



**MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL SOSTENIBLE PARA EL
PUENTE CHACAO, CHILE.**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Nicolás Felipe González Contreras

Profesor Guía:
José Francisco Benavides Núñez

Fecha:
Mayo 2021
Santiago, Chile

DEDICATORIA

A Susana, mi compañera, quien en este largo camino paso a ser mi Esposa y la madre de nuestro hijo, gracias por un pilar fundamental y brindarme todo el apoyo, por estar siempre ahí y porque a pesar de todo, hoy, somos familia.

A Felipe, hijo, te esperamos por tanto tiempo y al final de este viaje, nos mostraste que es el comienzo de otro.

Abuelita Lupe, gracias por todo lo grandiosa que fuiste para mí y por la vida que me diste, te admiro, te adoro y estarás por siempre en mi corazón.

SOLO USO ACADÉMICO

AGRADECIMIENTO

Al Profesor Francisco Benavides, por ser un pilar fundamental en la creación de este proyecto, por guiarme y dirigirme este tiempo y entenderme cuando no estuve.

A la Universidad Mayor, por darme las herramientas y las motivaciones de seguir con mi carrera aun cuando veía lejano el término.

A mis compañeros, gracias por el buen ánimo y por apoyar en momentos difíciles.

A la señora Lidia Faundez, gracias por las tardes escuchando, aconsejando, ayudando con las inscripciones.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

Partiendo de la relevancia que tiene para Chile la construcción del Puente Chacao y su impacto en lo económico, social y ambiental, la presente investigación tuvo como propósito desarrollar un modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao. Se abordó un estudio de tipo documental considerando la información existente en las diferentes bases de datos científicas de internet, así también de fuentes primarias, tales como, el Ministerio de Obras Públicas (MOP). Desde otra perspectiva, se hizo una revisión teórica sobre la estructura de dicho puente basada en Zaldumbide (2006) así como una revisión de los principios de sostenibilidad y modelo de gestión de mantenimientos en puentes. Los resultados de la investigación arrojaron que la conservación del puente desde la perspectiva del diseño está presente. Sin embargo, las proyecciones del MOP (2012) refieren la no rentabilidad social del proyecto incluyendo los costos de mantención, así mismo se destaca la examinación de los modelos de conservación en función de los sistemas de gestión vial, el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo constituyen el centro de dicha gestión, principalmente en inspecciones y determinación del estado de deterioro del puente. Se llegó a la conclusión que el modelo obtenido refiere elementos donde armonizan el aspecto económico, social y ambiental, generando acciones sostenibles para el desarrollo y conservación del puente. Sin embargo, se propone seguir las recomendaciones de MOP para la mejora de la rentabilidad social del proyecto.

Palabras claves: Puente Chacao, Modelo de gestión de mantenimiento, Puente colgante, Conservación de puentes, Sistema de gestión vial, Mantenimiento de puentes

SUMMARY

Based on the importance for Chile of the construction of the Chacao Bridge and its impact on the economic, social and environmental aspects, the present research aimed to develop a sustainable road conservation management model for the Chacao Bridge. A documentary study was discussed considering the information in the different scientific databases on the Internet, as well as from primary sources such as the Ministry of Public Works (MOP). From another perspective, a theoretical review was made of the structure of the bridge based on Zaldumbide (2006) as well as a revision of the principles of sustainability and the model of management of bridge maintenance. Research results showed that bridge conservation from a design perspective is present. However, the MOP projections (2012) refer to the social non-profitability of the project including maintenance costs, as well as the examination of conservation models according to road management systems, preventive, corrective and predictive maintenance are the center of such management, mainly in inspections and determination of the deteriorating condition of the bridge. It was concluded that the model obtained refers to elements where they harmonize the economic, social and environmental aspect, generating sustainable actions for the development and conservation of the bridge. However, it is proposed to follow the recommendations of MOP for improving the social profitability of the project.

Keywords: Chacao Bridge, Maintenance Management Model, Suspension Bridge, Bridge Conservation, Road Management System, Bridge Maintenance

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO.....	11
1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA.....	11
1.2 JUSTIFICACIÓN	14
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO	16
1.4.1 Tipo de investigación	17
1.4.2 Diseño de la investigación	19
1.4.3 Recolección de la información.....	20
1.4.3.1 Criterios de inclusión	22
1.4.3.2 Criterios de exclusión.....	22
1.4.4 Análisis de la información	22
1.4.5 Procedimiento de la Investigación	23
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	24
2.1 Sobre la infraestructura vial	24
2.2. Sistema de gestión de puentes.....	24
2.2.1 Componentes de un sistema de gestión de puentes.....	25
2.3 Desarrollo sostenible.....	28
2.3.1 Sostenibilidad de los puentes	29
2.4. Conservación de puentes.....	30
CAPÍTULO III. PUENTE CHACAO.....	33
3.1 Puente colgante o superestructura suspendida	34
3.1.1 Componentes básicos de un puente colgante	35
3.2 Cargas que actúan sobre un puente colgante con estructura de acero.....	37
3.2.1 Carga muerta	37
3.2.2 Carga viva	37
3.2.2.1 Cargas estáticas	37
3.2.2.2 Cargas dinámicas	37

3.2.2.3 Cargas de larga duración.....	37
3.2.2.4 Cargas repetidas	38
3.2.2.5 Cargas térmicas	38
3.2.2.6 Cargas longitudinales	38
3.3 Efectos adicionales sobre un puente colgante con estructura de acero	38
3.3.1 Pandeo	38
3.3.2 Torsión	38
3.3.3 Resonancia	38
3.3.4 Otros efectos.....	39
3.4 Fisuras	39
3.4.1 Fisuras por flexión	39
3.4.2 Fisuras por cortante.....	39
3.4.3 Accesos de aproximación.....	39
3.4.4 Fisura por torsión	39
3.4.5 Vibración excesiva.....	40
CAPÍTULO IV: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	41
4.1 Modelo de Gestión	41
4.2 Gestión de mantenimiento.....	42
4.3 Requerimientos para la gestión de mantenimiento.	42
4.3.1 Recursos humanos.....	43
4.3.2 Recurso técnico.	44
4.3.3 Infraestructura.	44
4.3.4 Equipos.....	45
4.3.5 Materiales.....	45
4.3.6 Repuestos.	46
4.3.7 Instrumentos.....	46
4.3.8 Herramientas.	47
4.3.9 Recursos financieros.	47
4.4 Fases del modelo de gestión para el mantenimiento.....	48
4.4.1 Inicio.	49
4.4.2 Planificación.....	49
4.4.3 Ejecución.....	50
4.4.4 Seguimiento y control	51

4.4.5 Finalización.....	51
CAPÍTULO V. PROYECCIONES PARA LA CONSERVACIÓN VIAL SOSTENIBLE DEL PUENTE CHACAO.....	53
CAPÍTULO VI. MODELOS DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COMO PARTE DE LA GESTIÓN VIAL	56
CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.....	61
7.1 Conceptualización del modelo de gestión.....	61
7.2 Objetivos del modelo de gestión.....	61
7.3 Alcance del modelo de gestión de mantenimiento.....	61
7.4 Fases del modelo de gestión.....	62
7.5 Fase I. Inicio.....	62
7.6 Fase II. Planificación.....	65
7.7 Fase III. Ejecución.	66
7.8 Fase IV: Seguimiento y control.....	68
7.9 Fase V. Finalización.....	68
CONCLUSIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Proceso	18
Imagen N° 2: Procedimiento de la investigación proyectiva.....	18
Imagen N° 3: Componentes de un BMS.....	26
Imagen N° 4: Puente Chacao	34
Imagen N° 5: Corte Transversal Puente Chacao.....	35
Imagen N° 6: Componentes básicos de un puente colgante	35
Imagen N° 7: Estructura del modelo de gestión del mantenimiento de puentes	57
Imagen N° 8: Funcionamiento de sistema de gestión de puentes en España.....	58
Imagen N° 9: Sistema del Reino Unido HiSMIS.....	60
Imagen N° 10: Modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao, Chile.	62
Imagen N° 11: Registro de información técnica.....	63
Imagen N° 12: Registro histórico	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: TDMA:	54
Tabla N° 2: Flujo de caja	54
Tabla N° 3: Indicadores de gestión :	69

INTRODUCCIÓN

Una red de transporte es importante para el desarrollo social y económico de un país. Dentro de esta red parte importante de la conectividad está dada por los puentes. Un puente vial es una estructura que permite la continuidad de un camino sobre un obstáculo (Valenzuela, 2008). En este sentido, la construcción del puente para unir la isla grande de Chiloé con el continente sobre el canal de Chacao, es el proyecto de mayor envergadura en diseño y construcción desarrollado al alero del estado de Chile y de su Ministerio de Obras Públicas, la que contempla la construcción del puente a la altura aproximada de Punta San Gallán, donde el canal presenta un ancho de 2,5 km. El origen del proyecto se remonta al año 1996, bajo el gobierno de Eduardo Frei (Ingeniería Cuatro Consultores Ltda. 1997). El proyecto, paso por diversas etapas y licitaciones desiertas, las que fueron reactivadas de forma estable el año 2012 bajo el gobierno de Sebastián Piñera, en donde el año 2013 se aprobó la única oferta económica presentada para la construcción del puente colgante que unirá el continente con la isla de Chiloé, la cual fue presentada por el consorcio integrado por OAS, Hyundai, Systra y Aas-Jakobsen. Los principales beneficios reportados en los estudios de impacto previos señalan la reducción de los tiempos de viaje de las personas que cruzan el canal, las reducciones de los consumos de combustible de vehículos y transbordadores, así como ahorros por concepto de costos de operación y mantención de transbordadores e infraestructura naviera (Navarro, 2014).

En este sentido, el transporte de insumos y productos, el traslado de las personas y el acceso a servicios son fundamentales para el desarrollo de las sociedades, en donde para que estas acciones puedan desenvolverse adecuadamente, es necesario que los caminos que componen las redes viales presenten un apropiado nivel de seguridad y confortabilidad (Álvarez, 2008). Es así como no sólo es necesario desarrollar buenos diseños y procesos constructivos, sino que también, implementar eficaces planes de mantención y conservación, que permitan retardar el deterioro de las vías y prolongar sus vidas útiles. En base a esto, el propósito del presente trabajo es desarrollar un modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao.

La importancia de la conservación, se da desde múltiples áreas, en donde destaca la arista económica y donde los costos de mantención de las redes viales son sumamente altos aumentando con el tiempo debido al progreso además de nuevas tecnologías aplicadas. A su vez, se deben determinar elementos como la vulnerabilidad hidráulica de una estructura incluyendo aspectos de la geografía de la zona, características del río y características de la estructura (Melville y Coleman, 2000), en donde la mantención llevada a cabo regularmente durante la vida de la estructura es sumamente importante. Este tipo de mantención dependerá del tipo de estructura pero suelen ser limpieza de juntas de expansión y drenaje de la estructura, renovación de la pintura anticorrosión de los elementos metálicos, barreras de seguridad e iluminación del puente a nivel rutinario,

pero que a su vez deben incluir proyecciones de Reparación (recuperar capacidad original perdida), Refuerzo (recuperar la capacidad del puente y aumentarla) y de Reconstrucción (reemplazo de la estructura por una de mayor estándar o de estándar similar).

En este particular, la Dirección de Vialidad (2012), dependiente del MOP, cuenta con un manual de mantenimiento y conservación de vías, este es un documento normativo que se puede utilizar como guía para diferenciar las acciones de las capacidades técnicas del servicio. Establece políticas, estándares, procedimientos y métodos para indicar las condiciones que deben cumplir los proyectos viales y se relaciona con la planificación, investigación, evaluación, diseño, construcción, seguridad, mantenimiento, calidad e impacto ambiental. Sin embargo, este documento es generalizado, sólo plantea las directrices.

Por esto, la importancia de un modelo de gestión de conservación vial asociado al Puente Chacao, que permita por un lado dar sostenibilidad al proyecto, así como anticipar de forma integral las diversas áreas que implica la construcción, mantención y proyección vial de una estructura de esta envergadura.

CAPÍTULO I DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA

En toda nación, la infraestructura vial es un aspecto fundamental para el mejoramiento del transporte terrestre a lo largo y ancho del país, donde gran parte del comercio y transporte de carga se realiza por esta vía, lo cual influye igualmente de forma directa en la economía del país producto del turismo, en este sentido, la infraestructura vial permite una facilidad para la distribución de bienes y servicios a fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Debido a ello, la movilidad, confortabilidad y seguridad, así como, otros múltiples factores deben considerarse ante la tarea de realizarle seguimiento y control a cada uno de los elementos que conforman las redes terrestres nacionales.

Por ello, Del Rosario (2017) afirma que toda red vial requiere tratamiento específico en forma de mantenimiento con la finalidad de conservar y mantener niveles de servicio adecuados para los múltiples usuarios, el mismo destaca que en las infraestructuras viales se considera una mejor opción el hecho de “evitar que surjan pequeños daños que puedan parecer imperceptibles, pero que su detección a tiempo impide que se produzca un deterioro mayor, ocasionando un daño irreversible en la vía provocando la disconformidad de los usuarios de la misma” (p. 15).

En este sentido, cuando un elemento principal en toda infraestructura vial es inaugurado, tal como una carretera, el prolongado uso, los embates medioambientales como el sol y la lluvia, el paso de distintos tipos de vehículos deterioran de forma progresiva y continuada el pavimento (la capa asfáltica u hormigón), por lo que se vuelve necesaria la estimación de un porcentaje del costo total de la vía, de forma anual, para destinarlo a tareas de mantenimiento, lo que sin duda alguna se reviste de importancia en cuanto a la manera en que se gestionan tales recursos con la intención de maximizar la prestación y cumplimiento de la función del elemento vial específico.

Del mismo modo, existen elementos de la infraestructura vial que presentan otras características y propiedades, por lo que, de forma general, la conexión vial en el territorio depende en gran medida de la existencia de otros elementos como los puentes, los cuales permiten unir distintos puntos distanciados por una geografía específica del territorio.

En este sentido, debido a la alta importancia estratégica, dichas estructuras constituyen puntos críticos en las redes viales de la infraestructura donde están insertas, por lo que el correcto mantenimiento de estas importantes estructuras, se transforman en una necesidad primordial que no puede obviarse, ya que los más de 8.000 puentes que suman más de 180.000 metros lineales de longitud conforman un amplio universo de estructuras, cada una con sus respectivas necesidades de mantenimiento (Molina, 2012). Es por ello que, disponer de la información básica necesaria sobre todas las estructuras

que deben ser mantenidas resulta imprescindible para lograr una administración adecuada de las mismas.

Ya que una vez obtenida la información necesaria para administrar cada una de las estructuras, quien resulte encargado de la gestión de los puentes, debe estar en capacidad de organizarlos de manera que el presupuesto designado para ejecutar los trabajos de rehabilitación o mantención se destine eficazmente, de manera que puedan repararse las estructuras que realmente lo necesitan, o que, en función de su importancia estratégica, deben mantener niveles altos de serviciabilidad.

Es por ello que Ordoñez y Meneses (2015) afirman que la concreción de un sistema que permita minimizar los impactos vinculados a los proyectos de diseño, mejora, rehabilitación o reconstrucción de infraestructura vial deben obedecer a criterios de sustentabilidad, donde puedan atenderse no solo asociados a indicadores del tipo operativo o económico, sino que a aspectos relacionados con el deterioro de los recursos naturales y de las poblaciones cercanas al área geográfica del entorno al proyecto.

De este modo, permiten afrontar los criterios de sostenibilidad relacionados con las infraestructuras viales, de manera que permita la conectividad entre regiones, el intercambio cultural y comercial sin que se considere como una actividad de impacto negativo sobre el ambiente, al contemplar las actividades de la extracción de recursos naturales, la modificación del uso del suelo, los cambios en los hábitats y paisajes, a través de un modelo que incluya una serie de indicadores generales, en ocasiones denominados “de éxito”, que permitan a la interventoría realizar un seguimiento detallado al cumplimiento de los diferentes programas socio ambientales definidos. Y a su vez pueda medirse el desempeño de los contratistas y operadores, ya que la construcción del puente trae consigo una gran preocupación en el aspecto cultural y de desarrollo local, donde las consideraciones medioambientales y aspectos arraigados en las comunidades deben ser valoradas a fin de demostrar de manera adecuada el beneficio que trae a las comunidades, además que la voz de los mismos debe ser escuchada y valorada legalmente.

Es por ello que, la construcción de la denominada “mayor estructura colgante de América del Sur” (R&Q, 2018) pone de manifiesto que deben atenderse criterios que van más allá de los aspectos básicos a considerar en el desarrollo de un puente como elemento principal de la infraestructura vial nacional, en especial por las características que el puente sobre el Canal Chacao debe contener, al ser un desafío para la ingeniería nacional, Según Orellana (2018) “dentro del territorio nacional no se ha desarrollado en profundidad ni se cuenta con experiencia en esta clase de estructuras, por lo que su emplazamiento presenta una gran oportunidad de aprendizaje y crecimiento para la ingeniería chilena”.

En este sentido, desde el Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la Dirección de vialidad afirman que “vialidad ha debido abocarse a un proyecto que corresponde a

un reto para el país, pues se trata del primer puente de este tipo y no existía un código único de diseño que englobara todos los aspectos de la estructura”, ya que se trata de un proyecto ubicado en un lugar particularmente complejo, en una zona sísmica y sometido a importantes cargas, esto debido a las trombas de viento formadas y a grandes corrientes marinas continuamente presentes en el área donde será emplazada la infraestructura.

Por esta razón, atendiendo a esta diversidad de variables con distintos niveles de complejidad y relación directa con el tipo de diseño a construir requiere un complejo modelo de gestión que permita una supervisión adecuada y una óptima planeación de los aspectos determinantes para la conservación vial de esta estructura continua de 2.750 metros de longitud total con tramos de accesos de 339 metros del lado norte y 140 metros del lado sur, y más aún, con tramos centrales principales de 1.155 metros del lado norte y 1.055 metros al sur con la singularidad que el proceso de construcción implica que la única pila central de 170 metros, se ejecutara en el sitio, a través de un hormigonado continuo con la instalación de una planta “in situ”.

El desarrollo de un modelo de conservación vial sostenible debe contemplar los principales cuatro subprocesos de la gestión de conservación vial, a fin de alinearse a los estándares básicos de funcionamiento y con ello poder evolucionar con el transcurrir del tiempo en sistemas y modelos que se retroalimenten en función de los datos observados, en este sentido, la inclusión de la gestión de los contratos de conservación por niveles de servicio, la gestión de la supervisión y/o ejecución de los servicios, la gestión de la planificación de las intervenciones en la red vial nacional y finalmente a la gestión de las emergencias viales que puedan producirse, son aspectos que aportan valor a la propuesta a realizar.

Por lo tanto, la gestión de los contratos y conservación por niveles de servicio se encuentra como el primer subproceso, donde se incluye la identificación de la infraestructura vial a conservar, los tramos homogéneos, así como, todas las reglas contractuales o cláusulas, los presupuestos dependiendo del tipo de intervención que involucren los gastos generales y los del plan vinculado a la conservación vial formulado por el contratista y aprobados por el administrador contractual.

Seguidamente se encuentra la supervisión de los contratos o también denominada gestión de la ejecución, donde se generan planillas de revelamiento que sirven como base para la identificación de los defectos que no pueden ser admitidos y la posterior generación de órdenes para atender dichos eventos.

El siguiente subproceso abarca los aspectos relacionados con la planificación de las intervenciones al sistema de red vial nacional partiendo de los inventarios viales anuales y los reportes que de él se desprendan a fin de vincularse con el cuarto subproceso, sobre la gestión de las emergencias viales, que implica aspectos desde el reporte de la ocurrencia de emergencias, la naturaleza de la misma, sus implicaciones administrativas

y aprobatorias hasta la liquidación física y económica de la emergencia (Cabrera & Ynga, 2017).

De hecho, la valoración de los vastos procesos presentes en la materia requieren un enfoque orientado a la sostenibilidad, donde la inclusión de indicadores que permitan medir el nivel de significancia estructural, de elementos considerados como primordiales y más aún, de aquellos aspectos económicos relacionados directamente con las formas de mantención del puente Chacao, ajustados a los requerimientos normativos y la modificación de los mismos, en el futuro requieren una gestión adecuada en función de las necesidades del mundo actual, donde la productividad debe ir de la mano con la optimización de los procesos y su relación constante con la mejora continua apegado a los lineamientos generales de la Dirección de Vialidad de Chile (2012) en su manual de mantenimiento vial.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la promoción y el alcance de un desarrollo sostenible más que un compromiso político o de tipo administrativo de las naciones industrializadas es un deber de conciencia mundial con la finalidad de minimizar los enormes daños causados en el medioambiente desde los tiempos del surgimiento de la revolución industrial, dando pasos agigantados en lo que se denominó como un modelo constante de crecimiento (Ordoñez & Meneses, 2015).

En este sentido, el desarrollo de un modelo que permita integrar una serie de indicadores presentes en guías internacionales tanto de corte ambiental como operativo internacional propende como un incentivo de la sostenibilidad como principal eje transversal de los proyectos viales de la nación, a fin de realizar un fortalecimiento de las medidas de manejo socio ambiental y poder mejorar la evaluación y seguimiento a proyectos de corte vial en un marco de equilibrio ambiental, social y económico impulsado por el desarrollo sostenible y bajo el cual muchas naciones se alinean por una causa de bienestar común (Greenroads, 2011).

De lo expuesto, la realización de esta investigación se justifica ya que la propuesta de un modelo de gestión vinculado con la conservación vial sostenible involucra una relación directa con la optimización de recursos y procesos, contribuyendo así hacia una mejora en los aspectos relacionados con otras áreas importantes como la calidad y seguridad operacional, al tiempo que se busca la inclusión de indicadores de talla mundial en la consolidación de una obra de talla única para la ingeniería actual en América del sur. En atención a su pertinencia científica, se considera importante realizar un estudio que aborde la conservación vial sostenible en el marco de los criterios operacionales y funcionales enmarcados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por

la Organización de Naciones Unidas (ONU), buscando con ello un conocimiento integral acerca de las posibilidades de mejora disponibles en la actualidad basados en nuevos proyectos.

La realización de esta investigación, es relevante tanto para el alumnado, profesorado y la sociedad. En lo que respecta a los alumnos para Núñez (2018) les permite comprender y conocer el alcance del beneficio de un modelo de gestión de conservación vial sostenible adecuado al mayor hito de la ingeniería chilena actual, con la aplicación del mismo a un puente que sobrepasa los estándares tenidos en la actualidad sobre los criterios de diseño y desarrollo, y que requirió de la adecuación del marco normativo sísmico a fin de satisfacer las necesidades y alcances que dicha infraestructura requería.

Para el profesorado, permite explorar las consideraciones teóricas novedosas que representan las estimaciones de costo a futuro en función de las tareas de mantención tanto tradicionales como aquellas que puedan adaptarse a las mejoras supuestas por los avances tecnológicos; de igual modo, por medio del desarrollo investigativo realiza un asesoramiento directo a los futuros profesionales, abordando la creación de modelos de gestión desde una perspectiva científica, ahondando en la realidad del problema y sus implicaciones, además de representar espacios de conocimiento, que permitan impactar directamente sobre las necesidades específicas de capacitación del alumnado y del reforzamiento teórico y práctico para aquellos profesores en vías de crecimiento profesional.

Desde la perspectiva social, para Orellana (2018) la realización de este estudio contribuye a generar seguridad en cuanto a la idoneidad del constructor civil; quien es un profesional capacitado para orientar el desarrollo de habilidades de gestión operativa, estimación de costos y proyección del estado de las infraestructuras viales del sistema nacional, y con ello contando con la capacidad tanto técnica como práctica para brindar asesoría sobre los aspectos vinculados al puente Chacao, no solo desde el aspecto de la mantención y sostenibilidad del mismo, sino pudiendo ahondar en los beneficios que la construcción de esta emblemática obra podrá traer a la Región de Los Lagos y la apertura al mundo que le traerá esto a los ciudadanos de Chiloé. En consecuencia, se cuenta con personal calificado para tan delicada labor que simultáneamente cumple una función social.

De este modo, la realización de este trabajo de investigación brinda la oportunidad al futuro especialista de formarse en torno a un currículo actualizado que va a la par de los estándares que a nivel mundial se requieren para la construcción de diversas obras civiles, de la mantención de las mismas y en especial del desarrollo de modelos y sistemas de gestión que permitan optimizar los recursos disponibles y con ello satisfacer las necesidades de la ciudadanía, en medio de una era donde la mejora continua es una necesidad principal para todo profesional.

Desde la perspectiva teórica, se abordan postulados que permiten el desarrollo de los objetivos, manejando tendencias conceptuales actuales en materia de sostenibilidad vial, modelos de conservación y gestión vial y los niveles de mantenimiento requeridos para las infraestructuras viales. Por último, en el aspecto metodológico este trabajo se justifica, atendiendo al criterio de Hernández, Fernández & Baptista (2015), donde el manejo de la información se hará en función de lo establecido en el método científico y el análisis de los resultados permitirá establecer el beneficio del desarrollo de un modelo de conservación vial, lo que conducirá a las conclusiones constituyendo un valor agregado al título de constructor civil, además de ser material de consulta para futuros investigadores.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao, Chile.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Indagar sobre las proyecciones para la conservación vial sostenible del puente Chacao.
2. Examinar los modelos de mantenimiento de puentes como parte de la gestión vial.
3. Proponer un modelo de gestión de conservación vial del Puente Chacao basado en criterios de sostenibilidad.

1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

En este apartado se describe la postura paradigmática del autor asumida para el desarrollo de esta investigación, destacando la ontológica y epistemológica, que a su vez determina la metodología y procedimientos con respecto al desarrollo de un modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao, Chile, aunado a las técnicas e instrumentos de recolección de información y otros elementos, permite responder el cómo se van a lograr los objetivos de la investigación planteados (Hurtado, 2012).

Desde el carácter científico racional de esta investigación, resulta necesario reflexionar en la utilidad de la epistemología en la construcción del conocimiento a partir del desarrollo de un modelo de gestión de conservación vial partiendo inicialmente de la proyección realizada del estado del puente y los costos de mantenimiento asociados al mismo como una función del tiempo, lo cual permite precisar en qué radica el acto de conocer, a través de la esencia del conocimiento, su relación cognoscente entre hombre y objeto. En consecuencia, la epistemología sirve, tal como lo señala Sampieri (2010) para que el conocimiento no sea el simple conocer, sino que signifique “el producto científico de la razón y la inteligencia, buscando nuevos descubrimientos” (p.10).

El investigador, tras la búsqueda de nuevos conocimientos científicos con este estudio sobre el desarrollo de un modelo de conservación vial y su relación con la sostenibilidad del mismo con el pasar del tiempo, asume la dimensión epistemológica según Arias (2006) como “cuestiones relacionadas con los problemas cognoscitivos y la producción del conocimiento y la relación que adopta el investigador en función al investigado, pudiéndose entender de diferentes formas” (p.14).

De este discurso se desprende, el sentir crítico del autor al apegarse al positivismo desde el racionalismo y la objetividad del investigador, pero sin dejar de lado que el ser humano es capaz de razonar y mediante procesos científicos esgrimir ante los sesgos que pudiesen darse por la rigidez paradigmática, el autor considera que el conocimiento debe ser alcanzado mediante un pensamiento racionalmente crítico y reflexivo.

1.4.1 Tipo de investigación

Considerando lo planteado por Hurtado (2008), según el alcance el tipo de investigación desarrollado se encuentra en un tipo proyectivo, el cual “consiste en la elaboración de una propuesta, programa, plan o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento”, el cual debe desarrollarse a partir de un diagnóstico exacto de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo.

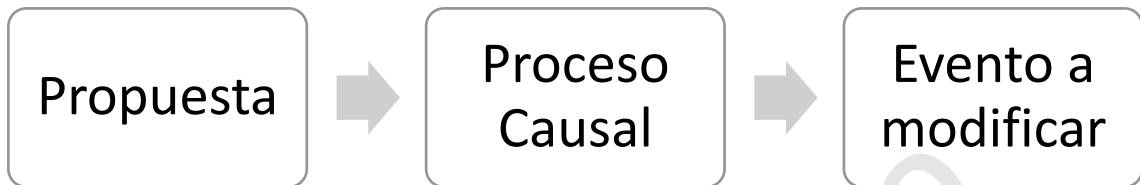
Del mismo modo, Acuña (2016) afirma que la investigación enmarcada en un tipo proyectivo “se ocupa de cómo deberían ser las cosas, para alcanzar unos fines y funcionar adecuadamente, involucrando la creación, diseño, elaboración de planes, o de proyectos”.

En función de ello, Hurtado (2008) expone que la investigación proyectiva se realiza debido a que se presentan situaciones que no están marchando como debieran, y que se desea que las mismas sean modificadas, principalmente porque hay potencialidades que no se están aprovechando de la manera más óptima. Asimismo, afirma que una investigación de este tipo se lleve a cabo porque hay problemas a resolver, donde el

investigador diagnostica el problema (evento a modificar), explica a qué se debe (proceso causal) y desarrolla la propuesta con base en esa información.

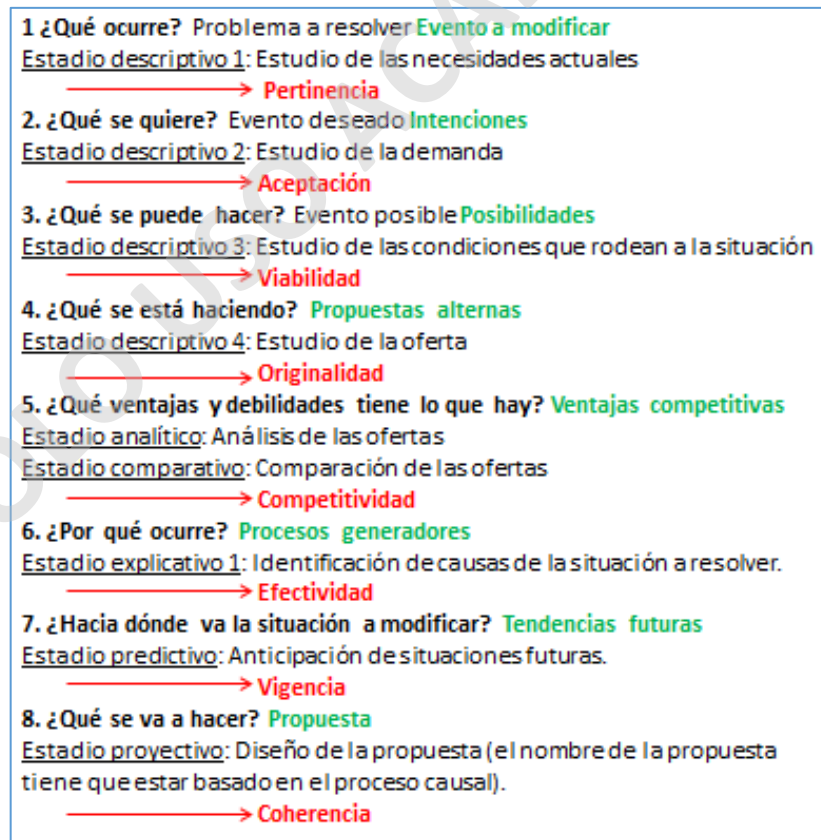
De manera visual se representa el proceso, según se muestra a continuación:

Imagen N° 1: Proceso



En función de lo anterior, Hurtado (2008) afirma que la configuración de la investigación proyectiva puede representarse a través de la siguiente compilación de aspectos clave, mostrados en la Imagen 1:

Imagen N° 2: Procedimiento de la investigación proyectiva



Fuente: Hurtado (2008)

La autora indica que en el contexto del desarrollo investigativo proyectivo, no todas estas etapas que describe deben darse, ya que fundamentalmente las mismas se asocian a los objetivos que persigue cada una de las investigaciones, en este sentido, se pone de manifiesto que evidentemente se pretende solucionar un problema a futuro, como lo es la determinación de aquellas necesidades actuales que deben resolverse a futuro a través de la aceptación de las intenciones de estudio de las necesidades y de las condiciones técnicas que permiten medir la viabilidad de estimar el estado del puente y los costos asociados al mantenimiento del mismo en función del tiempo, dando paso a un estudio predictivo sobre las futuras tendencias involucradas en un sistema de conservación vial sostenible.

1.4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es expresado por Sampieri (2010), como la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado; por el tratamiento a ejercer sobre las categorías objeto de estudio. Asimismo, el diseño de la presente investigación obedece a un tipo documental, no experimental, por lo que las informaciones y datos recolectados durante el desarrollo de la investigación, serán recolectados directamente de la realidad y no serán manipulados, de manera que el sustento de la misma se basará en una amplia revisión bibliográfica.

En este sentido, considerando el diseño de esta investigación de corte no experimental, entendiéndose, según Hurtado (2012), como aquellos en los cuales el investigador no ejerce control ni manipulación alguna sobre las variables. En este punto tanto Sampieri como Hurtado permiten fundamentar la posición estratégica del investigador al estudiar las categorías tal y como se manifiestan en su contexto, sin someterlas a algún tipo de experimentación.

Mientras, Hernández *et al.* (2015) afirman que en la investigación no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan las ya existentes, no provocadas por el investigador. Por tanto, se aborda una tipología no experimental, en virtud de que las categorías desarrollo de la aplicación y habilidades de cálculo con operaciones matemáticas, así como sus subcategorías, propiedades, fueron analizadas en su estado natural, sin manipularlas.

Por su parte, este estudio alude a una investigación documental tipo analítica. Dicha metodología consiste primordialmente en la presentación selectiva de lo que expertos ya han dicho o escrito sobre un tema determinado. Además, puede presentar la posible conexión de ideas entre varios autores y las ideas del investigador. Su preparación requiere que éste reúna, interprete, evalúe y reporte datos e ideas en forma imparcial, honesta y clara (Hernández *et al.*, 2015).

Del mismo modo, para Hernández *et al* (2015), la investigación de tipo documental se caracteriza por el empleo predominante de registros escritos como fuentes de

información. Generalmente se le identifica con el manejo de mensajes registrados en la forma de manuscritos e impresos, por lo que se le asocia normalmente con la investigación archivística y bibliográfica.

Para Hurtado (2012), la investigación documental depende fundamentalmente de la información que se recoge o consulta en documentos, entendiéndose este término, en sentido amplio, como todo material de índole permanente, es decir, al que se puede acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar, sin que se altere su naturaleza o sentido, para que aporte información o rinda cuentas de una realidad o acontecimiento. La originalidad del estudio se reflejará en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del estudiante.

Lo que concuerda directamente con lo afirmado por Navarro (2014) al expresar lo siguiente:

La investigación documental es una investigación teórica y forma, abstracta, por cuanto se recoge, registra, analiza e interpreta la información contenida en documentos, en soportes de información registrada, es decir, periódicos, libros, revistas científicas, materiales iconográficos y documentos obtenidos por medios electrónicos, constituyendo un proceso sistemático de búsqueda, selección, lectura, registro, organización, descripción, análisis e interpretación de datos existentes en torno a un problema, a fin de encontrar respuestas a interrogantes planteadas en las diferentes áreas del conocimiento humano. (p. 134)

1.4.3 Recolección de la información

La revisión bibliográfica se basó en la búsqueda de publicaciones de tipo científicas para conocer la disponibilidad de referencias actualizadas sobre la gestión vial y su relación con la sustentabilidad, el buscador utilizado fue Google y Google Académico, como bases de datos para la documentación y estudio de las referencias se utilizó:

- Scielo: gracias a la diversidad de artículos e información disponible en esta biblioteca electrónica mundial, la búsqueda incluyó criterios directamente relacionados con los modelos de conversación vial y los criterios de mantenimiento de las diferentes infraestructuras viales.

- EcuRed: la enciclopedia cubana contiene diversidad de archivos vinculados con las infraestructuras viales y el análisis de las mismas a través de diferentes metodologías, aportando material relevante en cuanto al área de implicación de los mismos, en su mayoría presentes en América del sur y el caribe.

La búsqueda en las bases de datos antes mencionadas estuvo enfocada en palabras clave dispuestas en el título, en especial en castellano, las mismas se organizaron en palabras principales y secundarias, quedando de la siguiente manera:

- Palabras principales:

- Gestión vial
- Mantenimiento vial
- Modelos de conservación
- Niveles de mantenimiento y gestión vial.

- Palabras secundarias:

- Sustentabilidad
- Costos de vías
- Plan de mantenimiento

Del mismo modo, adicional a las búsquedas realizadas según los criterios antes mencionados en las bases de datos, igualmente se realizó la revisión de distintas webs asociadas a publicaciones técnicas, tales como el Ministerio de Obras Públicas de Chile, sitios web de empresa de servicio técnico como Ingenieros asesores pudiendo obtener de ellas información relevante a definiciones y estudios relacionados con la gestión vial y su vinculación con la sustentabilidad. Los criterios para la oferta de licitación del proyecto puente Chacao, así como, referencias específicas del pliego de condiciones de las rondas de licitación del proyecto. En este aspecto se considera también el uso de diversos sitios web y publicaciones a través de Google académico, tanto nacional como internacional, para obtener referencias relacionadas con una visión general de la sustentabilidad vial.

También se resalta, que, en este estudio, el investigador, no será un elemental tabulador, más bien recolectará la información sustentada en las argumentaciones que crean la formulación de la problemática, exponiendo y resumiendo la información de manera metódica y luego analizar escrupulosamente los resultados, con la intención de extraer

generalizaciones significativas que contribuyan a la innovación y generación de conocimientos que en este caso se materializa en una aplicación.

1.4.3.1 Criterios de inclusión

La realización de la revisión bibliográfica estuvo basada en aspectos que permitieron delimitar la búsqueda de referencias ajustadas a las necesidades propias de la investigación, los mismos pueden resumirse de la siguiente manera: búsqueda de artículos, archivos web y publicaciones científicas relacionadas directamente con la gestión vial, donde posteriormente se discriminó con relación a su vinculación con aspectos de conservación y mantención vial, así como, con modelos y métodos sustentables, inicialmente la búsqueda contempló que los mismos no tuvieran más de 5 años de publicados, sin embargo, debido al carácter histórico requerido en la concepción del diseño y propuesta del proyecto se incluyeron artículos y documentos que datan de la década de los 70.

1.4.3.2 Criterios de exclusión

El primer criterio para excluir resultados estuvo basado en que los mismos no contemplaban el aspecto principal de enfocarse en infraestructuras viales pavimentadas o con alta densidad vehicular, donde sencillamente se mencionaban de forma explícita procedimientos para llevar a cabo tareas básicas de mantenimiento rutinario como el cambio de luminarias o las actividades de demarcación y señalización de las vías, no consideradas con alta relevancia en el marco de la investigación. Otro aspecto fue excluir aquellos artículos donde se asociaba directa y únicamente el desarrollo de modelos de gestión de conservación de vías a sistemas informáticos y el funcionamiento de los mismos a través de la configuración basada en Tecnologías de Información y Comunicación, lo cuales fueron descartados, ya que no se concibe la implementación de los mismos en el desarrollo investigativo.

1.4.4 Análisis de la información

La información recolectada a través de la revisión bibliográfica se aplicará una estrategia que permita destacar la importancia vinculada a la habilidad lectora en los procesos investigativos, en la misma se aplica las técnicas tanto de lectura rápida como la lectura reflexiva y crítica de los hechos o las opiniones de los expertos, a fin de comprender el mundo y refigurarlo, interpretarlo y reconstruirlo, con la finalidad de aportar una nueva perspectiva que permita solucionar una realidad específica es una de las tareas más apremiantes en la época actual. Ante un mundo globalizado, en el cual las capacidades

de análisis, síntesis, creación de nuevos conceptos, procesos y soluciones son esenciales para competir.

1.4.5 Procedimiento de la Investigación

Con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados en este estudio, se sigue un proceso, el cual parte de la problemática suscitada con respecto a la necesidad de establecer el beneficio del deporte paralímpico en la mejora de la calidad de vida de personas con discapacidad física usuarias de silla de ruedas permanente.

- Se propuso la problemática del estudio y la formulación del problema.
- Se trazaron los objetivos pertinentes, en función de la temática abordada.
- Se planteó la justificación.
- Se revisaron antecedentes que guardan relación con la temática que se aborda.
- Posteriormente se hizo una revisión teórica, que permitió estructurar un marco teórico, donde se destacó la conceptualización de las variables, sus dimensiones e indicadores.
- Se diseñó el marco metodológico.
- Posteriormente se tabularán y analizarán los resultados, lo que permitirá llegar a las conclusiones sobre la investigación en curso.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Sobre la infraestructura vial

El desarrollo vial y su infraestructura es una de las bases fundamentales para el desarrollo de las economías de los países en todo el mundo, contribuyendo de forma directa en el producto interno bruto (PIB). Generalmente, dicha infraestructura vial es uno de los principales activos de los países ya que el hecho de contar con una buena infraestructura de carreteras genera grandes beneficios económicos y sociales.

Es por ello que los sistemas de transporte modernos cada vez dependen en mayor medida de las vías y por ende del transporte por carretera, “soportando la creciente afluencia de tráfico y el incremento de traslado de personas y mercaderías desde y hasta todos los lugares de cada uno de los países, impulsando de esta manera la economía y la integración social de los pueblos” (Cabrera & Ynga, 2017, p. 17).

De la misma manera, los autores consideran que las infraestructuras viales decaen debido al alto tráfico de vehículos de distintas categorías y pesos, los efectos del clima como lluvias, desprendimiento de taludes, derrumbes, entre otros, y a una inadecuada conservación vial. En ese sentido, con la finalidad de mantener la calidad y el correcto funcionamiento de la infraestructura de carreteras tales como: puentes, pavimentos y pontones, señalización horizontal y vertical, alcantarillas y badenes, túneles, obras de drenaje, elementos de seguridad es imprescindible contar con una conservación vial adecuada, lo que requiere el uso de grandes cantidades de recursos económicos los cuales mayormente son asumidos por los estados.

2.2. Sistema de gestión de puentes

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1981 citado por Molina (2012) define los sistemas de gestión de puentes (Bridge Management System-BMS) como una herramienta que permite ayudar a las agencias de carreteras y puentes en la elección de las mejoras a fin de mantener en óptimas condiciones la red de puentes.

Asimismo, Jiang (2006) menciona que un BMS completo puede definirse como aquel proceso sistemático de realizar una mantención, rehabilitación y a su vez permita la toma de decisiones de reemplazo de una población específica de puentes a través de una inspección completa del estado actual del puente, así como, de la información disponible del mismo, el cual se sujeta de manera principal a los fondos económicos aprovechables

para la preservación de los sistemas de puentes incluidos en las infraestructuras viales de toda nación. El autor afirma que dentro de los alcances que tiene un BMS, se debe destacar la importancia de la información contenida en las bases de datos, principalmente ya que esta información genera una destacable retroalimentación para los futuros diseños, los componentes y los sistemas constructivos. Así como también ayuda a planear y controlar de mejor manera las mantenciones de las estructuras. Asimismo, Molina (2012) para que un BMS pueda lograr su objetivo debe cumplirse lo siguiente:

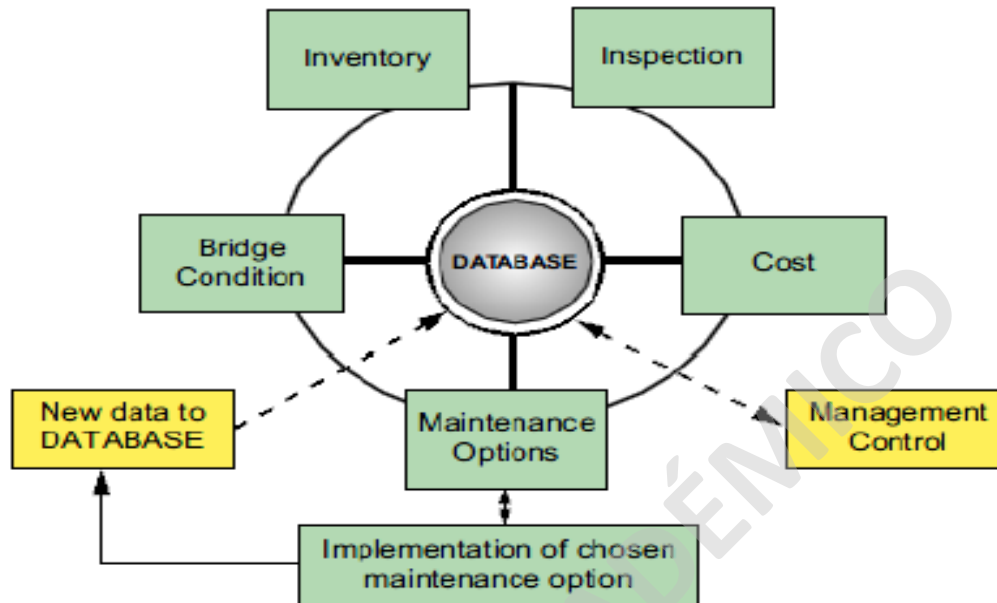
Se requieren de procedimientos que aseguren que los puentes sean inspeccionados y evaluados regularmente, de modo que se lleve a cabo una mantención apropiada y se mantenga una condición adecuada a lo largo de su vida útil. Para esto es necesario un sistema básico de información que contenga datos relevantes sobre las estructuras que se gestionan. (p. 15)

Autroads (2002) citado por Molina indica que, si bien los inicios del BMS contemplaba solo la gestión simple de inventarios con información básica de las estructuras, con el transcurrir del tiempo se ha logrado desarrollar y complementar estos conceptos básicos con otros de mayor complejidad gracias a los avances de la tecnología. Esto es, “incluir mayor cantidad de información y algoritmos que la procesen y generen resultados útiles para los administradores de puentes” (p. 16).

2.2.1 Componentes de un sistema de gestión de puentes

Molina (2012) indica que un sistema efectivo de gestión de puentes requiere la mayor cantidad de información posible y disponible acerca de los distintos elementos que conforman la infraestructura, en el cual el volumen de información que puede procesar un BMS principalmente depende del tamaño y complejidad que tenga el sistema, por lo que el alcance fundamentalmente depende de las necesidades de la agencia encargada de la administración de los mismos. De forma ideal, un BMS de forma genérica se encuentra compuesto por diferentes módulos, los cuales pueden variar en función de los requerimientos de las agencias y pueden presentarse de forma integrada entre sí, de forma básica tales módulos incluyen inventario, inspección, costos, condición del puente y las diversas opciones de mantenimiento según las necesidades, la Imagen 3 muestra la relación entre ellos.

Imagen N° 3: Componentes de un BMS



Fuente: Molina (2012)

A continuación, se explican cada uno de los componentes del BMS de acuerdo con Molina (2012):

Inventario: El inventario, comprende el conglomerado de existencias orientadas a lograr una acción, en este sentido todos los componentes del puente, su identificación, así como la ubicación y demás datos que hacen cuenta de cómo es la situación del puente, debe aparecer, contablemente, dentro del activo como un activo circulante.

Así, se entiende como acumulación de materiales (materiales originales, productos en proceso, productos terminados o materiales en mantenimiento) que se utilizarán para satisfacer la demanda futura en el futuro.

Inspección: La información sobre las inspecciones realizadas en la estructura incluye datos sobre el estado general del puente y datos sobre cuántas inspecciones se han realizado. Además, si es posible, se debe registrar el daño con el soporte gráfico de la foto.

Esta actividad es importante, dado que la degradación de la estructura es un problema inevitable en su ciclo de vida. Por lo general, los lugares más vulnerables son los que fallan primero, como juntas de expansión, sistemas de drenaje, entre otros, por lo tanto, se deben realizar inspecciones para detectar daños a la estructura.

Cuando el componente dañado está expuesto, se pueden encontrar algunos defectos mediante inspección visual, como grietas en la acera; en otros casos, cuando el elemento está ubicado en un lugar inaccesible, el método de inspección debe ser más invasivo.

Para evitar que no se detecten daños o fallas accidentales que causen problemas importantes en puentes y redes de carreteras, la mayoría de los BMS definen diferentes tipos y procedimientos de inspección. En general, los procedimientos son similares, la mayor diferencia radica en la frecuencia e intensidad del trabajo de inspección entre ellos se pueden distinguir diferentes tipos de inspecciones: Inspecciones superficiales, Inspecciones visuales, Inspecciones principales, Inspecciones profundas, Inspecciones especiales.

En cuanto a las inspecciones superficiales, es realizada por personal de mantenimiento comprendiendo los procedimientos de evaluación, pero no tiene una descripción completa de la patología del puente. El propósito es observar los daños más obvios o más obvios en la estructura, especificarlos en el informe y dar los resultados de observación relevantes de cada puente.

En tanto las inspecciones visuales, se lleva a cabo en todas las partes accesibles del puente y es realizada por técnicos que tienen un cierto grado de orientación para las inspecciones del puente. No se requiere ningún equipo especial, como maquinaria o instrumentos, para realizar la tarea, el propósito es detectar todos los daños visibles para evaluar el estado de la estructura.

Mientras, la inspección principal es una evaluación visual de todas las partes de la estructura del puente. La evaluación debe realizarse a una distancia en la que el evaluador pueda tocar los elementos. La frecuencia recomendada de tales inspecciones es de cinco a diez años, debido a que debe estar cerca de los componentes del puente, las inspecciones pueden requerir equipo especial durante el trabajo.

La inspección de recepción de obra es una inspección principal, se realiza antes del paso del puente y tiene como objetivo evaluar el estado del puente cuando es de nueva construcción. Otro caso especial es la verificación de la garantía, que se realiza al final del período de garantía operativo.

Sobre la inspección profunda, se puede analizar parte o la totalidad del puente, generalmente, las inspecciones incluyen una gran cantidad de mediciones in situ y de laboratorio para determinar la causa y la gravedad del daño detectado, proporcionando así información precisa para que se puedan tomar las medidas adecuadas para reparar la falla.

Finalmente, se tienen las inspecciones especiales, se realizarán cuando exista un problema específico, cuando exista una duda o una falla peligrosa en otros puentes similares. Otras razones pueden ser posteriores a desastres naturales (como terremotos, inundaciones, accidentes, entre otras).

Condición del puente: Monitorear la extensión y la gravedad de los daños encontrados para ayudar a definir el momento más preciso en el que se deben realizar trabajos de reparación o mantenimiento. Para BMS, la información sobre el estado de la estructura de la red de carreteras es particularmente importante determinar la urgencia o prioridad de cada trabajo de reparación de puentes.

Idealmente, el estado de la estructura debe ser un proceso objetivo para determinar el daño detectado en la inspección, pero en la práctica esto es imposible porque el desarrollo del trabajo de inspección es subjetivo para el evaluador.

El BMS más moderno incluye módulos para predecir el comportamiento estructural en base a las condiciones históricas y actuales del puente, con el propósito de determinar la mejor opción a la hora de desarrollar un plan de mantenimiento a largo plazo. Estas predicciones se basan generalmente en modelos matemáticos o estadísticos.

Costos: BMS sirve como una lista actualizada de precios involucrados en las diferentes opciones de mantenimiento proporcionadas por el punto de venta. Aunque la economía generalmente se basa en un valor monetario, existen otros costos asociados con la gestión del puente que son difíciles de convertir en este valor monetario, como retrasos de los usuarios y costos asociados con no realizar un mantenimiento óptimo, entre otros. Por lo general, un sistema con este módulo obtendrá costos monetarios de licitaciones pasadas y determinará el precio en él para generar nuevas ofertas.

Mantenimiento: Las opciones de mantenimiento y BMS tienen una gama limitada de recomendaciones de mantenimiento para el administrador. Estas opciones van desde no hacer nada hasta reemplazar completamente el puente, generalmente, el proceso de generación de programas de mantenimiento lo realizan expertos de la autoridad competente, pero la generación de estos planes se basa en información obtenida de módulos anteriores.

2.3 Desarrollo sostenible

En las siguientes líneas se tocará el tema del Desarrollo Sostenible, sobre el cual desde hace muchos años algunos gobiernos, así como en diversas organizaciones mundiales, entre ellas, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) le viene dando importancia en la construcción de obras para el desarrollo endógeno y sustentable, de manera que, comprenda el ámbito social, económico y ambiental, las medidas tomadas desde estas vertientes contribuirán a garantizar las riquezas de las generaciones futuras sin menoscabo de los recursos renovables y no renovables; prometiendo un futuro para las comunidades donde puedan ejercer actividades económicas sin la explotación del hombre por el hombre.

Al respecto, de acuerdo con la ONU (2012) los Jefes de Estado en su convención de Río +20 ratificaron su compromiso para con la convención de acuerdos y medidas nacionales e internacionales a corto y a largo plazo para la contribución con el desarrollo sostenible, en su fundamento implica una visión de futuro que incluye a todos los humanos y a las próximas generaciones, así que no es una tarea puntual, sino una actividad constante en el tiempo cuyo escenario de planeación remonta las generaciones siguientes. Para ello, el principio ético central es la equidad y la equidad intergeneracional en particular, lo que a su vez comprende la justicia social, es decir la oportunidad de acceso a los recursos como empleo, alimentos, salud, entre otros mínimos necesarios para el desarrollo de cada persona y en conjunto de la sociedad.

Ahora bien, Chile como miembro de la ONU según Díaz, Martínez y Flores (2008) tiene el compromiso de seguir el modelo integral de desarrollo endógeno, sustentable y humano. Para implementar ese proyecto, y otros relacionados, se requiere en el ámbito de la construcción la consideración de ello sobre todo en medidas de conservación de los puentes.

En este punto, es importante destacar el motor socio económico que representa un puente y a su vez el impacto contaminante que puede llegar a generar y, por otro lado, los beneficios que puede lograr a la comunidad que les rodea. Consientes de esto la creación y operatividad del puente Chacao debe integrar la responsabilidad social, así como otras actividades socio-económicas que favorecen a la comunidad que le rodea.

2.3.1 Sostenibilidad de los puentes

Yepes (2020) Los Objetivos de Desarrollo Sostenible formulados recientemente reconocen la importancia de la infraestructura para lograr un futuro sostenible. A lo largo del extenso ciclo de vida, la infraestructura tendrá una serie de impactos, y reducir el impacto ha sido uno de los principales enfoques de los investigadores en los últimos años. La optimización de los intervalos de mantenimiento para estructuras como puentes ha atraído la atención de los departamentos de ingeniería civil, porque la mayor parte del impacto de la infraestructura ocurre en la fase operativa. Por lo tanto, el diseño actual del puente debe tener en cuenta los impactos económicos y ambientales de las actividades de mantenimiento.

Sin embargo, estos análisis a menudo pasan por alto la base social de la sostenibilidad. Dado que todavía no existe un método de evaluación aceptado unánimemente, la evaluación del ciclo de vida de la infraestructura no considera de manera efectiva los factores sociales. De manera que se debe evaluar el impacto del ciclo de vida de diseños alternativos para plataformas de puentes en entornos cercanos a la costa que requieren

mantenimiento, optimizando los intervalos de mantenimiento derivados de la confiabilidad minimizando primero los impactos económicos y ambientales.

La construcción de puentes sostenibles muestra un enfoque medioambiental riguroso y se considera la "solución" a este problema. Sin embargo, aunque los materiales ecológicos y la protección del hábitat son cruciales en la construcción de puentes, el movimiento ecológico por sí solo no puede lograr una verdadera sostenibilidad. La construcción debe tener en cuenta el medio ambiente, pero también debe equilibrar o mejorar la economía en la que se construye y equilibrar o mejorar las condiciones sociales de la zona.

Cada proyecto de puente debe diseñarse para la sociedad a la que sirve. Si bien este parece ser un concepto básico, considerar todos los factores del área conectada por el puente es una tarea compleja en términos de sostenibilidad. Una vez fue suficiente, es suficiente; ahora, la construcción de puentes no solo sirve a la población actual, sino que también está diseñada para ser construida de una manera que pueda servir a las generaciones futuras y satisfacer sus necesidades.

En lo que respecta a la columna vertebral económica de un puente o estructura, el valor del resultado del proyecto debe ser igual o mayor que su costo de construcción. Por supuesto, la relación entre el valor de la estructura y el costo de las materias primas definitivamente se resolverá en las primeras etapas de desarrollo: ¡pocas empresas aceptarán construir una estructura que no se pueda vender con fines de lucro!

De hecho, la industria de fabricación de puentes ha adoptado tantos procesos sostenibles como ha sido posible en su cadena de suministro, materias primas e impacto social. Los expertos sugieren que la mejor manera de mejorar la sostenibilidad de la construcción de puentes es extender la vida útil.

El mantenimiento de puentes es definitivamente la perspectiva de la construcción de puentes sostenibles en el futuro. La vida útil de 50 años ya no se considerará suficiente para cumplir con la vida útil del puente; con la mejora de los trabajos de reparación y mantenimiento, se espera que el puente continúe brindando servicios seguros y valiosos en los aspectos sociales, ambientales y económicos. durante muchos años.

2.4. Conservación de puentes

Actividad que se orienta mediante el mantenimiento, a obtener el máximo beneficio de los activos, bajo una metódica aplicación de la ingeniería, finanzas y de gestión de la experiencia del ciclo de vida y adquisición de los activos. Presente en la construcción y operatividad de los puentes con el objeto de reducir los diversos costos asociados a cada

etapa de la vida del activo y el desarrollo de métodos que ayuden a extender la vida útil del mismo, previendo a su vez el posible impacto ambiental y social según Salazar, Fuentes y Salazar (2015)

El mantenimiento entonces, se define de acuerdo con Cárcel (ob. cit.) como

una combinación de gestión, finanzas, ingeniería, y otras disciplinas, se aplica a bienes físicos para llevar a cabo una vida económica del coste de ciclo en relación a ello. Este objetivo se alcanza con el proyecto y la disponibilidad de las aplicaciones y los servicios de mantenimiento, maquinaria, equipo, edificios u estructuras en general... (p. 138)

Cuando el autor se refiere, a la aplicación del mantenimiento, alude a todo un sistema humano complejo, que se ocupa de gerenciar los procesos asociados a la aplicación de la ingeniería en un continuo ciclo que tiene su inicio en el diseño y selección de equipos, seguido de su instalación y puesta en marcha para operar de acuerdo a lo previsto aunado a un mantenimiento continuo hasta la desinstalación y reemplazo dando inicio a otro ciclo.

Esto implica, en el caso de los puentes, el estudio de los costos asociados al activo durante su ciclo de vida, enfocándose en la disminución de los mismos, aunado al logro de la extensión de su vida útil, considerando la optimización de los recursos basado en el mantenimiento, actividad que requiere el empleo de conocimientos propios de la construcción, así como los de gerencia. El estudio de costos implica la toma de decisiones sobre compra de repuestos, tiempos de trabajo, selección de proveedores, convenios con otras instituciones, selección de personal, impacto en seguridad y medio ambiente, cumplimiento de metas organizacionales, gastos por personal directo e indirecto, costos por tiempos extras, re trabajo, entre otros.

Otra conceptualización del mantenimiento la ofrece Rey (2003) presentándola como una estrategia de la logística industrial, con lo cual se busca garantizar el buen estado de los puentes, siendo este un propósito tanto de quien las utiliza como de quien las crea y de todas las fuerzas laborales, sociales, gubernamentales y económicas que intervienen en ella, razón por la cual requiere la gestión de los diferentes tipos de mantenimientos, estudios de costo, impacto ambiental y sobre la moral de los usuarios y responsables del puente.

El mantenimiento, reviste un instrumento de la construcción para el uso racional de los recursos, a través de la planificación bajo criterios técnico económico, calculando tiempos, cantidad de materiales entre otros.

2.4.1 Mantenimiento basado en monitoreo

La forma de asegurar la durabilidad de los materiales y estructuras es desarrollar un plan de mantenimiento, que, entre otras cosas, también debe incluir una política de inspección técnica, que debe prestar especial atención a los signos patológicos iniciales que indiquen daños o defectos. En el caso específico de los puentes, el material más utilizado es el hormigón, en algunos diseños todavía existen algunos puntos clave, como los tirantes, por lo que deben ser revisados según sus características. Algunas señales que requieren una atención especial son, Desconchados, Fisuras y grietas, Señales de óxido y corrosión, Desprendimiento del revestimiento en pilares, vigas y losas, Pérdida de horizontalidad en vigas y losas, Pérdida de verticalidad o desplome de pilares, Degradación o rotura de los tirantes o sus anclajes (Gutiérrez, 2018).

Sin embargo, además de las inspecciones sensoriales, con ayuda de drones o pruebas no destructivas, una opción muy interesante es implementar un sistema de monitorización en tiempo real. Al instalar sensores (acelerómetros, sensores de desplazamiento, sensores meteorológicos) en puntos clave de la estructura, puede controlar completamente el estado de la estructura, especialmente el estado de las partes clave.

Además, en el plan de mantenimiento, debe haber un programa de mantenimiento preventivo de rutina, que realiza muy pocas tareas, como: Limpieza, Eliminación de vegetación, Repintados, Tratamientos superficiales para mejorar la conservación de los materiales, Limpieza de desagües.

Cuando se encuentra un determinado tipo de problema, se debe planificar una intervención mayor, es decir, realizar tareas de reparación y corregir fisuras, grietas, daños en la cimentación y mantenimiento correctivo del refuerzo estructural.

CAPÍTULO III. PUENTE CHACAO

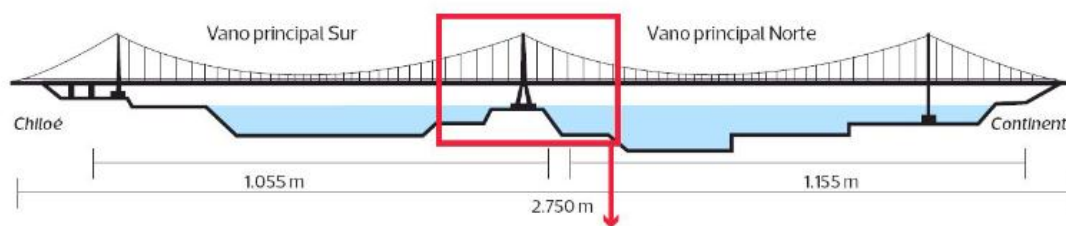
El puente Chacao representa una infraestructura de gran envergadura para Chile, que busca materializar la conectividad fija entre la Isla de Chiloé y el Continente, en cuyo diseño se ha considerado las tecnologías modernas de construcción, entre lo cual se destaca como tema central la sostenibilidad, ya que los pueblos de la isla pueden estar siendo amenazados en su cultura y ambiente por el puente. Ramírez (2015) señala que este puente colgante de 2,6 km tendrá una incidencia directa en la interacción de la isla con el resto del territorio, permitiendo un mayor desarrollo de sus actividades económicas, educacionales, de acceso a la salud, así como turísticas y socio-culturales, además, destacó que permitirá reducir el viaje que actualmente se realiza en barcas durante 20 o 25 minutos a menos de 2 minutos (ver imagen 4).

En tanto, enfatizó Basáez para Ramírez (2015) que “no se trata de transformar las ciudades en museos, eso es imposible, sino que de pensar una forma de permitir que la sociedad chilota continúe desarrollándose en un clima de armonía con su medio ambiente y con su cultura”, de esta manera, para no afectar a los pueblos de la isla tanto la construcción como el mantenimiento del puente deben garantizar un desarrollo sostenible, es decir el acceso al puente para estos pueblos, pero cuidando el aspecto económico, ambiental y social armónicamente.

Las características del puente se mencionan a continuación de acuerdo con el Ministerio de Obras Públicas (2015) apoyado en la imagen 4.

- Puente colgante de grandes luces compuesto de tres pilas en “A” y dos segmentos colgantes de 1.180 y 1.055 m
- Dos pilas en el agua y la tercera en tierra firme
- El diseño incluía dos macizos de anclaje de los cables principales, ubicados en tierra, en ambos lados del canal
- La superestructura del puente consistía en un tablero de acero, colgando de los dos cables principales
- El ancho total del tablero será de 21,6 m. El diseño incluía cuatro pistas de 3,5 m -dos en cada dirección de tráfico
- Diseño y Construcción del puente colgante de grandes luces

Imagen N° 4: Puente Chacao



Fuente: La Tercera (2018). Puente Chacao. Recuperado de:
<https://www.puentechacao.cl/backend/app/webroot/files/edicionespecial.pdf>

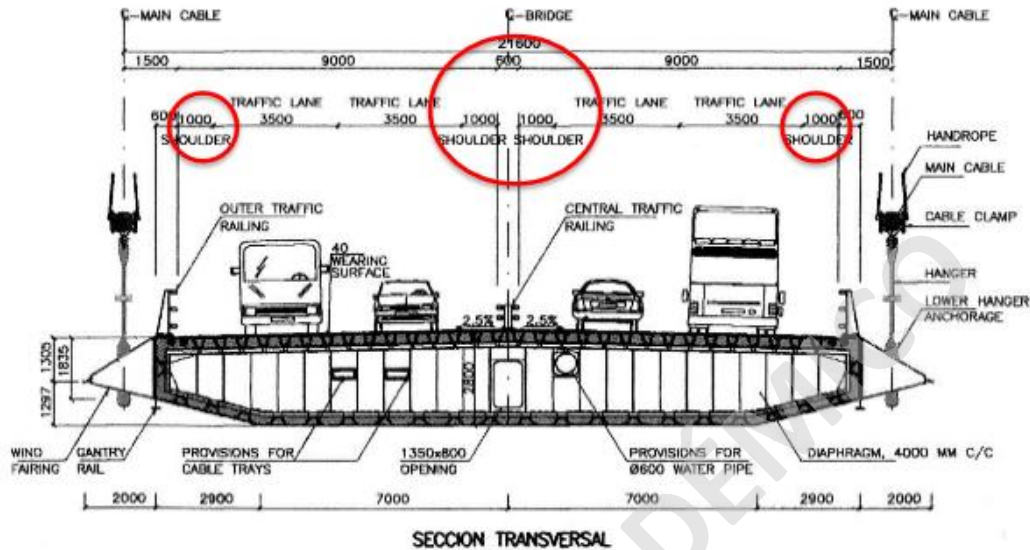
Cabe destacar que, a diferencia de los puentes colgantes tradicionales, el puente Chacao cuenta con dos pilas y tres torretas, el proyecto consiste en un puente de doble suspensión con un tablero en forma de cajón ortopédico, cuatro carriles, una berma central y dos exteriores y una pila central (forma en "A") sobre Roca Remolinos, zona donde la roca alcanza la superficie y ofrece un punto de apoyo para el pilar central.

3.1 Puente colgante o superestructura suspendida

La característica económica básica del puente colgante es el peso ligero debido a la carga estática relativamente baja, que es causada por el uso de materiales con alta resistencia a la tracción. Por lo tanto, esto trae consigo la desventaja estructural de la flexibilidad, que puede conducir a una mayor deflexión bajo carga viva y sensibilidad a las vibraciones. Por lo tanto, los puentes colgantes son más adecuados para puentes de carretera que los puentes ferroviarios de servicio pesado. Sin embargo, para puentes de carretera y puentes de ferrocarril, se debe tener cuidado en el diseño para proporcionar resistencia a las vibraciones causadas por el viento o los terremotos.

Se trata de una estructura metálica con un túnel compuesto por vigas de refuerzo y cubiertas, y cuenta con dos cables metálicos que se extienden a lo largo del obstáculo a cruzar y conectan a sus torres, que se encuentran en el suelo. La característica principal o básica de un puente colgante es que la carretera está suspendida por cables de acero. Las torres suelen estar hechas de hormigón armado. El cable transfiere el peso de la viga de refuerzo, la plataforma y el vehículo a la torre, que a su vez transfiere la carga a las fundaciones.

Imagen N° 5: Corte Transversal Puente Chacao

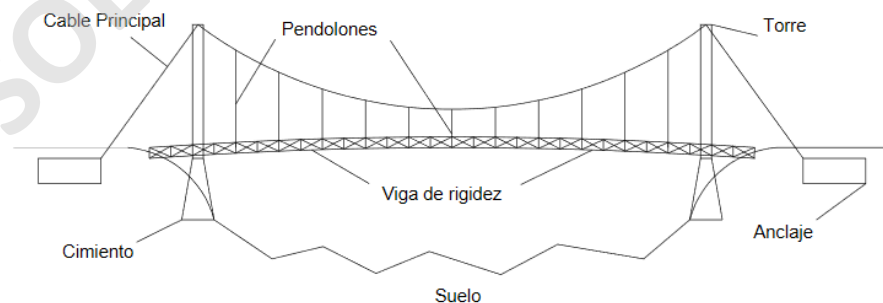


Fuente: Gobierno de Chile (2012). Evaluación puente Chacao. Recuperado de: http://www.icha.cl/wp-content/uploads/2012/07/Estudio_Puente_Chacao2.pdf

3.1.1 Componentes básicos de un puente colgante

Las partes básicas que componen un puente colgante de acero como el Chacao se muestran en la imagen 6, las cuales se explican brevemente a continuación. Estos comprenden los componentes básicos del puente Chacao. A continuación, se describen sus componentes de acuerdo con Zaldumbide (2006)

Imagen N° 6: Componentes básicos de un puente colgante



Fuente: Zaldumbide, H. (2006). Mantenimiento de puentes colgantes con estructura de acero. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/150280/64/1/CD-12035.pdf>

3.1.1.1 Cables

El cable es un elemento sometido a tracción, es flexible y está estructuralmente formado por varios hilos o alambres de acero entrelazados. El cable transfiere las cargas que soportan los pendolones, hacia las silletas. Por lo general estos cables son de acero galvanizado de alta resistencia.

3.1.1.2 Viga de rigidez y armadura de rigidez

La viga de rigidez, como su nombre lo indica, es un elemento rígido sometido a compresión, la cual puede ser de alma llena (viga con forma de “I”) o de celosía (armadura). La viga se localiza entre los bordes laterales del puente. Este elemento soporta todo el tráfico del puente y transfiere la carga a los pendolones

3.1.1.3 Pendolones

Los pendolones son elementos sometidos a tracción y unen la calzada al cable de acero. Los pendolones transfieren las cargas que soporta la calzada, hacia el cable

3.1.1.4 Torres

Las torres son elementos rígidos, sometidos a compresión y sirven de apoyo para los cables, en la unión del cable con la torre (silletas) es donde se transfiere la carga. Las torres en determinados casos sirven de apoyo intermedio de la viga de rigidez y transmiten la carga a los cimientos

3.1.1.5 Sistema de anclaje

El sistema de anclaje une los extremos del cable a la roca natural o artificial. Este anclaje inclusive puede hacerse a través de la viga de rigidez en los puentes denominados auto anclados. Sobre los anclajes se transfiere parte de la carga que soporta el cable del puente.

3.1.1.6 Neoprenos

Son apoyos hechos parcial o totalmente de material elastomérico. Se usan para transmitir las cargas de un miembro estructural a un apoyo, permitiendo movimientos entre el puente y el apoyo

3.1.1.7 Cimientos

Son las bases que se hallan empotradas en el suelo y es donde las torres se apoyan. Es el sitio final donde se transmiten las cargas que actúan sobre el puente.

3.1.1.8 Silleta

Son grandes elementos fundidos de acero en una pieza o para reducir peso, soldados en partes. En estos elementos se anclan o apoyan los cables del puente y transmiten las cargas que soportan el cable, hacia las torres y anclajes

3.1.1.9 Tablero

El tablero es un elemento estructural que se localiza sobre la viga de rigidez, es el responsable de soportar directamente las cargas aplicadas sobre él y transferirlas hacia la viga de rigidez

3.2 Cargas que actúan sobre un puente colgante con estructura de acero

Para Zaldumbide (2006) Las cargas son fuerzas que actúan sobre la estructura, típicamente se dividen en dos clases generales:

3.2.1 Carga muerta

Es el peso de la estructura, incluyendo todos los componentes permanentes.

3.2.2 Carga viva

Las cargas vivas son las cargas de, Tracción, Compresión, Flexión, Torsión, Corte o Cizallamiento. El tipo de carga tiene una influencia considerable sobre el comportamiento de la estructura en la cual actúa, de acuerdo con esta influencia, la carga se la clasifica en:

3.2.2.1 Cargas estáticas

Son aquellas que se aplican tan lentamente que el efecto del tiempo puede ignorarse, como por ejemplo su propio peso. Muchas cargas por conveniencia se aproximan a cargas estáticas como son las cargas de ocupación y de viento.

3.2.2.2 Cargas dinámicas

Se caracterizan, por duraciones muy cortas y la respuesta de la estructura depende del tiempo. Los movimientos sísmicos, las ráfagas de viento de alto nivel y las cargas vivas móviles pertenecen a esta categoría.

3.2.2.3 Cargas de larga duración

Son las que actúan sobre una estructura por extensos periodos. Para algunos materiales, dichas cargas ocasionan que las estructuras sufran deformaciones bajo carga constante que pueden tener efectos graves. El peso de la estructura y cualquier carga muerta superpuesta, pertenece a esta categoría.

3.2.2.4 Cargas repetidas

Son aquellas que se aplican y se remueven varias veces. Si se repiten gran cantidad de veces, pueden hacer que la estructura falle por fatiga. Las cargas vivas móviles pertenecen a esta categoría.

3.2.2.5 Cargas térmicas

Se debe tener en cuenta que las variaciones de temperatura, del medio en el que está el puente, generan esfuerzos y movimientos que afectan a la estructura. Para estructuras de acero, los extremos anticipados de temperatura son: Clima moderado de 32 °C a 248 °C y Clima frío de -22 °C a 32 °C.

3.2.2.6 Cargas longitudinales

Los tableros de la calzada están sometidos a fuerzas de frenado, que transmiten a los miembros de soporte.

3.3 Efectos adicionales sobre un puente colgante con estructura de acero

Muchas fuerzas trabajan sobre los puentes colgantes, estas fuerzas generan ciertos efectos específicos que son especificados en el diseño del puente, tales como señala Zaldumbide (2006):

3.3.1 Pandeo

Es un efecto que se da en los elementos esbeltos que están sometidos a compresión, este efecto puede hacer que la estructura colapse totalmente.

3.3.2 Torsión

Los puentes colgantes son más susceptibles a los efectos de la torsión debido a que su estructura está suspendida de un par de cables, especialmente en lugares donde las velocidades de los vientos son considerables.

3.3.3 Resonancia

La resonancia es un fenómeno que se presenta en todos los puentes y si no es analizada correctamente, puede causar muchos problemas. La resonancia se presenta como una vibración causada por una fuerza externa, la cual entra en armonía con la vibración natural del puente, estas vibraciones viajan a través del puente en forma de ondas.

La solución es generar suficiente fricción para cambiar la frecuencia de las ondas de resonancia, cambiando las ondas efectivamente, se crean dos ondas diferentes, ninguna de las cuales puede tornar a la otra en una fuerza destructiva.

3.3.4 Otros efectos

El clima es lo más difícil de combatir, la lluvia, viento y ambientes salinos pueden ocasionar daños en el puente, si estos se combinan, pueden ser aún más perjudiciales. Para realizar nuevos diseños, los diseñadores de puentes han aprendido de las fallas del pasado, la madera ha sido reemplazada por el hierro y el acero ha reemplazado al hierro, el hormigón pre tensado es usado en muchos puentes.

3.4 Fisuras

Las fisuras son el resultado de tensiones que actúan sobre elementos estructurales. Cualquier elemento de hormigón se verá afectado. Cuando el ancho de la fisura sea superior a 0,5 mm, se convertirá en una manifestación patológica, ya que afectará la función de la estructura, y el tipo de fisura se clasificará según el esfuerzo experimentado y se clasifican según Andrade (2017) de la siguiente forma:

3.4.1 Fisuras por flexión

Las fisuras por flexión generalmente aparecen en la parte inferior de los puentes o losas, generalmente en el centro del tramo. Se originan en las fibras inferiores y se extienden hasta el eje neutro, perpendiculares al centro del tramo, y se inclinan a medida que se acercan al soporte debido a la influencia de las fuerzas cortantes. Cuanto más ancha sea la fisura en el elemento, mayor será la tensión en la sección o el refuerzo longitudinal insuficiente.

3.4.2 Fisuras por cortante

Se caracterizan por aparecer oblicuamente en vigas y losas, generalmente en un ángulo de 45 grados con respecto al refuerzo longitudinal. El espaciado máximo entre las grietas corresponde al espaciado entre las barras de acero principales, el ancho de las fisuras es variable y suele estar cerca del soporte. Si aparecen en el centro del vano, indica que el elemento está recibiendo una carga puntual, o es necesario colocar un soporte en el centro.

3.4.3 Accesos de aproximación

Esta categoría incluye el relleno y su capa protectora y la placa de aproximación (3) debe estar al ras con la plataforma, de lo contrario, el impacto puede aumentar la energía de la carga y causar daños estructurales.

3.4.4 Fisura por torsión

Tienden a aparecer en una dirección oblicua similar a las grietas de corte, pero las grietas de torsión aparecen como espirales en toda la sección. Indica acero insuficiente o colocación incorrecta de barras de refuerzo.

3.4.5 Vibración excesiva

Algunas causas de vibración excesiva son: sobrecarga, cargas no consideradas en el diseño, falta de rigidez y/o mal diseño. El daño causado por una vibración excesiva es acumulativo y debe tratarse a tiempo para evitar la fatiga de los componentes y su posterior colapso.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO IV: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.1 Modelo de Gestión

Un modelo según Bierman (2002), es la representación simplificada de una situación empírica. Una vez que el decisor selecciona los factores decisivos, o variables de la situación empírica, estos se combinan de manera lógica para formar un modelo del problema real. De manera ideal, elimina la complejidad imperante de un fenómeno natural y resalta el comportamiento básico del mismo a través de unas cuantas variables relacionadas de manera sencilla.

Por otra parte Ivancevich (2004) define la gestión como un proceso que comprende determinadas funciones y actividades laborales en donde los gestores deben de llevar a cabo un fin para lograr los objetivos de la organización, es decir, que pretende utilizar los medios tangibles e intangibles para acoplarlos a un propósito o fin, tratando de optimizar los recursos que engloba los elementos de diferente naturaleza como: las personas, los recursos materiales y financieros, tecnológicos, las prácticas directivas, procedimientos y normativas entre otros.

A su vez Koontz y Weihrich (2008) la define como el proceso de diseñar y mantener un entorno de trabajo en grupos, los individuos cumplan eficientemente objetivos específicos. Por lo tanto, es posible afirmar que la gestión es un trabajo compartido dentro de las empresas en donde cada individuo posee un rol a cumplir, pero debe ser de beneficio.

Serna (2008) define la gestión como el proceso mediante el cual una organización define su visión a largo plazo y las estrategias para alcanzarlo a partir del análisis de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, en ella se supone la participación activa de todos los actores organizacionales.

La obtención permanente de información sobre sus factores claves de éxito, su revisión, monitoreo y ajustes periódicos para que se convierta en un estilo de gestión que haga de la organización un ente proactivo y participativo que permita planificar, dirigir, ejercitar y evaluar las acciones para llevar a cabo los objetivos propuestos.

Los modelos de gestión representan una nueva concepción sistemática que sirve como impulso para la búsqueda de diferentes modelos conceptuales mediante los cuales se pueda desarrollar la gestión empresarial optimizando en gran medida los resultados de la misma según Sapag (2006).

De manera general, y teniendo en cuenta las definiciones anteriores se puede establecer que los modelos de gestión pueden ser parámetros de actuación para el desarrollo de los objetivos de las empresas.

Son representaciones ideales de los pensamientos e ideas de los gerentes o líderes y que buscan darle una dirección el desarrollo organizacional, basados en teorías o ideas propias, utilizando para ello todas las herramientas posibles para alcanzar el más alto nivel de desempeño y eficacia sin preferencia alguna por cualquier autor descrito ya que todos dan una definición clara precisa de lo requerido.

4.2 Gestión de mantenimiento.

Gestión de mantenimiento según Prando (2006), consiste en coordinar, dirigir y organizar los recursos materiales, humanos y flujos de información destinados al correcto funcionamiento, reparación, prolongación de la vida de los equipos disponibles (mantenimiento), para que además de lograr el buen funcionamiento en las labores propias de mantenimiento se consiga una contención del gasto y la optimización de costes.

Para Zambrano y Leal (2006), establece que gestionar el mantenimiento es un proceso sistemático, donde a través de una serie de medidas organizativas se pueden planear acciones de las actividades de mantenimiento por medio de procedimientos que lleven un orden o secuencia lógica de esta función, a fin de conseguir un constante y adecuado desempeño de los equipos pertenecientes al sistema productivo, esto con la finalidad de identificar los pasos a seguir y prever las posibles desviaciones que se pueden presentar durante el desarrollo de estas actividades de mantenimiento. Por otra parte, es la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento.

De lo que se establece en los autores citados, se puede considerar que la gestión para el mantenimiento corresponde a un proceso sistemático que debe cumplir con las siguientes fases del modelo de gestión; inicio, planificación, ejecución, seguimiento, control y por último la finalización, con el fin de emplear de la mejor forma y de manera más oportuna, los recursos disponibles.

4.3 Requerimientos para la gestión de mantenimiento.

Para García (2003), son todas aquellas características observables que cualquier interesado desea que estén contenidas en el sistema. Como requisitos se incluyen las necesidades, deseos, expectativas del patrocinador, cliente, usuarios, y otros interesados.

Gómez (2008), el propósito de la gestión de requerimientos es asegurar que el proyecto cumple con las expectativas de sus clientes, de sus interesados, tanto externos como internos, siendo el proceso el que garantiza el vínculo entre lo que esperan los clientes y usuarios, lo que los equipos de proyecto tienen que desarrollar.

Según la definición de la guía PMBOK (2008), un requerimiento es la condición o capacidad que debe tener un sistema, producto, servicio o componente para satisfacer un contrato, estándar, especificación, u otros documentos formalmente establecidos.

4.3.1 Recursos humanos

Para Gómez (2008), se designa como recursos humanos al conjunto de trabajadores o empleados que forman parte de una empresa o institución y que se caracterizan por desempeñar una variada lista de tareas específicas a cada sector. Los recursos humanos de una empresa son, de acuerdo a las teorías de administración de empresas, una de las fuentes de riqueza más importantes ya que son las responsables de la ejecución y desarrollo de todas las tareas y actividades que se necesiten para el buen funcionamiento de la misma.

De igual manera, Arata (2009), es el proceso administrativo aplicado al acercamiento y conservación del esfuerzo, las experiencias, la salud, los conocimientos, las habilidades, entre otros, de los miembros de la organización, en beneficio del individuo, de la propia organización y del país en general.

El recurso humano también conocido como potencial humano o activo humano, es definido por Canales (2006), y hace referencia al conjunto de trabajadores, empleados o personal que conforma un negocio o empresa, la administración de los recursos humanos adecuada.

También, se suma la perspectiva de Gómez (2008), lo define como el conjunto de personas que interactúan directamente, con una finalidad perseguida por todos, para cuya consecución establecen unas normas de funcionamiento acordadas por todos los miembros del equipo. Una característica de los equipos de trabajo, están formados por diferentes personas, con diferentes experiencias, edades, actitudes. Para Arata (2009), el equipo de trabajo que está formado por un grupo de personas, es algo vivo que evoluciona en el tiempo hasta llegar a la madurez.

Finalmente debido a la importancia que los recursos humanos tienen para una empresa o espacio laboral, hoy en día se acostumbra destinar un sector directamente especializado en la organización de tales recursos, por lo tanto, sin diferencia alguna se puede tomar cualquier autor para lograr los requerimientos para la gestión de mantenimiento.

4.3.2 Recurso técnico.

Según Canales (2006), una eficiente gestión de mantenimiento a nivel organizacional necesita considerar todos aquellos aspectos relacionados con la capacidad de reconocer las señales del entorno sobre las oportunidades, amenazas e interpretación; la capacidad de desarrollar los recursos requeridos, de asimilar los procesos y aprender de la experiencia adquirida. Para conseguir el recurso técnico se requiere, por un lado, la caracterización de un conjunto de funciones o etapas explícitas tomando en cuenta los requisitos de este proceso, la aplicación de un conjunto de herramientas o técnicas que permitan tener un control de las actividades desarrolladas.

Por otro parte Arata (2009), hace referencia que el aspecto técnico está basado en un soporte metodológico que, junto a profesionales especializados, herramientas de soporte, permita una reducción del mismo con medidas de índole organizativa y procedimental, además de aquellas estrictamente asociadas a seguridad.

Gómez (2008), los requerimientos técnicos se determinan mediante un análisis cuyo objetivo principal si es posible lograr elaborar y vender el producto. Es necesario identificar el recurso técnico según todos los contextos descritos, definir los elementos generales; infraestructura, equipos, materiales, repuestos, instrumentos, herramientas, entre otros. Es de interés mantener lo expuesto por Canales ya que entre los autores es el que expone algo más concreto de manera más detallado en la definición.

4.3.3 Infraestructura.

Para Gómez (2008), es el conjunto de elementos o servicios que se consideren necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad, una infraestructura también es importante, porque como mencionamos, la componen los medios de producción, tanto los recursos naturales como los medios técnicos y las fuerzas de trabajo, los cuales unidos conforman las fuerzas productivas.

Indica Arata (2009), la infraestructura es el conjunto de elementos o servicios que están considerados como necesarios para que una organización pueda funcionar o bien para que una actividad se desarrolle efectivamente.

El concepto primario por parte de Canales (2006), el aspecto clave para el mantenimiento, no es tanto la infraestructura en sí, sino la función que ésta desempeña o el servicio que presta.

Es decir, son determinadas funciones las que, a nuestro juicio, merecen el calificativo de esenciales a partir de ahí, mediante el estudio de las instalaciones, los procesos de trabajo por los que se desarrollan estas funciones, podremos determinar si alguna de las infraestructuras sobre las que operan reúne las características precisas para ser considerada de una manera especial en el mantenimiento.

La infraestructura nunca ha sido tan importante para el normal funcionamiento de los servicios y requerimientos técnicos de los principales sistemas de producción como lo son ahora por lo que no habrá problemas sustentar el estudio en cualquier autor.

4.3.4 Equipos.

Canales (2006), son aquellos elementos que no pertenecen al sistema productivo y faciliten la ejecución de las acciones de mantenimiento, como maquinas que sirve para complementarla, ejemplos: soldadoras, lijadoras, entre otros, se considera como cantidad y capacidad operativa óptima.

Para este estudio se tomará una síntesis de todos los autores citados interpretando que el resultado alcanzado por el trabajo de varias personas es superior a la simple suma de las aportaciones de cada una de ellas con respecto a los insumos necesarios para la ejecución.

En este sentido, representan aquellos medios, que se emplean para apoyar las actividades, principalmente aquella tecnología que permiten realizar ágilmente los procesos, considerando aspectos como capacidad, transportabilidad, entre otros, los cuales requieren del conocimiento del operador, tanto su manejo como aplicación de los mismos.

4.3.5 Materiales.

Arata (2009), cuando se utiliza el término material en plural, es decir, materiales, se está haciendo referencia por lo general al conjunto de elementos que son necesarios para actividades o tareas específicas. La noción de materiales puede aplicarse a diferentes situaciones y espacios, pero siempre girará en torno a varios elementos que son importantes y útiles para desempeñar determinada acción, además de que son también objetos que deben ser utilizados de manera conjunta.

Canales (2006), se refiere que todos los tipos de mantenimiento usan materiales de acuerdo a los servicios. Los materiales pueden ser de consumo diario, que contienen el nombre de marcas y modelos. Los materiales pueden servir para muchos propósitos antes o después de una venta.

Por último, Gómez (2008), los materiales son diferentes a los insumos que tienen una vida útil muy corta y que puede ser utilizados en diferentes sistemas, ejemplos agua, jabón, lubricantes, los aspectos a considerar son la cantidad, calidad y almacenamiento.

Se hace necesario concluir que el material es todo lo primordial para complementar la ejecución de cualquier tipo de trabajo en este caso el mantenimiento, para este estudio tomar cualquier definición es válido por no existir diferencia alguna entre ellas.

4.3.6 Repuestos.

Gómez (2008), es un recambio de refacción, es una pieza que se utiliza para reemplazar las originales en máquinas que debido a su uso diario han sufrido deterioro o una avería. Por el contrario, los rodamientos y otros tipos de piezas son sustituidos una vez producida la avería, en forma imprevista. Mientras Arata (2009), un repuesto o pieza de repuesto es todo elemento o conjunto de elementos que realicen una función mecánica, correcta y específica, incluso decorativa, en un bien de consumo duradero.

También Canales (2006), hace mención sobre aquellas partes que conforman un objeto, los cuales tiene especificaciones y características particulares, que se deben tener en el inventario para sustitución principalmente cuando se presenta una avería, entre estos se tienen: rodamientos, ejes, correas, válvulas. Se debe tener en cuenta la cantidad, calidad y almacenamiento a través del stock.

Los términos de stock, inventarios o existencias, se utilizan para referirse a los artículos que permanecen almacenados en la empresa a la espera de una posterior utilización. Son recursos ociosos que tienen un valor económico y que están pendientes de ser empleados.

4.3.7 Instrumentos.

Arata (2009), un repuesto o pieza de repuesto es todo elemento o conjunto de elementos que realicen una función mecánica, correcta y específica, incluso decorativa, en un bien de consumo duradero, es todo aquel medio de acción físico o intelectual necesario y adecuado para dar cumplimiento a un programa o alcanzar determinado objetivo.

Desde un punto de vista muy general, instrumento es todo medio o utensilio que sirve al hombre para realizar una acción necesaria o para satisfacer una necesidad; en este sentido, tanto la piedra tallada usada por el hombre primitivo como la maquinaria altamente especializada de la industria moderna son instrumentos.

En cambio, para Canales (2006), una definición más general acerca de lo que un instrumento representa cualquier herramienta que se puede utilizar en la realización y desarrollo de una labor, para llegar de forma satisfactoria al resultado deseado en una tarea específica en el mantenimiento.

Gómez (2008), el patrón tiene obligación de proporcionar al trabajador los instrumentos de trabajo necesarios para que desarrolle sus actividades, esto es muy claro, pero en la práctica nos encontramos que se otorgan prestaciones escondidas en este concepto, los instrumentos de trabajo deben tener una razón con la actividad. Se podría definir instrumento de muchas maneras, según el punto de vista de la persona que lo está utilizando para realizar cualquier tipo de mantenimiento.

4.3.8 Herramientas.

Una herramienta para Canales (2006), es un objeto elaborado a fin de facilitar la realización de una tarea mecánica que requiere de una aplicación correcta de energía (siempre y cuando hablemos de herramienta material).

Existen herramientas didácticas que sirven para realizar un proceso guiado o conseguir unos fines. Hay dos tipos de herramientas, las mecánicas, que utilizan una fuente de energía externa, como ser la energía eléctrica y las manuales, que emplean la fuerza muscular humana. Las de este tipo son generalmente de acero, metal, madera o goma y mayormente son empleadas para concretar tareas de reparación o construcción, que, sin ellas, realmente serían muy complejas.

En un sentido amplio Gómez (2008), una herramienta es aquel elemento elaborado con el objetivo de hacer más sencilla una determinada actividad o labor mecánica, que requiere, para llevarla a buen puerto, de una aplicación correcta de energía.

Arata (2009), en tanto, en un sentido menos amplio, la palabra herramienta es popularmente utilizada por la gente en el lenguaje corriente para referirse a aquellos utensilios fuertes y resistentes.

Tal como ya nos anticipa el origen de la palabra y que sirven para que las personas realicen diferentes trabajos mecánicos que sí o sí necesitan de la aplicación de la fuerza física. Se puede decir que las herramientas, son combinaciones de máquinas simples que proporcionan una ventaja mecánica como se puede leer en los tres autores mencionados de interés de estudio para la investigación.

4.3.9 Recursos financieros.

Para Canales (2006), los recursos financieros son el efectivo y el conjunto de activos financieros que tienen un grado de liquidez. La administración de los recursos financieros debe planificar el flujo de fondos de modo que se eviten situaciones en las que no se puedan financiar las actividades productivas, asegurándose que los egresos de fondos puedan ser financiados y que se eviten elevados costos de financiamiento.

El control de presupuesto es fundamental, dado que permite tener una idea de las entradas y salidas de efectivo en un período futuro, y al finalizar el período poder realizar un control sobre el mismo.

Según Gómez (2008), las empresas necesitan a menudo financiamiento para comenzar o continuar operaciones de negocios. Los negocios pequeños normalmente necesitan fondos para comenzar, mientras que las empresas medias y grandes pueden necesitar financiamiento para expandir las operaciones o comprar competidores. Para Arata (2009), son los recursos que se utilizan para la ejecución de las actividades de mantenimiento, para tener una óptima gestión de mantenimiento de debe tener un presupuesto de la misma partiendo para ello de los costos involucrados.

Los recursos económicos son necesarios para ejecutar todo tipo de trabajo o actividad en este caso, la gestión de mantenimiento, los diferentes tipos de financiamientos están usualmente disponibles basados en el tamaño de las necesidades de la empresa.

Las empresas pueden elegir usar fuentes tradicionales de financiamiento como los bancos e inversionistas de capital o aplicar para subvenciones del gobierno, tal vez fondos del capital de riesgo, por lo que cualquier autor cumple con las expectativas buscadas sin existencia de controversia en sus contextos.

4.4 Fases del modelo de gestión para el mantenimiento.

Las diferentes fases de la gestión para el mantenimiento para Arata (2009), consiste en coordinar, el inicio, programación, ejecución, seguimiento, control y por último la finalización de todos los recursos materiales y humanos.

Son necesarios los flujos de información destinados al correcto funcionamiento, reparación, prolongación de la vida de los equipos disponibles (mantenimiento), para que además de lograr el buen funcionamiento en las labores propias de mantenimiento se consiga una contención del gasto para la optimización de costes.

Gómez (2008), para que las tareas o actividades sean eficientes es necesario iniciar, programar, ejecutar, controlar y cerrar el trabajo lo que implica la distribución correcta de la fuerza humana. Por otra parte, Canales (2006), hace referencia que en los sitios de trabajo es necesario las fases de gestión, que llevan a la búsqueda de metas comunes con el fin de reducir las restricciones, establecer el logro de la excelencia en la organización y el prestigio de la empresa.

Se detalla el aporte de todas las citas de la siguiente manera el inicio, programación, ejecución, seguimiento, control y la finalización de todas las actividades, se pueden hacer con antelación para evitar tiempos de espera de repuestos o de personal. Además,

la repercusión en las operaciones se puede gestionar con eficacia para cumplir los objetivos de rendimiento de cualquier empresa.

Se puede mantener un programa permanente para optimizar los recursos y el rendimiento. Esto permite nivelar los recursos que ofrece la posibilidad de gestionar correctamente todo el trabajo de mantenimiento mediante las fases de un modelo de gestión. A continuación, se describe cada una de ellas según la interpretación de algunos autores.

4.4.1 Inicio.

Para Canales (2006), un inicio es un comienzo, un principio y por tanto la palabra se emplea como un sinónimo de estos conceptos. Siempre que se hable de inicio se estará haciendo referencia al principio, al origen o la raíz de algo, se enmarcará un orden en el desarrollo de los hechos o situaciones.

Aunque, por otro lado, Gómez (2008), se refiere a que puede tratarse de un inicio más bien simbólico o de una expresión de deseo porque algo finalmente comience.

Arata (2009), es el tiempo que tiene que pasar desde el inicio del trabajo para poder empezar una determinada tarea, en el caso de que no se hayan producido retrasos en las tareas de las que depende. O sea, es lo más pronto que puede iniciarse una tarea. Cuando se calcula el inicio de una tarea se obtiene un valor numérico expresado en las unidades de tiempo. Para poder convertir ese valor en una fecha es necesario utilizar el calendario de la actividad.

Para poder reducir el inicio de una tarea es necesario reducir la duración de una o más tareas (dependerá de la estructura del trabajo programado) predecesoras de la tarea considerada, el inicio de una tarea viene determinado por el fin de sus predecesoras.

Es evidente que el estudio o investigación tomará en análisis lo realizado por el autor Arata, para precisar más detalle de los que se quiere entender por inicio en cualquier tarea o actividad a ser programada para posteriormente ser ejecutada.

4.4.2 Planificación.

Gómez (2008), significa organizar los factores productivos a futuro para obtener resultados previamente definidos. La planificación puede considerarse así un intento de reducir la incertidumbre a través de una programación de las propias actividades, tomando en cuenta los más probables escenarios donde éstas se desarrollarán.

Canales (2006), menciona que consiste en determinar las metas u objetivos a cumplir, la planificación incluye seleccionar misiones y objetivos como las acciones para

alcanzarlos; requiere tomar decisiones; es decir, seleccionar entre diversos cursos de acción futuros.

También cumple dos propósitos principales en las organizaciones: el protector que consiste en minimizar el riesgo, reduciendo la incertidumbre que rodea al mundo de los negocios y definiendo las consecuencias de una acción administrativa determinada; y el afirmativo que consiste en elevar el nivel de éxito organizacional.

Un propósito adicional de la planificación consiste en coordinar los esfuerzos y los recursos dentro de las organizaciones. Según Arata (2009), Planificar es decidir con anticipación el cómo hacer, el qué hacer, cuándo hacerlo, y quién debe hacerlo.

Esto con el fin de contribuir al logro de los objetivos de la organización, considerando su visión y seleccionando estrategias a seguir. Es la base para poder llevar a cabo las acciones de mantenimiento, sin importar de que tipo sea el mismo, y así tener de manera ordenada los pasos a seguir, para que se cumpla el trabajo en sinergia. En resumen, la planificación se realiza a través de planes como propósitos, objetivos, estrategias, políticas, procedimientos, reglas, programas, presupuestos, entre otros por lo que cualquier autor consultado sirve de análisis teórico para la investigación.

4.4.3 Ejecución.

Canales (2006), hace mención que es la etapa de desarrollo del trabajo en sí, es responsabilidad del contratista, con la supervisión del cliente. Durante la ejecución de la tarea o actividad, se debe poner énfasis en la comunicación para tomar decisiones lo más rápido posible en caso de que surjan problemas. Así, es posible acelerar la tarea o actividad estableciendo un plan de comunicación.

La ejecución para Gómez (2008), es el proceso dinámico de convertir en realidad la acción que ha sido planeada, preparada y organizada. En la práctica, muchos gerentes creen que la ejecución es la verdadera esencia de la administración y trata exclusivamente con personas.

Sin embargo, Arata (2009), dice que la ejecución es vital para una optimización continua de mantenimiento, ya que el historial se retroalimenta en el programa vivo. La ejecución requiere de personal debidamente entrenado para cada tarea, órdenes de trabajo con la información apropiada para ejecutar con precisión, e información del campo para describir adecuadamente lo realizado y la condición detectada.

Al hacer una síntesis de todos los autores expresados, se puede decir que la ejecución es la parte más desarrollada en la gestión para el mantenimiento de las empresas. Sin embargo, es importante tratar de sistematizarla a fin de hacerla lo menos dependiente de las personas, por otro lado, el manejo de manuales, el cumplimiento de especificaciones de seguridad, entre otros, constituyen también parte importante de este proceso y del éxito.

4.4.4 Seguimiento y control

El seguimiento según Gómez (2008), consiste básicamente en el análisis de la información generada, para la identificación temprana de riesgos y desviaciones respecto al plan. Por su parte el control comprende el desarrollo de las actuaciones para conseguir que lo programado ocurra.

Un trabajo no significa sólo identificar las desviaciones y tomar una actitud pasiva ante las mismas, sino que la esencia del control supone indagar en las causas de la desviación, definir las acciones para eliminarlas o minimizar sus efectos, e implantarlas.

Por ello Canales (2006), dice que el seguimiento y control permite la ejecución de la tarea o actividad, la introducción de las correcciones que resultarán de la experiencia adquirida; a lo largo del mismo comprende: seguimiento y control físico, financiero, de tiempo, institucional, de objetivos.

Arata (2009), nos explica que el seguimiento y control de un sistema de mantenimiento tiene diferentes etapas, que las mismas pueden ser medidas a través de la citación de diferentes índices (Intervención, defectos, fuerzas de trabajo) que en su valor van a permitir analizar el desenvolvimiento del sistema aplicado. Apoyándose en la información que brindan estos índices como medios de control, se puede determinar la calidad de mantenimiento efectuado y así poder corregir las deficiencias en el sistema.

En este orden de ideas personalmente se establece que el seguimiento y control se denomina de lo más particular a lo más general, controlando desde los detalles diarios hasta los más generales de cualquier fase de modelo de gestión, en función de esto se considera a Gómez como comparación.

4.4.5 Finalización.

Gómez (2008), designa como cierre a la operación que sirve para dar algo por terminado o acabado o para dejarlo sin posibilidades de vista o salida al exterior.

Para Arata (2009), es el tiempo que, puede pasar desde el inicio del trabajo hasta la finalización de una tarea sin producir un incremento en la duración del trabajo. O sea, es lo más tarde en finalizar una tarea, cuando se calcula el fin de una tarea se obtiene un valor numérico expresado en las unidades de tiempo. Para poder convertir ese valor en una fecha es necesario utilizar el calendario de la actividad.

Canales (2006), hace mención que la finalización es la culminación de algo, un cierre o fin y por lo tanto la palabra se emplea como un sinónimo de estos conceptos. Siempre que se hable de un fin se estará haciendo referencia al final del comienzo de trabajo o problema. Para efectos de este estudio se tomará como referencia a todas las explicadas sin preferencia alguna a instancias de la gramática, se llamará final a aquella proposición

subordinada adverbial cuya misión es la de indicar la finalidad de todas las fases de modelo de gestión de mantenimiento anteriormente descrita.

En el caso de los puentes según Dirección de Vialidad (2012) deben ser mantenidos y como parte de ese proceso de mantenimiento, la desmantelación del puente al finalizar su etapa operativa, es decir los planes de mantenimiento deben incluir los procedimientos para finalizar la operatividad del puente.

Desde esta perspectiva, el mantenimiento para la Dirección de Vialidad (2012) es un ciclo con inicio y fin, por lo cual el mantenimiento vial tiene como objetivo brindar apoyo permanente a los gerentes y profesionales, técnicos y demás personal de los sectores público y privado, y sentar las bases para un mejor y más fácil entendimiento entre todas las partes involucradas.

CAPÍTULO V. PROYECCIONES PARA LA CONSERVACIÓN VIAL SOSTENIBLE DEL PUENTE CHACAO.

Tal como se ha venido mencionando en capítulos anteriores, el proyecto del Puente Chacao comprende un conglomerado de tecnología que debe garantizar la durabilidad sostenible del mismo, para ello de acuerdo con el MOP (2018) en su diseño se ha considerado el concepto de Ciclo de Vida de Proyecto, Gestión de Explotación, Instrumentación de Puentes y Planes de mantenimiento de estructuras singulares.

En este sentido de acuerdo a las proyecciones del MOP (2018) el puente debe tener una vida útil de 100 años. Para ello, el puente dentro de su diseño comprende estrategias de durabilidad en: protección de acero, tipos de cemento y aditivos, tipos de refuerzo, revestimientos y recubrimientos, sistemas de control de corrosión, entre otros.

Así, el estudio de durabilidad realizado describe y caracteriza en detalle lo siguiente: requisitos del proyecto, condiciones medioambientales y de exposición del sitio, y cada elemento de la estructura, durabilidad del hormigón, durabilidad de elementos de acero, durabilidad de elementos secundarios

En términos de mantenimiento, el puente contará con facilidades para las labores de mantenimiento, tales como los carros de inspección, junta sísmica, sistema de deshumificación, este para disminuir y proteger de los problemas de corrosión, siendo instalado en el tablero del puente, en los macizos de anclaje que los sostienen, en las sillas de las pilas y en el cable.

Por otra parte, considerando que el mantenimiento se encuentra asociado a la seguridad del puente, también contará con un sistema de monitoreo instalado en un edificio para tal fin, realizando, monitoreo estructural del puente, monitoreo sistema de mantenimiento, monitoreo de tráfico, sistema de aviso temprano de incendios y accidentes.

Sin embargo, además de cumplir con una función técnica correcta y durar el tiempo estimado bajo criterios de mantenimiento para evitar la contaminación, también debe ser beneficioso desde lo económico y social.

Navarro (2014) refiere que, el Ministerio de Obras Públicas en el 2012 realizó evaluaciones que le permitieron abordar socioeconómicamente la construcción del puente, siendo el propósito cuantificar los beneficios del ahorro de recursos, consumidos para el transporte de mercancías y personas entre un lado y otro del Canal de Chacao. De tal manera, que el valor social fue traído al valor presente utilizando la tasa social de descuento definida por el Ministerio de Desarrollo Social (6% anual), mostrando que con la inversión renovada en 2006 un total de US \$ 864 millones, no hay beneficio social para avalar el proyecto del puente sobre el canal.

En este sentido, desde la perspectiva del desarrollo sostenible no se justifica la inversión en la construcción y mantenimiento de un puente que en términos socioeconómicos no representará una mejora para la población, sin embargo el mismo ministerio propone la evaluación de modificaciones al puente para mejorar su rentabilidad social, como disminuir el tamaño del tablero, en lugar de ser de cuatro canales, llevarlo a tres canales siendo en términos socioeconómicos una mejora en el margen de ganancia.

Dicho estudio se basó en un horizonte de planeación de 45 años, 5 años de construcción y 40 de operación, ello permitió proyectar el Tránsito Medio Anual (TMA), es decir el volumen de tránsito al cual estará sometido el puente en los 40 años de operación como se aprecia en la tabla 1, empleando como base el TMA de 2011.

Tabla N° 1: TDMA:

TMDA	2011	2013	2019	2040	2058
Vehículos livianos	1.124	1.260	1.633	3.720	5.515
Buses	118	132	172	392	581
Camiones	566	634	822	1.874	2.778
Total	1.808	2.026	2.627	5.986	8.874

Fuente: MOP (2012)

Por otra parte, el estudio del flujo de caja basado en la diferencia de costos entre seguir empleando el sistema de flota óptimamente y la construcción del puente y con un 4.42% de PIB en los primeros 25 años, incidente en cada costo como se aprecia en la tabla 2

Tabla N° 2: Flujo de caja

Año	Inversión [UF]	Mantención [UF]	Tiempo [UF]	Combustible [UF]	Operación [UF]	Flujo [UF]
2012	-71.426	0	0	0	0	-71.426
2013	-491.945	0	0	0	0	-491.945
2014	-3.195.209	0	0	0	0	-3.195.209
2015	-3.274.476	0	0	0	0	-3.274.476
2016	-2.705.002	0	0	0	0	-2.705.002
2017	-3.843.950	0	0	0	0	-3.843.950
2018	-1.708.422	0	0	0	0	-1.708.422
2019	631.853	4.187	231.943	106.147	13.428	987.558
2020	0	4.111	253.607	104.932	13.133	375.783
2030	140.412	16.300	472.578	156.209	28.548	814.047
2040	315.926	28.365	803.521	221.498	43.278	1.412.588
2050	0	54.973	1.382.904	256.811	39.567	1.734.255
2058	8.957.479	-416.517	2.092.303	309.601	35.955	10.978.821

Fuente: MOP (2012)

En este sentido se destaca, que en los primeros 7 años los gastos en mantenimiento serán cero, mientras en los años sucesivos el valor de mantenimiento se incrementará hasta llegar a valores negativos. De tal manera que, considerando que es un puente nuevo el deterioro del mismo irá en función de la vida útil de los componentes y sus respectivos protocolos de mantenimiento.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO VI. MODELOS DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COMO PARTE DE LA GESTIÓN VIAL

En primera instancia se presenta el modelo planteado por Martínez (2016) que comprende un modelo de optimización de las operaciones de mantenimiento a realizar en la gestión de redes de puentes. El objetivo principal de la metodología descrita es desarrollar un sistema de soporte a los procesos de toma de decisiones en dos niveles que se estudian de forma sucesiva:

Nivel de Puente: Se evalúa la estrategia óptima de actuación sobre cada puente, determinando las reparaciones a llevar a cabo sobre cada componente concreto.

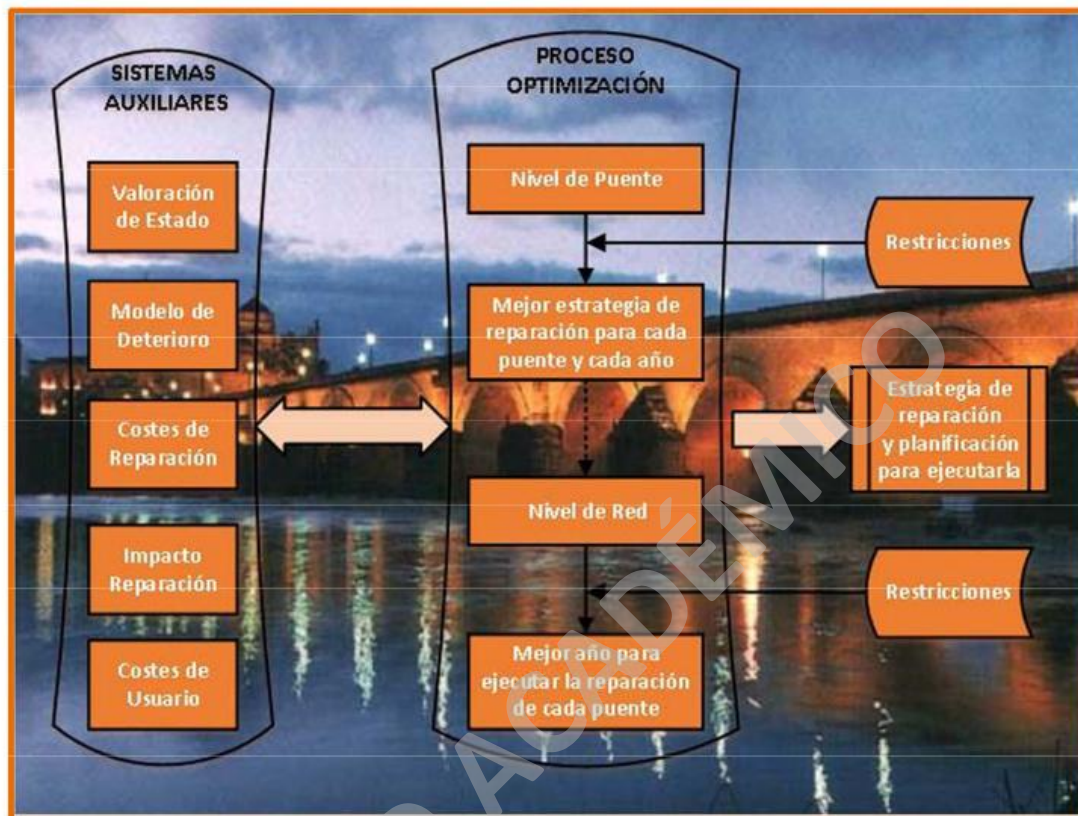
Nivel de Red: A lo largo del período de planificación, se selecciona el momento óptimo para acometer las reparaciones en cada puente. El resultado es una planificación en la que se determina la opción de reparación más adecuada a cada puente, el momento óptimo para llevarla a cabo y una estimación del costo asociado.

En el marco concreto del mantenimiento, reparación y rehabilitación de puentes, se ha de llevar a cabo una estrategia que permita establecer una programación de actuaciones encaminadas a limitar los desperfectos ocasionados en la red y a los diferentes procesos de deterioro. Dicha planificación estará sujeta, de forma irremediable, a la disponibilidad de recursos económicos necesaria para llevarla a cabo.

Para realizar esta tarea no basta con decidir si se reparará un puente o si, por el contrario, su estado de conservación aconseja no hacerlo. Se debe discretizar el todo que representa el puente en diferentes componentes, de forma que el análisis permita discernir sobre qué elementos se ha de actuar y sobre cuáles no. Esta división permite ofrecer una solución económicamente mucho más afinada y, por otro lado, precisar de una forma más eficaz los modelos de deterioro.

Como se aprecia en la imagen 6 la estructura del modelo de gestión del mantenimiento de puentes, abarca dos grandes campos, el sistema auxiliar el cual constituye un conjunto de estudios probabilísticos sobre la condición del puente, así como la cuantificación de los costos asociados con el deterioro del puente. A su vez el sistema auxiliar se retroalimenta y alimenta el proceso de optimización donde se toman las decisiones en función de los niveles de puente y red considerando factores externos como las restricciones que escapan al sistema de mantenimiento, lo cual permite la obtención de estrategias óptimas para abordar cada puente o la red de puentes.

Imagen N° 7: Estructura del modelo de gestión del mantenimiento de puentes



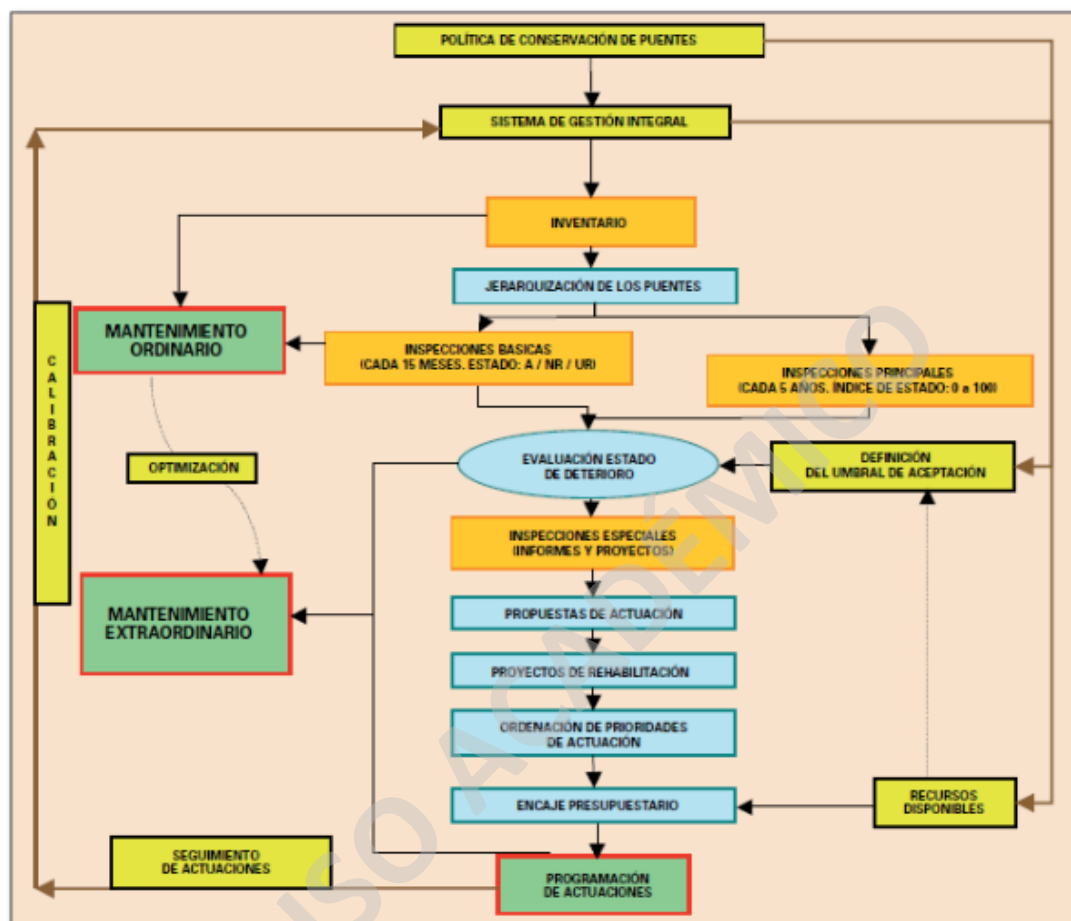
Fuente: Martínez, J (2016). Sistemas de Gestión de Puentes Optimización de estrategias de mantenimiento Implementación en redes locales de carreteras. Recuperado de:

http://oa.upm.es/39436/1/Javier_Martinez_Canamares.pdf

En otro orden de ideas, se presentarán los sistemas de gestión vial en diferentes partes del mundo refiriendo sobre el manejo del mantenimiento, estos sistemas a los que se hará referencia no sólo responden a un modelo de gestión que permite dirigir las acciones, sino que se manejan mediante un sistema computarizado que enlaza la información de cada parte del sistema permitiendo una gestión del mantenimiento actualizada y oportuna.

En este sentido, el sistema de gestión de puentes en España responde al modelo que se presenta en la imagen 7, donde se aprecia que el principio rector del modelo es la conservación de los puentes, donde se destaca el mantenimiento ordinario y extraordinario y muy central la evaluación del deterioro del puente en función de una serie de inspecciones las cuales permitirán la actuación económica en función del impacto de la evaluación. (Ministerio de Fomento, 2009).

Imagen N° 8. Funcionamiento de sistema de gestión de puentes en España



Fuente: Ministerio de Fomento de España (2009).

Por otra parte, el Sistema Finlandés (FBMS -Finnish bridge management system) también centra modelo de gestión de vías en la modelización del deterioro de las vías, fundamentándose en el sistema de inspecciones. De manera que priorizan las acciones sobre la red de puentes en función de Inspecciones visuales de la estructura y sus alrededores, determinación de evolución de la condición del puente en el tiempo en base a modelos de deterioro probabilísticos o mecanicistas, Priorización del mantenimiento según las consecuencias de los posibles escenarios según el estado actual y futuro de las estructuras y el análisis económico de intervenciones de distinta magnitud en el ciclo de vida del puente.

En cuanto al Sistema danés (DANBRO), se basa en niveles a saber:

Nivel ejecutivo: se deciden futuras políticas para el mantenimiento de puentes y su respectivo financiamiento.

Nivel de planificación: se asignan fondos para mantenimiento preventivo y se deciden las reparaciones y reemplazos.

Nivel de administración: se gestiona la información del puente.

Nivel de mantenimiento preventivo: se controlan los trabajos de mantenimiento

Para las inspecciones, descritas y normalizadas en los respectivos manuales se consideran tres tipos de inspecciones: inspección superficial, inspección principal e inspección especial. Por tanto, al igual que los sistemas anteriormente mencionados el mantenimiento es un elemento clave en el sistema de gestión de puentes.

En tanto, Sistema Suizo (KUBA) se fundamenta en que los componentes de una estructura están sujetos a procesos graduales de deterioro o experimentan eventos perjudiciales. Por ello, se realizan las inspecciones con un seguimiento e identificación de estos cambios para detectar acontecimientos indeseables. También se incluye una interpretación de los resultados como causas, desarrollo, gravedad y extensión (CADRZ IT Solutions, nd)

Así mismo, el Sistema portugués (GOA - Gestão de Obras de Arte) comprende como elemento primordial las inspecciones y el costo, en función del deterioro del puente. Los módulos del sistema completo son: tablas auxiliares, gestión de permisos, módulo de inventario, de inspección principal, de inspección rutinaria, de inspección subacuática, de batimetría, módulo histórico, módulo de consulta, módulo de registro especial de transporte y un módulo de informes. (Navarro, 2014).

Desde otra parte, se presenta el Sistema americano PONTIS, que según Navarro (2014). cuenta con el módulo de optimización de mantenimiento, reparación y rehabilitación, establece: políticas, recomendaciones, necesidades y contabiliza los costos derivados del deterioro. En este sistema, el establecimiento de prioridades es realizado en base a dos estrategias. La primera se basa en mejorar el estado del puente a través del mantenimiento, rehabilitación y reparación. La segunda tiene en cuenta las medidas que mejoran el nivel de servicio del puente.

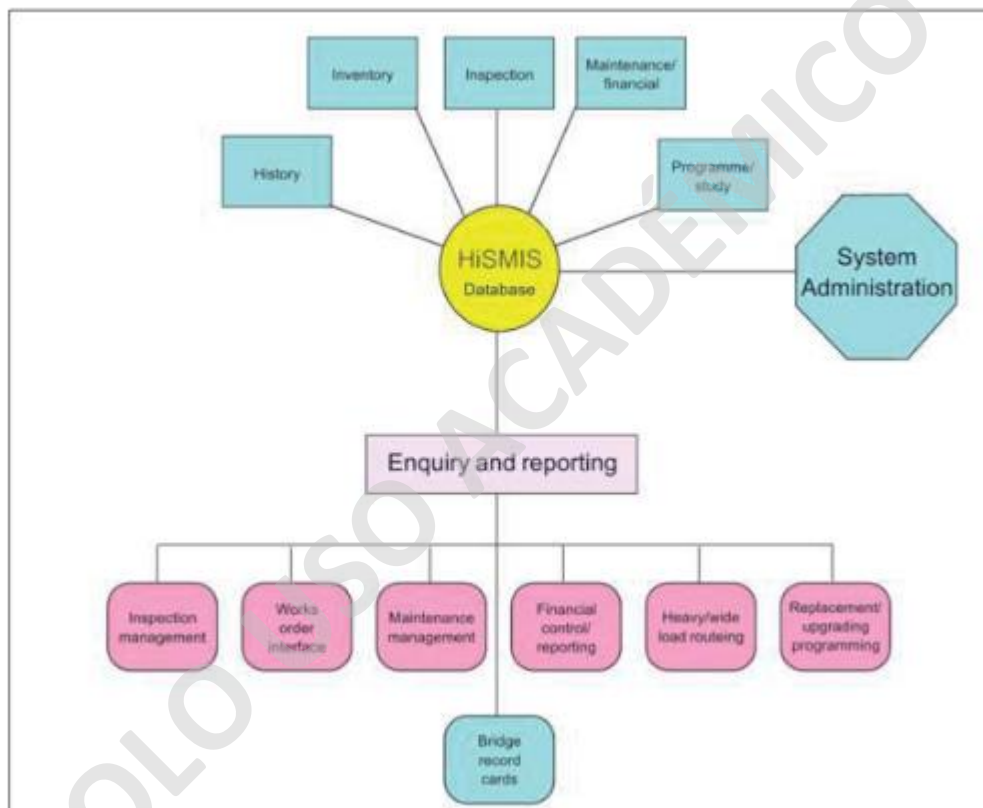
Mientras el Sistema americano Bridgit, para el mantenimiento cuenta con el módulo de mantenimiento, rehabilitación y reparación, proporciona la capacidad a los organismos que utilizan este sistema de gestión, de planificar, programar y controlar programas de trabajo plurianuales. Permite también realizar un registro histórico de las actividades de mantenimiento, rehabilitación y reparación, proporciona una rutina de trabajo para poder crear estimaciones y costos detallados de mantenimiento, rehabilitación y reparación y proporciona una lista de actividades (Navarro, 2014).

El Sistema alemán (GMBS - German Bridge Management System) donde los análisis y procedimientos de evaluación e inspección se hacen de acuerdo con la norma DIN

1076, más tarde se optimizan en el nivel de red y se integran a los programas de mantenimiento.

Finalmente se presenta el sistema del Reino Unido HiSMIS como se muestra su modelo en la imagen 9, a diferencia de los sistemas que utilizan los modelos de deterioro para la condición futura de la infraestructura, este sistema reconoce que las decisiones de mantenimiento deben considerar requerimientos de seguridad en vez de solo la condición observada (Navarro, 2014).

Imagen N° 9: Sistema del Reino Unido HiSMIS



Fuente: Navarro (2014).

En cada uno de los sistemas de gestión presentados, correspondientes a diferentes países donde se manejan redes de puentes, el mantenimiento se presenta como componente protagonista mediante procesos preventivos ordinarios o extraordinarios, apoyado en inspecciones que sustentan las decisiones económicas y técnicas a ejecutar para garantizar la conservación de los puentes.

CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.

7.1 Conceptualización del modelo de gestión.

El modelo de gestión a proponer está entendido por el adelanto de las acciones que integran las funciones principales de toda gerencia de mantenimiento en cualquier organización, para garantizar un constante y adecuado desempeño, en este caso la conservación del puente Chacao (inicio, planificación, ejecución, seguimiento y finalización), orientadas para disponer de las actividades que permiten prolongar el funcionamiento del puente tomando en cuenta el tiempo, costo, esfuerzo a través de los recursos necesarios.

7.2 Objetivos del modelo de gestión.

Proveer lineamientos a seguir para el desarrollo efectivo de las actividades de mantenimiento para el puente Chacao, con el fin de obtener un mayor rendimiento operativo, que alargue su vida incrementando su vida útil y la confiabilidad del servicio prestado, en el tiempo estimado dentro de la seguridad y calidad según los estándares nacionales e internacionales, para una conservación sostenible.

Garantizar planes y respuestas ante cualquier situación o eventualidad, mediante mecanismo de seguimiento y control, que permitan medir los resultados de las labores de mantenimiento. Al conocer los resultados, se podrán tomar las acciones correctivas y llevar un registro histórico de las actividades realizadas

Establecer criterios de decisión ante evaluaciones que manifiesten la condición de deterioro del puente Chacao, mediante la utilización de medios estadísticos de predicción.

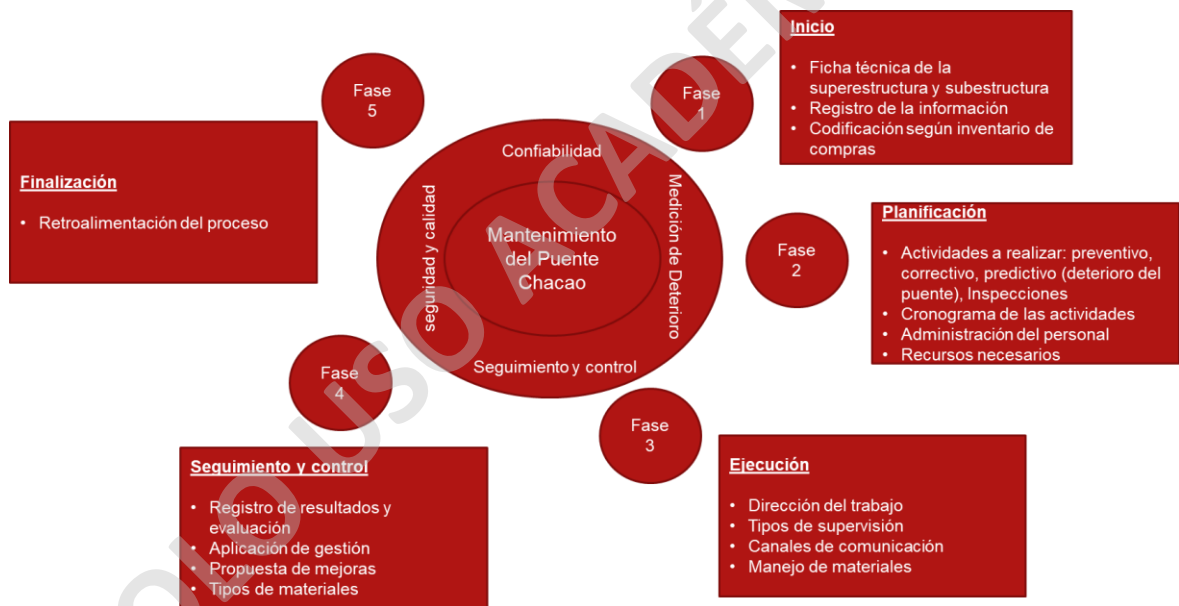
7.3 Alcance del modelo de gestión de mantenimiento.

El modelo esta direccionado para cubrir las necesidades de mantenimiento del puente, considerando su superestructura y subestructura. Sin embargo, es un modelo general de factible aplicación que se puede adaptar a las condiciones de mantenimiento de cualquier puente colgante.

7.4 Fases del modelo de gestión

Se presenta de manera sistemática en el cuadro de la imagen N° 10 el modelo de gestión, conformado por cinco fases es importante mencionar que el usuario (gerente) del proceso del sistema de gestión es el líder o supervisor mayor del componente de mantenimiento de las organizaciones de servicio del puente, tiene la responsabilidad, de aprobar la implementación y ejecución del mismo, destacar cada uno de los requerimientos necesarios para dicha implementación, personal necesario, recursos económicos que implica, así como también la evaluación periódica que permita la retroalimentación en los procesos o fases que garantice el fiel cumplimiento de las metas.

Imagen N° 10: Modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao, Chile.



Fuente: Elaboración propia

7.5 Fase I. Inicio

Se considera el comienzo del inicio de la gestión de mantenimiento del puente, ya que es aquí donde se determinan los equipos a utilizar, el registro de la información necesaria, especificaciones técnicas de los componentes del puente tanto de la superestructura como subestructura. En esta fase se plantea los siguientes pasos:

Ficha técnica de los componentes: Es fundamental toda la información técnica descriptiva de sus componentes, se deberá resaltar las características más importantes con el fin de tener un mayor conocimiento: tales como su ubicación, fabricante, proveedor, codificación designada en las compras e inventarios, entre otros.

Son importantes las observaciones de mantenimiento emitidas por el fabricante o generadas por el comportamiento del equipo, las instrucciones técnicas que se aplicaran tanto para el mantenimiento rutinario como el programado según la frecuencia, este formulario se debe llenar claramente de forma correcta, de acuerdo con la imagen N° 11.

Imagen N° 11: Registro de información técnica

Registro de Información Técnica		
Equipo ó Componente: Sistema: Fabricante o Proveedores: Código: Características y Especificaciones:		LOGO
Funcionamiento y Manejo: 		
Observaciones de Mantenimiento: 		
Instrucciones Técnicas:		
Mantenimiento Predictivo:		
Mantenimiento Preventivo:		
Mantenimiento Correctivo:		
Componentes	Características	Código
Realizado: Correo: Fecha: Aprobado: Correo: Fecha:		

Fuente: Elaboración propia

Registro de la información: deberá ubicarse toda la información establecida, para disponer lo histórico, por componente, donde quedaran registrado todas las actividades realizadas. Se especifican por fila la fecha de ejecución, el sistema al cual pertenece el componente, el problema presentado en caso de ser una actividad por avería o falla, la clasificación de la labor realizada, para así destacar el tipo de mantenimiento que hay que realizar si es preventivo, predictivo y correctivo, como se muestra en la imagen N° 12

Con este tipo de registro se podrá mantener un control de datos estadísticos que podrán ser utilizados a futuro ante una toma de decisiones a nivel de superintendencia en conjunto con la gerencia.

Imagen N° 12: Registro histórico

Registro Histórico

LOGO

Historial de Mantenimiento

Fecha	Equipo / Sistema	Problema	Actividad	Tipos de Mantenimientos		
				Predictivo	Preventivo	Correctivo

Fuente: Elaboración propia

Codificación según inventario de compra: debe existir una relación entre la nomenclatura de inventario de compra de los componentes y la de almacenamiento de mantenimiento, aplicando la filosofía Just time.

7.6 Fase II. Planificación.

Esta fase se contempla como la base del sistema de gestión de mantenimiento para los componentes del puente, ya que en ella se determinan los elementos necesarios para planificación y la realización de las nuevas tareas programadas.

Actividades a realizar: Intrínsecamente en el modelo de gestión de mantenimiento, la planificación juega un papel sumamente importante ya que implica la necesidad de visualizar las principales actividades de mantenimiento, la definición del tiempo del mantenimiento a usar para la planificación, el tipo de actividades a programar, la frecuencia de realización de las inspecciones, las jornadas de trabajo, la cantidad del personal involucrado, los tiempos estimados para los trabajos, los requerimientos de personal, las herramientas y los repuestos.

Para cumplir con el único objetivo de alcanzar las metas, destacan los recursos necesarios para la realización de las actividades, donde se deben de seguir ciertos lineamientos interrelacionados con el personal que integra el departamento de mantenimiento y los objetivos planteados.

En este sentido se recomienda seguir los procedimientos de mantenimiento de los elementos estructurales, funcionales y de seguridad de puentes colgantes con estructura de acero, propuesto por Zaldumbide (2006) como se aprecia en el anexo A.

Cronograma de las actividades (fecha y periodicidad):

Se establecen las principales actividades de mantenimiento para cada componente, es oportuno fijar fechas y la periodicidad, es decir construir un cronograma de las actividades a ejecutar. Para tal efecto, se desarrolla un programa de mantenimiento. Existirá una persona responsable de realizar el cronograma de mantenimiento, de cada uno de los componentes, apoyado principalmente por el equipo de operaciones, mediante una mesa de trabajo, estableciendo criterios y novedades a considerar, con la finalidad de abarcar todas las necesidades en cuanto a mantenimiento se refiere.

Responsabilidades: Superintendente de Mantenimiento, o gerente debe proveer los recursos necesarios para garantizar el trabajo a realizar, según sea su nivel de mantenimiento y el Supervisor de Mantenimiento tiene que cumplir y hacer cumplir todas las medidas establecidas en el presente procedimiento, informar al personal involucrado sobre alguna situación anormal en el equipo.

Implantación y Divulgación: La implementación y divulgación de este procedimiento corresponde a los niveles tanto ejecutores como supervisores en las áreas de

mantenimiento, informar en particular para mantener los estándares de seguridad en la elaboración de dichas actividades de mantenimiento.

Administración de personal: Efectuar de manera organizada el control de los recursos humanos en base a las necesidades de trabajo, en función de las prioridades, atendiendo la contratación, capacitación, así como también, de los diversos movimientos en los escalafones, nuevas altas y bajas, vacaciones, jubilaciones y solicitudes de permisos, todo lo humanamente necesario para el desarrollo de las actividades programadas del mantenimiento.

Mantener actualizada las fichas técnicas del personal por lo que es fundamental elaborar y actualizar una base de datos de toda la fuerza laboral de manera correcta, llevar un control de altas como también de bajas de contrataciones, jubilaciones y cambios. Revisar los incentivos, nombramientos, ascensos, pero lo más importantes tener identificado el personal clave o de mayor experiencia para fomentar estrategias de desarrollo para el resto del personal de menor pericia práctica en mantenimiento de puentes.

Recursos necesarios: Se propone realizar un formato de verificación de los recursos a utilizar una vez que se programe la ejecución de algún mantenimiento, de esta manera saber el número de los trabajadores o empleados profesionales especializados necesarios.

7.7 Fase III. Ejecución.

Esta fase comprende las siguientes etapas, dirección del trabajo según el tipo de mantenimiento la supervisión clave, canales de comunicación y manejo de respuesta, es decir los elementos que de forma indirecta o directa intervienen en la ejecución de la labor de mantenimiento para satisfacer las programaciones realizadas.

Dirección del trabajo: Realización de las tareas de manejo de órdenes de trabajo, la cual será emitida por el analista de mantenimiento para proceder a ejecutar las actividades de mantenimiento tanto predictivas, preventivas como correctivas. En esta se especifica la fecha de emisión, el supervisor a cargo, sistema a realizar, la descripción de la actividad, el personal ejecutor con la cuadrilla completa, la fecha, hora de inicio y termino y de existir alguna observación se podrá dejar por escrito.

Posteriormente firmaran el supervisor de mantenimiento y el de operaciones, en señal de que la actividad se ejecutó según las indicaciones. Luego el analista de mantenimiento procederá a vaciar la información creada en el formato histórico. Al ser verificado el proceso, será visto en todo momento al final con los indicadores de gestión proceso para las posteriores tomas de decisiones.

Tipos de supervisión: Es de interés acotar que el gerente o superintendente de mantenimiento, establecerá el tipo de supervisión que adoptará la organización por ser una actividad técnica y especializada, con la finalidad utilizar racionalmente los recursos, optimizando los procesos de trabajo mediante el personal, los equipos, maquinarias, herramientas, entre otros elementos claves.

El modelo de gestión plantea la necesidad de implementar un tipo o estilo de supervisión que garantice una mejora en la productividad de los empleados, el desarrollo de un uso óptimo de los recursos para obtener una adecuada rentabilidad de cada actividad realizada, el desarrollo constante de los empleados de manera integral, un monitoreo de las actitudes de los subordinados para contribuir a mejorar las condiciones laborales.

Las características a cumplir por el personal de supervisión es un alto grado de conocimiento del trabajo, responsabilidad, habilidad administrativa para el manejo de personal, contar con la capacidad suficiente para mejorar el sentido de pertenencia.

Canales de comunicación: El gerente de mantenimiento está en la obligación de establecer estrategias de comunicación implementando diversos canales, que permitan una eficiente comunicación interna y externa. Esta debe fluir verticalmente, es decir de forma descendente desde la gerencia hacia los niveles más bajos de la organización. Además, será usada por la gerencia para asignar metas, actividades, solución de problemas, es decir proporcionar instrucciones. De forma opuesta, también se debe generar la comunicación que fluya de forma ascendente, esta va desde los empleados o cuadrillas hacia la gerencia.

Se utilizará para proporcionar una retroalimentación de las ordenes emitidas, para informarse sobre los progresos, el sentir de los problemas, como están los empleados en su puesto de trabajo, con sus compañeros y con la organización. De esta manera, buscar ideas del cómo mejorar cualquier situación interna de la organización, para lograr las metas propuestas con el mínimo de problemas a través de la motivación del personal e incentivos.

Manejo de respuesta: Es necesario que el supervisor de mantenimiento tenga capacidad de respuesta al momento de una falla, donde implique tomar una decisión inmediata apalancada por los líderes y supervisores superiores, para evitar prolongar las paralizaciones del puente. Por esto, es evidente preparar al personal para tomar las mejores alternativas en momentos de emergencias.

Para esto, es necesario la información precisa, clara y veraz, específicamente por los actores intelectuales o ejecutores de mantenimiento en sitio para que exista un manejo de la información correcta, por ende, una respuesta acertada de manera firme. Esta debe ser divulgada a todo el personal.

7.8 Fase IV: Seguimiento y control

Esta se refiere al conjunto de actividades que permiten identificar y analizar las desviaciones de los resultados de mantenimiento del puente como el desempeño real del sistema productivo versus las metas operativas, están integradas en las siguientes actividades:

Registro de resultados: Los datos recogidos de las operaciones corresponderán a tiempos de mantenimiento, condiciones encontradas en la estructura, materiales empleados, fallas presentadas, fallas reparadas, así como cualquier otra información que permita el control de tiempo, materiales, fallas y recurso humano.

La información arrojada de las operaciones, será introducida de manera manual, en el histórico, con el objetivo de almacenarla, mediante el uso de un sistema computacional, con gran capacidad de almacenamiento más servidores, que garanticen el cuidado de la información almacenada.

Aplicación de gestión (mediante indicadores): La gestión del mantenimiento será controlada a través de indicadores de gestión para verificar la implementación, la ejecución del proceso de las actividades y el desarrollo de los componentes, representando así una valiosa herramienta útil a la gerencia ante la toma de decisiones, serán el punto crítico para los análisis de los factores inherentes al mantenimiento del puente. Por tal motivo, en la tabla 3 se muestra los indicadores más importantes:

Propuesta de mejoras: Si al culminar el proceso de gestión de las actividades de mantenimiento se detecta alguna desviación, el personal implicado podrá hacer propuesta que minimicen o eliminen la misma, en el sistema de gestión de mantenimiento propuesto para que estas correcciones conlleven a la excelencia.

7.9 Fase V. Finalización

Se recomienda una reunión gerencial semanal o mensual, con la superintendencia de mantenimiento, donde se analice dar relación de cada una de las actividades de mantenimiento aplicada al puente, mediante cálculos estadísticos aplicados a los indicadores de gestión, en función del seguimiento y control de las actividades de mantenimiento planificadas.

Retroalimentación del proceso: La retroalimentación de la información suministrada será en todos los sentidos a nivel de comunicación por todo el departamento de mantenimiento, aportando a la toma de decisiones a nivel gerencial en cuanto a mantenimiento, disponibilidad y operatividad del puente. El objetivo principal es el buen funcionamiento de sus componentes, lo que obliga tomar acciones correctivas en base de los indicadores o de los datos recopilados acerca del estado de la ejecución del trabajo, disponibilidad del sistema, trabajos pendientes y calidad del mismo.

Tabla N° 3: Indicadores de gestión:

Nombre del indicador	Formulación
Eficiencia de la Planificación	$(\text{Trabajos programados} / \text{Programaciones recibidas}) * 100$
Eficiencia en la Ejecución	$(\text{Trabajos terminados} / \text{Trabajo programados}) * 100$
Disponibilidad	$(\text{Horas totales de servicio} / \text{Horas del periodo}) * 100$
Tasa de Fallas	Cantidad de fallas / Horas totales de servicio
Tasa de Reparación	Cantidad de fallas / Horas de mantenimiento
Tiempo medio de Reparación	Horas de mantenimiento / Cantidad de fallas
Tasa Costo de Mantenimiento	$(\text{Costo total de mantenimiento} / \text{Costo total del sistema productivo}) * 100$
Costo promedio de las ordenes de Trabajo	Costo total de las órdenes de trabajo / Cantidad de órdenes de trabajo
Eficiencia de la Organización	$(\text{Trabajo planificado} / \text{Trabajo terminado}) * 100$
Porcentaje de horas de atraso en el Trabajo	$(\text{Horas Trabajo incompleto} / \text{Horas Programación recibidas}) * 100$
Porcentaje de Tiempo para atender Averías	Horas hombres utilizadas en la reparación / Horas del periodo
Promedio de solicitud de Recursos por día	Total de solicitudes de recursos del periodo / Números de días del periodo

Fuente: Valenzuela, S. (2008).

CONCLUSIONES

Del desarrollo de la investigación se presentan las conclusiones a las que llegó el autor, en función del logro, del objetivo Desarrollar un modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao, Chile, para lo cual se abarcaron objetivos específicos concluyentes.

Con respecto al objetivo, Indagar sobre las proyecciones para la conservación vial sostenible del puente Chacao, desde la perspectiva técnica se constató que los aspectos de diseño consideran las facilidades para el mantenimiento y durabilidad de la superestructura y subestructura. Aspectos que cuentan con alta tecnología de instrumentación para el monitoreo, además es compatible con la sostenibilidad ya que el mantenimiento busca el costo óptimo de los recursos; garantizando calidad y seguridad al disminuir accidentes que pueden influir tanto en el ambiente como en la comunidad.

Por otra parte, sobre los costos de mantenimiento del puente y su relación con el beneficio social, se pudo analizar el informe del MOP (2012) donde se especifica que la construcción y mantenimiento del puente no representa un beneficio en términos económico para los integrantes de las comunidades que acostumbran atravesar el canal de Chacao, en embarcaciones, ya que el TIR social calculado supera el 6% que maneja dicho ministerio, valor empleado como criterio de decisión.

En el mismo informe, se detalla sobre el uso del puente en cuanto al Tránsito Medio Anual que manejará el puente durante 40 años, considerándose leve, por tanto, se entiende que el deterioro del puente será menor a los promedios estándares de los primeros 5 años, para la elaboración de las primeras actividades de mantenimiento.

En tal sentido, el puente Chacao no muestra una condición sostenible de acuerdo con los parámetros abordados, partiendo todo ello de la inversión que estima el estado de US\$ 864 millones, sin embargo, considerando las recomendaciones del propio MOP pueden tomarse medidas a nivel de diseño para mejorar la rentabilidad social del puente.

En tanto, para el segundo objetivo, Examinar los modelos de mantenimiento de puentes como parte de la gestión vial, se encontró que el elemento central de los sistemas de gestión vial es el mantenimiento, el cual se muestra en tres formas, inspecciones, mantenimiento preventivo y correctivo, aunado al predictivo en el cálculo del estado de deterioro, sirviendo sus resultados como insumo para la toma de decisiones en cuanto a las actuaciones futuras.

En este sentido, para el modelo de gestión vial hacia la conservación del puente Chacao se consideran dichos tipos de mantenimiento como elementos claves para su formulación, inmerso en los principios de un modelo de gestión de mantenimiento donde los aspectos de cuidado del ambiente, social y económico son importantes.

Por tanto, se pretende que, con la aplicación de este modelo, el mantenimiento del Puente Chacao, esté a la altura de los sistemas de puentes a nivel internacional al haber servido éstos como ejemplo de buenas prácticas, donde el elemento computacional es determinante para la obtención de información actualizada.

Seguidamente, sobre el objetivo, proponer un modelo de gestión de conservación vial del Puente Chacao, basado en criterios de sostenibilidad, se obtuvo un modelo que responde a las necesidades de un puente colgante, con las características del puente Chacao, que aborda el manejo a nivel técnico, económico, recursos humano y calidad del mantenimiento del puente, garantizando la conservación sostenible, ya que en su aplicación convergen armónicamente sociedad, ambiente y economía.

En este sentido, considerando que el puente es una construcción nueva que hasta ahora no está finalizada, se proponen una serie de actividades de mantenimiento, basadas en la literatura, las cuales pueden ser modificadas a futuro en función de las características definitivas del puente. De igual forma, se integraron una serie de indicadores que permitirán el seguimiento y control de los lineamientos para el desarrollo efectivo de las actividades de mantenimiento.

De todo lo anterior, los resultados de esta investigación se consideran una recomendación a las instancias del Ministerio de Obras públicas como insumo para el modelo de gestión del Puente Chacao, el cual representa un recurso para la sostenibilidad del puente en sí.

Cabe señalar, que como el puente Chacao es una obra reciente en construcción, no existe información detallada sobre el mismo, lo cual se consideró una limitación para la profundización en algunos aspectos de orden técnico. De manera que, en muchos casos se tuvo que generalizar aspectos, partiendo de los principios de construcción de un puente colgante.

Otra limitación que presentó el estudio fue el acceso a costos actualizados de los componentes del puente ya que ese tipo de información se maneja a nivel empresarial, dejando sin acceso a particulares como el presente investigador.

Por otra parte, el estudio arrojó un documento que permite en una fase de implementación la elaboración del mantenimiento al puente Chacao, sin embargo, se sugiere a futuros investigadores o mantenedores del puente, realizar una continuación a este estudio, basándose en las condiciones definitivas del puente, mediante un estudio de campo.

En este orden de ideas, se recomienda la creación de un sistema de gestión computarizado que permita el control y gestión del mantenimiento del puente basado en los resultados de este estudio, de manera que den continuidad al mismo en cuanto al manejo de la información recolectada para garantizar la vida útil del puente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, P. (2016). *La investigación proyectiva*. TiArq-a. <http://tiarqa.blogspot.com/2016/06/la-investigacion-proyectiva.html>
- Álvarez, I. (2008). *Análisis y estudio de la red vial pavimentada de la I región utilizando el sistema computacional dTims*. [Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile].
- Arata A. (2009). *Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales*. Santiago Chile
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación*. Caracas: Espíteme.
- Bierman H. (2002). *Análisis Cuantitativo para los Negocios*. 9ª ed. McGraw Hill Interamericana. Bogotá, Colombia.
- Cabrera, L. & Ynga, W. (2017). *Sistema de gestión de conservación vial – SGCV*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/622084>
- Canales A. Pacheco P. y Sarno E. (2006). *Modelo Gerencial de Mantenimiento*. México: Reliability World.
- Dirección de Vialidad (2012). *Manual de carreteras*. http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Documents/Actualizacion_Indice-2012/Indice%20MC-V7_2012.pdf
- Del Rosario, A. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana. Aplicación a la carretera El Seibo – Hato Mayor*. [Trabajo de grado, Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil, Universitat Politècnica de Valencia].
- García S. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. España: Díaz de Santos.
- Greenroads, (2011). *Manual de infraestructura vial sostenible*. <https://www.greenroads.org/366/>
- Gómez F. (2008). *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. España: Universidad de Murcia.
- Gutiérrez, F. (2018). *Inspecciones: cómo conservar un puente*. México: Mac Graw Hill
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2015). *Metodología de la Investigación*. México: Mc. Graw Hill.

- Hurtado, J. (2008). *Metodología de la investigación, una comprensión holística*. Caracas: Ediciones Quirón - Sypal.
- Hurtado, J. (2012). *Metodología de la investigación*. Valencia: Episteme.
- Ingeniería Cuatro Consultores Ltda. (1997). *Estudio preliminar de inversión puente en canal de Chacao X Región, TR-900 Estudio de demanda y proyecciones de tránsito*. Santiago: Ministerio de Obras Públicas.
- Ivancevich J. (2004). *Administración de Recursos Humanos*. México: Editorial Mc Graw-Hill, Novena Edición.
- Jiang, Y. (2006). Bridge management systems. *The handbook of highway engineering*, pp. 22.1-22.53.
- Koontz C. (2008), *Administración, una perspectiva global y empresarial*. 13era Ed. México: McGraw – Hill.
- La Tercera (2018). Puente Chacao. <https://www.puentechacao.cl/backend/app/webroot/files/edicionespecial.pdf>
- Martínez, J (2016). Sistemas de Gestión de Puentes Optimización de estrategias de mantenimiento Implementación en redes locales de carreteras. http://oa.upm.es/39436/1/Javier_Martinez_Canamares.pdf
- Melville, B. y Coleman, S. (2000). *Bridge Scour*. Colorado: Water Resources Publications.
- Ministerio de Fomento. (2009). *Guía de cimentaciones en obras de carretera*. Madrid: Dirección General de Carreteras.
- Ministerio de Obras Públicas (2012), *Informe Final: Evaluación Social Puente sobre el Canal de Chacao', Gobierno de Chile*. http://www.mop.cl/puentechiloe/Documents/Informe_Final_ES_Chacao_2012_MDS.pdf
- Ministerio de Obras Públicas (2018). Puente Chacao. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/404850905/Puente-Chacao-Marcelo-Marquez-MOP-pdf>
- Navarro, C. (2014). *Puente de Chacao, ¿Rentabilidad política o económica?* [Tesis para optar al grado de Magister en Políticas Públicas, Universidad de Chile].
- Navarro, J. (2014). *Epistemología y Metodología de la Investigación*. Venezuela: Grupo Editorial Patria.

- Núñez, R. (2018). *La responsabilidad tras el diseño de un hito de la ingeniería chilena y mundial*. La Tercera.
<https://www.puentechacao.cl/backend/app/webroot/files/edicionespecial.pdf>
- Ordoñez, M. & Meneses, L. (2015). Criterios de sostenibilidad en el subsector vial. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), pp. 81 - 98, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1433>
- PMBOK (2008). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Cuarta Edición. EE. UU: Project Management Institute
- Prando R. (2006). *Manual Gestión de Mantenimiento a la Medida*. Uruguay: 3R
- Ramírez, F. (2015). Puente Chacao: entre el desarrollo sustentable y el interés geopolítico. <https://www.uchile.cl/noticias/113846/puente-chacao-entre-el-desarrollo-sustentable-y-el-interes-geopolitico>
- R&Q Ingeniería. (2018). *Experiencia y especialización para la supervisión de la mayor estructura colgante de América del Sur*. La Tercera.
<https://www.puentechacao.cl/backend/app/webroot/files/edicionespecial.pdf>
- Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Sapag, N. (2006). *Proyectos de Inversión: Formulación y Evaluación*. México: Pearson.
- Serna H. (2008). *Gerencia Estratégica. 10 a edición*. Bogotá: 3R editores.
- Valenzuela, S. (2008). *Metodología de gestión de puentes a nivel de red basada en inspección visual*. [Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, con Diploma en Ingeniería y Gestión de la Construcción, y al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile].
- Yepez, V. (2009). La dimensión social en la optimización sostenible del mantenimiento de puentes. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2020/09/02/la-dimension-social-en-la-optimizacion-sostenible-del-mantenimiento-de-puentes/>
- Zaldumbide, H. (2006). *Mantenimiento de puentes colgantes con estructura de acero*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/150280/64/1/CD-12035.pdf>
- Zambrano, S. y Leal, S. (2006). *Manual Práctico de Gestión de Mantenimiento*. Venezuela: Fondo editorial UNET,

ANEXOS

Anexo A. Procedimientos de mantenimiento de los elementos estructurales, funcionales y de seguridad de puentes colgantes con estructura de acero

MANTENIMIENTO DE CABLES DE ACERO Y SILLETAS DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

TIPOS DE CABLES DE ACERO (SECCIÓN TRANSVERSAL)						
DESCUBIERTO			CUBIERTO			
Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	
1	Galvanizado	Protección anticorrosiva	5	Membrana sintética	Protección anticorrosiva	
2	Núcleo de acero	Resistencia estructural	6	Relleno sintético	Protección anticorrosiva	
3	Torón estructural	Resistencia estructural	7	Torón estructural, alambres o barras	Resistencia estructural	
4	Alambre o barra	Resistencia estructural	8	Cubierta sintética	Protección anticorrosiva	

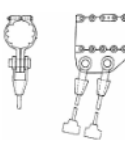
PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DEL CABLE DE ACERO Y SILLETA									
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN									
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			
			BU	RE	MA	AM	SO	EN	
1	Galvanizado	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero
2	Alambres o barras	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
3	Torones estructurales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
4	Núcleo de acero	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero
5	Cubierta sintética	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero
6	Membrana sintética	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero
7	Relleno sintético	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero
8	Torones estructurales, alambres o barras	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero
9	Sistemas de anclaje	Libres de corrosión, desgaste, grietas y fisuras							Ingeniero
10	Silletas	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
11	Conexiones con las péndolas	Bien atornilladas, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero

MANTENIMIENTO DE VIGAS DE RIGIDEZ DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

TIPOS DE VIGAS DE RIGIDEZ						
VIGA DE RIGIDEZ			ARMADURA DE RIGIDEZ			
Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	
1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva	6	Recubrimiento	Protección anticorrosiva	
2	Soldaduras	Uniones estructurales	7	Miembros de alma	Resistencia estructural	
3	Patín superior	Resistencia estructural	8	Nudos	Uniones estructurales	
4	Alma	Resistencia estructural	9	Elementos longitudinales	Resistencia estructural	
5	Patín inferior	Resistencia estructural	10	Arriostramientos	Resistencia estructural	
			11	Elementos transversales	Resistencia estructural	

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA VIGA DE RIGIDEZ									
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN									
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			
			BU	RE	MA	AM	SO	EN	
1	Recubrimiento (viga o armadura)	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero
2	Soldaduras	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
3	Perfil estructural	Espesor normal, libre de corrosión y desgaste							Ingeniero
4	Miembros de alma	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
5	Nudos	Bien ajustados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
6	Elementos longitudinales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
7	Arriostramientos	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
8	Elementos transversales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
9	Apoyos en las torres	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero

MANTENIMIENTO DE PÉNDOLAS DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

TIPOS DE SISTEMAS DE PÉNDOLAS									
ARREGLO Nº 1					ARREGLO Nº 2				
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN			Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	
	1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva			8	Recubrimiento	Protección anticorrosiva	
	2	Pernos de alta resistencia	Uniones estructurales			9	Cable y soporte pasamanos	Inspección	
	3	Banda de cable	Resistencia estructural			10	Pernos de alta resistencia	Uniones estructurales	
	4	Pasador	Uniones estructurales			11	Abrazadera del cable de acero	Resistencia estructural	
	5	Casquillo estandar	Uniones estructurales			12	Torón estructural	Resistencia estructural	
	6	Torón estructural	Resistencia estructural			13	Casquillo	Uniones estructurales	
	7	Anclaje al elemento de rigidez	Uniones estructurales			14	Anclaje al elemento de rigidez	Uniones estructurales	

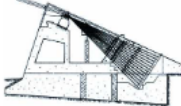
PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PÉNDOLAS									
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN									
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			OBSERVACIÓN
			BU	RE	MA	AM	SO	EN	
1	Recubrimiento (arreglo 1 o 2)	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero
2	Pernos alta resistencia (arreglo 1 o 2)	Bien atomillados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
3	Bandas del cable	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
4	Pasadores	Bien ajustados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
5	Casquillos (arreglo 1 o 2)	Sin holguras, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
6	Torones estructurales (arreglo 1 o 2)	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
7	Conexión viga de rigidez (arreglo 1 o 2)	Bien ajustados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
8	Cables y soportes pasamanos	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
9	Abrazaderas del cable de acero	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero

MANTENIMIENTO DE TORRES Y CIMIENTOS DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

TIPOS DE TORRES									
DE ACERO					DE HORMIGÓN ARMADO				
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN			Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	
	1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva			7	Columnas estructurales	Protección anticorrosiva	
	2	Columnas estructurales	Resistencia estructural			8	Vigas estructurales	Resistencia estructural	
	3	Conexiones empalmadas	Uniones estructurales			9	Cimientos	Resistencia estructural	
	4	Conexiones remachadas	Uniones estructurales						
	5	Arriostramientos	Resistencia estructural						
	6	Cimientos	Resistencia estructural						

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LAS TORRES									
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN									
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			OBSERVACIÓN
			BU	RE	MA	AM	SO	EN	
1	Recubrimiento	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero
2	Columnas estructurales (acero)	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
3	Conexiones empalmadas	Bien atomilladas, libres de grietas y fisuras							Ingeniero
4	Conexiones remachadas	Bien ajustadas, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
5	Arriostramientos	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero
6	Cimientos (para acero u hormigón)	Libres de corrosión, desgaste, grietas y fisuras							Ingeniero
7	Columnas estructurales (hormigón)	Libres de grietas y fisuras							Ingeniero
8	Vigas estructurales	Libres de grietas y fisuras							Ingeniero
9	Cimientos con pernos de anclaje (acero)	Bien empotrados, ajustados y libres de corrosión							Ingeniero

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ANCLAJE Y APOYO DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

SISTEMA DE ANCLAJE Y APOYO							
SISTEMA DE ANCLAJE				APOYOS			
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
	1	Sillita del cable	Unión estructural		6	Cimentación	Resistencia estructural
	2	Barras con ojales	Unión estructural		7	Neoprenos	Amortiguación estructural
	3	Viga de anclaje	Unión estructural		8	Conexiones articuladas	Uniones estructurales
	4	Hormigón armado	Resistencia estructural		9	Conexiones de rodillo	Uniones estructurales
	5	Barras de anclaje	Unión estructural		11	Cuerpo de hormigón armado	Resistencia estructural

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DEL SISTEMA DE ANCLAJE Y APOYOS										
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN										
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Sillita del cable	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
2	Barras con ojales	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Viga de anclaje	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
4	Hormigón armado	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
5	Barras de anclaje	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Cimentación	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
7	Neoprenos	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	
8	Conexiones articuladas	Neoprenos libres de desgaste y grietas							Ingeniero	
9	Conexiones de rodillos	Neopreno, pistón y cápsula libres de desgaste y grietas							Ingeniero	
10	Cuerpo de hormigón armado	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	

MANTENIMIENTO DE NEOPRENOS DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

ESPESORES DE NEOPRENOS							
≤ 25 [mm]				> 25 [mm]			
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
	1	Material elastomérico	Amortiguación estructural		4	Material elastomérico	Amortiguación estructural
	2	Bordes redondeados	Resistencia funcional		5	Láminas de acero dúctil	Resistencia estructural
	3	Esquinas redondeadas	Resistencia funcional		6	Ligante sintético	Unión estructural
					7	Bordes redondeados	Resistencia funcional
					8	Esquinas redondeadas	Resistencia funcional

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE NEOPRENOS										
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN										
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Material elastomérico (≤ 25 [mm])	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	
2	Bordes redondeados (≤ 25 [mm])	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	
3	Material elastomérico (> 25 [mm])	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	
4	Láminas de acero dúctil	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
5	Ligante sintético	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
6	Bordes redondeados (> 25 [mm])	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	
7	Esquinas redondeadas (≤ 25 [mm])	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	
8	Esquinas redondeadas (> 25 [mm])	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	

MANTENIMIENTO DE TABLEROS DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

TIPOS DE TABLEROS							
DE ACERO				DE HORMIGÓN ARMADO Y MIXTO (ACERO Y HORMIGÓN)			
Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	
1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva		8	Asfalto u hormigón aligerado	Superficie de rodadura	
2	Vigas principales	Resistencia estructural		9	Vigas de piso	Resistencia estructural	
3	Placa de tablero	Resistencia funcional		10	Relleno de concreto	Resistencia estructural	
4	Costillas	Resistencia estructural		11	Acero de refuerzo	Resistencia estructural	
5	Vigas de piso	Resistencia estructural		12	Costillas	Resistencia estructural	
6	Conexiones empalmadas	Uniones estructurales					
7	Conexiones remachadas	Uniones estructurales					

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DEL TABLERO										
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN										
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN Estandar	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Recubrimiento	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
2	Vigas principales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Placa de tablero	Libre de corrosión, fisuras y deformación							Ingeniero	
4	Costillas (tablero de acero)	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
5	Vigas de piso (tablero de acero)	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Conexiones empalmadas y remachadas	Bien ajustadas, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
7	Asfalto u hormigón aligerado	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
8	Relleno de concreto	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
9	Acero de refuerzo	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	

MANTENIMIENTO DE SEGURIDADES DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

TIPOS DE SEGURIDADES					
Nº	NOMBRE	FUNCIÓN	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
1	Barandas	Protección peatonal	6	Elementos de protección	Protección peatonal
2	Bordillos	Protección peatonal	7	Estabilización de taludes del lecho	Protección del puente
3	Aceras	Protección peatonal	8	Estabilización de taludes del cauce	Protección del puente
4	Señales de tránsito	Guía el tráfico vehicular y peatonal	9	Barreras de seguridad	Protección vehicular
5	Postes de iluminación	Iluminación			

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE SEGURIDADES										
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN										
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN Estandar	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Barandas	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
2	Bordillos	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Aceras	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
4	Señales de tránsito	Legibles y sin deterioro							Ingeniero	
5	Elementos de protección	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Estabilización de taludes del lecho	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
7	Estabilización de taludes del cauce	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
8	Barreras de seguridad	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
9	Postes de iluminación	Libre de suciedad y corrosión							Ingeniero	

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO											
SIMBOLOGÍA: VISUAL = VI, TINTAS PENETRANTES = TP, ULTRASÓNICO = UL, RADIOGRÁFICO = RA, EQUIPO ESPECÍFICO = EE, HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS = HE, MATERIALES ESPECÍFICOS = ME, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL = EPP											
PRUEBAS: MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA											
ACTIVIDADES	MÉTODO				EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	OBSERVAC.
	VI	TP	UL	RA							
Evaluar cubierta cable de acero								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar cable de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar viga de rigidez					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar pendolones					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar torre de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar torre de hormigón								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar sistema de anclaje								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar cimientos								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar silletas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar tablero de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar tablero mixto					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar tablero de hormigón								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar neoprenos								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones con pernos					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones remachadas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones soldadas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones combinadas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar apoyos								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar seguridades								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

MÉTODO	EQUIPO ESPECÍFICO (EE)	HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS (HE)	MATERIALES ESPECÍFICOS (ME)	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	PROCESO	NORMA
TINTAS PENETRANTES		Cepillo de alambre. Equipo ultrasónico.	Líquido limpiador. Líquido penetrante. Líquido revelador. Líquido removedor. Detergentes. Solventes. Vapor desengrasante. Material absorbente limpio.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Overol. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Dejar superficie libre de grasa y óxido. 2. Aplicar líquido limpiador y esperar 1 minuto 3. Aplicar líquido penetrante y esperar 5 minutos. 4. Aplicar líquido revelador y esperar 1 minuto. 5. Emitir informe. 6. Aplicar líquido removedor y limpiar.	ASTM E165
ULTRASÓNICO	Equipo compacto de ultrasónico.	Cepillo de alambre. Equipo ultrasónico.	Grasa común industrial. Detergentes. Solventes. Vapor desengrasante. Material absorbente limpio.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Overol. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Dejar superficie libre de grasa y óxido. 2. Aplicar grasa industrial en la punta del equipo ultrasónico. 3. Emitir informe.	AWS D 1.1 AWS D 1.5

MANTENIMIENTO DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

MÉTODO	EQUIPO ESPECÍFICO (EE)	HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS (HE)	MATERIALES ESPECÍFICOS (ME)	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	PROCESO	NORMA
RADIOGRÁFICO	Equipo compacto emisor de rayos X. Películas para la impresión. Plantillas de plomo.	Cepillo de alambre. Equipo ultrasónico.	Detergentes. Solventes. Vapor desengrasante. Material absorbente limpio.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Overol. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Dejar la superficie libre de grasa y óxido. 2. Colocar película detrás del elemento a examinar. 3. Activar equipo de rayos X. 4. Revelar la película. 5. Emitir informe.	AWS D 1.1 AWS D 1.5 API 1104 ASTM E94 Nota: Tiempo, distancia de exposición y tiempo de revelado se calculan según lo especificado en la Norma.

MANTENIMIENTO DE VIGAS DE RIGIDEZ DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO									
SIMBOLOGÍA: LIMPIEZA = LI, PINTURA = PI, REEMPLAZO O RECONSTRUCCIÓN = RE									
RESUMEN DE TAREAS A EJECUTAR EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO									
ELEMENTO	UBICACIÓN	TAREAS			CANTIDAD	TAMAÑO	ULTIMA REVISIÓN	PRÓXIMA REVISIÓN	RESPONSABLE
		LI	PI	RE					
Cubierta del cable acero									Ingeniero
Cable de acero									Ingeniero
Viga de rigidez									Ingeniero
Pendolones									Ingeniero
Torre de acero									Ingeniero
Torre de hormigón									Ingeniero
Sistema de anclaje									Ingeniero
Cimientos									Ingeniero
Silletas									Ingeniero

MANTENIMIENTO DE VIGAS DE RIGIDEZ DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO										
SIMBOLOGÍA: LIMPIEZA = LI, PINTURA = PI, REEMPLAZO O RECONSTRUCCIÓN = RE										
RESUMEN DE TAREAS A EJECUTAR EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO										
ELEMENTO	UBICACIÓN	TAREAS			CANTIDAD	TAMAÑO	ÚLTIMA REVISIÓN	PRÓXIMA REVISIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
		LI	PI	RE						
Tablero de acero									Ingeniero	
Tablero mixto									Ingeniero	
Tablero de hormigón									Ingeniero	
Neoprenos									Ingeniero	
Conexiones con pernos									Ingeniero	
Conexiones remachadas									Ingeniero	
Conexiones soldadas									Ingeniero	
Conexiones combinadas									Ingeniero	
Apoyos									Ingeniero	
Seguridades									Ingeniero	

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Segunda

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO							
SIMBOLOGÍA: EQUIPO ESPECÍFICO = EE, HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS = HE, MATERIALES ESPECÍFICOS = ME, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL = EPP							
RUTINA N° 1: LIMPIEZA GENERAL DE LA ESTRUCTURA. PROCESO MANUAL							
ACTIVIDADES	EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDADES	FRECUENCIA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Eliminar la corrosión		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la cascarrilla de laminación		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la vegetación		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar los químicos depositados		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la basura		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar depósitos con humedad		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar toda clase de suciedad		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
RUTINA N° 2: LIMPIEZA GENERAL DE LA ESTRUCTURA. PROCESO MECÁNICO							
ACTIVIDADES	EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDADES	FRECUENCIA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Eliminar la corrosión	EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la cascarrilla de laminación	EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la vegetación		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar químicos depositados		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la basura		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar depósitos con humedad		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar toda clase de suciedad		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Segunda

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO							
SIMBOLOGÍA: EQUIPO ESPECÍFICO = EE, HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS = HE, MATERIALES ESPECÍFICOS = ME, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL = EPP							
RUTINA Nº 3: LIMPIEZA GENERAL DE LA ESTRUCTURA. PROCESO CALÓRICO							
ACTIVIDADES	EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDADES	FRECUENCIA	RESPONSABLE	OBSERVACIÓN
Eliminar la corrosión	EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la cascavilla de laminación	EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la vegetación		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar los químicos depositados		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar la basura		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar depósitos con humedad		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Eliminar toda clase de suciedad		HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Segunda

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO											
SIMBOLOGÍA: CORROSIVO = CO, ALTA POLUCIÓN Y COSTERO = PC, SUAVE = SU, REPINTADO = RP, EQUIPO ESPECÍFICO = EE, HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS = HE, MATERIALES ESPECÍFICOS = ME, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL = EPP											
RUTINA Nº 4: PINTURA O RECUBRIMIENTO GENERAL DE LA ESTRUCTURA. PROCESO MANUAL											
ACTIVIDADES	AMBIENTE				EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDAD	FRECUENCIA	RESPONS.	OBSERVAC.
	CO	PC	SU	RP							
Pintar cable de acero						HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar viga de rigidez						HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar torres de acero						HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar pendolones						HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar tablero de acero						HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar conexiones y apoyos						HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar elementos hormigón						HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
RUTINA Nº 5: PINTURA O RECUBRIMIENTO GENERAL DE LA ESTRUCTURA. PROCESO MECÁNICO											
ACTIVIDADES	AMBIENTE				EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDAD	FRECUENCIA	RESPONS.	OBSERVAC.
	CO	PC	SU	RP							
Pintar el cable de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar la viga de rigidez					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar las torres de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar los pendolones					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar el tablero de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar conexiones y apoyos					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pintar elementos hormigón					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Segunda

RUTINA	EQUIPO ESPECÍFICO (EE)	HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS (HE)	MATERIALES ESPECÍFICOS (ME)	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	PROCESO	NORMA
LIMPIEZA MANUAL	Grúa.	Espátula. Escobas. Cepillo de alambre. Palas. Canecas.	Franelas. Material absorbente limpio. Lijas. Fundas de basura. Detergentes. Solventes. Vapor desengrasante. Neutralizadores químicos.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Camisa y pantalón para protección. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Dejar superficie libre de grasa y óxido.	ASSTHO
LIMPIEZA MECÁNICA	Grúa. Compresor. Amoladora. Motogenerador.	Manguera. Soplete para arena. Destornilladores. Juego de llaves de boca. Dados. Alicate. Extensiones eléctricas. Herramienta menor.	Arena común. Fundas de basura. Neutralizadores químicos. Discos de cerdas metálicas para moladora. Combustible. Franelas. Material absorbente limpio. Lijas. Fundas de basura. Detergentes. Solventes. Vapor desengrasante.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Camisa y pantalón para protección. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Retirar todo tipo de suciedad. 2. Armar el sistema con la precaución de que no exista fugas. 3. Usar sistema de chorro de arena para limpiar el óxido. 4. Usar la moladora en las secciones donde todavía exista remanente de óxido.	ASSTHO

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Segunda

RUTINA	EQUIPO ESPECÍFICO (EE)	HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS (HE)	MATERIALES ESPECÍFICOS (ME)	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	PROCESO	NORMA
LIMPIEZA CALÓRICA	Grúa. Tanque de oxígeno. Tanque de acetileno. Válvulas.	Manguera. Boquilla oxiacetilénica para limpieza. Destornilladores. Juego de llaves de boca. Dados. Herramienta menor.	Oxígeno. Acetileno. Fundas de basura. Neutralizadores químicos.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Camisa y pantalón para protección. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Retirar todo tipo de suciedad. 2. Eliminar todo resto de solvente. 3. Armar el sistema con la precaución de que no exista fugas. 4. Calibrar las válvulas para una relación O/A mayor que 1. 5. Aplicar la llama a una velocidad en la que la superficie quede seca y sin suciedad, cascarrilla y óxido. 6. Limpiar con cepillo de alambre de ser necesario.	ASSTHO

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Segunda

RUTINA	EQUIPO ESPECÍFICO (EE)	HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS (HE)	MATERIALES ESPECÍFICOS (ME)	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	PROCESO	NORMA
PINTURA MANUAL	Grúa.	Brochas. Rodillos. Canecas. Extensiones para rodillos.	Recubrimiento específico, según el tipo de ambiente. Material absorbente limpio.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Camisa y pantalón para protección. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Prepare el recubrimiento según la capa a aplicar y las especificaciones del fabricante. 2. Aplicar las capas según el tiempo, condiciones ambientales y espesor recomendados por la Norma.	ASSTHO
PINTURA MECÁNICA	Grúa. Compresor. Motogenerador.	Manguera. Soplete para pintura. Destornilladores. Juego de llaves de boca. Dados. Alicate. Extensiones eléctricas. Herramienta menor.	Recubrimiento específico, según el tipo de ambiente. Combustible. Framelas. Material absorbente limpio.	Casco. Gafas transparentes y opacas. Mascarilla para polvo. Camisa y pantalón para protección. Botas de protección industrial. Guantes de cuero y lana.	1. Prepare el recubrimiento según la capa a aplicar y las especificaciones del fabricante. 2. Aplicar las capas según el tiempo, condiciones ambientales y espesor recomendados por la Norma.	ASSTHO

MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Segunda

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO							
SIMBOLOGÍA: EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL = EPP							
REEMPLAZO Y RECONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS CON FALLAS PUNTUALES EN SU ESTRUCTURA							
ACTIVIDADES	EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Cubierta cable acero	Rutina de pintura	Rutina de pintura	Rutina de pintura	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Viga de rigidez	Grúa	Llaves y dados	ASTM A36	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Pendolones	Grúa	Llaves y dados	Pendolón común	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Torre de hormigón	Grúa	Relleno específico	Relleno específico	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Sistema de anclaje	Mezcladora	Relleno específico	Relleno específico	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Cimientos	Mezcladora	Relleno específico	Relleno específico	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Tablero de acero	Torcómetro	Llaves y dados	ASTM A36	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Tablero mixto	Mezcladora	Relleno específico	Relleno específico	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Tablero de hormigón	Mezcladora	Relleno específico	Relleno específico	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Neoprenos	Gatos hidráulicos	Palancas	ASTM D412 grado 60/70	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Conexión con perno	Torcómetro	Llaves y dados	ASTM A325/409	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Conexión con remache	Pistola Neumática	Llaves y dados	ASTM A141/125/502	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Conexión soldada	Soldadora	Llaves y dados	ASTM A233/316	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Conexión combinada	Soldadora	Llaves y dados	ASTM A233/316	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Apoyos	Mezcladora	Relleno específico	Relleno específico	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	
Seguridades	Torcómetro	Llaves y dados	Relleno específico y ASTM A36	EPP, amés y cuerda	Cada 5 años	Fiscalizador	