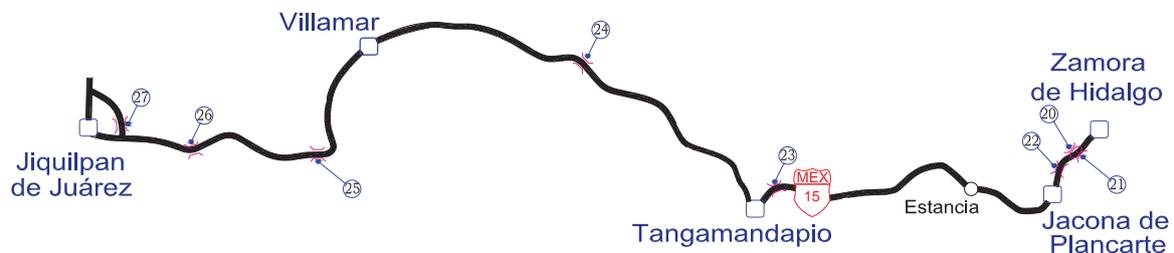


Figura 4.6 Tramo Zamora-Jiquilpan

- 20. El Duero Derecho
- 21. El Duero Izquierdo
- 22. Jacona
- 23. Santiago Tangamandapio
- 24. P.S.V FNM Estación Moreno
- 25. Jaripo
- 26. El Totolan

En el Libramiento Jiquilpan (Figura 4.6) se encuentra un puente carretero llamado:

- 27. Libramiento Jiquilpan

En el tramo Jiquilpan–Límites Michoacán/Jalisco (Figura 4.7) son diez puentes carreteros, de acuerdo a su numeración se describen de la siguiente manera:

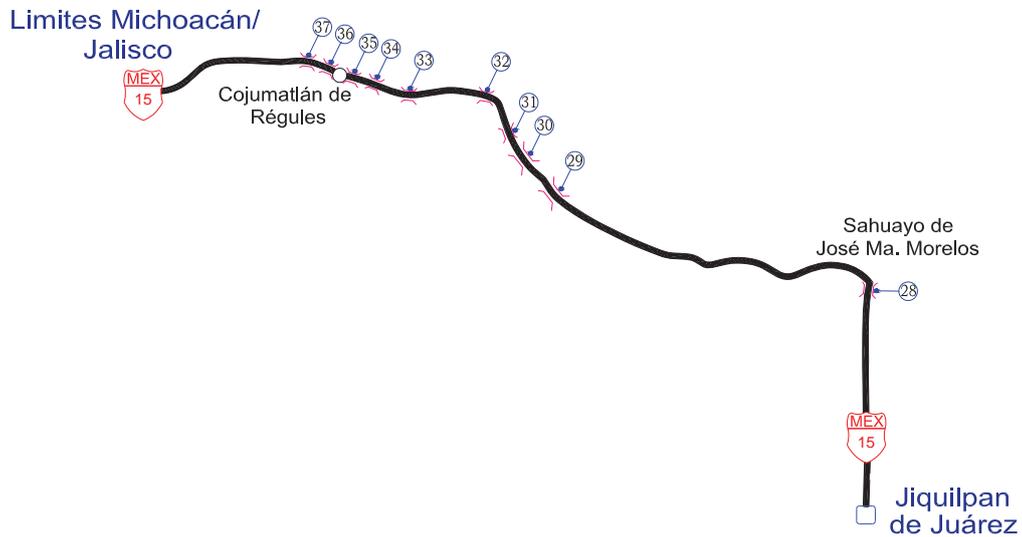


Figura 4.7 Tramo Jiquilpan–Límites Michoacán/Jalisco

- 28. La Ladrillera
- 29. Cojumatlán I
- 30. Cojumatlán II
- 31. Cojumatlán III
- 32. Sta. Martha
- 33. El Callejón
- 34. Palo Alto I
- 35. Palo Alto II
- 36. Palo Alto III
- 37. Palo Alto IV

4.3 MUNICIPIOS QUE CRUZA EL TRAMO RUTA 15

En la Figura 4.8 se observan los municipios de Michoacán por los que pasa el Tramo carretero ruta 15.

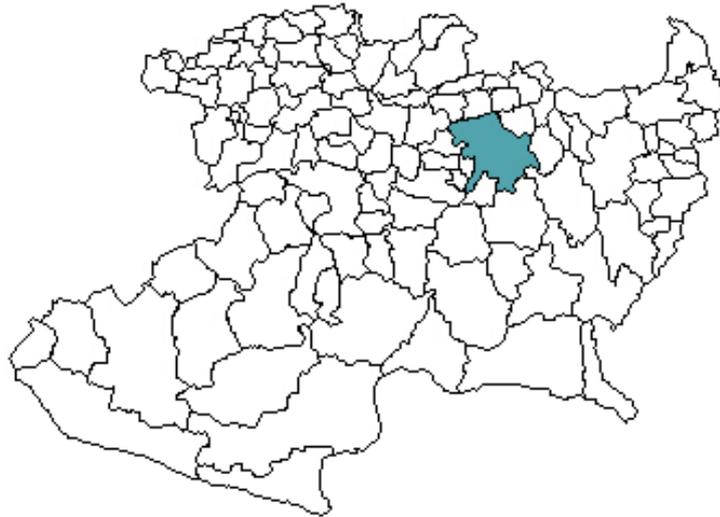


Figura 4.8 Mapa de los municipios que cruzan el tramo ruta 15

4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES DEL TRAMO A ESTUDIO DE ACUERDO A SU GEOMETRÍA, SUPERESTRUCTURA, SUBESTRUCTURA

Los puentes carreteros de acuerdo a los reportes de SIPUMEX (Sistema de Puentes Mexicanos) otorgados por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) de la sección de Conservación de Carreteras en Morelia, Michoacán, se clasificaron de la siguiente manera (no se contemplan los peatonales).

De acuerdo a la clasificación que se obtuvo en los reportes de SIPUMEX de los puentes carreteros podemos observar en la Figura 4.9 el año de construcción de los puentes a estudio. El puente más antiguo fue construido en el año 1938, 17 puentes en el año de 1940, un puente en el año de 1945, un puente en el año de 1963, diez puentes en el año de 1965, un puente en el año de 1970, un puente en el año de 1987, tres puentes en 1990, dos puentes en el año de 1993 que son los más actuales, en total forman los 37 puentes del tramo a estudio.

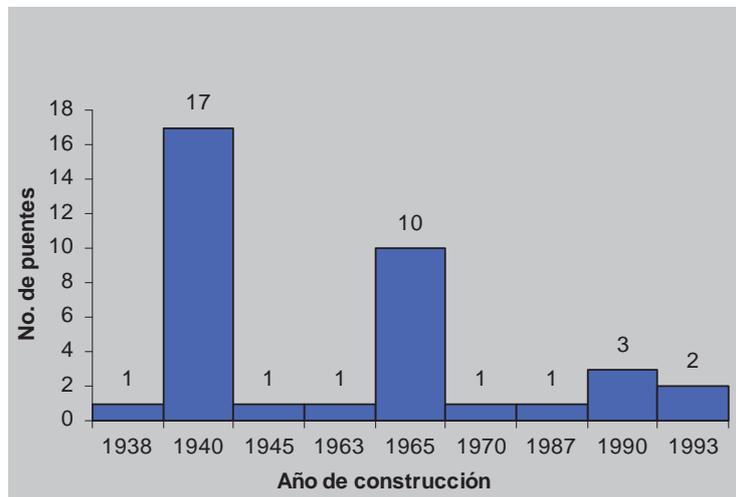


Figura 4.9 Clasificación de puentes de acuerdo al año de construcción

En la Figura 4.10 se observa la clasificación según el número de claros de los puentes: son 26 puentes de un claro, cinco puentes de dos claros, cinco puentes de tres claros y un puente de cinco claros formando un total de 37 puentes del tramo a estudio.

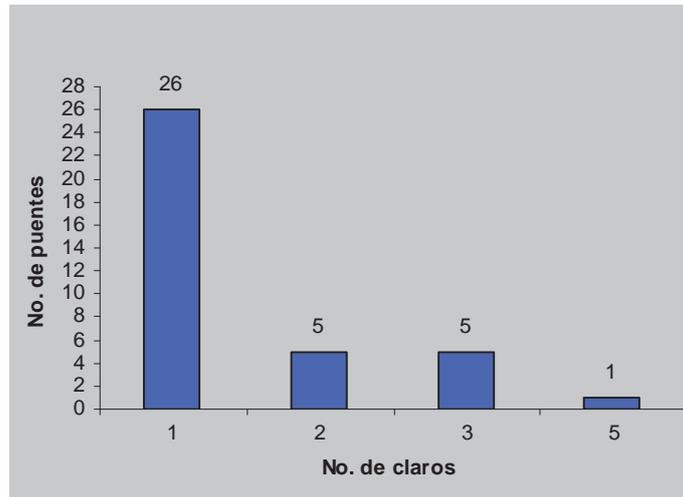


Figura 4.10 Clasificación de puentes de acuerdo al número de claros

En la Figura 4.11 se observa la clasificación de la longitud total del claro en los puentes 11 puentes que están entre 5 – 10 m de longitud, 15 puentes que están entre 10 – 15 m de longitud los cuales forman el mayor número de puentes, tres puentes entre 15 – 20 m de longitud, dos puentes entre 20 – 25 m de longitud, tres puentes entre 25 – 30 m de longitud, un puente entre 30 – 35 m de longitud el cual es el menor, dos puentes entre 45 – 50 m de longitud.

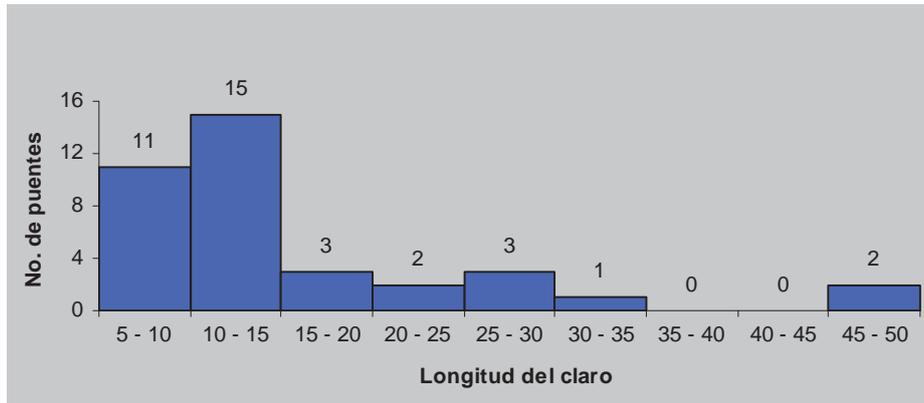


Figura 4.11 Longitud total del claro de los puentes

En la Figura 4.12 se observa la clasificación según el ancho total de los puentes; se observa que con un ancho total de entre 3 – 6 m hay cinco puentes, de entre 6 - 9 m hay 24 puentes que ocupan el mayor número, de entre 9 – 12 m hay dos puentes, de entre 12 – 15 m hay tres puentes, de 15 – 18 m no hay ningún puente, entre 18 – 21 m hay un puente.

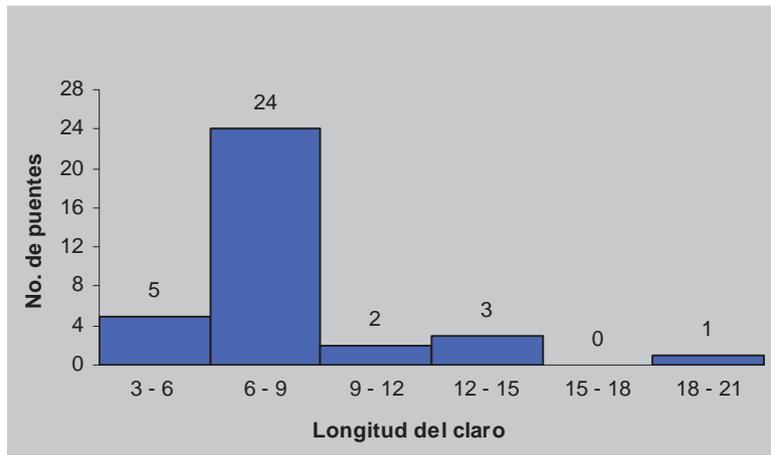


Figura 4.12 Ancho total del puente

En la Figura 4.13 de acuerdo con el trazo horizontal de los puentes se cuentan con 26 puentes en trazo recto, ninguno en curva y 11 esviados formando un total de 37 puentes.

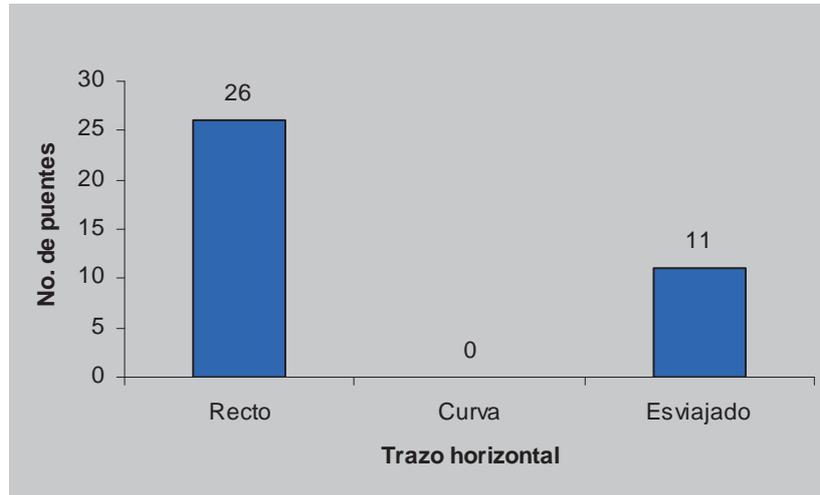


Figura 4.13 Tipo de trazo horizontal de los puentes

De acuerdo a la Figura 4.14 el tipo de material en la superestructura de los puentes se clasifica en: 1 puente de mampostería, 18 puentes de concreto reforzado, 13 puentes de concreto y acero, cuatro puentes de concreto presforzado y un puente de acero estructural.

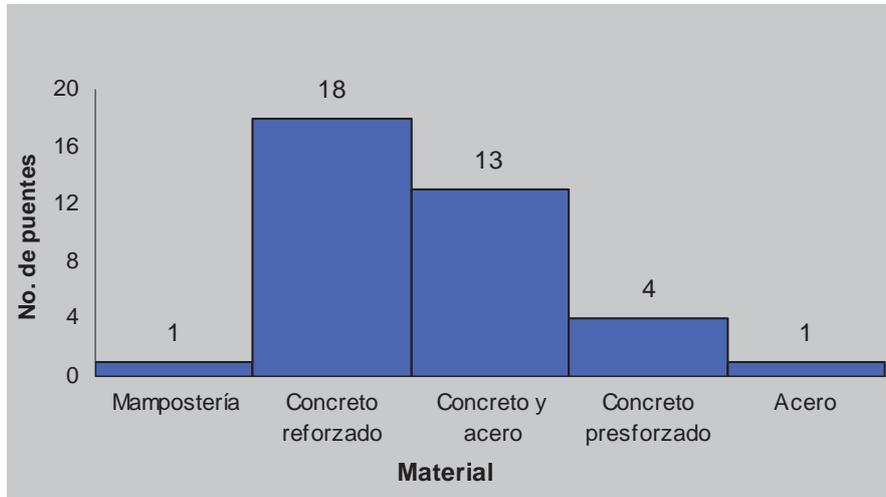


Figura 4.14 Tipo de material en la superestructura de los puentes

De acuerdo a la Figura 4.15 el tipo de material en la superestructura de los puentes se clasifica en un puente de mampostería, 18 puentes de concreto reforzado, 13 puentes de concreto y acero, cuatro puentes de concreto presforzado y un puente de acero.

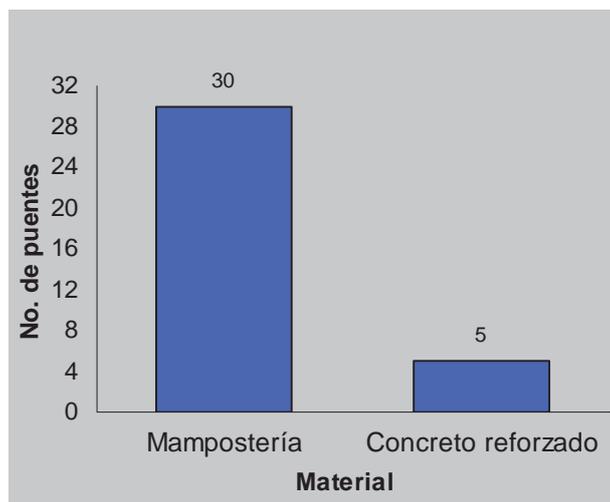


Figura 4.15 Tipo de material en la subestructura de los puentes

4.5 INSPECCIÓN FOTOGRÁFICA Y VISUAL DE LOS PUENTES EN ESTUDIO

4.5.1 TRAMO: MORELIA–QUIROGA

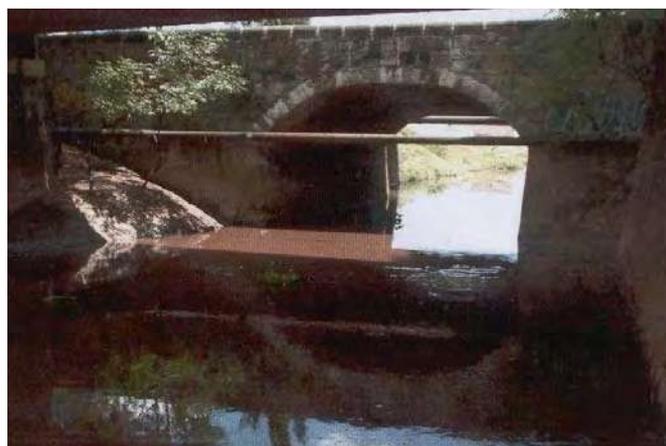
El tramo carretero Morelia–Quiroga tiene un total de nueve puentes carreteros y tres puentes peatonales como ya se habían mencionado anteriormente (Tabla 4.1)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Subestructura del puente



(c) Arroyo del cauce del puente

Figura 4.16 Puente Tres Puentes Central

El puente carretero Tres Puentes Central se encuentra en el kilómetro 1 + 160 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1938, cuenta con un claro, con una longitud total de 14.10 m, su ancho total es de 14.20 m y el ancho de calzada es de 13.60 m. El trazo horizontal es recto. La Subestructura y el parapeto es de mampostería, la superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente fue considerado un camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 42.15'$, longitud: $101^{\circ} 12.81'$, altitud: 1735 m

En la Figura 4.16 (a) Se observa que el puente no tiene daño significativo en la superficie de rodamiento; los estribos y el arco de mampostería no presentan daños importantes (Figura 4.16 b); se puede apreciar que el caudal del puente se encuentra limpio de vegetación y montículos de tierra por lo cual se encuentra en buen estado (Figura 4.16 c)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Losa inferior del puente

Figura 4.17 Puente Tres Puentes Lateral Derecha

El puente carretero Tres Puentes Lateral Derecha se encuentra en el kilómetro 1 + 160 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue

construido en 1990, cuenta con un claro, su longitud total de claro es de 14.10 m y su ancho total es de 10.40 m y el ancho de calzada es de 7.0 m, el trazo horizontal es recto. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de acero, la superficie de rodamiento es de carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente fue para un HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 42.15', longitud: 101° 12.81', altitud: 1735 m

En la Figura 4.17 (a) Se observa que el puente no tiene desgaste en la superficie de rodamiento, pero hace falta la colocación de drenes y pintura en el parapeto; en la parte inferior de la losa se empieza a formar sarro alrededor del dren debido al escurrimiento del agua (Figura 4.17 b)



(a) Arroyo vehicular y banqueta del puente



(b) Losa inferior del puente

Figura 4.18 Puente Tres Puentes Lateral Izquierda

El puente carretero Tres Puentes Lateral Izquierda se encuentra en el kilómetro 1+160 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1990, cuenta con un claro, su longitud total del claro es de 14.10 m y su ancho total es de 9.90 m y el ancho de calzada es de 7.00 m, el trazo horizontal es

recto. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de acero, la superficie de rodamiento es de carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente es HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 42.15'$, longitud: $101^{\circ} 12.81'$ y altitud: 1735 m

En la Figura 4.18 (a) Se observa que el puente tiene una superficie de rodamiento en buen estado, en la parte del parapeto donde empieza el castillo que lo sostiene se ve en la parte inferior del mismo que se empieza a despostillar por lo cual es necesario repararlo; en la parte inferior de la losa se ésta formando sarro alrededor de los drenes y el caudal del puente se encuentra en condiciones óptimas sin obstrucción de vegetación sobre el cauce (Figura 4.18 b)



(a) Fachada frontal del puente

(b) Paso peatonal

Figura 4.19 Puente Peatonal Itzicuaró

El puente Peatonal Itzicuaró se encuentra en el kilómetro 4+000 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en el 2000, cuenta con tres claros su longitud total de claro es de 37.20 m y su ancho total es de 2.20 m; el ancho de calzada es de 1.70 m y el trazo horizontal es recto. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es acero, la superficie de

desgaste es de concreto y la carga de diseño del puente es para 415 kg/m^2 . Se ubica geográficamente en la latitud: $019^\circ 42.50'$, longitud: $101^\circ 13.20'$ y altitud: 1740 m

En la Figura 4.19 (a) El puente es peatonal por lo tanto sólo se presenta la Figura ya que el estudio es sobre los puentes carreteros como se nombró anteriormente; se observa en buen estado el paso peatonal (Figura 4.19 b)



(a) Fachada frontal del puente

(b) Paso peatonal

Figura 4.20 Puente Peatonal Artillero

El puente Peatonal Artillero se encuentra en el kilómetro 4+360 del Tramo Morelia–Quiroga la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en el 2004, cuenta con tres claros su longitud total de claro es de 35.00 m, su ancho total es de 4.00 m y el ancho de calzada es de 2.00 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de acero, la superficie de desgaste es de concreto y la carga de diseño del puente es para 415 kg/m^2 . Se ubica geográficamente en la latitud: $019^\circ 40.90'$, longitud: $101^\circ 13.70'$ y altitud: 1741 m

En la Figura 4.20 (a) El puente es peatonal por lo tanto sólo se presenta la Figura ya que el estudio es sobre los puentes carreteros como se nombró anteriormente; se

observa en buen estado el paso peatonal (Figura 4.20 b)



(a) Fachada lateral del puente

(b) Paso peatonal

Figura 4.21 Puente Peatonal Secundaria Técnica 82

El puente Peatonal Secundaria Técnica 82 se encuentra en el kilómetro 4+600 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en el 2004, cuenta con tres claros su longitud total de claro es de 35.00 m, su ancho total es de 3.90 m y el ancho de calzada es de 2.00 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de acero, la superficie de desgaste es de concreto y la carga de diseño del puente es para 415 kg/m². Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 40.70', longitud: 101° 14.00' y altitud: 1741 m

En la Figura 4.21 (a) El puente es peatonal por lo tanto sólo se presenta la Figura ya que el estudio es sobre los puentes carreteros como se nombró anteriormente; se observa en buen estado el paso peatonal (Figura 4.21 b)



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Fachada lateral derecha del puente

Figura 4.22 Puente Capula

El puente carretero Capula se encuentra en el kilómetro 19+700 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940, cuenta con un claro su longitud total de claro es de 8.40 m, su ancho total es de 11.60 m y el ancho de calzada es de 5.70 m, el trazo horizontal es recto. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de viga de acero y pilastras de concreto. La superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente fue considerado para un camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 39.98'$, longitud: $101^{\circ} 23.48'$ y altitud: 2084 m

En la Figura 4.22 (a) La parte de la superficie de rodamiento se encuentra en buen estado; en la parte lateral derecha del puente se observa que en la losa y viga se requiere mantenimiento de pintura debido al desgaste que esta surgiendo el concreto a la intemperie, los estribos del puente se observan en buen estado y el cauce limpio de vegetación las traveses en la parte inferior de la losa requieren de pintura para evitar la corrosión (Figura 4.22 b)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Losa inferior del puente

Figura 4.23 Puente Iratzio I

El puente carretero Iratzio I se encuentra en el kilómetro 23+380 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940, cuenta con un claro su longitud total de claro es de 11.40 m, su ancho total es de 12.0 m y el ancho de calzada es de 6.60 m, el trazo horizontal es recto. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de viga de acero y pilastras de concreto. La superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente fue considerado para un camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 38.67'$, longitud: $101^{\circ} 24.60'$ y altitud: 2448 m

En la Figura 4.23 (a) La superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones, así como el parapeto; en la parte inferior de la losa del puente se observa que entre la unión de la viga de acero y la losa de concreto el acero está expuesto a la intemperie; esto se debe a una mano de obra inapropiada ya que el concreto no llegó a cubrir el acero por lo cual hay presencia de corrosión. Falta mantenimiento de pintura en las vigas de acero (Figura 4.23 b)



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Losa inferior del puente

Figura 4.24 Puente Iratzio II

El puente carretero Iratzio II se encuentra en el kilómetro 23+755 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y su última reconstrucción fue en 1984, cuenta con un claro su longitud total de claro es de 9.50 m y su ancho total es de 11.90 m, el ancho de calzada es de 6.60 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de viga de acero y pilastras de concreto .La superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente fue considerado para un camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 38.56'$, longitud: $101^{\circ} 24.62'$ y la altitud: 2067 m

En la Figura 4.24 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones; en la parte inferior de la losa del puente se observa que entre la unión de la viga de acero y la losa de concreto hay una separación importante donde debido a la intemperie, cambios de temperatura y humedad se está provocando la corrosión a todo lo largo de la unión de la losa. Falta mantenimiento de pintura en todas las vigas de acero (Figura 4.24 b)



(a) Superficie de rodamiento del puente

b) Arroyo o caudal del puente

Figura 4.25 Puente Atzimbo I

El puente carretero Atzimbo I se encuentra en el kilómetro 34.495 del Tramo Morelia – Quiroga de la Carretera Morelia – Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y su última reconstrucción fue en 1984, cuenta con un claro, con una longitud total de claro es de 12.30 m y su ancho total es de 11.80 m y el ancho de calzada es de 6.60 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de vigas de acero y pilastras de concreto. La superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente fue considerado un camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 38.48'$, longitud: $101^{\circ} 29.22'$ y la altitud: 2140 m

En la Figura 4.25 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones; se requiere limpieza sobre el cauce ya que hay demasiada vegetación, lo cual obstruye al agua (Figura 4.25 b)



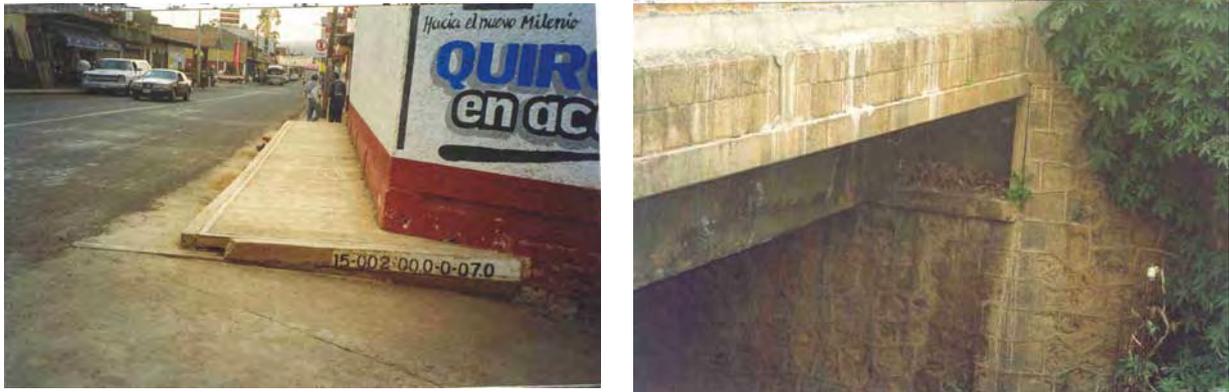
(a) Superficie de rodamiento del puente

(b) Caudal del puente

Figura 4.26 Puente Atzimbo II

El puente carretero Atzimbo II se encuentra en el kilómetro 35+140 del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y su última reconstrucción fue en 1984, cuenta con un claro con una longitud total de 8.60 m, su ancho total es de 11.90 m y el ancho de calzada es de 6.60 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de vigas de acero y pilastras de concreto. La superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente fue considerado un camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 38.75'$, longitud: $101^{\circ} 28.45'$ y la altitud: 2205 m

En la Figura 4.26 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones; se observa que en los estribos se empieza a formar sarro y en las vigas de acero de la parte inferior de la losa requieren periódicamente de pintura (Figura 4.26 b)



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Fachada lateral derecha del puente

Figura 4.27 Puente Quiroga

El puente carretero Quiroga se encuentra en el kilómetro 39+240 del Tramo Morelia–Quiroga la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940, cuenta con un claro, con una longitud total de 12.50 m, su ancho total es de 13.80 m y su ancho de calzada es de 9.20 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura y el parapeto son de mampostería. La superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente es para un camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 39.45'$, longitud: $101^{\circ} 31.20'$ y altitud: 2151 m

En la Figura 4.27 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones; Se observa en la parte lateral de la losa y las vigas escurrimiento de agua por lo cual se va enmoheciendo la estructura y en la parte de los estribos la formación de sarro (Figura 4.27 b)

4.5.2 LIBRAMIENTO QUIROGA

El Libramiento Quiroga se compone de un solo puente carretero que es el Puente Madero (Tabla 4.1) el cual se describe a continuación.



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Cauce del puente

Figura 4.28 Puente Madero

El puente carretero Madero se encuentra en el kilómetro 1+200 del Libramiento Quiroga del Tramo Morelia–Quiroga de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1963, cuenta con un claro su longitud total es de 9.40 m y su ancho total es de 9.60 m y su ancho de calzada es de 6.10 m. La Superestructura es de concreto y acero, la Subestructura y el parapeto es de mampostería, la carga de diseño del puente fue considerado un camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 48.00', longitud: 102° 10.00' y la altitud: 1860 m

En la Figura 4.28 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento tiene un desgaste; empieza la formación de vegetación sobre el caudal y las vigas de acero que se encuentran en la parte inferior de la losa requieren de mantenimiento de pintura periódicamente para evitar la corrosión (Figura 4.28 b)

4.5.3 TRAMO: QUIROGA-COMANJA

El tramo Quiroga - Comanja tiene un total de 2 puentes carreteros (Tabla 4.1) que son Santa Fe y Chupícuaro



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Parte inferior de la losa del puente



(c) Arroyo o caudal del puente

Figura 4.29 Puente Santa Fé

El puente carretero Santa Fé se encuentra en el kilómetro 42+409 del Tramo Quiroga–Comanja de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940, cuenta con un claro su longitud total es de 8.70 m con un ancho total es de 12.00 m y su ancho de calzada es de 7.70 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de viga de acero y pilastras de

concreto y la carga de diseño del puente es para un camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 40.15'$, longitud: $101^{\circ} 32.91'$ y una altitud: 2039 m

En la Figura 4.29 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones; en la parte inferior de la losa del puente se observa que entre la unión de la viga de acero y la losa de concreto hay una separación importante donde debido a la intemperie, cambios de temperatura y humedad está provocando la corrosión a todo lo largo de la unión de la losa, falta limpieza en las vigas de acero y mantenimiento de pintura para evitar la corrosión (Figura 4.29 b); No hay daños importantes en los estribos del puente, sobre el caudal empieza la formación de vegetación (Figura 4.29 c)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Parte lateral derecha de la losa



(c) Parte inferior derecha de la losa

Figura 4.30 Puente Chupícuaro

El puente carretero Chupícuaro se encuentra en el kilómetro 46+500 del Tramo Quiroga–Comanja de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y la última reconstrucción fue en 1993, cuenta con un claro su longitud total es de 12.00 m con un ancho total de 11.50 m y el ancho de calzada es de 9.50 m. La Superestructura es de concreto y acero, la Subestructura y el parapeto son de mampostería y la carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 40.84'$, longitud: $101^{\circ} 34.57'$ y una altitud: 2100 m

En la Figura 4.30 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones; se observa el desprendimiento que se ésta

produciendo entre la viga de acero y el concreto por causa de la formación de sarro, empieza a enmohecerse los estribos del puente (Figura b); Falta mantenimiento de pintura en las vigas de acero (Figura c)

4.5.4 TRAMO: COMANJA-CARAPAN

El tramo Comanja - Carapan tiene un total de 2 puentes 1 peatonal que es el Tirindaro y 1 PIV FNM Naranja (Tabla 4.1)



Figura 4.31 Puente peatonal Tirindaro

El puente peatonal Tiríndaro se encuentra en el kilómetro 71.600 del Tramo Comanja – Carapan de la Carretera Morelia – Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1998, cuenta con un claro su longitud total es de 22.40 m con un ancho total de 2.00 m y el ancho de calzada de 1.90 m. La Superestructura es de concreto presforzado y la Subestructura de concreto reforzado. La superficie de desgaste es de concreto y la carga de diseño del puente es de 415 kg/m^2 . Se ubica geográficamente en la latitud: $019^\circ 46.20'$, longitud: $101^\circ 44.60'$ m y una altitud: 1990 m

En la Figura 4.31 El puente es peatonal por lo tanto sólo se presenta la Figura ya que el

estudio es sobre los puentes carreteros, como se nombró anteriormente



(a) Fachada del puente



(b) Estribo derecho del puente

Figura 4.32 PIV. FNM Naranja

El puente Inferior Vehicular FNM Naranja se encuentra ubicado en el kilómetro 73+800 del Tramo Comanja–Carapan de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940, cuenta con un claro su longitud total es de 9.60 m con un ancho total de 5.00 m. La Superestructura es de acero y la Subestructura de mampostería, la carga de diseño del puente es un E-72. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 46.39'$, longitud: $101^{\circ} 45.90'$ y una altitud: 1990 m

En la Figura 4.32 (a) Se encuentra desgastada la superficie de rodamiento; se observa en la parte superior del estribo derecho que se está desprendiendo el concreto donde se ancla la placa para conexión entre la vía ferrocarrilera y el estribo (Figura 4.32 b)

4.5.5 TRAMO: CARAPAN–ZAMORA

El tramo Carapan - Zamora tiene un total de 4 puentes carreteros los cuales son Chilchota, Pejo, Tangancícuaro y Las Adjuntas (Tabla 4.1)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Fachada lateral derecha del puente



(c) Losa inferior del puente

Figura 4.33 Puente Chilchota

El puente carretero Chilchota se encuentra ubicado en el kilómetro 118+350 del Tramo Carapan–Zamora de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y su última reconstrucción fue en 1987, cuenta con cinco claros su longitud total es de 22.20 m con un ancho total de 12.20 m, el ancho de calzada es de 7.10 m. La Superestructura y la Subestructura es de concreto reforzado. La superficie de rodamiento tiene carpeta asfáltica y la carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 50.99', longitud: 102° 6.89', y una

altitud: 1856 m

En la Figura 4.33 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones; se observa la saturación de vegetación y tierra en un claro del puente donde obstruye la salida al agua, también se observa que hay enmohecimiento en la pared de la pila de concreto (Figura 4.33 b); el acero está expuesto a la intemperie esto es debido a una mala calidad en la mano de obra durante el colado y no calzar la losa, por lo tanto empieza la presencia de corrosión y (Figura 4.33 c)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Fachada lateral del puente

Figura 4.34 Puente Pejo

El puente carretero Pejo se encuentra ubicado en el kilómetro 127+050 del Tramo Carapan–Zamora de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y su última reconstrucción fue en el 2000, cuenta con un claro su longitud total es de 13.40 m con un ancho total de 12.00 m y el ancho de calzada es de 8.00 m. La Superestructura es de concreto presforzado y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de viga y pilastra de concreto, la carga de diseño del puente es para camión tipo T3-S3. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 51.42', longitud: 102° 11.15' y una altitud: 1767 m

En la Figura 4.34 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento tiene un desgaste; se empieza a acumular residuos de tierra y vegetación sobre el cause, en la parte de la viga y losa se está enmohecimiento alrededor de los drenes (Figura 4.34 b)



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Losa inferior del puente

Figura 4.35 Puente Tangancicuaro

El puente carretero Tangancicuaro se encuentra ubicado en el kilómetro 130+900 del Tramo Carapan–Zamora de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y su última reconstrucción fue en 1990, cuenta con un claro su longitud total es de 12.20 m con un ancho total de 10.50 m y su ancho de calzada es de 7.0 m. La Superestructura es de concreto presforzado y la Subestructura es de mampostería, el tipo de parapeto es de vigas y pilastras de concreto, la carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 53.40'$, longitud: $102^{\circ} 12.08'$ y una altitud: 1674 m

En la Figura 4.35 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se encuentra en buen estado y también el parapeto; en la parte inferior de la losa se empieza a formar moho sobre las vigas (Figura 4.35 b)



4.52 Arroyo vehicular del puente



4.53 Subestructura del puente

Figura 4.36 Puente Las Adjuntas

El puente carretero Las Adjuntas se encuentra ubicado en el kilómetro 132+600 del Tramo Carapan-Zamora de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1940 y su última reconstrucción fue en 1994, cuenta con un claro su longitud total es de 16.30 m con un ancho total de 10.50 m, su ancho de calzada es de 8.40 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura tiene pilotes de concreto, el tipo de parapeto es de concreto sólido y pasamanos de acero; la carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 54.55', longitud: 102° 12.24' y una altitud: 1528 m

En la Figura 4.36 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se empieza a desgastar la superficie de rodamiento presentándose grietas, en la parte inferior de la losa se encuentra la presencia de papel de bultos de cemento donde se une con las vigas, lo cual es una mala calidad en la mano de obra. También se observa enmohecimiento de los estribos del puente y la presencia de vegetación sobre el cauce (Figura 4.36 b)

4.5.6 LIBRAMIENTO NORTE DE ZAMORA

El Libramiento Norte de Zamora cuenta con 2 puentes carreteros que son Chaparaco y Vallado del Rey (Tabla 4.1).



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Fachada lateral derecha del puente

Figura 4.37 Puente Chaparaco

El puente carretero Chaparaco se encuentra ubicado en el kilómetro 6+800 del Libramiento Norte de Zamora en el Tramo Carapan – Zamora de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) . Fue construido en 1990, cuenta con un claro su longitud total es de 13.40 con un ancho total es de 12.00 m y el ancho de calzada es de 7.40 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería, el tipo de parapeto es de viga y pilastra de concreto, la carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 00.17', longitud: 102° 14.28' y la altitud: 1537 m

En la Figura 4.37 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se observa en buen estado; se observa escurrimiento y filtración en la parte derecha del estribo (Figura 4.37 b)



(a) Fachada lateral derecha del puente

(b) Fachada lateral derecha del puente

Figura 4.38 Puente Vallado del Rey

El puente carretero Vallado del Rey se encuentra ubicado en el kilómetro 9+009 del Libramiento Norte de Zamora en el Tramo Carapan–Zamora de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15). Fue construido en 1987, cuenta con un claro su longitud total es de 17.00 m con un ancho total de 12.00 m y el ancho de calzada es de 7.40 m. La Superestructura es de concreto presforzado y la Subestructura es de mampostería, el parapeto es de vigas y pilastras de concreto. La carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: 020° 00.80', longitud: 102° 14.73' y una altitud: 1304 m

En la Figura 4.38 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se observa en buen estado; se requiere limpieza en el cauce (Figura 4.38 b)

4.5.7 TRAMO: ZAMORA-JIQUILPAN

El tramo Zamora-Jiquilpan tiene un total de seis puentes carreteros y uno de ferrocarril los cuales son El Duero Derecho, El Duero Izquierdo, Jacona, Santiago Tangamandapio, P.S.V FNM Estación Moreno, Jaripo y El Totolán (Tabla 4.1) de acuerdo a los reportes de SIPUMEX se fue tomando en cuenta su kilometraje.



(a) Fachada lateral derecha del puente

(b) Parte inferior de la losa del puente

Figura 4.39 Puente El Duero Derecho

El puente carretero El Duero Derecho se encuentra ubicado en el kilómetro 147+322 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Zamora-Jiquilpan. Fue construido en 1993, cuenta con un claro su longitud total es de 26.40 m con un ancho total de 16.40 m. La Superestructura es de concreto presforzado y la Subestructura es de concreto reforzado. La carga de diseño del puente es para camión tipo T3-S3. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 58.40'$, longitud: $102^{\circ} 17.70'$ y una altitud: 1569 m

En la Figura 4.39 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se observa en buen; La parte inferior de la losa se empieza a formar alrededor de los drenes enmohecimiento y en la parte interior al lado de los drenes en todo lo largo se observa un mala calidad en la mano de obra, porque hay papel de bultos de cemento tapando orificios (Figura 4.39 b)



(a) Fachada Lateral del puente



(b) Parte inferior de la losa del puente

Figura 4.40 Puente El Duero Izquierdo

El puente carretero El Duero Izquierdo se encuentra ubicado en el kilómetro 147+322 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Zamora-Jiquilpan. Fue construido en 1993, cuenta con un claro su longitud total es de 26.40 m, con un ancho total de 16.40 m. La Superestructura es de concreto presforzado y la Subestructura es de concreto reforzado. La carga de diseño del puente es para camión tipo T3-S3. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 58.40', longitud: 102° 17.70' y una altitud: 1569 m

En la Figura 4.40 (a) No se observan daños importantes en el puente, solo el crecimiento de vegetación sobre los estribos; se observa en perfectas condiciones la estructura del puente (Figura 4.40 b)



(a) Paso vehicular sobre el puente

(b) Vista hacia el arroyo del puente

Figura 4.41 Puente Jacona

El puente carretero Jacona se encuentra ubicado en el kilómetro 148+650 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Zamora-Jiquilpan. Fue construido en 1945, cuenta con dos claros su longitud total es de 12.70 m y su ancho total es de 12.30 m. La Superestructura y la Subestructura es de concreto reforzado. La carga de diseño del puente es para camión tipo HS-15. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 57.800', longitud: 102° 18.16' y una altitud: 1573 m

En la Figura 4.41 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se observa en buen estado; empieza el crecimiento de vegetación sobre el arroyo (Figura 4.41 b)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Vista de la subestructura y superestructura del puente

Figura 4.42 Puente Santiago Tangamandapio

El puente carretero Santiago Tangamandapio se encuentra ubicado en el kilómetro 164+500 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Zamora-Jiquilpan. Fue construido en 1940 y la última reconstrucción fue en 1997, cuenta con un claro su longitud total es de 16.00 m con un ancho total de 11.30 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $19^{\circ} 57.52'$, longitud: $102^{\circ} 25.85'$ y una altitud: 1635 m

En la Figura 4.42 (a) Se observa la formación en la orilla del parapeto y el arroyo montículos de tierra que empiezan a obstruir el arroyo vehicular; en la parte inferior de la losa hay infiltración entre las nervaduras y la losa y la formación abundante de vegetación sobre el caudal (Figura 4.42 b)



(a) Fachada lateral del puente

(b) Vista inferior de la losa

Figura 4.43 Puente PSV. FNM Estación Moreno

El puente carretero Paso Superior Vehicular FNM Estación Moreno se encuentra ubicado en el kilómetro 175+450 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Zamora-Jiquilpan. Fue construido en 1940 y la última reconstrucción fue en 1990, cuenta con un claro su longitud total es de 10.80 con un ancho total de 11.00 m. La Superestructura es de concreto y acero y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 00.08', longitud: 102° 30.15' y una altitud: 1488 m

En la Figura 4.43 (a) No se observan ningún daño importante sobre la estructura del puente; en la parte superior de los estribos del puente se empieza a formar sarro (Figura 4.43 b)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Vista inferior del puente

Figura 4.44 Puente Jaripo

El puente carretero Jaripo se encuentra ubicado en el kilómetro 191+600 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Zamora-Jiquilpan. Fue construido en 1940 y la última reconstrucción fue en 1994, cuenta con tres claros su longitud total es de 31.40 m con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 58.76'$, longitud: $102^{\circ} 36.82'$ y una altitud: 1434 m

En la Figura 4.44 (a) Se observa en buen estado el paso vehicular del puente; Hay una pésima calidad en la mano de obra en la parte inferior de la losa, porque quedaron adheridos papeles de bultos de cemento provocando oquedades sobre el concreto y así mismo la exposición del acero a la intemperie empezando a provocar la corrosión (Figura 4.44 b)



Figura 4.45 Puente El Totolán

El puente carretero El Totolán se encuentra ubicado en el kilómetro 198+880 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Zamora-Jiquilpan. Fue construido en 1940, cuenta con dos claros su longitud total es de 10.00 m con un ancho total de 11.30 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo HS-15. Se ubica geográficamente en la latitud: 019° 59.65', longitud: 102° 42.50' y una altitud: 1521 m

En la Figura 4.45 Se observa claramente una total obstrucción de la vegetación sobre el caudal del puente.

4.5.8 LIBRAMIENTO JIQUILPAN

El Libramiento Jiquilpan cuenta con un puente carretero llamado Libramiento Jiquilpan (Tabla 4.1) que a continuación se describe



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Fachada lateral derecha del puente

Figura 4.46 Libramiento Jiquilpan

El puente carretero Libramiento Jiquilpan se encuentra ubicado en el kilómetro 0+980 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del libramiento Jiquilpan del Tramo Zamora - Jiquilpan. Fue construido en 1970 y el último año de construcción fue en 1988, cuenta con tres claros su longitud total es de 28.50 m, con un ancho total de 11.00 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo HS-20. Se ubica geográficamente en la latitud: $019^{\circ} 59.70'$, longitud: $102^{\circ} 42.60'$ y una altitud: 1526 m

En la Figura 4.46 (a) Se observa que el puente en la superficie de rodamiento se observa en buen estado; se observa obstrucción de vegetación sobre el caudal del puente y falta de mantenimiento sobre el parapeto y la losa en la parte lateral (Figura 4.46 b)

4.5.9 TRAMO: JIQUILPAN–LIMITE MICHOACÁN/JALISCO



Figura 4.47 Puente Peatonal Sahuayo I

El puente Peatonal Sahuayo I se encuentra en el kilómetro 5+300 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan-Limite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1998, cuenta con dos claros su longitud total es de 32.50 m, con un ancho total de 1.70 m. La Superestructura y la Subestructura es de estructura metálica. La carga de diseño del puente es para 415 kg/m². Se ubica geográficamente en la latitud: 020° 03.42', longitud: 102° 42.98' y una altitud: 1524 m

En la Figura 4.47 El puente es de estructura por lo tanto solo presento la Figura ya que el estudio es sobre los puentes carreteros



(a) Perspectiva del puente



(b) Paso peatonal

Figura 4.48 Peatonal Sahuayo II

El puente Peatonal Sahuayo II se encuentra en el kilómetro 6+200 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan-Limite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1975, cuenta con dos claros su longitud total es de 40.00 m con un ancho total de 2.60 m. La Superestructura y la Subestructura es de estructura metálica. La carga de diseño del puente es para 415 kg/m^2 . Se ubica geográficamente en la latitud: $20^\circ 03.42'$, longitud: $102^\circ 42.98'$ y una altitud: 1524 m

En la Figura 4.48 (a) El puente es de estructura por lo tanto solo presento la figura ya que el estudio es sobre los puentes carreteros; se encuentra en buen estado (Figura 4.48 b)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Paso peatonal

Figura 4.49 Peatonal Sahuayo III

El puente Peatonal Sahuayo III se encuentra en el kilómetro 7+800 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan-Limite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1998, cuenta con tres claros su longitud total es de 31.20 m, con un ancho total de 1.80 m. La Superestructura y la Subestructura es de estructura metálica. La carga de diseño del puente es para 415 kg/m^2 . Se ubica geográficamente en la latitud: $20^\circ 03.42'$, longitud: $102^\circ 42.98'$ y una altitud: 1524 m

En la Figura 4.49 (a) El puente es de estructura por lo tanto solo presento la figura ya que el estudio es sobre los puentes carreteros; se encuentra en buen estado (Figura 4.49 b)



(a) Arroyo vehicular sobre el puente



(b) Fachada lateral derecha del puente



(c) Vista inferior de la losa

Figura 4.50 La Ladrillera

El puente carretero La Ladrillera se encuentra ubicado en el kilómetro 8+150 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán Jalisco. Fue construido en 1965 y el último año de reconstrucción fue en el 2005, cuenta con un claro su longitud total es de 14.80 m, con un ancho total de 27.00 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 04.45', longitud: 102° 43.01' y una altitud: 1528 m

En la Figura 4.50 (a) El arroyo vehicular se observa en buenas condiciones; la estructura del puente se observa en buenas condiciones sólo empieza a formarse

vegetación sobre el caudal (Figura 4.50 b); No se observa ninguna falla importante en la losa inferior del puente (Figura 4.50 c)



(a) Fachada lateral del puente



(b) Unión del parapeto y la losa

Figura 4.51 Puente Cojumatlán I

El puente carretero La Ladrillera se encuentra ubicado en el kilómetro 23+800 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965 y el último año de reconstrucción fue en 1984, cuenta con dos claros su longitud total es de 14.60 m, con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto y acero, la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: $020^{\circ} 06.82'$, longitud: $102^{\circ} 50.36'$ y una altitud: 1460 m

En la Figura 4.51 (a) Se observa una gran obstrucción de vegetación sobre el caudal; Se derrumbó la esquina del parapeto debido a un choque (Figura 4.51 b)



(a) Arroyo vehicular del puente

(b) Arroyo o caudal del puente

Figura 4.52 Puente Cojumatlán II

El puente carretero Cojumatlán II se encuentra ubicado en el kilómetro 25+500 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965 y el último año de reconstrucción fue en 1984, cuenta con tres claros su longitud total es de 46.00 m con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto y acero, la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: $020^{\circ} 07.62'$, longitud: $102^{\circ} 51.56'$ y un altitud: 1515 m

En la Figura 4.52 (a) No se observan daños importantes sobre el arroyo vehicular; Hay demasiada obstrucción de vegetación sobre el caudal (Figura 4.52 b)



(a) Arroyo vehicular del puente



(b) Esquina derecha del parapeto



(c) Caudal del puente

Figura 4.53 Puente Cojumatlán III

El puente carretero Cojumatlán III se encuentra ubicado en el kilómetro 25+600 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965 y el último año de reconstrucción fue en 1984, cuenta con tres claros su longitud total es de 23.800 m, con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión de H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 07.70', longitud: 102° 51.18' y una altitud: 1529 m

En la Figura 4.53 (a) No se observa ningún daño importante sobre el arroyo vehicular del puente; Hay una de las esquinas del parapeto despostillada (Figura 4.53 b); sobre

el cauce del río hay obstrucción de vegetación (Figura 4.53 c)

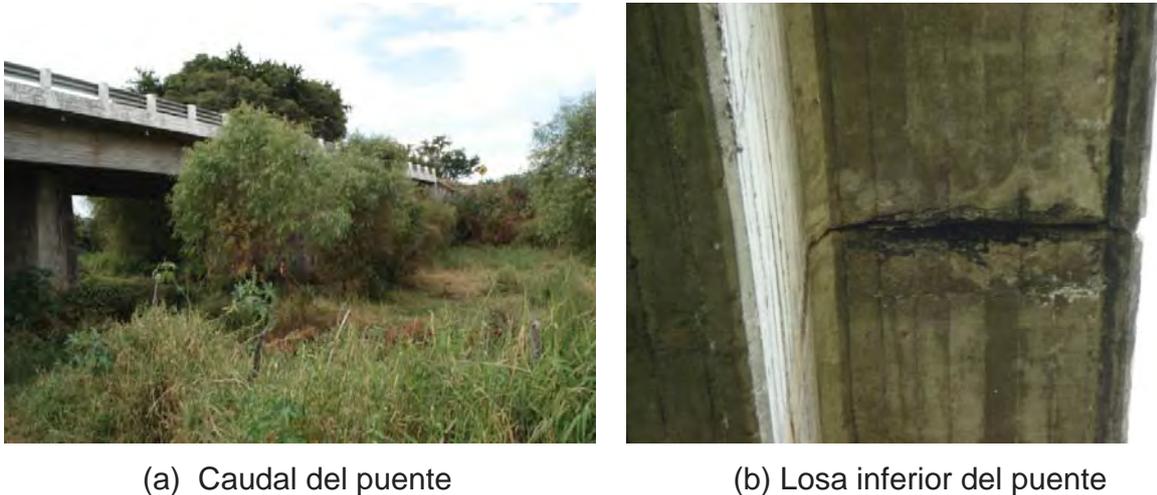


Figura 4.54 Puente Santa Martha

El puente carretero Santa Martha se encuentra ubicado en el kilómetro 26+600 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965, cuenta con tres claros su longitud total es de 45.300 m, con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 08.11', longitud: 102° 51.46', y una altitud: 1600 m

En la Figura 4.54 (a) Abundante obstrucción de vegetación sobre el caudal del puente; en la parte inferior de la losa del puente hay un agrietamiento significativo donde se observa el acero expuesto a la intemperie y el concreto desprendido lo cual empieza a ver presencia de corrosión (Figura 4.54 b)



(a) Fachada lateral derecha del puente



(b) Losa inferior del puente

Figura 4.55 Puente El Callejón

El puente carretero El Callejón se encuentra ubicado en el kilómetro 32+900 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965, cuenta con un claro su longitud total es de 8.40 m, con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto y acero, la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 09.50', longitud: 102° 53.93' y una altitud: 1503 m

En la Figura 4.55 (a) Falta mantenimiento en el parapeto; en la parte inferior de la losa hay una mala calidad de mano de obra donde se observan oquedades y la exposición del acero a la intemperie (Figura 4.55 b)



Figura 4.56 Puente Palo Alto I

El puente carretero Palo Alto I se encuentra ubicado en el kilómetro 34+500 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965, cuenta con un claro su longitud total es de 7.10 m, con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto y acero, la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 09.59', longitud: 102° 54.81' y una altitud: 1574 m

En la Figura 4.56 Le falta mantenimiento al parapeto, no hay daños importantes en las otras partes de la estructura del puente



(a) Fachada lateral del puente



(b) Parte de la viga y la losa en la parte lateral

Figura 4.57 Puente Palo Alto II

El puente carretero Palo Alto II se encuentra ubicado en el kilómetro 34+700 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965, cuenta con un claro su longitud total es de 6.50 m, con un ancho total de 10.00 m. La Superestructura es de concreto y acero, la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 09.65', longitud: 102° 54.99', y una altitud: 1477 m

En la Figura 4.57 (a) Hay obstrucción de vegetación sobre el caudal de río; la viga de acero presenta corrosión por falta de un mantenimiento rutinario y la losa de concreto se está desprendiendo en toda la orilla (Figura 4.57 b)



(a) Fachada lateral del puente

(b) Losa en la parte lateral del puente

Figura 4.58 Puente Palo Alto III

El puente carretero Palo Alto III se encuentra ubicado en el kilómetro 35+441 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/Jalisco. Fue construido en 1965, cuenta con dos claros su longitud total es de 8.40 m, con un ancho total de 9.90 m. La Superestructura es reforzada y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: $20^{\circ} 09.70'$, longitud: $102^{\circ} 55.20'$ y una altitud: 1480 m

En la Figura 4.58 (a) Obstrucción de la vegetación sobre el caudal del río; se observa en la parte inferior de la orilla de la losa el desprendimiento del concreto por lo tanto el acero a quedado expuesto a la intemperie teniendo inicios de corrosión (Figura 4.58 b)

El puente carretero Palo Alto IV se encuentra ubicado en el kilómetro 35+727 de la Carretera Morelia–Guadalajara (Ruta 15) del Tramo Jiquilpan–Límite Michoacán/ Jalisco. Fue construido en 1965, cuenta con dos claros su longitud total es de 7.80 m, con un ancho total de 9.00 m. La Superestructura es concreto reforzado y la Subestructura es de mampostería. La carga de diseño del puente es para camión tipo H15-S12. Se ubica geográficamente en la latitud: 20° 09.68', longitud: 102° 55.00' y una altitud: 1479 m

Este puente se analizará en forma más detallada ya que presenta una mayor problemática por lo cual a continuación se presentan las figuras siguientes:



(a) Perspectiva lateral izquierda

(b) Perspectiva lateral derecha

Figura 4.59 Puente Palo Alto IV



(c) Fachada frontal lateral lado derecho



(d) Estribo izquierdo de la parte lateral derecha



(e) Estribo intermedio de la parte lateral derecha

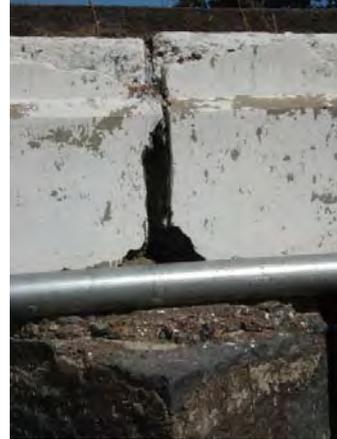


(f) Fachada frontal lateral lado izquierdo

Figura 4.59 Puente Palo Alto IV (continuación)



(g) Estribo intermedio de la parte lateral izquierda



(h) Losa de la parte lateral izquierda



(i) Superficie de rodamiento y el parapeto del puente



(j) Unión entre la losa inferior y estribo del puente

Figura 4.59 Puente Palo Alto IV (continuación)



(k) Fachada lateral derecha de un claro del puente



(l) Fachada lateral derecha del estribo intermedio y la losa



(m) Exposición del acero



(n) Estribo izquierdo del puente

Figura 4.59 Puente Palo Alto IV (continuación)



(o) Estribo derecho del puente intermedio y la losa



(p) Paso de un automóvil sobre la superficie de rodamiento del puente



(q) Paso de un camión H20 sobre el puente



(r) Paso de un camión HS-15 sobre el puente

Figura 4.59 Puente Palo Alto IV (continuación)



(s) Paso de un camión T3-S3 sobre el puente
Figura 4.59 Puente Palo Alto IV (continuación)

En la Figura 4.59 (a) Se observa la parte de la superestructura del puente que desde ese enfoque hay daños de desprendimiento en la parte inferior lateral de la losa; se observan los dos claros del puente en donde a todo lo largo de la losa hay desprendimiento de concreto sobre toda la orilla inferior (Figura 4.59 b); el cauce del río se encuentra libre de vegetación aguas abajo (Figura 4.59 c); se observa en buen estado el estribo izquierdo en la Figura 4.59 d); el estribo intermedio se observa en buen estado la grieta comienza en la losa (Figura 4.59 e); el caudal se observa con obstrucción de tierra y vegetación (Figura 4.59 f); el estribo intermedio se observa en buen estado (Figura 4.59 g); entre la unión de las dos losas se empieza a observar el desprendimiento del concreto (Figura 4.59 h) ; el espesor de la superficie de rodamiento está muy grueso y la carpeta no llega hasta el límite del parapeto (Figura 4.59 i); entre la unión del estribo y la losa se observan oquedades donde se observa el agregado pétreo expuesto (Figura 4.59 j); empieza la formación de tierra sobre el caudal del puente (Figura 4.59 k); Al centro del estribo empieza a formarse la grieta de la losa de lado izquierdo y la losa del lado derecho toda la parte inferior hay un desprendimiento del concreto (Figura 4.59 l); exposición del acero a la intemperie por causa del desprendimiento del concreto de la losa en la parte inferior latera (Figura 4.59 m); tanto el estribo intermedio y la losa inferior se encuentran en buen estado (Figura 4.59 n); el estribo derecho también se encuentra en buenas condiciones y no presenta grietas (Figura 4.59 o); se observa el paso de un

vehículo ligero sobre la superficie de rodamiento (Figura 4.59 p); se observa el paso de un camión H20 (18.1 Ton.) sobre la superficie de rodamiento del cual el puente está diseñado para soportar ésta carga (Figura 4.59 q); se observa el paso de un camión HS-15 (24.5 Ton.) sobre la superficie de rodamiento que también está diseñado para soportar ésta carga (Figura 4.59 r); Se observa el paso de un trailer T3-S3 (48.5 Ton.) sobre la superficie de rodamiento el cual éste puente no está diseñado para soportar ésta carga (Figura 4.59 s)

4.6 CONCLUSIONES

De acuerdo a la inspección visual y fotográfica que se realizó a los 44 puentes tanto carreteros como peatonales del Tramo Morelia–Guadalajara (Ruta 15) de los cuales son 37 puentes carreteros que son los que se inspeccionaron; se escogió éste tramo por ser uno de los más antiguos del Estado de Michoacán de carretera libre de peaje y por lo tanto se observan más afectaciones sobre la infraestructura del Tramo en especial los puentes carreteros que de acuerdo con los reportes SIPUMEX el más antiguo es de 1938 y para esa fecha los puentes fueron calculados para la carga H-15 según la AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials) de los Estados Unidos de America con un peso total de 13.7 Ton.

Las cargas móviles utilizadas para el proyecto de puentes carreteros en México fueron HS, hasta 1972 se empleaba la carga HS-15 en puentes de carreteras comunes y la carga HS-20 en carreteras troncales. A partir de 1972 hasta 1980 se generalizó el uso de la carga HS-20, después de lo cual ya se utilizan las cargas T3-S3 y T3-S2-R4.

Por lo tanto de acuerdo a lo antes mencionado el Puente Palo Alto IV del Tramo Jiquilpan – Límite Michoacán/ Jalisco se inspeccionó más detalladamente por que se observa más problemática en el puente de acuerdo a que la carga por la que fue diseñada es para un H15-S12 y actualmente la carga que transita por ahí es un T3-S2-R4. Por lo tanto pues tiene una sobrecarga el puente, se llega a observar mediante las inspecciones visuales que la subestructura ésta en buenas condiciones por que no se observan grietas sobre los estribos del puente en cuanto a la superestructura del mismo se observa la sobrecarga en la parte lateral de la losa y se debe tener mayor cuidado o atención especial antes de que vaya ocurrir un colapso.

CONCLUSIONES GENERALES

Como se observó anteriormente se requiere de todo un proceso detallado en la reparación de las estructuras de concreto en puentes y en general; con la ayuda del programa planteado por la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) se podrá recuperar las estructuras más dañadas sobre el Tramo Morelia – Guadalajara (Ruta 15) que es el tramo a estudio y es uno de los más antiguos en su construcción por lo cual requiere de atención inmediata.

De todos los puentes inspeccionados el que se le detectó mayor problemática fue el último llamado Palo Alto IV del Tramo Jiquilpan – Límite Michoacán/Jalisco el cual presenta un agrietamiento importante en la parte lateral de la losa debido a la sobrecarga que se le ha presentado a dicho puente ya que transitan trailers con un peso mayor de lo que puede soportar dicho puente; por lo tanto va hacer de vital importancia la atención inmediata de la reparación del puente con todo el proceso correspondiente para que se obtenga una estructura reforzada con una buena calidad.

Todo éste proceso me dejó un gran enseñanza sobre la metodología a seguir para la reparación de una estructura y no solamente es aplicarle cualquier cosa para tratar de repararlo por que se revisa todas las partes de la estructura para ver en donde comienza la falla y que lo ha originado; y al final llegar a una buena reparación para que la estructura siga teniendo una larga vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

Paulo R. L. H., (1997), “Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto”; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

García R. F. de J., (2002), “Evaluación de estructuras de concreto, técnicas y materiales para su reparación”; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

De la Torre R. O. (2001), “Guía para reparar estructuras de concreto”; American Concrete Institute, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

Meter H. E., (2005), “Manual ilustrado de Reparación y Mantenimiento del Concreto”; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

Mendoza S. E., “ Programa Nacional de Conservación de Carreteras Libre de Peaje”; Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Vargas C. A., “ Reportes SIPUMEX”; Departamento de Conservación de Carreteras en Morelia, Michoacán (SCT)

http://www.emexico.gob.mx/work/emm_1/michoacán/mpios/16073a.htm

http://www.emexico.gob.mx/work/emm_1/michoacán/mpios/16108a.htm

http://www.emexico.gob.mx/work/emm_1/michoacán/mpios/16045a.htm

http://www.emexico.gob.mx/work/emm_1/michoacán/mpios/16074a.htm

http://www.emexico.gob.mx/work/emm_1/michoacán/mpios/16053a.htm

Visitas de campo para tomar las fotografías recientes de todos los puentes y realizar una inspección visual