

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**“PLAN DE GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES
DE EL SALVADOR”**

PRESENTADO POR:

SERGIO REYNALDO CAMPOS ESPINOZA

SALVADOR ANTONIO VELASQUEZ MEJIA

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :

LIC. JOSE LUIS ARGUETA ANTILLON

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**“PLAN DE GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES
DE EL SALVADOR”**

Presentado por :

**SERGIO REYNALDO CAMPOS ESPINOZA
SALVADOR ANTONIO VELASQUEZ MEJIA**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

**ING. M. Sc. ROGELIO ERNESTO GODINEZ GONZALEZ
ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA**

San Salvador, Septiembre 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

ING. M. Sc. ROGELIO ERNESTO GODINEZ GONZALEZ

ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente a Dios todopoderoso, por darnos fe, fortaleza y sabiduría para seguir adelante y alcanzar nuestra meta propuesta.

A nuestras familias, por creer en nosotros, apoyarnos y motivarnos a seguir adelante para finalizar nuestros estudios.

A la Universidad de El Salvador, por acogernos en su seno y formarnos profesionalmente, adquiriendo los conocimientos y experiencias transmitidas por todos los docentes que ayudaron en nuestra formación profesional.

A nuestros asesores, Ing. M. Sc. Rogelio Godínez, Ing. Roberto Berganza; por su tiempo, asesoría y apoyo en la realización del trabajo de graduación.

Y a todas aquellas personas que nos apoyaron para seguir adelante y alcanzar nuestra meta.

Sergio Reynaldo Campos Espinoza.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO (EL ALFA Y LA OMEGA), Oh! Dios gracias por estar en los momentos difíciles, me distes ánimos a continuar y sacar fuerzas de donde imagine no podría, para poder avanzar a la conquista del objetivo, el cual es el principio de grandes oportunidades de crecer en humildad y aportar al desarrollo del país.

A los Asesores, Ing. M. Sc. Rogelio Ernesto Godínez González e Ing. Roberto Otoniel Berganza Estrada, por su dedicación y empeño en el desarrollo del trabajo de graduación, gracias por su asesoría, consejos, amistad haciendo posible culminar con éxito este proyecto.

Al compañero Sergio Campos, por la dedicación y esfuerzo en cada etapa del trabajo de graduación, siendo posible culminar con éxito este proceso.

A los compañeros de estudio y amigos, por esos días de esfuerzo y carreras, para entregar tareas, rendir exámenes, defensas, gracias.

Salvador Antonio Velásquez Mejía.

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, gracias por estar siempre a mi lado, dándome fortaleza, perseverancia y sabiduría para seguir adelante incluso en momentos que no creí hacerlo. Gracias por permitirme finalizar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres, Tito Arnoldo Campos (Q.E.P.D), por inculcarme desde pequeño a luchar y seguir adelante para cumplir mis sueños. A mi madre Paulina Espinoza Vda. de Campos por ser pilar fundamental en mi vida, mi fortaleza para seguir adelante, ayudándome a superar los obstáculos en el transcurso de mis estudios, gracias por todo tu apoyo, sacrificio y amor incondicional, este logro te lo dedico a ti mamá de todo corazón.

A mis hermanos, Mayra, Yesenia, Sara, Paula y Fito, por apoyarme y creer en mí durante mis estudios universitarios.

A mis tíos, Juan Antonio (Q.E.P.D), Angelita (Q.E.P.D), Francis y Úrsula, por su apoyo y amor incondicional, permitiéndome ser parte de su familia durante todo este tiempo, se los agradezco de todo corazón.

A mi compañero de trabajo de graduación, Salvador Velásquez por ayudarme a culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis asesores, Ing. M. Sc. Rogelio Godínez, Ing. Roberto Berganza; por su apoyo incondicional, sin ningún interés en la realización del trabajo de graduación.

Sergio Reynaldo Campos Espinoza.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Marcos Santos Velásquez González y María Esperanza Mejía de Velásquez, por toda la entrega, sacrificios, consejos y enseñanzas que me fortalecieron y animaron a luchar para terminar la carrera y lograr graduarme, a ustedes que dan lo mejor a sus hijos y prepararlos para afrontar la vida, gracias por su dedicación, protección y Dios nos siga bendiciendo con su presencia.

A MIS HERMANOS, Cap. Erick Sigfrido Velásquez Mejía, Cap. Marcos Abelardo Velásquez Mejía y Wilson Leonel Velásquez Mejía, por esos momentos felices y difíciles vividos; por enseñarme a no rendirme en cada una de las materias cursadas, en el trabajo de graduación; gracias por su apoyo incondicional, este esfuerzo también es suyo y para la familia que va creciendo.

A MIS SOBRINOS, Laura Nicole, Marcos Josué, Natalie Valeria, Marcos Antonio, por sus carismas, ocurrencias y sonrisas que llenan de alegría y dan sentido a mi vida.

A MIS ABUELOS, Santos Mejía, Lucia Martínez, Magdaleno González (QEPD), Secundino Pérez (QEPD), Rosa Velásquez (QEPD) Y Paz Molina (QEPD), por la formación recibida.

Salvador Antonio Velásquez Mejía.

RESUMEN.

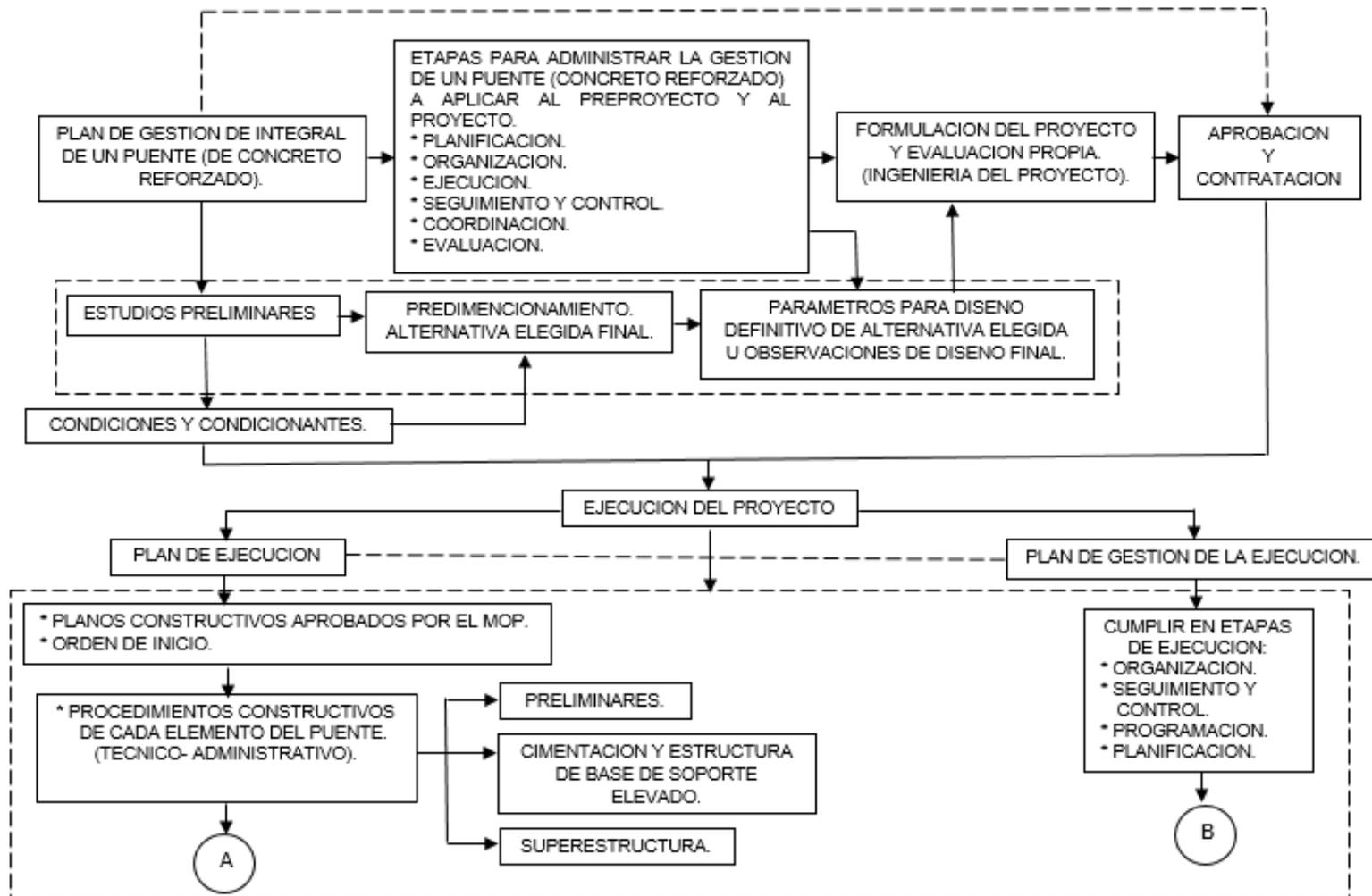
En el trabajo de graduación, “Plan de gestión de proyectos de puentes de El Salvador”.

Considera los eventos naturales (hidrometeorológicos, sísmicos) y antropogénicos que han afectado en los últimos años a los puentes de la red vial nacional, incorporando lineamientos y parámetros de diseño para resistir (estos eventos), garantizando la estabilidad, seguridad y funcionalidad de las estructuras; permitiendo la conectividad vehicular y peatonal de la población que diariamente utilizan estas obras de paso.

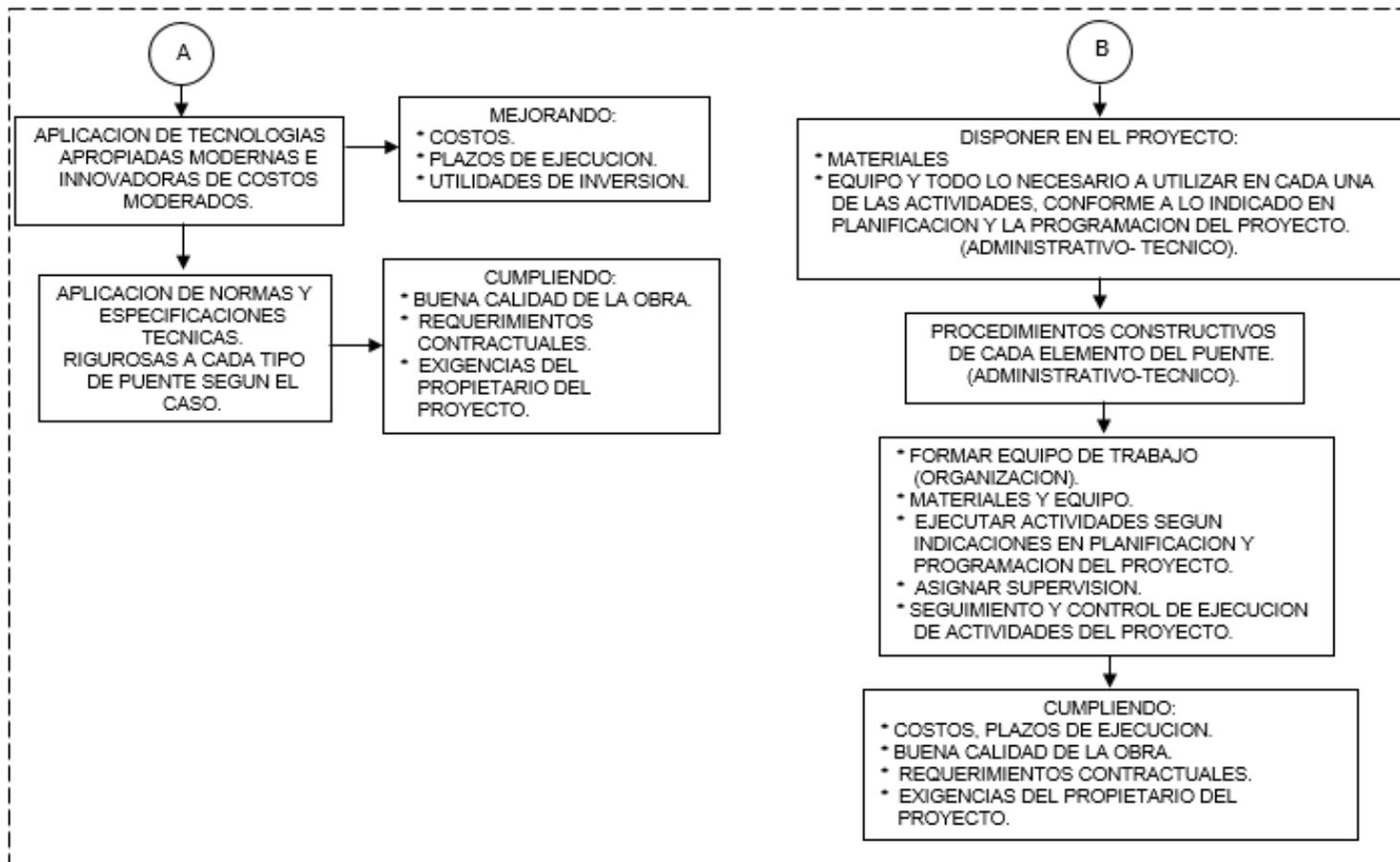
Este trabajo de graduación propone una metodología de gestión de proyectos de puentes a seguir en las diferentes etapas del proyecto, desde su formulación considerando las características, condiciones y condicionantes en el emplazamiento; los resultados de los estudios previos realizados, conlleva a proponer una alternativa de solución técnicamente viable , realizando un predimensionamiento de los elementos componentes del puente; el diseño final del proyecto se presenta al propietario para su aprobación y posterior ejecución.

En la ejecución del proyecto se aplica el plan de gestión integral del proyecto, formado por el plan de ejecución de la empresa constructora y el plan de gestión de ejecución previsto; relacionados entre sí, el plan de ejecución verifica el cumplimiento de los procesos constructivos del puente (técnico-administrativo), aplicando tecnologías apropiadas a corde al tipo de estructura proyectada, según

lo indicado en planos constructivos, normas y especificaciones contractuales, cumpliendo costos, plazos de ejecución, requerimientos contractuales, exigencias del propietario y buena calidad de la obra. El plan de gestión de ejecución verifica el cumplimiento de los procesos constructivos(administrativo-técnico), según la planificación y programación del proyecto con los recursos asignados para garantizar el cumplimiento de requerimientos contractuales, costos, plazos de ejecución y buena calidad del proyecto. A continuación se anexa el esquema del plan de gestión integral.



ESQUEMA PLAN DE GESTION INTEGRAL DE PROYECTO DE PUENTE.



ESQUEMA PLAN DE GESTION INTEGRAL DE PROYECTO DE PUENTE.

INDICE

Pág.

INTRODUCCION.....	i
CAPITULO I.....	2
1.1 INTRODUCCION.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.2.1 FACTORES QUE HAN AFECTADOS LOS PUENTES DEL PAIS.....	2
1.2.2 MODALIDADES EN EL CONTROL DEL BUEN ESTADO DE LOS PUENTES DEL PAIS.....	5
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.5 ALCANCES.....	13
1.6 LIMITACIONES.....	13
1.7 JUSTIFICACION.....	13
1.8 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION A UTILIZAR.....	16
CAPITULO II.....	18
2.1. INTRODUCCION.....	18
2.2 LA GESTION DE PROYECTOS.....	19
2.2.1 EL PROPIETARIO DEL PROYECTO.....	21
2.3 CONSIDERACIONES PARA LA GESTION DE PROYECTOS.....	23
2.4. ENFOQUE DE SISTEMAS PARA LA GESTION DE PROYECTOS.....	26
2.5. PRINCIPIOS BASICOS DE GESTION DE PROYECTOS.....	26
2.5.1 OBJETIVOS BIEN DEFINIDOS CLAROS Y PRECISOS.....	26
2.5.2 DEDICACION SUFICIENTE EN LA GESTION DEL PROYECTO.....	27
2.5.3 APLICAR TECNICAS DE GESTION PERTINENTES.....	27
2.6. GESTION DE PROYECTOS SIMPLES Y PROYECTOS COMPLEJOS.....	28
2.7 LA PREPARACION Y PLANIFICACION DEL PROYECTO.....	30
2.7.1 PREPARACION O EJECUCION DE UN PROYECTO.....	30

2.7.1.1 LOS “OBJETIVOS” Y LA “DIRECCION APROPIADA DEL PROYECTO”	31
2.7.1.2 IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DE ACTIVIDADES.	31
2.7.1.3 LOS RECURSOS.....	32
2.7.1.4 LAS RELACIONES O PRECEDENCIAS.....	34
2.7.1.5 PLAZOS Y LOS COSTOS.	35
2.7.1.6 REVISION DE OBJETIVOS, PREPARACION Y PLANIFICACION DE LOS PROYECTOS.....	35
2.8 PLANIFICACION EN EL PROYECTO.....	36
2.8.1 IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACION.	37
2.8.2 ALGUNAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PLANIFICACION.	38
2.8.2.1 VENTAJAS DE LA PLANIFICACION DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS GERENTES.....	38
2.8.2.2 DESVENTAJAS DE LA PLANIFICACION.....	39
2.9 ORGANIZACION, EJECUCION, SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.....	41
2.9.1 ORGANIZACION DEL PROYECTO.	41
2.9.1.1 LOS DIRECTIVOS “DE ALTO NIVEL” JERARQUICO.....	43
2.9.1.2 EL JEFE DE PROYECTO.....	44
2.9.1.3 EL EQUIPO DE PROYECTO.....	45
2.9.2 EJECUCION DEL PROYECTO.....	47
2.9.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.	49
2.10 PROGRAMACION DEL PROYECTO.....	52
2.11 CIERRE DEL PROYECTO.	57
2.11.1 ACEPTACION.....	58
2.11.2 INFORME DEL CIERRE DEL PROYECTO.....	59
2.12 IMPACTOS Y PREVENIONES DE LA EJECUCION DE PROYECTOS.	60
2.13 ERRORES A EVITAR EN LA GESTION DE PROYECTOS.	61
CAPITULO III	63
3.0 ESTUDIOS PRELIMINARES EN LA GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES.....	63

3.1 ESTUDIOS A REALIZAR EN EL EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE.	64
3.1.1 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.....	64
3.1.2 ESTUDIOS HIDROLOGICOS.....	68
3.1.3 ESTUDIOS HIDRAULICOS.	70
3.1.4 ESTUDIOS GEOLOGICOS.	74
3.1.5 ESTUDIOS GEOTECNICOS.	75
3.1.6 ESTUDIOS DE SISMICIDAD.....	76
3.1.7 ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL.	77
3.1.8 ESTUDIOS FINANCIEROS - COMERCIALES.....	78
3.2 ANALISIS DE RIESGOS EN LA GESTION DE PROYECTOS PUENTISTAS.	78
3.2.1 EVALUACION DE EMPLAZAMIENTO.	78
3.2.2 ANALISIS DE VULNERABILIDAD.....	78
3.2.3 BALANCE DE RIESGO PROMEDIO.....	79
3.2.4 DEFINIR ALTERNATIVAS PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO.	79
3.2.5 SELECCION DE ALTERNATIVAS.	79
3.2.6 EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA.	80
3.3 PARAMETROS A UTILIZAR EN EL DISEÑO DE PUENTES.	81
3.3.1 CARGAS PARA EL DISEÑO EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES.....	81
3.3.1.1 CARGAS PERMANENTES.....	81
3.3.1.2 CARGAS VIVAS.	82
3.3.1.2.1 SOBRECARGAS GRAVITATORIAS.	83
3.3.1.2.2 SOBRECARGA VEHICULAR DE DISEÑO.....	83
3.4 CALCULO DE CARGAS APLICADAS AL DISEÑO DE PUENTES.	84
3.4.1 CARGA MUERTA.	86
3.4.2 CARGA VIVA.	86
3.4.2.1 CARGA MOVIL VEHICULAR.....	86
3.4.2.2 NUMERO DE CARRILES O VIAS DE TRANSITO.....	87

3.4.2.3 COEFICIENTES DE DISTRIBUCION DE SOBRECARGA MOVIL.....	88
3.4.3 COEFICIENTE DINAMICO O DE IMPACTO DE LA CARGA VIVA.....	89
3.4.4 CARGA MOVIL PEATONAL.....	90
3.4.5 CARGA DE VIENTO.....	91
3.4.6 FUERZA DE FRENADO.....	92
3.4.7 FUERZA CENTRIFUGA.....	92
3.4.8 EFECTOS TERMICOS.....	93
3.4.9 EMPUJE DE SUELOS.....	95
3.4.10 FUERZAS DE ORIGEN SISMICO.....	95
3.4.11 PRESION DE AGUAS.....	95
3.5 GALIBOS.....	96
3.6 PARAPETOS.....	97
3.7 SOBREELEVACION EN PUENTES CURVOS.....	98
3.8 LINEAMIENTOS QUE UTILIZA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OBRAS DE PROTECCION DE PUENTES ANTE EL CAMBIO CLIMATICO EN EL SALVADOR....	98
3.8.1 PROYECTO ESTRUCTURAL.....	99
3.8.1.1 VIDA UTIL.....	99
3.8.1.2 PROYECTO DE LA SUPERESTRUCTURA.....	99
3.8.1.3 PROYECTO DE LA SUBESTRUCTURA.....	100
3.8.2 PROYECTO HIDRAULICO E HIDROLOGICO.....	105
3.8.3 RECOMENDACIONES PARA OBRAS DE PROTECCION DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS PUENTES.....	108
3.8.3.1 PROTECCION DE LA SUBESTRUCTURA EN EL CAUCE DEL RIO.....	109
3.8.3.2 PROTECCION INDIRECTA CON GUARDANIVELES.....	110
3.8.3.3 TIPOS DE PILAS RECOMENDADOS PARA FUTUROS DISEÑOS.....	111
3.8.3.4 PROTECCION EN LAS MARGENES DEL RIO.....	111
3.8.4 REPARACIONES EN PUENTES EXISTENTES DEBIDO A SOCAVACION.....	113
CAPITULO IV.....	116

4.0 DESARROLLO DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE.....	117
4.1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES DE CONCRETO.	117
4.2 ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES DE CONCRETO.....	123
4.2.1 ETAPA I. PREPARATORIAS.....	123
4.2.2 ETAPA II. EJECUCION DE TRABAJOS DE TERRACERIA.....	123
4.2.2.1 EXCAVACION PARA CIMENTACION.	124
4.2.3 ETAPA III. ESTRUCTURAS DE CONCRETO HIDRAULICO.....	125
4.3 CONSTRUCCION DEL PUENTE EN EL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO.....	125
4.4 ACTIVIDADES EN EL EMPLAZAMIENTO DE UN PUENTE.....	126
4.4.1 INSTALACIONES PROVISIONALES.....	127
4.4.2 APERTURA DE BITACORA DE OBRA.....	127
4.4.3 PREPARACION DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE.....	128
4.4.4 TRAZO Y NIVELACION, PROPIOS DE LA OBRA O ESTRUCTURA DEL PUENTE.	129
4.4.5 REPLANTEO.....	129
4.5 ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION EN CIMENTACION Y ESTRUCTURAS EN PUENTES.....	131
4.5.1 MOVIMIENTO DE TIERRA.....	131
4.5.2 COLOCACION DE CIMENTACION EN PUENTES.....	132
4.5.3 CIMENTACION PROFUNDA EN PUENTES UTILIZANDO PILOTES.....	133
4.5.3.1 TRAZO DE LOS EJES DEL PROYECTO DE PUENTE EN EL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO.....	135
4.5.3.2 TRABAJOS DE PERFORACION PARA HINCADO DE PILOTES.....	136
4.5.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACION PROFUNDA.....	137
4.5.4.1 PILOTES COLADOS IN SITU.....	137
4.5.4.1.1 EXCAVACION DE POZOS.....	138
4.5.4.1.2 COLOCACION DE ARMADURAS EN EL POZO.....	138
4.5.4.1.3 COLADO DEL PILOTE.....	139

4.5.4.1.4	DESCABEZADO DE PILOTES.....	140
4.5.4.1.5	COLOCACION DEL ACERO EN EL ENCEPADO.....	140
4.5.4.1.6	ENCOFRADO Y COLADO DEL ENCEPADO.....	140
4.5.4.2	PILOTES PREFABRICADOS.....	141
4.5.4.2.1	FABRICACION DE LOS PILOTES DE CONCRETO.....	141
4.5.4.2.2	ENCOFRADO DE PILOTES.....	141
4.5.4.2.3	ACERO DE REFUERZO.....	141
4.5.4.2.4	COLADO, VIBRADO Y CURADO DEL CONCRETO.....	142
4.5.4.2.5	HINCADO DE PILOTES.....	142
4.5.5	CIMENTACION SUPERFICIAL.....	144
4.5.5.1	ZAPATAS.....	144
4.5.5.2	TRAZO TOPOGRAFICO DE LOS LIMITES DE LA ZAPATA.....	145
4.5.5.3	EXCAVACION.....	145
4.5.5.4	PLANTILLA DE CONCRETO.....	145
4.5.5.5	PROTECCION DEL TALUD DEL TERRENO EXCAVADO.....	146
4.5.5.6	ARMADO ESTRUCTURAL DE ZAPATAS.....	147
4.5.5.7	ARMADO DE ENCOFRADO DE ZAPATA.....	147
4.5.5.8	COLADO DE ZAPATAS.....	148
4.5.5.9	PRUEBAS DEL CONCRETO EN EL LABORATORIO.....	149
4.5.5.10	CURADO DEL CONCRETO.....	150
4.5.5.11	RELLENO Y COMPACTACION.....	151
4.6	ESTRUCTURAS PILAS, ESTRIBOS Y CABEZAL.....	151
4.6.1	PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE COLUMNAS O PILAS.....	151
4.6.1.1	ARMADO ESTRUCTURAL DE LA COLUMNA.....	152
4.6.1.2	NIVELACION Y CIMBRADO.....	152
4.6.1.3	COLADO DE COLUMNA.....	153
4.6.2	CABEZALES O ASIENTO DE LAS VIGAS.....	154

5.3.7 PLANIFICACION DEL PROYECTO.	179
5.3.8 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO.	183
5.4 EJECUCION DEL PROYECTO.	183
5.4.1 FORMAR EL EQUIPO DEL PROYECTO ORGANIZATIVAMENTE.	187
5.4.2 MATERIALES Y EQUIPO.	187
5.4.3 COSTOS Y PRESUPUESTOS DE TODOS LOS RECURSOS A USAR.	188
5.5 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.	189
5.5.1 SUPERVISION EN LA EJECUCION DEL PROYECTO.	190
5.5.2 SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO.	190
5.5.2.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CADA PARTE DEL PUENTE DE CONCRETO REFORZADO.	193
5.5.3 VERIFICACION DEL AVANCE DE OBRA.	211
5.5.4 CONTROL DE CAMBIOS.	211
5.5.4.1 SOLICITUDES DE CAMBIO.	213
5.5.5 ACTUALIZACION DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO.	213
5.5.6 CONTROL DE COSTOS.	214
5.5.7 CONTROL DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.	214
5.5.8 INFORMAR EL RENDIMIENTO.	215
5.5.9 CONTROL DE RIESGOS.	216
5.6 CIERRE DEL PROYECTO.	217
5.6.1 CIERRE ADMINISTRATIVO.	217
5.6.2 CIERRE DE CONTRATO.	217
5.6.3 ENTREGA A SATISFACCION DEL CLIENTE.	218
5.7 PROPUESTA PLAN DE GESTION PARA PROYECTOS DE PUENTES UN CASO DE APLICACION.	219
5.7.1 ETAPA 1 DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR EN LA QUEBRADA LAS LAJAS.	225
5.7.2 ETAPA 2 FORMULACION DEL PROYECTO DE PUENTE.	225

5.7.2.1 IDENTIFICACION DE LA PROBLEMATICA DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR.	226
5.7.2.2 DEFINIR EL PROBLEMA DEL SITIO DE EMPLAZAMIENTO.....	226
5.7.2.3 POBLACION A BENEFICIAR.	227
5.7.2.4 OBJETIVO DE LA PROPUESTA DE FORMULACION DEL PUENTE.	227
5.7.2.5 INFORMACION GENERAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR.	228
5.7.2.5.1 UBICACION DEL PROYECTO.	228
5.7.2.5.2 SELECCION DEL SITIO.	229
5.7.2.5.3 COLINDANCIA.	231
5.7.2.5.4 URBANIZACION DEL AREA Y DESCRIPCION DE SERVICIOS REQUERIDOS.	231
5.7.2.5.5 CONDICIONANTES PARA EL PROYECTO.	232
5.7.2.5.6 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.	232
5.7.3 ETAPA 2. PREPROYECTO.....	233
5.7.4 ETAPA 3. PROPUESTA DE SOLUCION ACORDE AL EMPLAZAMIENTO.	234
5.7.4.1 ALTERNATIVA DE SOLUCION A LA PROBLEMATICA DE CONECTIVIDAD VIAL VEHICULAR.	234
5.7.4.2 NOMBRE DEL PROYECTO: CONCEPTUALIZACION DE UN PROYECTO DE PUENTE VEHICULAR EN LA QUEBRADA LAS LAJAS.....	236
5.7.4.3 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO PARA LA EJECUCION DEL PUENTE.	240
5.7.5 ETAPA 4. EJECUCION DEL PROYECTO DE PUENTE EN LA COLONIA LORENA.	240
5.7.5.1 ALGUNOS DATOS INICIALES DEL EMPLAZAMIENTO.....	241
5.7.5.2 SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO.....	243
5.7.5.3 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CADA PARTE DEL PUENTE DE CONCRETO REFORZADO EN COLONIA LORENA.	246
CAPITULO VI.....	255

6.1 CONSIDERACIONES.....	255
6.2 CONCLUSIONES.....	257
6.3 RECOMENDACIONES.....	261
6.4 BIBLIOGRAFIA.....	263
ANEXOS CAPITULO III.....	266
ANEXOS CAPITULO IV.....	280
ANEXOS CAPITULO V.....	281
PLAN DE GESTION DE PUENTES.....	281
CALCULO DEL ANGULO DE ESMIJE DEL EJE DEL PUENTE A PROYECTAR.....	286
ANEXO CAPITULO VI.....	293
APENDICE.....	295

INDICE DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 5. 1 A Plan de gestión de proyectos de puentes.....	165
Tabla 5. 1 B Plan de gestión de proyectos de puentes.....	167
Tabla 5. 1 C Plan de gestión de proyectos de puentes.....	169
Tabla 5. 1 D Plan de gestión de proyectos de puentes.....	170
Tabla 5. 1 E Plan de gestión de proyectos de puentes.....	171
Tabla 5. 2 Coordenadas geográficas del emplazamiento, obtenidas de geoogle earth.	229
Tabla 5. 3 Recurso humano a utilizar en la construcción del puente vehicular.....	243

INDICE DE FOTOS.

	Pág.
Fotografía 5. 1 Puente Bailey en emplazamiento de estudio en Colonia Lorena, Mejicanos. ..	222
Fotografía 5. 2 Condiciones del cauce, tubería de concreto y tubería de agua potable.	223
Fotografía 5. 3 Puente peatonal tipo Bailey, en el emplazamiento de estudio.....	238

INDICE DE FIGURAS.

	Pág.
Fig.2 1 Precedencia y gráfico de barras (actividades).....	54
Fig.2 2 Diagrama PERT (actividades).	57
Fig. 3. 1 Características del camión de diseño.	84
Fig. 3. 2 Diagrama de gálibos vertical y horizontal.	96
Fig. 3. 3 Sobreelevación de aproximación al puente.	100
Fig. 3. 4 Uso de cimentación profunda en suelos con poca capacidad portante.	100
Fig. 3. 5 Protección de enrocado: (a) ejemplo de uso de enrocado. (b) ubicación errónea de enrocado.	101
Fig. 3. 6 Alineación de apoyos intermedios de puentes: (a) alineación del puente respecto al río; (b) alineaciones de apoyos intermedios.....	102
Fig. 3. 7 Ubicación de los estribos del puente respecto a los márgenes del río y taludes de la carretera.	103
Fig. 3. 8 Diseño de pilotes trabajando por fricción considerando efecto de socavación.	104
Fig. 3. 9 Diseño de pilotes trabajando por punta considerando efecto de socavación.	104
Fig. 3. 10 Elevación de las cimentaciones de las pilas en el cauce principal.....	105
Fig. 3. 11 Tirante libre en puentes: 1.50 en zonas montañosas y 1.00 m en zona de planicie.	106
Fig. 3. 12 Sección transversal de vanos de alivio.....	106
Fig. 5. 1 a) Ubicación geográfica del emplazamiento, tomada de google maps. B) Localización de emplazamiento, en la intercepción entre calle Sevilla y calle principal de la colonia Lorena.	229
Fig. 5. 2 El acceso al emplazamiento, la ruta 1 desde la 75 Av. Norte y la ruta 2 desde la Boulevard. Constitución hacía la colonia Lorena, tomada de google maps.	230
Fig. 5. 3 Ubicación de detalles en el emplazamiento, sin escala.	231
Fig. 5. 4 Sección transversal de propuesta de puente, sin escala.	236

INDICE DE ESQUEMAS.

	Pág.
Esquema1. 1 Modalidad de control 1.	7
Esquema1. 2 Modalidad de control 2.	7
Esquema1. 3 Modalidad de control 3.	7
Esquema1. 4 Modalidad de control 4.	7
Esquema1. 5 Modalidad de control 5.	8
Esquema1. 6 Modalidad de control 6.	8
Esquema 2. 1 Esquema resumen de los procesos básicos de la planificación.....	37
Esquema 2. 2 Organización de un proyecto.....	43
Esquema 4. 1 Organización de las actividades del proceso constructivo de un puente.....	126
Esquema 4. 2 Actividades del proceso constructivo en cimentación profunda con pilotes.....	134
Esquema 4. 3 Proceso constructivo de pilotes colados in situ.....	137
Esquema 4. 4 Proceso constructivo de las zapatas de fundación.....	144
Esquema 4. 5 Proceso constructivo de columnas.....	151
Esquema 4. 6 Componentes de superestructura de un puente.....	157
Esquema 5.1 Metodología de plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.....	171
Esquema 5.1 Metodología de plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.....	172
Esquema 5.2 Plan de gestión de ejecución de proyecto de puente.....	185
Esquema 5.2 Plan de gestión de ejecución de proyecto de puente.....	186
Esquema 5.3 Sistema de control de cambios.....	212
Esquema 5.4 Metodología de plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.....	220
Esquema 5.5 Metodología de plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.....	242
Esquema 5.6 Metodología para la construcción de puentes.....	243

INTRODUCCION.

El trabajo de graduación titulado “Plan de gestión de proyectos de puentes de El Salvador”, propone una metodología de gestión de proyectos de puentes, ello implica formular el proyecto en función de las características del suelo, la topografía, longitud del claro a salvar, acondicionarse a la infraestructura vial existente y los resultados de estudios realizados en el emplazamiento; para proponer una alternativa de solución que mejor se acondicione a los requerimientos y condicionantes del emplazamiento.

En El Salvador, la gestión de proyectos de puentes, prioriza puentes de la red vial nacional con daños o colapsos ocasionados por eventos naturales y antropogénicos; conlleva a plantear y desarrollar una metodología de gestión de proyectos de puentes, revisando estudios requeridos para el proyecto, parámetros de diseño, procesos constructivos, para la formulación, diseño de nuevas estructuras y obras de protección; considerando los eventos ocurridos en los últimos años para garantizar, que el diseño cumpla con las características, condiciones y requerimientos de emplazamiento para el proyecto, desde su formulación y ejecución de cada una de las actividades del puente, para cumplir los requerimientos y exigencias en costos, plazos y buena calidad de la estructura.

En puentes la causa principal de daños en la cimentación de pilas y estribos, es ocasionada por los eventos hidrometeorológicos extraordinarios provocando sobrecargas en la cimentación, por el incremento en las presiones del flujo de agua, hay desprendimiento del material portante en la cimentación; causando asentamientos o volcamientos de las estructuras de soporte del tablero del puente. Por ello, se dá lineamientos de diseño, construcción y obras de protección en superestructura y subestructura.

Por ello, se aplica gestión de proyectos de puentes (planificación, organización, ejecución, seguimiento y control, y cierre del proyecto), para desarrollar una propuesta técnicamente viable acorde a la problemática del emplazamiento.

En todo proyecto de puentes es obligatorio los estudios preliminares, parámetros de diseño y obras de protección del puente, para formular una alternativa de solución que cumpla con todos los requerimientos, normativas de diseño, especificaciones técnicas, condiciones y exigencias del proyecto, para la ingeniería del proyecto propuesta.

Para la ejecución del proyecto de puente, desarrollar y detallar los procesos constructivos de la alternativa de solución, con una metodología explicita a seguir en cada una de las actividades del proyecto; para cumplir con lo indicado en planos constructivos, normas y especificaciones técnicas, costos y tiempo de ejecución contractuales, garantizando la buena calidad de la obra ejecutada.

El plan de gestión de proyectos de puentes, propone una metodología a seguir en cada una de las etapas del proyecto, desde su formulación, hasta ejecutar la alternativa de solución propuesta. Aplicando el plan a una problemática de conectividad vial, en Colonia Lorena del municipio de Mejicanos, proponiendo una alternativa de solución conceptual de puente viga y losa; cumpliendo los requerimientos de las características (tipo de suelo, topografía, claro a salvar, etc.), y condiciones del emplazamiento (adaptarse a las infraestructuras viales y construcciones existentes).

CAPITULO I

MARCO DE REFERENCIA GENERAL.

CAPITULO I

MARCO DE REFERENCIA GENERAL.

1.1 INTRODUCCION.

La necesidad de efectivizar los procesos constructivos conlleva al plan de gestión de proyectos efectivos con buena metodología para desarrollar cada una de las actividades.

Para proponer un plan de gestión de proyectos de puentes se abordará, los conceptos de gestión de proyectos, los estudios preliminares a realizar, previo a la construcción de cualquier proyecto, en este caso enfocado a puentes de concreto; se revisará la calidad de los materiales, parámetros de diseño y procesos constructivos que garanticen la buena calidad de la obra; la propuesta establecerá lineamientos para un plan de gestión de Proyectos y su respectiva aplicación a un caso particular donde se aplicará el plan de gestión propuesto; las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del desarrollo del estudio y los resultados obtenidos en la investigación documental y de campo que se realizará.

1.2 ANTECEDENTES.

1.2.1 FACTORES QUE HAN AFECTADOS LOS PUENTES DEL PAIS.

Los puentes construidos en las carreteras y caminos del país, desde el siglo XX, principalmente, fueron diseñados con materiales, normas y tecnologías de esas épocas; así mismo, aplicando normas y especificaciones recientes del siglo XXI,

las cuales aún difieren de las actuales vigentes, debido a que estas han evolucionado y se han innovado; las experiencias, en la práctica de esta área de la ingeniería como las demás, han demostrado que la implementación de estas metodologías mejoran la calidad y duración de las obras, haciendo de ellas inversiones eficientes en la ejecución de los proyectos. Con el fin de obtener obras con buena calidad, funcionamiento y buen desempeño de todos sus componentes.

Los puentes construidos en El Salvador, se han ido dañando y hasta han colapsado debido a factores naturales, y otros por daños ocasionados por los doce años de conflicto armado en el país.

Algunos factores técnicos más relevantes, independientemente del tipo de puente, son por ejemplo:

1. Los diseños conceptuales, procesos constructivos, estudios geotécnicos deficientes, socavaciones de pilas por la dinámica fluvial, actividad sísmica permanente; de estos casos son los siguientes ejemplos:

- Puente Cuscatlán: dinamitado el 1 de Enero de 1984, desplomándose en su totalidad el claro central y quedaron sólo las pilas¹. El puente de oro, colgante, similarmente fue dinamitado. Ambos construidos a mediados del siglo XX.

¹ Rodríguez, Oscar y otros. Abril 1998. "Guía para el diseño de puentes de concreto reforzado en caminos rurales y vecinales" .T.B.G.FIA-UES. SS. El Salvador.

- El puente sobre el río Jiboa: ubicado en el kilómetro 43 de la ruta nacional 04. Está en la antigua carretera que conduce a Zacatecoluca en el departamento La Paz, fue inaugurado en 1942. Originalmente todo el puente era de 12 claros de 12.5 m cada uno, 11 pilas de concreto reforzado, 7 vigas metálicas tipo I y una losa de 20 cm de espesor, llevaba un tejido simple con varilla de hierro liso de 5/8"; con el tiempo, las pilas 8 y 10 fallaron por asentamiento, socavación y desviación. Debido a esto, se colocó un puente Bailey de dos claros, apoyado en las pilas 7, 9 y en el estribo, el cual se encontraba en perfecto estado².
- El antiguo puente Agua Caliente: ubicado en la antigua calle a Soyapango, construido alrededor de los años 1920's, con ladrillo tipo calavera y losa de concreto. Este puente colapsó en el año de 1992 y el puente nuevo, es un puente curvo, se efectuó en 1994, donado por el Gobierno de Japón³.
- Bóveda Titihuapa: ubicada en San Vicente – Cabañas. Construida alrededor de los años 1950's y originalmente, estaba constituida por 6 arcos de 9.15 m de luz cada uno; de los cuales, dos cedieron por erosión que le causó el río en una de sus pilas, en el año de 1981. Se reparó colocando un vano constituido por dos vigas metálicas de 21.5m de longitud sustituyendo los dos arcos dañados. El vano funcionó en una sola

² Idem 1.

³ Idem 1.

vía y los otros 4 arcos restantes en doble vía. Este vano fue dinamitado en 1989, y reparado definitivamente en el año 2003, colocando un puente isostático de vigas postensadas⁴.

2. La recurrencia de los eventos hidrometeorológico y ambientales, superando los promedios nacionales de intensidad y duración de lluvia e intemperie, en periodos más cortos. Estos han estado dañando los puentes y la infraestructura vial, afectando toda la infraestructura social, económica, y de productividad del país.

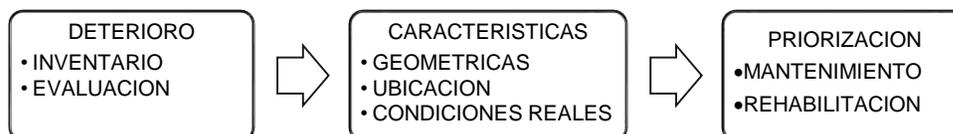
La mayoría de puentes, en el país, fueron construidos con especificaciones y requerimientos de su época; a través de los años estos han sido afectados por fenómenos sociales, naturales recurrentes e intensos, a la vez el aumento del tránsito vehicular. Estos factores han contribuido en el deterioro de los puentes, sobrepasando la capacidad para la que fueron diseñados. En la actualidad existe la necesidad de proponer un plan de gestión de proyecto de puentes para la oportuna intervención de estos.

1.2.2 MODALIDADES EN EL CONTROL DEL BUEN ESTADO DE LOS PUENTES DEL PAIS.

Entre los años 1989 a 1994, aparecieron los primeros indicios de preocupación por el deterioro de los puentes. El Ministerio de Obras Públicas (MOP), desarrolló el “Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP), recopilando las

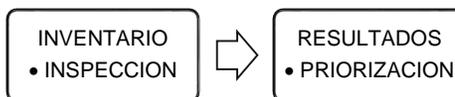
⁴ Idem 1.

características geométricas, ubicación, información sobre las condiciones reales de los puentes, y crear un sistema de priorización, con el propósito de elaborar planes de mantenimiento y rehabilitación⁵. Esquemáticamente esto era lo siguiente:



Esquema1. 1 Modalidad de control 1.

Una segunda, versión 1.0 del SIEP almacenaba datos del inventario de puentes, mediante el registro de las inspecciones de campo con el propósito de determinar las prioridades basadas en esos resultados. Esquemáticamente:



Esquema1. 2 Modalidad de control 2.

Se inventariaron 119 puentes de dos carreteras del país en las carreteras CA01 Y CA02. Posterior a los terremotos del año 2001, el Ministerio de Obras Públicas, realizó la evaluación de los puentes sobre la Carretera del Litoral resaltando los daños que tenían como causa predominante la falta de mantenimiento, y no los efectos mismos de los sismos⁶.

⁵ Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV). Ministerio de Obras Públicas.

⁶ Mendoza Maldonado, Wilson Francisco y otros. 2003. Manual para mantenimiento rutinario y preventivo de puentes de El Salvador. T.B.G. FIA. UES.Pág.4.

Se realizó el Diagnóstico y Diseño de Reparación⁷ de obras recientes (pasos a desnivel) en el área metropolitana, haciendo inspección, diagnóstico y recomendaciones. El esquema correspondiente es el siguiente:



Esquema1. 3 Modalidad de control 3.

En noviembre de 2001 y febrero de 2002, el Ministerio de Obras Públicas impulsó el proyecto, Implementación de un Sistema de Gestión de la Red Vial, incluía el Sistema de Administración de Puentes (SAP), siendo éste una versión mejorada del SIEP⁸, en donde se agregó una lista de estructuras deficientes o funcionalmente obsoletas. Esquemáticamente.



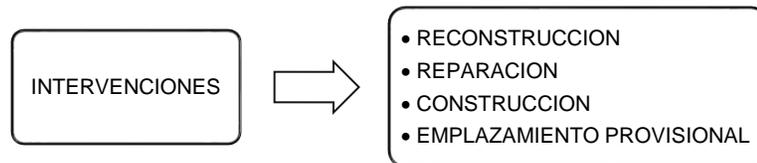
Esquema1. 4 Modalidad de control 4.

El Ministerio de Obras Públicas está realizando intervenciones de reconstrucción, reparación de puentes y obras de paso; emplazamiento de 29 puentes de acero, reparación y construcción de cuatro importantes puentes de concreto.

⁷ Fuente: entrevista a los ingenieros Carlos Cristóbal Escobar y José Antonio Gonzales. "Consultoría técnica S.A de C.V".

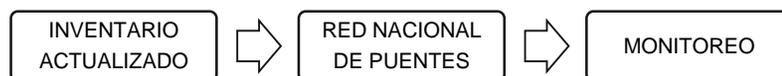
⁸ Idem 6.

Entre el mes de junio de 2010 y mayo de 2011, el MOP realizó la instalación de catorce (14) puentes modulares (Bailey) en estructuras de concreto permitiendo la conectividad vial. El esquema es el siguiente.



Esquema1. 5 Modalidad de control 5.

El Sistema de Administración de Puentes de El Salvador (SAPES), encargado del monitoreo permanente del estado de la red nacional de puentes, fue actualizado con el diseño de 116 puentes que necesitan de diversos tipos de intervenciones para su reparación. El esquema deducido es:



Esquema1. 6 Modalidad de control 6.

Las diferentes modalidades que se implementaron en el control del estado de los puentes en el país, han sido utilizados más para inventario y evaluación determinando causas y efectos que han dañado estas estructuras en el transcurso de los años con el fin de rehabilitar, mantener, proponer estructura provisionales o nuevas estructuras según la necesidad y priorización.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El mal estado de las carreteras y los puentes en El Salvador “persiste y crece”, las posibilidades de resolver este problema es muy poca a pesar de la cooperación externa. Hay falta de mantenimiento, desastres naturales que han impactado, y que han afectados por varias décadas, indicando que “es necesario desarrollar un plan de gestión de proyecto de puentes” que sea más efectivo, debido al descuido; por ejemplo, debido a cambios climáticos severos que afectan al país provocando daños y colapsos en estas estructuras, por la falta o poco mantenimiento.

De acuerdo con los antecedentes descritos, la gestión de puentes siempre ha existido en el país, pero un plan de gestión que contenga lineamientos involucrando todas las actividades que llevan a un buen control sobre los proyectos viales y puentistas del país para evitar los posibles problemas, por mal gestión en los proyectos, esto, según la experiencia. “La gestión moderna de los proyectos debe tomar en cuenta, los procesos y técnicas constructivas modernas y efectivas” que incluyan, por ejemplo, nuevas especificaciones y procedimientos menos engorrosos y ágiles.

El plan de gestión debe tener, en la ingeniería de proyecto, por ejemplo, los estudios geológicos y geotécnicos hechos no someramente, ni sobrediseñando las subestructuras. El estudio de suelo tiene gran importancia para determinar la capacidad de soportar la estructura. Así, la gestión de proyectos de puentes es

de suma importancia “para garantizar el buen control” en todos sus procesos de realización de los proyectos, análisis, diseño y supervisión.

La gestión de proyectos de puentes debe facilitar la prevención de posibles fallas, teniendo en cuenta la metodología y comunicación adecuadas con todas las partes involucradas, en los diseños, estudios geotécnicos, geológicos, hidráulicos, cimentaciones y procesos constructivos para tomar las mejores decisiones cuando se presenten posibles problemas.

El planteamiento de los proyectos ha de considerar enfáticamente el diagnóstico (ej. situación, condición, posibilidades); cuando no se tiene un diagnóstico confiable, consistente, donde se incluya todas las actividades involucradas en el proceso constructivo, en los diseños no se logra estimar bien los elementos estructurales constituyentes de las obras; así, el estudio geológico estima, en profundidades, la detección de capas estratigráficas del terreno, la calidad y tipos de materiales existentes, características geológicas y geotécnicas que tienen los suelos; y aconsejar desde los criterios de la ingeniería geológica y la ingeniería de fundaciones respectivamente y conjugándose, para el buen desempeño de la estructura, en el más largo plazo en funcionamiento.

La gestión de proyectos debe pre estimar el proyecto, para el cómo debe hacerse de manera prospectiva, prefactibilidad económica, posibilidad financiera, viabilidad que tienen los proyectos, cómo procederá la ingeniería de proyectos en cada uno de estos términos puntuales; bajo estas perspectivas están los

alcances de la gestión de proyectos. Si el proyecto tiene viabilidad, los procesos y técnicas constructivas tienen que incluir la ejecución y especificaciones atinadas del proyecto. Así, la propuesta del plan de gestión de proyectos de puentes, enfoca en sus alcances y propósitos, los factores que inciden en el desempeño de la estructura por ejemplo: deterioro, daño, colapso debido a una inadecuada gestión en la formulación y ejecución de la alternativa de solución propuesta. Todo esto, con el objetivo de llegar a una buena evaluación de la estructura y así lograr a posteriori interventivamente, buen mantenimiento rutinario, reparaciones o construcción de una nueva estructura. También, en este estudio, se indique cómo aplicar una escala de evaluación del estado actual de la estructura, identificando los factores relevantes como los indicados para futuras intervenciones de las estructuras.

Así, se logra detectar en el problema que: las metodologías que se han practicado “para el buen estado (condiciones y permanencia en buen estado), de las obras puentistas y viales hechas para buen desempeño en su funcionamiento”, para la actualidad, se vuelven insatisfactorias⁹, con respecto a que se disponen de técnicas y tecnologías innovadas y otras más actualizadas en procesos constructivos para mejor efectividad en desempeño y duración de las obras (o buena obra); y las obras en las últimas dos décadas y las últimas más recientes

⁹ Puede indicar incompletas o equívocas, no atinada a lo necesitado, inapropiadas o mal adaptadas al caso o los casos necesitados, etc.

cumplen mayor rigurosidad en la buena calidad, por ello, es necesario implementar procesos y requerimientos actuales.

1.4 OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

- Desarrollar una propuesta de plan de gestión de proyectos de puentes en El Salvador, con una metodología conteniendo las actualizaciones para la realización y conservación de puentes de buena calidad para el buen desempeño¹⁰.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Revisar la metodología para evaluación de los puentes, con énfasis en identificar los daños que se presentan en los puentes principalmente después de algún evento natural que los impacte severamente, por ejemplo, para su posterior reparación, mediante inspección de los puentes para la protección de sus componentes.
- Proponer un proceso de gestión de un proyecto de puentes, es decir, la planificación, la dirección y control del desarrollo, en cuanto a los realizadores involucrados para coordinar en conjunto las acciones, para la buena obra.

¹⁰ Apropriada a las necesidades del país y con lo requerido con el MOP y las normas y especificaciones nacionales e internacionales, y particularmente las centroamericanas o de la SIECA. etc.

- Proponer un plan de gestión modernizado para nuevas obras de puentes.
- Desarrollar un caso de aplicación del plan de gestión de proyectos que se haya propuesto.

1.5 ALCANCES.

- En la propuesta del plan de gestión, se hará los pasos de la gestión para proyectos de puentes, dando lineamientos a seguir para el oportuno mantenimiento, por el Ministerio de Obras Públicas, a fin de llegar a obtener bajos costos en la implementación de procesos de intervención de la estructura.

1.6 LIMITACIONES.

- Durante el desarrollo del Plan de Gestión de Proyectos de puentes, es común que el Ministerio de Obras Públicas no proporcione información necesitada; se trabajará con la información que se tenga disponible, existente recabada, en ese ministerio y otras fuentes; no se realizará: estudios preliminares, diseño estructural, ensayo de materiales, no se enfatizará en tecnologías, técnicas especializadas o muy particulares.

1.7 JUSTIFICACION.

En El Salvador no se tienen técnicas actualizadas de conservación de puentes ni de mantenimiento de todas las condiciones de servicio de los puentes en el mejor grado de desempeño, y la prolongación de la vida útil de éstas estructuras.

Se conocen técnicas, métodos y procesos de reparación de puentes, sin especificaciones propias del país; generalmente, la reparación de estas estructuras se hace en base al Manual de la SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana), y principalmente apoyados en las normas de la AASHTO.

La gestión de proyectos debe integrar, con entereza, estudios de viabilidad, agilidad y continuidad de realización de obras; un desarrollo normal del plan de gestión de proyecto de puentes, porque se sigue una programación controlada dentro de un periodo establecido en las normas obligatorias a cumplir; la programación controlada de todas sus etapas y previendo cuánto (valores en dinero, estimados) se va a estimar dentro del avance para pagar, ya que se debe provisionar esos periodos de cada etapa del proyecto. Al abandonar la gestión administrativa del proyecto, el resultado es que, cada vez se deba auditar para el cumplimiento de los avances de los proyectos; contrario a ello, se aplican las normativas contractuales hasta normalizar la gestión del proyecto; la gestión del proyecto va desde la etapa de pregestión hasta la etapa de pos entrega, es decir, todo el proceso. Involucrando todas las etapas y procesos que implica una buena gestión de proyectos, con atención a cada uno de ellos.

Las fallas estructurales de la superestructura, casi siempre inician por su cimentación, mala calidad en construcción, mala calidad de materiales usados. Las especificaciones de diseño son bastante rigurosas y los diseñadores hacen

prácticas conservadoras en los diseños, las sobrecargas eventuales se vuelven muy repetidas, llevando a los materiales hasta las deformaciones permanentes, a la fatiga; la inestabilidad y al colapso.

El colapso más frecuente de los puentes se produce por socavamiento hidráulico de la subestructura (las pilas y los estribos). Determinar el máximo caudal, la máxima velocidad de la corriente, los niveles de aguas máximas extraordinarias y el tirante de holgura que se producen en el sitio donde se construye el puente, y la frecuencia con que estos fenómenos se presentan, es importante el qué debe considerar bien un diseñador de puentes.

En desastres naturales impactando las obras (puentes) estos datos de diseño fueron excedidos. Aunque se tenga experiencia en plantear los proyectos, la tecnología tiene nuevas propuestas disponibles y la rigurosidad más exigente, ya que las normas técnicas y especificaciones son más estrictas, en vista de la tecnología que contiene parámetros nuevos; algunos se han retomado, otros afinados y otros van reapareciendo, o hay nuevas a tomar en cuenta.

Una de las razones de la gestión de proyectos de puentes es hacer una pre estimación del proyecto en cómo debe hacerse de manera prospectiva, por ejemplo, en términos de ingeniería de costos, prefactibilidad económica, posibilidad financiera o viabilidad técnica económica y eficiencia.

1.8 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION A UTILIZAR.

La metodología del Trabajo de graduación será documental y visitas de campo.

- Investigación documental: consistirá en obtener información bibliográfica, documentos proporcionados por el MOP.
- Investigación de campo: se hará con el fin de obtener la información sobre el estado actual de algunos puentes del país, para constatar los posibles problemas que los afectan, se utilizarán registros en libretas de apuntes, escaneos, grabadoras, cámara fotográficas para facilitar la obtención de información. Se realizará el correspondiente análisis, y los resultados se presentaran en un informe.

CAPITULO II

CONCEPTOS DE LA GESTION DE PROYECTOS
PARA UNA PROPUESTA DE PLAN DE GESTION
DE PROYECTOS DE PUENTE.

CAPITULO II

CONCEPTOS DE LA GESTION DE PROYECTOS PARA UNA PROPUESTA DE PLAN DE GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES.

2.1. INTRODUCCION.

La gestión de proyectos está vinculada, históricamente, con proyectos de ingeniería y construcción de obras civiles; por ejemplo, en Mesopotamia, con proyectos de ingeniería hidráulica (determinada logística) equipos de trabajo, de varios tipos de categorías profesionales. La cultura ingenieril que desarrolló el Imperio Romano, contenía el control de costes y tiempos; y aplicaron soluciones normalizadas, por ejemplo, en construcción de calzadas en “campañas militares”, poniendo en práctica elementos de gestión tales como gestión de recursos humanos, identificación de objetivos, logística, identificación de riesgos, financiación, etc.

Después de la Segunda Guerra Mundial, años 1950's en adelante, desde perspectiva profesional, el desarrollo de estas técnicas transformaron la gestión de proyectos en un área con más cobertura temática vial y puentista, ésta, en la dirección general de caminos (DGC), en el ministerio de obras públicas (MOP).

Todo proyecto debe ser dirigido eficazmente en su proceso de ejecución de las diferentes fases, con funciones técnicas administrativas importantes, planificar, organizar, coordinar, ejecutar y controlar.

Para alcanzar los objetivos en un proyecto, es necesaria la buena dirección, teniendo en cuenta coste, plazo y calidad, así:

- Lo técnico, requiere conocimientos especializados en cada una de las actividades a realizar y sus áreas de trabajo, satisfaciendo, por ejemplo, buena obra.
- Lo humano, ya que un proyecto es una estructura compleja de relaciones personales, cuyo interés común, es el proyecto.

Pero existen diferencias inevitables; por ejemplo, entre el jefe del proyecto y el cliente o los distribuidores; desacuerdo al momento de otorgar los recursos disponibles.

- La gestión, organiza y administra los recursos; es decir, facilita por ejemplo, actuar apropiadamente en el tiempo con presupuesto disponible. Gestionar bien o mal un proyecto determina el buen éxito o no del proyecto.

2.2 LA GESTION DE PROYECTOS.

La gestión de puentes requiere la aplicación de una metodología propia, atinada, para optimizar la estrategia en la formulación, reparación y mantenimiento de estas obras de paso, que preste las condiciones de servicio; permitiendo seleccionar la alternativa de mínimos costos y máxima eficacia para buena seguridad y servicio a partir de presupuesto disponible y jerarquizando las actividades a realizar en el momento que se disponga la ejecución, basándose

en la metodología de gestión de proyectos, esta es formulación, planificación, seguimiento, ejecución y control para la gestión eficiente de los recursos. Así, la gestión de puentes es la actividad con aplicación de métodos y técnicas para el logro del proyecto; integra sentido común y rigor profesional, encaminadas a planificar, definir, mejorar, impulsar y controlar, las distintas operaciones del proyecto¹¹. En ningún caso puede considerarse infalible; sin embargo, todo el conjunto de actividades de dirección se estructurarán y adaptarán en “actividades continuas¹²”, indispensables para el éxito de la gestión de proyectos¹³. Para ello es fundamental, por ejemplo:

1. La planificación y el control: para prever el futuro del proyecto, adoptando las decisiones necesarias, de acuerdo con la planificación propia de este.
2. La gestión del recurso humano: es una de las fases más importantes y condicionantes en la gestión de los proyectos y su logro exitoso.
3. La dirección propia del proyecto: el director, estará acorde con el tipo de proyecto porque conoce bien de la naturaleza disciplinar de lo que se trata en las obras a realizar, con un dominio de conocimientos y experiencia en este arte, con responsabilidades como:

¹¹ Universidad de Castilla – La Mancha- UCLM.2013.Manual de clases de teoría de proyectos en la ingeniería. Pág.3.

¹² Es toda organización, estructuración para el funcionamiento de las actividades obteniendo una estructura organizativa. El fin que se persigue es implementar estrategias de organización logrando que el trabajo fluya con eficacia y naturalidad.

¹³ Idem 11.

3.1 Factibilidad y viabilidad del proyecto: mediante el análisis de las alternativas y elegir la mejor opción que satisfaga los requerimientos del proyecto a desarrollar en plazo y costos de ejecución establecidos.

3.2 Programación y administración de tareas y personas, relacionadas con la ejecución del proyecto: definiendo los recursos a emplear en cada una de las actividades, cumpliendo con la programación en el desarrollo de las mismas, para alcanzar el plazo acordado.

3.3 Inicio al proyecto: verificando las condiciones requeridas en la ejecución de las distintas actividades que conforman el proyecto para garantizar el buen inicio y desarrollo de cada una de ellas y de la totalidad contenidas en el proyecto específico.

2.2.1 EL PROPIETARIO DEL PROYECTO.

Las expectativas “del propietario” será una meta a satisfacer a éste con respecto a la obtención satisfactoria del proyecto.

Un proyecto que no satisfaga “al propietario”, no cumplirá sus objetivos; aunque técnicamente cumpla con especificaciones, realizado a tiempo y con el presupuesto establecido.

Con la buena práctica de la gestión, se logra el mayor grado de éxito de los proyectos; por ejemplo, en el diseño y construcción de un puente o sostener una presa funcionando satisfactoriamente no deberá causar impactos negativos, ni riesgos a los usuarios en el más largo plazo de duración de cada obra.

Algunas actividades comunes para la ejecución de los proyectos de construcciones civiles son:

- División del proyecto en actividades de manejo sencillo, principalmente, en los procesos constructivos: controlando y ejecutando, técnica y administrativamente apeados al plan de gestión, garantizando la buena calidad de las obras en plazos de tiempo y presupuesto asignado.
- Planificación de actividades: en la ejecución, es necesario llevar un orden jerárquico de actividades a realizar y controlarlas con los plazos de tiempo y costos establecidos en la programación y el plan aprobado y autorizado para ello.
- Comunicación entre los integrantes del equipo ejecutor del proyecto: para obtener información del estado y avance real del proyecto cuando se produzcan problemas o se detecten estos en el avance, para tomar las acciones necesarias a implementar para que estos no afecten al proyecto en su totalidad.
- Seguimiento y control de actividades conforme se avanza en el proyecto: este deberá ser constante para cada una de las actividades, para verificar su desarrollo con normalidad (cumpliendo el calendario de programación de las actividades, para evitar retrasos en el avance del proyecto) y en caso de observar problemas o contratiempos tomar las acciones correctoras correspondientes, pertinentemente.

2.3 CONSIDERACIONES PARA LA GESTION DE PROYECTOS.

El avance en resultados alcanzados, en los proyectos, se debe al empleo “sistemático, continuo y fiel” de la metodología que se aplica en la gestión de conjunto completo y congruente. Es decir:

- Comunicación: interpretación y transmisión eficaz, en términos sencillos y prácticos para la aplicación de técnicas específicas viables en la ejecución del proyecto.
- Resultado apreciable y duradero en la calidad de gestión. Aplicar bien la metodología en conjunto, con interés especial en lo que representa la obra realizada, para garantizar el funcionamiento y durabilidad de la estructura¹⁴.

En la gestión de proyectos, se aplican técnicas conocidas. Así es necesario ajustar los sistemas de gestión a requerimientos específicos, de cada proyecto.

Por ejemplo, es esencial en la gestión de proyectos lo siguiente:

- Los objetivos del trabajo, claramente definidos.
- El rol “del propietario”¹⁵, en todo proyecto. Por ejemplo, que sea muy crítico congruente para cumplir sus satisfacciones que opinó inicialmente.

¹⁴ Con una gestión de puentes deficiente la calidad de la obra es afectada (fallas estructurales, socavamientos en fundaciones etc.). Dando paso al colapso, interrumpiendo la comunicación terrestre y pone en riesgo la vida de los usuarios de la red vial nacional y se generan pérdidas económicas.

¹⁵ El propietario en términos monetarios es la que pagará el proyecto como la construcción de la obra, y verifica se cumplan sus requerimiento del contrato firmado.

- El director del proyecto. Es el eje de la dirección, desarrollo y control, con su ejercicio profesional atinado; esto, es decisivo para el éxito o fracaso del proyecto.
- Organización y planificación de la gestión. Esto facilita la toma de decisiones, el seguimiento, el control y la implementación de acciones correctoras.
- Desarrollo constante del proyecto. Tomando las mejores decisiones sin retrasos, y sin omitir las técnicas que logran el grado de buena calidad de las decisiones.
- Creación de sistemas apropiados de control de calidad, costos y plazos; realizando constante seguimiento del desarrollo del trabajo, sin dudar en el empleo de acciones correctivas atinadas aconsejables, en la buena realización y consecución del proyecto al culminar este.

En la gestión del proyecto, se utiliza tiempo, costo y recursos humanos para:

- Planificación de actividades: debido al estudio de las alternativas óptimas en su ejecución, es necesario disponer del personal técnico administrativo idóneo y capacitado para realizar las actividades que conforman el proyecto.
- Control preventivo: poseer acciones correctivas a implementar en caso de factores que influyan en el desarrollo del proyecto.
- Seguimiento del desarrollo de las actividades: se realiza por personas asignadas que controlan las diferentes actividades desde que son iniciadas

hasta su finalización para garantizar el cumplimiento de estas en el periodo y dentro del presupuesto asignado.

Estos a su vez, son la única manera eficiente de prevenir costos innecesarios, errores inaceptables, retrasos injustificables e imprevistos.

La metodología de la gestión, sirve de apoyo para llegar a obtener los objetivos, alcances y metas deseados o que desde inicio se hayan propuesto alcanzar, en la visión y formulación del proyecto en caso.

El grado de precisión y el desarrollo de las metodologías a aplicar, serán adaptadas al grado de complejidad y magnitud de cada uno de los proyectos; por ejemplo, la ingeniería del diseño y su ejecución se basa en una buena formulación, planificación y mucha responsabilidad en la ejecución de este.

La proporción que se atribuye al costo de la gestión referente al costo total del proyecto, es moderada e inversamente proporcional a la magnitud del trabajo.

La participación del personal, es muy importante; debido a la actitud, capacidad y motivación necesarias en las actividades continuas, así como las oportunidades de crecimiento personal y profesional, con más experiencia, en las personas activas y proactivas o visionarias desde su propia expectativa.

Es importante, el buen manejo de los recursos humanos que se tengan en el proyecto en ejecución, lo cual, condiciona y determina el éxito del proyecto.

2.4. ENFOQUE DE SISTEMAS PARA LA GESTION DE PROYECTOS.

Según cada tipo de proyecto, direccionalmente, para su control, se crean metodologías y procesos estructurados con sentido común y prácticos para obtener las metas deseadas y sus objetivos satisfechos. Así, la finalidad de la dirección de proyectos es similar a cumplir un proceso de gestión administrativa¹⁶, basados en:

- Planificación.
- Organización.
- Coordinación.
- Toma de decisiones.
- Manejo del equipo humano.
- Control de los resultados.
- Supervisión.

2.5. PRINCIPIOS BASICOS DE GESTION DE PROYECTOS.

2.5.1 OBJETIVOS BIEN DEFINIDOS CLAROS Y PRECISOS.

Se evitan posibles conflictos en el control y decisiones más eficaces en la ejecución del proyecto; aún, cuando esto da lugar a complejidades.

¹⁶ Todos los teóricos clásicos de administración citan estas etapas o actividades de la administración de toda empresa o proyecto, o emprendimiento.

Por eso, es necesario un equipo gestor integrado así:

El Director de proyecto. Dirige y supervisa técnica y administrativamente el desarrollo del proyecto, es la persona encargada del logro de los objetivos.

El equipo del proyecto, es técnico principalmente y administrador, es multidisciplinar de la ingeniería u otras áreas. En todo proyecto, es necesario la aplicación de diferentes tecnologías con los especialistas integrantes, de acuerdo con capacidades laborales para responder con los requerimientos a cumplir, demandados por la complejidad del proyecto que se esté ejecutando. En donde habrá que aplicar por ejemplo, normativas como la SIECA, AASHTO, ACI, ASTM aplicadas en la formulación, diseño, ejecución y control de las obras.

2.5.2 DEDICACION SUFICIENTE EN LA GESTION DEL PROYECTO.

Es necesario ajustarse a las necesidades técnicas y objetivos del proyecto, mediante la dedicación en tiempo y empeño por el equipo del proyecto; es decir, disponer del equipo asignado al proyecto a completa dedicación. Es necesaria la dedicación a tiempo completo, o integral, para la atención requerida del proyecto.

2.5.3 APLICAR TECNICAS DE GESTION PERTINENTES.

La gestión del proyecto se auxilia de la planificación, organización y control, pertinentes a cada caso de proyecto y su naturaleza de gestión y naturaleza técnica particular de la ingeniería del diseño; por ejemplo, el caso de los puentes, incorporan criterios de diseño de puentes, elaborados a partir de los fenómenos que han afectado a la red de puentes en los últimos años, propuestos por el

ministerio de obras públicas (MOP), en los cuales, da lineamientos estructurales, hidráulicos e hidrológicos, obras de protección y un sistema de evaluación de daños, para mejorar la funcionalidad con la aplicación de estos lineamientos propuestos.

Para atender la construcción de puentes se requiere profesionales y técnicos con formación especializada de esta área, que permita ejecutar estas obras particulares, con las técnicas y tecnologías propias de ellos, así como sus procedimientos de construcción, basados en los requerimientos normativos aplicables, de la AASHTO,ASTM,SIECA.

2.6. GESTION DE PROYECTOS SIMPLES Y PROYECTOS COMPLEJOS.

Un proyecto simple puede ser:

- Un simple listado de tareas, sólo con fechas de inicio y final.
- Una esquematización de actividades con asignación de tiempo, costo y personal necesarios para su desarrollo normal.

En los proyectos complejos¹⁷, se divide el proyecto en actividades pequeñas, siendo estas, más controlables, con lo que se garantiza que cada una de estas divisiones cumpla sus objetivos establecidos y en conjunto alcancen el objetivo total del proyecto. Compete al director del proyecto en unión de asesores y

¹⁷ No por la magnitud de un proyecto en su número de actividades o volumen de obra es un proyecto complejo; se refiere a las características que se presenten en cada fase del proyecto ya que surgen distintas variables, estas pueden ser naturales, sociales, técnicas, de procesos en diferente grado de dificultad, en base a sus requerimientos que implican durante su ejecución y control.

directores funcionales, reconocer las actividades en que se pueden dividir el proyecto total, y determinando los sub-proyectos.

Un sub-proyecto, es un componente parcial del proyecto, de naturaleza propia o especializada que considera la ejecución de una porción importante del proyecto total, y que es gestionado como un proyecto individual de menor magnitud. Por ejemplo: las vigas prefabricadas, los barandales metálicos, etc.

La metodología de gestión, facilita el desarrollo y control del proyecto; asignando deberes parciales a técnicos especialistas en áreas determinadas, e implementación de otras formas, como subcontratación en las diferentes actividades del proyecto a través de distintas compañías especializadas.

Una vez realizada la identificación de actividades y de los sub-proyectos, se llega con más claridad a lo siguiente:

- Comprender los objetivos del proyecto.
- Conocer las interrelaciones entre las diferentes actividades del proyecto.
- Asignar responsabilidades.
- Otorgar recursos a sub-proyectos.
- Evaluar costos y plazos probables.
- Disminuir riesgos de ocurrencia de errores.
- Proporcionar información indispensable para continuidad de la gestión.

- Inspeccionar el avance (%) para garantizar que la obra se ejecute en el tiempo planificado, según programación de cada sub-proyecto.

2.7 LA PREPARACION Y PLANIFICACION DEL PROYECTO.

Cuando se tenga definida la decisión de ejecución del proyecto y dada la orden de comenzar (inicio del proyecto), esta se hará rápidamente disponiendo todos los recursos para cumplir con los plazos fijados. La buena gestión de los proyectos se apoya en los aspectos que en adelante se indican.

2.7.1 PREPARACION O EJECUCION DE UN PROYECTO.

Es posterior a la nominación del director o un coordinador del proyecto. Esta etapa podrá confundirse con la metodología de gestión o con las técnicas de planificación.

La “preparación” del proyecto, integra actividades¹⁸ como:

- Planificación (reconsiderando los objetivos a conseguir a fin de ser más explícitos).
- Descripción de actividades.
- Identificación e integración de los recursos necesitados y valoración o valuación de los mismos, representados en un presupuesto.
- Organización del Proyecto.

¹⁸ Universidad de Castilla – La Mancha- UCLM.2013.Manual de clases de teoría de proyectos en la ingeniería. Pág.16.

El director del proyecto o el coordinador, organizará el proyecto con forme a lo siguiente¹⁹:

2.7.1.1 LOS “OBJETIVOS” Y LA “DIRECCION APROPIADA DEL PROYECTO”.

Los objetivos del director del proyecto han quedado establecidos y determinados con claridad y precisión, en su triple objetivo “resultados, costos y plazos”, desde el inicio, con la decisión de la ejecución del proyecto.

En esta etapa de desarrollo del proyecto, es primordial la designación del director del proyecto, también, las instancias de resolución y control que se requiera para la buena intervención en la obra.

2.7.1.2 IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DE ACTIVIDADES.

Por ejemplo, entre las funciones del director de proyecto, está, identificar y describir las actividades necesarias que demande la complejidad del proyecto para alcanzar la meta propuesta. Estar bien relacionado con todas actividades de la ejecución del proyecto, sin omitir las que puedan ser fundamentales que garanticen su utilidad para el proyecto total. La ejecución de las actividades establecidas, son requerimientos indispensables para alcanzar el buen resultado final que el proyecto pretende lograr.

Toda actividad de naturaleza técnica, se realizará por un experto en esa área especializada, reuniendo la capacitación técnica requerida y con la experiencia necesaria. Debido al grado de dificultad que presentan los proyectos, el director

¹⁹ Idem 18.

recibirá asesoría y recomendaciones de los distintos expertos de la misma compañía o empleados en el exterior. Los cuáles serán profesionales con amplia experiencia y bien contextualizado en lo del proyecto en cuestión.

En proyectos de gran magnitud e importancia²⁰, será necesario constituir un segundo grado de jefatura, asignando encargados a cada sub-proyectos o actividades, dividiendo el proyecto en actividades de naturaleza propia, pero más controlables, tanto como el proyecto total. En este caso, se realizaría la división del proyecto, efectuando los diversos nombramientos de los encargados de segundo o tercer grado.

La lista de las actividades no basta, éstas deben ir acompañadas de una descripción técnica explícita que facilite entender su propia razón de ser y su contenido, resultado deseado y requisitos de ejecución.

2.7.1.3 LOS RECURSOS.

La ejecución de actividades que fueron identificadas, estas se acompañarán del detalle de todos los recursos a utilizar en cada actividad; cuidadosamente sin omisiones; actualizadas y revisadas. Aunque circunstancialmente tendrá lo siguiente²¹:

²⁰ El proyecto del “puente de Oro” sobre el río Lempa de unos 300m de largo sobre la carretera litoral San Vicente–Usulután se puede asociar a un caso de esta naturaleza.

²¹ Buena lógica en el diagrama.

- Los proyectos necesitan repetidamente la utilización de recursos muy diferentes; por ejemplo, herramientas, expertos en diferentes áreas, subcontratistas.
- Los recursos no se necesitan de manera estable en el tiempo, en cada actividad se requieren de diversos recursos en proporción y naturaleza; según las dificultades imprevistas que circunstancialmente tienen lugar en la ejecución del proyecto.
- Los recursos utilizados y su proporción definen esencialmente el costo del proyecto.
- La disponibilidad de recursos humanos, especialistas, financieros para realizar la ejecución del proyecto.

La determinación de qué recursos conviene emplear en cada etapa del proyecto es complicada y necesita un amplio conocimiento técnico en la materia, destreza y aptitudes gerenciales o de alta gerencia como se da en llamar a esta gestión.

En esta etapa de planificación se considera predecir, en cada actividad anterior, lo siguiente:

- El tipo de recurso a utilizar.
- En qué proporción se dispondrán en el transcurso de la ejecución.
- Durante qué tiempo se asignarán al proyecto.

La calidad de la estimación de los recursos depende directamente de las habilidades y capacidad del director de proyecto; también, la experiencia en ejecutar este tipo de proyectos.

2.7.1.4 LAS RELACIONES O PRECEDENCIAS.

Diagramáticamente la relación lógica del proceso de la ejecución del proyecto, todas sus actividades; están ajustadas de acuerdo con los requerimientos en el progreso de cada una de las actividades de la obra; vinculadas con las antecesoras, en el orden requerido, dando solución así de la mejor²² manera a las exigencias técnicas de cada actividad, alcanzando costos y plazos del proyecto efectivos; esto es, que hay una programación de las actividades y los recursos, los costos, plazos y recurso humano asignados.

Las precedencias pueden ser de tres tipos:

- Técnicas: actividades condicionantes que restringen el avance de las actividades siguientes; por ejemplo, las cimentaciones se harán primero que la estructura esquelética principal.
- De procedimiento: realizadas de acuerdo con la planificación establecida de acuerdo con los procesos constructivos y la lógica del sistema constructivos a aplicar lo cual, es controlado por la gerencia; por ejemplo, al aplicar un plan de control de calidad, antes que se proceda al diseño detallado del proyecto.

²² Buena lógica en el diagrama.

- Impuestas:
 - Por recursos (asuetos de trabajadores.)
 - Por administración (ejemplo análisis de impacto ambiental antes que la realización del proyecto.)
 - Por contexto (condiciones ambientales.)

En esta actividad se aplican técnicas de planificación y programación; por ejemplo CPM, PERT y Project.

2.7.1.5 PLAZOS Y LOS COSTOS.

El costo total de cualquier actividad surge de multiplicar el total de horas empleadas por el costo unitario de los recursos. El costo total del proyecto, será la sumatoria del costo de cada una de las actividades que constituyen el proyecto.

Los plazos a cumplir, una vez estimados los plazos de ejecución de cada actividad, en base a recursos a utilizar y determinado las conexiones lógicas entre actividades, la duración total del proyecto será la ruta que determina las actividades y relaciones definidas eficientemente, a través de un diagrama, por ejemplo del PERT el cual contiene la ruta crítica.

2.7.1.6 REVISION DE OBJETIVOS, PREPARACION Y PLANIFICACION DE LOS PROYECTOS.

Disponiendo de los objetivos planificados del proyecto en función de costos, plazos y resultado, la ejecución de un proyecto es a partir de la firma entre las

partes involucradas (el propietario, la constructora), y la autorización de la orden de inicio, obligando jurídicamente el logro de esos objetivos establecidos. En esta etapa de la gestión integral del proyecto, habrá excepciones²³ del proyecto en ejecución.

2.8 PLANIFICACION EN EL PROYECTO.

La "etapa de planificación" cada vez prevé el futuro en la gestión; por ejemplo, toma en cuenta para la solución de los problemas que se presenten durante la ejecución del proyecto, ya que esto es el "Planteamiento detallado de un conjunto de actividades, cuya realización permite la consecución de objetivos finales del proyecto"; así también se asignan los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades estos recursos son por ejemplo, materiales, mano de obra, equipo, herramientas etc. Este en su planificación tendrá dos momentos distintos:

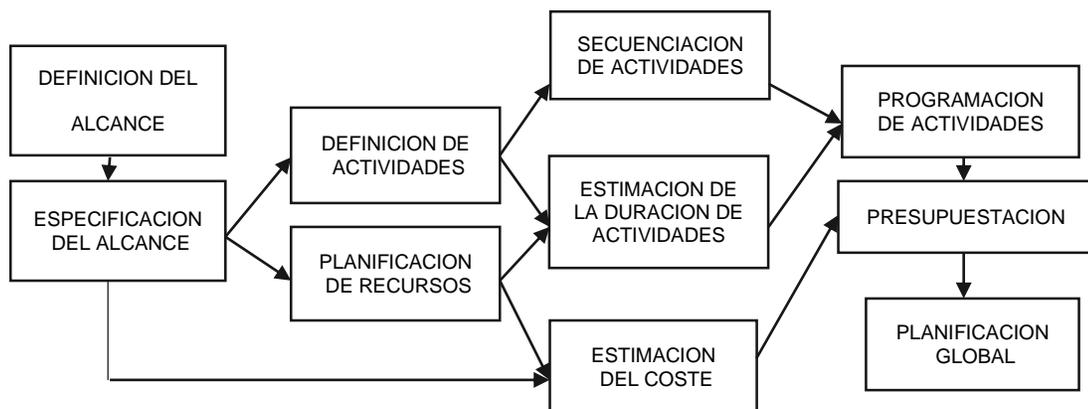
- Fase de "proyecto". La viabilidad del proyecto, y sus procesos a cumplir, planificación, organización, control, ejecución etc. En su planteamiento de formulación como proceso, hay que hacer los correspondientes estudios técnicos, por ejemplo, de mercado, financieros, de rentabilidad; una estimación de los recursos necesarios y los costes generados; lo cual se hará del conocimiento del propietario del proyecto (que puede ser la propia

²³ Se irán resolviendo de común acuerdo en base a lo establecido en los documentos contractuales, donde en cada caso habrá que revisar y constatar cada circunstancia e ir atendiendo la legalidad en donde se dirima la imposición de penalidades o descargo del caso señalado, por ejemplo un incumplimiento, ordenes de cambio, etc.

organización en el caso de proyectos internos) para decidir sobre la realización o no del proyecto.

- Fase “previa a la ejecución”. Decidida la ejecución del proyecto; es el momento de realizar una planificación detallada de cada actividad que lo constituye en periodos pertinentes.

Esos procesos básicos de planificación²⁴ se pueden resumir en el siguiente esquema 2.1.



Esquema 2. 1 Esquema resumen de los procesos básicos de la planificación.

2.8.1 IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACION.

Si los gerentes definen eficientemente la misión de su organización²⁵ estarán en mejores condiciones de dar dirección y orientación a sus actividades. Pero,

²⁴ Método de la ruta crítica y sus aplicaciones a la construcción (James M. Antill).

²⁵ Los procesos deben estar bien organizados en cuanto a su orden de jerarquía, en la ejecución cumpliendo con lo programado en el calendario de actividades.

“cuando hay un ambiente de constante cambios”, es decir, por las técnicas y metodologías que se van innovando, esto no es mejor para lo que conscientemente está previsto técnica y administrativamente; más que todo, en el avance del proyecto, ya que da lugar a muchas variabilidades en las actividades y rubros presupuestados de los cumplimientos.

2.8.2 ALGUNAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PLANIFICACION.

En un equipo de proyecto se incentiva, la participación y aporte de todos en las distintas etapas de este, desde la planificación, desarrollo y entrega final.

2.8.2.1 VENTAJAS DE LA PLANIFICACION DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS GERENTES.

Los gerentes han de estimular lo siguiente:

1. La buena direccionalidad, donde las actividades van encaminadas a alcanzar los objetivos del proyecto, haciendo que todos los involucrados en el proyecto conozcan los objetivos, y confianza previendo los problemas que puedan surgir durante el desarrollo de las actividades, preparando mecanismos de acciones eficaces contrarrestando los atrasos en la consecución del proyecto; reducir las incertidumbres.
2. Reducir la redundancia, con buena coordinación, de acuerdo al plan establecido y no caer en procesos cíclicos de cometer los mismos errores.
3. El control continuo, este se ejecuta para cerciorarse y garantizar que la planificación está dando los resultados buscados.

4. Visión del conjunto, comprensión general y entendimiento pleno de cada actividad.
5. Aumentar y equilibrar la buena utilización de las instalaciones.

2.8.2.2 DESVENTAJAS DE LA PLANIFICACION.

Algunas desventajas de la planificación son por ejemplo:

1. La planificación está limitada por la exactitud de la información y de los hechos futuros.
2. La planificación tiene barreras psicológicas. Las personas tienen más en cuenta el presente que el futuro.
3. La planificación podrá ahogar la iniciativa²⁶ obligando a los gerentes a una forma rígida de ejecutar su trabajo.
4. La planificación demora las acciones. Las emergencias y apariciones repentinas de situaciones inusuales demandan decisiones al momento.
5. Los planes no son rígidos para un entorno dinámico habrá que adaptar; se puede marcar un curso de acción del proyecto, pero no se puede estar sujeto a un plan inamovible.

²⁶ La sinergia en la gestión de proyectos requiere de iniciativas que lleven a cabo los cambios en futuros proyectos; de lo aprendido en la planificación de proyectos anteriores, con ciertas actividades deficientes. Aporta insumos para mejorar la gestión de la planificación de actividades y llenar los vacíos que se detectaron, lo que nos permite mejorar e innovar con las metodologías y procesos aplicados a nuevos proyectos de obra civil para mejorar costos, plazos y calidad.

La planificación de un proyecto ha de ser adecuada y entendible (sencilla y fácil comprensión) para el éxito. Se trata de una etapa que no es independiente y que por sí sola pretenda resolver en determinado momento el ciclo del proyecto, ya que según avance del proyecto será necesario el concurso de las demás actividades del proceso para, por ejemplo, modificar tareas, reasignar recursos, etc.

Toda "etapa de planificación", reúne la mayor parte de los esfuerzos para planificar todas las actividades que formarán el proyecto; cada vez que se intenta prever el futuro, se adoptan las acciones necesarias y pertinentes a la realidad del proyecto.

La planificación de los proyectos está regida por las cualidades de agilidad y dinamismo. La realidad no coincide exactamente con lo previsto, se hace necesario ir ajustando a lo que la actividad requiere. Según el progreso en el proyecto será necesario "modificar tareas", "reasignar recursos", etc. (re-planificar) para alcanzar los objetivos propuestos. Así que las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto, definiendo "prioridades", "duración" y el "orden de ejecución" de las mismas; así, paso a paso lo que se realizará en cada actividad programada.

La Planificación, es imprescindible para la dirección de la empresa y en particular para el director del proyecto. Para la dirección de proyectos no basta con planificar (establecer prioridades); asignar recursos o gestionar para su

realización, “programar”. Ya que el rendimiento de la nueva inversión que todo proyecto representa, está íntimamente ligado a su período de ejecución.

La dirección de proyectos con sus objetivos; resultados, costes y plazos, solo pueden tener éxito, si está basada en una planificación que se apegue a las condiciones reales y objetivos del proyecto.

La dirección de proyectos logrará los objetivos:

- Planificando: establecer prioridades.
- Programando: asignación de recursos.
- Controlando: logro de los objetivos.

Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto, definiendo “prioridades”, la “duración” y el “orden de ejecución” de las mismas.

2.9 ORGANIZACION, EJECUCION, SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.

2.9.1 ORGANIZACION DEL PROYECTO.

La organización de un proyecto constituye un esquema jerarquizado, sujeta a una serie de reglas y normas para ejecución y alcanzar con eficacia los objetivos, costos, plazos, calidad y seguridad. Para la consecución de los objetivos de forma coordinada, las actividades se agrupan en departamentos con una

asignación de funciones y responsabilidades, donde “cada persona sepa la función, y rol y actividad específica que debe cumplir”.

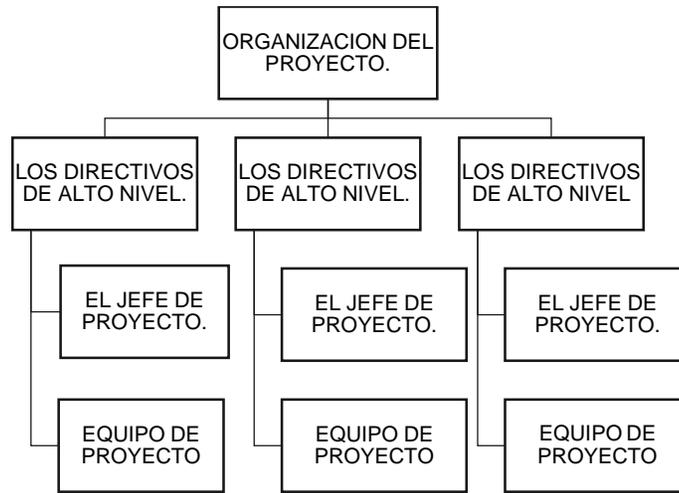
La organización interna para cada proyecto consta de niveles funcionales establecidos en un organigrama que establece órdenes y niveles jerárquicos con responsabilidades específicas (ver Esquema 2.2). Estableciendo interrelación entre las jerarquías, definidos a través de normas, directrices y reglamentos internos necesarios para alcanzar los objetivos. Cada empresa constructora tiene una forma propia de organizar sus obras, adaptándose a las particularidades de cada caso como en el de los puentes de cualquier tipo. Por lo que, hay diversos tipos de organización y obras.

La definición precisa del objetivo propuesto a alcanzar y la coordinación de las diferentes actividades. Esta etapa, es indispensable debido al grado de preparación y organización, así serán los resultados a obtener.

El propósito de establecer la organización del proyecto es asegurarse que todos los roles y responsabilidades han sido definidos y que todos los miembros del equipo sean identificados y comprometidos con el proyecto (ver Esquema 2.2). En particular, esta fase asegura la identificación del jefe²⁷ de proyecto y por tanto la especificación de su autoridad y responsabilidad²⁸.

²⁷ Las diferentes áreas que conforman el proyecto, cada nivel jerárquico tiene su jefe, no se deberá confundir con el encargado del proyecto (proyectista, gerente, ingeniero residente etc.), persona con autoridad y funciones superiores a los jefes de las actividades del proyecto (maestro de obra etc.)

²⁸ Universidad de Castilla – La Mancha- UCLM.2013.Manual de clases de teoría de proyectos en la ingeniería. Pág.26.



Esquema 2. 2 Organización de un proyecto.

2.9.1.1 LOS DIRECTIVOS “DE ALTO NIVEL” JERARQUICO.

Son responsables en el desarrollo del proyecto, autorizan proyectos, otorgan recursos, verifican los avances, solucionan problemas, etc. Toman las decisiones eficientes para la buena realización de los proyectos, asegurando durante su desarrollo que los resultados a alcanzar sean satisfactorios.

- Fijan la direccionalidad del proyecto y consiguen que las personas de su organización lo sigan: basándose en los objetivos y opiniones de personas de su organización.
- Seleccionan, forman y desarrollan personas capaces de llevar a la práctica esa visión y misión; los trabajos que se realizan en el proyecto, son ejecutados adecuadamente si se tiene el personal con capacidades, destreza y experiencia requeridas y necesitadas a partir del tipo de proyecto en particular; por ejemplo en un puente de postensión.

- Estas personas crean, dan forma e influyen en cómo se hace el trabajo para asegurarse que se realiza de la mejor calidad posible: los directivos de alto nivel son los responsables de los distintos procedimientos por los que la organización ejecuta las actividades.

2.9.1.2 EL JEFE DE PROYECTO.

El jefe del proyecto²⁹ estará encargado desde el comienzo oficial del mismo, debe poseer capacidad de liderazgo y comunicación; la habilidad de ganar el apoyo de los otros, lo cual dependerá “de su manera³⁰” de dirigir, aplicando:

- Sus propias experiencias exitosas y previendo riesgos;
- Autoridad, ya que el personal del proyecto percibe que el jefe de proyecto tiene capacidades de dirección y liderazgo.
- Asignación de actividades y todos los recursos y cada una de las actividades del proyecto.
- Que los miembros del equipo entiendan y practiquen la gestión de proyectos, dentro de sus responsabilidades asumidas.
- Los recursos hacia el desarrollo y la ejecución del plan de proyecto, y realizar los ajustes de tiempo y costes necesarios para el cumplimiento del plan del proyecto.

²⁹ Este cargo lo ejercerán, dependiendo de la magnitud del proyecto en una jerarquía vertical los siguientes, el proyectista, gerente, ingeniero residente.

³⁰ Es de cada profesional de su experiencia y especialidad, personalidad profesional, grado de responsabilidad que en la práctica asume y otros atributos y valores propios entre ellos la de buena ética y transparencia.

- Mantener actualizada la información referente al proyecto.
- Integrarse a resolver los conflictos de toda índole dentro de lo concerniente a la ejecución de los proyectos.

El puesto de jefe del proyecto se declara oficialmente por escrito, estipulando una descripción detallada de sus funciones, roles y responsabilidad y grado de autoridad. Será necesario indicar los términos del jefe y su autoridad; por ejemplo, para resolver conflictos entre el personal de trabajo, “lógicamente³¹” deberá consultar las instancias superiores.

El jefe de proyecto es responsable de la dirección general y de la coordinación del proyecto durante todas sus fases (actividades), alcanzando los resultados deseados dentro de un presupuesto establecido y en los plazos programados³² y de planificar, programar, negociar, comunicar, controlar, toma de decisiones, etc.

El jefe de proyecto requiere de conocimientos, capacidades metodológicas, habilidades sociales, etc. para dirigir el proyecto de manera eficiente.

2.9.1.3 EL EQUIPO DE PROYECTO.

El equipo del proyecto tiene delimitadas sus responsabilidades y funciones, y es un responsable directo.

Algunas de las responsabilidades del equipo de proyecto son:

³¹ La propia del sentido común de la persona razonable, la de la empresa, la del proceso, del proyecto establecido, etc.

³² Universidad de Castilla – La Mancha – UCLM.2013.Manual de clases de teoría de proyectos en la ingeniería. Pág. 22.

- Comprender el proceso de gestión de proyectos.
- Colaborar en la definición del plan de proyecto.
- Comprometerse en alcanzar el éxito del proyecto.
- Realizar eficientemente las tareas asignadas en cada una de las actividades del proyecto.
- Informar sobre el avance del proyecto y factores que puedan afectar el desarrollo de las diferentes actividades.

En cada proyecto, es necesario documentar toda la información correspondiente al equipo con el propósito de garantizar que las responsabilidades y roles fueron claramente establecidos. Todo proyecto de construcción civil, debe llevar registros en una bitácora en la que se documenten todo lo acontecido durante la ejecución del proyecto, sirviendo como respaldo y control y proyecto índice para futuros proyectos.

Algunos de los factores claves para definir la organización del proyecto son³³:

- Designar, por escrito, al jefe de proyecto.
- Definir, por escrito, los roles, la autoridad y las responsabilidades del jefe de proyectos.
- Identificar el equipo de proyecto especificando sus roles y responsabilidades.
- Crear y publicar el listado de los miembros del equipo de proyecto.

³³ Universidad de Castilla – La Mancha – UCLM.2013.Manual de clases de teoría de proyectos en la ingeniería. Pág. 30.

2.9.2 EJECUCION DEL PROYECTO.

La ejecución del proyecto se encarga de coordinar al personal y los recursos necesarios para desarrollar el plan de gestión previsto, incorporando y desarrollando las actividades conforme al plan establecido.

En esta fase de la dirección de proyectos, se necesitará el plan que fue elaborado en la planificación. Se incluirán peticiones de cambio (ordenes de cambio) si se presentan modificaciones pertinentes, por ejemplo:

- Correctivas: son medidas que toma el gerente del proyecto y su equipo para regresar la ejecución del proyecto a su normalidad prevista o la más próxima a lo establecido contractualmente acordado.
- Acciones preventivas: desarrolladas con la finalidad de eliminar y disminuir los riesgos determinados.

La función del director en esta fase es:

- Supervisar que la planificación se cumpla con el mayor grado de buena calidad y eficiencia en la realización de las obras.
- Coordinar al personal a cargo, proporcionando soluciones a problemas que surjan durante su ejecución.

Será necesario realizar los ajustes en la planificación, para incorporarlas a las condiciones reales presentadas en el proyecto.

La fase de ejecución³⁴ incluirá gestiones como:

³⁴ Project Management Institute (PMI), Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK).4^{ta}. Ed. Pág. 58.

- Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto. Se basa en la ejecución del trabajo descrito en el plan, satisfaciendo los objetivos del proyecto.
- Realizar aseguramiento de calidad. Analiza los requerimientos de calidad y resultados alcanzados mediante la aplicación de control de calidad, garantizando la utilización de los procesos operacionales y normas de calidad.
- Adquirir el equipo del proyecto. Ratifica los recursos humanos necesarios para la conformación del equipo de trabajo, completando las asignaciones del proyecto.
- Desarrollar el equipo del proyecto. Proporcionando las condiciones óptimas de trabajo, mejora la interacción y ambiente del equipo de trabajo, obteniendo un mejor desempeño en el proyecto.
- Dirigir el equipo del proyecto. Consiste en el seguimiento del desempeño del equipo de trabajo, brindar retroalimentación, solucionando problemas, gestionando cambios optimizando el desempeño del proyecto.
- Distribuir la información. Proporciona información actualizada a la orden de los interesados conforme al plan dispuesto del proyecto.
- Gestionar las expectativas de los interesados. La comunicación y el trabajo, se realiza en conjunto con las partes interesadas (el propietario y el constructor), satisfaciendo sus exigencias y afrontando los problemas conforme van surgiendo.

- Efectuar adquisiciones. Se obtienen respuestas de los diferentes proveedores de los recursos utilizados en el proyecto (materiales, equipo, etc.). Eligiendo la mejor oferta para adjudicarles el contrato.

2.9.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.

El seguimiento y control, es importante en la gestión. Requiere que el jefe, director del proyecto, sea capaz de resolver; por ejemplo, variaciones en costos y plazos normales trazados, riesgos, eficiencia, y comparar resultados esperados con los obtenidos en la ejecución de la obra.

El seguimiento y control de proyectos va determinado el avance y la finalización del proyecto. La información obtenida en esta fase permite al jefe de proyecto reordenar los esfuerzos si es necesario, mantener informados sobre el progreso del proyecto a los miembros del equipo y usar el conocimiento y la experiencia obtenida para mejorar aún más los resultados en proyectos futuros. La experiencia, derivada de muchos años en la dirección de proyectos y de una amplia gama de situaciones técnicas resueltas, sirve para mejorar rendimiento y desarrollo de proyectos futuros. Esta fase se fundamenta en supervisar, analizar y regular los procesos y el desempeño del proyecto; para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes en el desempeño del proyecto, se observa y se mide de manera sistemática y se

regula, a fin de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto³⁵.

El seguimiento constante³⁶, facilita conocimientos sobre el estado real del proyecto al personal de trabajo, determinando las áreas en las que se necesita mayor atención. En proyectos complejos, el seguimiento y control organiza las diferentes fases con el objetivo de implementar las acciones preventivas o correctivas para cumplir con el plan de la dirección del proyecto.

En proyectos de gran magnitud, se requiere un mayor control y seguimiento en la ejecución de las actividades; en caso de presentarse algún problema, este se resolverá previa consulta con el equipo gestor en base a los lineamientos establecidos en el plan.

Asignar una supervisión³⁷ constante en los diferentes procesos para garantizar así el cumplimiento de las especificaciones técnicas y constructivas, asegurando calidad, estabilidad y funcionalidad de la obra.

Si en el proyecto de construcción o mantenimiento del puente no se tiene el personal o equipo especializado, es necesaria la subcontratación de esos servicios especializados; por ejemplo, cuando se necesiten anclajes de taludes, todo ello se prevé en la planificación.

³⁵ Project Management Institute (PMI), Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK).4^{ta}. Ed.Pag.61.

³⁶ Parte del control.

³⁷ La supervisión estará a cargo de ambas partes (propietario y constructora), para garantizar el control y asegurar la calidad de la obra.

El proceso de seguimiento y control también incluye³⁸:

- Control de cambios y recomendar acciones preventivas para anticipar posibles problemas.
- Dar seguimiento a las actividades del proyecto, comparándolas con el plan para la dirección del proyecto y la línea base de desempeño en la ejecución del proyecto.
- Influir en los factores que podrían eludir el control integrado de cambios, de modo que únicamente se implementen cambios aprobados.
- Dar seguimiento y controlar el trabajo del proyecto. Consiste en revisar, analizar y regular el desarrollo con la finalidad de cumplir los objetivos de desempeño previamente definidos en el plan para la dirección del proyecto.
- Realizar control integrado de cambios. Verifica las solicitudes de cambio, las aprueba y gestiona los cambios a los entregables, documentos y al plan para la dirección del proyecto.
- Verificar el alcance. Formaliza la aprobación de los entregables del proyecto que fueron completados.
- Controlar el alcance. Proporciona el seguimiento del estado del alcance del proyecto, gestionando los cambios de la línea base del alcance.
- Controlar el cronograma. Da seguimiento a la situación del proyecto, actualizando su avance y gestiona los cambios a la línea base del cronograma.

³⁸ Idem 35.

- Controlar costos. Proporciona el seguimiento del proyecto, actualizando el presupuesto y gestiona los cambios en la línea base de costo.
- Realizar control de calidad. Da seguimiento, registrando los resultados obtenidos en la ejecución de actividades de control de calidad y determinando el desempeño para sugerir las modificaciones requeridas.
- Informar el desempeño. Reúne y distribuye la información del desempeño, incorporando informes de estado, avance y proyecciones.
- Dar seguimiento y controlar los riesgos. Se implementan planes de contingencia, y se hace el seguimiento a riesgos identificados y residuales, determinando nuevos riesgos y evaluando la efectividad contra los riesgos que surgidos en el proyecto.
- Administrar las adquisiciones. Gestiona las adquisiciones, controlando el desempeño del contrato, realizando cambios y las correcciones necesarias.

2.10 PROGRAMACION DEL PROYECTO.

La programación del proyecto es, importante; así mismo, los alcances, la evaluación económica; las actividades a realizar con su duración de ejecución en el orden establecido.

La duración de cada actividad del proyecto dependerá de factores como los siguientes:

- Complejidad de la implicación de cada actividad.
- Empeño requerido para la realización de la actividad.

- Personal experimentado y eficiente asignado para que se realice la actividad.
- Duración pertinente estimada, de acuerdo con la programación inicialmente estipulada.

El orden de ejecución de las diversas actividades, en un diagrama lógico de precedencia, tendrá en cuenta lo siguiente:

- Algunas actividades requieren, que hayan avanzado suficientemente o estén terminadas otras para que inicien las siguientes.
- En la ejecución de las actividades se da el caso que se necesiten recursos que son compartidos con otras actividades; a la vez en otros proyectos.
- Los costos requieren buena administración, buen control, para la ejecución de las demás actividades.

Técnicas de planificación: El Diagrama de Gantt.

En la programación de la ejecución de proyectos se aplica la gráfica de Gantt, en la relación entre tiempo y carga de trabajo (ver Fig. 2.1), es un diagrama bi-dimensional que representa las diferentes actividades del proyecto (eje vertical) versus los tiempos necesarios para realizar las mismas (eje horizontal)³⁹. Las actividades se muestran a través de una barra horizontal, el extremo izquierdo describe la fecha de comienzo de la actividad; la duración de la misma, está determinada por la longitud de la barra. A veces, sobre la barra de las

³⁹ Ajenjo, A. Domingo. Dirección y gestión de proyectos. 2ª Edición. Pág. 97.

actividades se coloca información de los recursos asignados a esa actividad. Esta gráfica también contiene:

- Plazos de ejecución y entrega del proyecto.
- Control de tiempos, inicio y final de cada actividad, de holgura, máximo y mínimo y de espera; por ejemplo, de personal y equipo.
- Equilibrar la carga de trabajo del personal.

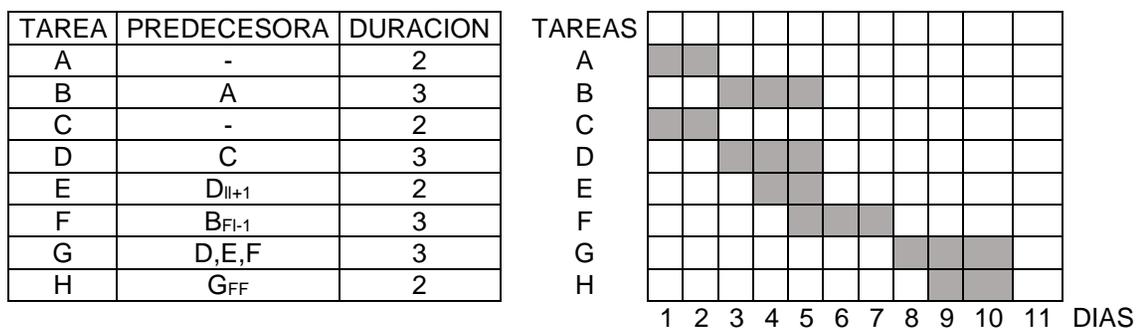


Fig.2 1 Precedencia y gráfico de barras (actividades).

Lo que no se logra con la gráfica de Gantt:

- El orden óptimo de las actividades (seleccionadas manualmente).
- No se puede establecer las relaciones entre actividades ni la dependencia que existe entre las actividades.
- Identificar cuál es la consecuencia debida al retraso en la terminación de las diversas actividades sobre los plazos de terminación del proyecto total.

La técnica del PERT.

El PERT introduce la incertidumbre de los tiempos mínimos y máximos estimados, previo estudio, probabilísticamente, para duración de las actividades y del proyecto⁴⁰, incluyendo los demás recursos, pero más que todo, los costos.

Objetivos característicos del PERT:

- Especificar actividades requeridas y en qué momento se desarrollan.
- Obtener el plazo de ejecución mínimo del proyecto.
- Reconocer actividades críticas determinando el camino crítico (formado por la cadena de actividades críticas en el proyecto).
- Determinar y cuantificar holguras en tiempo de las actividades no críticas, (en su inicio o terminación) sin atrasar al proyecto.

El PERT utiliza grafos que representan a las actividades que intervienen en el proyecto y las relaciones entre ellas (ver Fig. 2.2). Cada flecha en los grafos simboliza una actividad específica, mediante su nombre y duración. Cada nodo entre dos o más flechas representa un suceso o hito. En un grafo únicamente existe un suceso inicial y final. Todas las actividades que convergen en un suceso, preceden en el tiempo a las que parten de él⁴¹.

⁴⁰ James M. Antill. Método de la ruta crítica. Pág. 275.

⁴¹ Ajenjo. A. Domingo. Dirección y gestión de proyectos. 2ª Edición. Pág.100.

- Una vez hecho el grafo del proyecto, se sigue con el cálculo de la fecha mínima de comienzo de las distintas actividades; la fecha mínima de comienzo corresponde con la fecha mínima del suceso del que parte⁴².
- Se calcula la fecha máxima de comienzo de cada actividad del grafo. Esta es, la fecha máxima en la que podrán cumplir los sucesos del proyecto, sin considerar un atraso en la terminación del mismo, más allá del valor determinado por la fecha mínima de comienzo del suceso final.

Para realizar el cálculo de la fecha máxima de comienzo, se realiza en sentido inverso, es decir, de derecha a izquierda, desde el suceso final hacia el inicial. Si los cálculos son correctos, la fecha máxima de comienzo del suceso inicial coincidirá con la fecha mínima de comienzo del suceso y tendrá un valor de cero.

- Mediante el grafo calculado, se identifica el camino crítico. Este contiene las actividades que no toleran atrasos en su realización, sin que el proyecto en su totalidad, presente un atraso similar.
- Las actividades restantes, toleran un cierto atraso sin implicar un atraso del proyecto total. Este margen de tiempo que es añadido a la duración de una o varias actividades, sin contribuir en el atraso del proyecto es conocido como holgura. Las actividades críticas tienen holgura cero.

⁴² Idem 41.

TAREA	PREDECESORA	DURACION
A	-	2
B	A	3
C	-	2
D	C	3
E	D +1	2
F	B _{F1-1}	3
G	D,E,F	3
H	G _{FF}	2

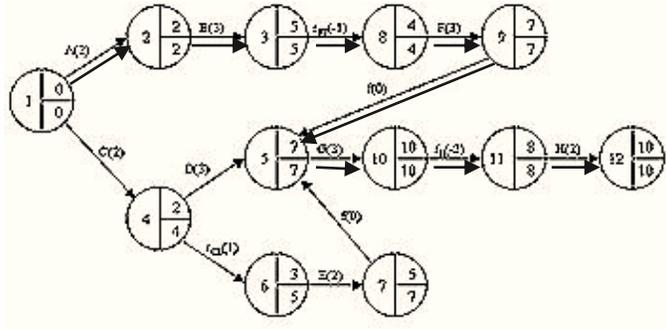


Fig.2 2 Diagrama PERT (actividades).

2.11 CIERRE DEL PROYECTO.

Los objetivos del cierre del proyecto⁴³ serían:

- Hacer balance de los recursos consumidos y los beneficios alcanzados.
- Evaluar desempeño de la empresa, identificando las desviaciones entre el resultado y las previsiones iniciales, y encontrando las razones que la generaron.
- Corregir para futuros proyectos, las actuaciones inadecuadas, que propiciaron las desviaciones anteriores.
- Consolidar, como parte del “saber hacer” de la empresa, los resultados técnicos del proyecto, incluyendo los conocimientos adquiridos, la tecnología

⁴³ Ajenjo. A. Domingo. Dirección y gestión de proyectos.2^{ed} .Pág.219.

utilizada, el manejo atinado de la documentación y el producto obtenido (elementos construidos).

- Identificar las nuevas oportunidades comerciales, como resultado de la ejecución del proyecto recién terminado, y organizar las actividades precisas para dar continuidad, mediante nuevos contratos, al proyecto anterior.

2.11.1 ACEPTACION.

Todo proyecto no puede darse por terminado sin el visto bueno del propietario el cual revisa y acepta el resultado del mismo, y que puede expresar su satisfacción del proyecto y del contrato. Con la firma del documento de aceptación, el propietario certifica que ha recibido a satisfacción los trabajos presentados, y que está conforme con ello.

En el caso, que el cliente no esté conforme con el resultado del proyecto, este debe presentar sus objeciones y motivo de disconformidad, para ser utilizadas para las actuaciones correctivas necesarias; o, dirimir las situaciones insatisfechas dentro del marco legal pertinente de los documentos contractuales, y con el concurso en las instancias correspondientes, en un marco de arbitraje armónico para la consecución de la conformidad plena del propietario y concordante con lo ejecutado del proyecto en cuestión.

2.11.2 INFORME DEL CIERRE DEL PROYECTO.

El informe del cierre del proyecto tiene como objetivo, documentar todas las actividades, para evaluar los resultados de los trabajos, y resumir todo lo sucedido en los resultados previstos durante la ejecución del proyecto y que quede claro el “como construido”.

Entre lo útil del informe de cierre del proyecto para la empresa constructora se tiene lo siguiente.

- Detectar errores sistemáticos en los presupuestos de los proyectos y ofertas.
- Analizar la tendencia histórica de los proyectos gestionados.

El cierre del proyecto se hace tomando como referencia las previsiones que, se realizaron durante la preparación de la oferta de gestión. Comparando los recursos invertidos con los previstos desde el inicio y considerando cambios admitidos durante la ejecución del proyecto.

La documentación de cierre⁴⁴, en general se compondrá de lo siguiente:

1. El balance de ingresos y gastos, sus momentos y tiempos cumplidos; resumen de resultados e informe económico contable general.
2. Informe de situación final: una descripción general, en lenguaje no técnico, y desde la adjudicación del mismo hasta su cierre contable.

⁴⁴ Esta dependerá del volumen y tipo de proyecto, detallada y voluminosa.

3. Lista de documentación generada: durante la gestión de la ejecución del proyecto durante el ciclo de un proyecto, es de trascendental valor; siendo fuente de conocimiento y experiencia última adquirida para futuros proyectos.

2.12 IMPACTOS Y PREVENCIÓN DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS.

La gestión del Director de Proyectos, es importante y podrá determinar impactos positivos y negativos.

- Saber gestionar el riesgo, evitar una gestión precaria donde se minimicen efectos desfavorables, en caso de presentarse.
- Alcances del proyecto: las etapas más tempranas de un proyecto son el momento de tomar decisiones importantes, que afectarán a su evolución, lo cual va de acuerdo con la experiencia que se tenga.
- Objetivos realistas: cuando se es demasiado optimista, o ambicioso. Las consecuencias son por ejemplo, excesos del presupuesto y problemas de calidad, de seguridad laboral o de motivación.
- Buena comunicación en el proyecto es cosa de todos, aunque el máximo responsable sea el director de proyecto, la falta de comunicación es, una de las principales causas de fracaso de proyectos y de la buena gestión.

2.13 ERRORES A EVITAR EN LA GESTION DE PROYECTOS.

- Objetivos alcanzables, ligados al propietario, porque en caso contrario, será difícil garantizar su satisfacción de la obra finalizada.
- Los proyectos son dinámicos, sujetos a modificaciones, porque los cambios forman parte de su ciclo de desarrollo. La buena comprensión de este aspecto conlleva a la buena gestión del proyecto.
- Previsión en la planificación, desarrollar metodologías apropiadas y adecuadas para la gestión y desarrollo de los proyectos, que determinen la forma de ejecución de la obra, los roles y responsabilidades, sin olvidar, los sistemas de seguimiento y control.
- Evaluación del proyecto, periódicamente. Dar seguimiento continuo ayuda a ir regulando la evolución del proyecto, dando lugar a conocer las fases realizadas.

CAPITULO III

ESTUDIOS PRELIMINARES Y PARAMETROS DEL DISEÑO DE LA INGENIERIA DEL PROYECTO PARA LA GESTION DE PUENTES.

CAPITULO III

ESTUDIOS PRELIMINARES Y PARAMETROS DEL DISEÑO DE LA INGENIERIA DEL PROYECTO PARA LA GESTION DE PUENTES.

3.0 ESTUDIOS PRELIMINARES EN LA GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES.

La construcción de puentes, genera por ejemplo, efectos sociales, ambientales, económicos y políticos; los beneficios e impactos son más representativos de estos. Así mismo, se evalúa los beneficios para la comunidad⁴⁵; estos como impactos positivos.

Para el diseño de un puente, es necesario realizar inicialmente, los estudios que proporcionen toda la información necesaria para las mejores soluciones, en el anteproyecto.

Los estudios iniciales para el emplazamiento son:

- Topográficos: longitud del tramo, discontinuidad y eje de camino, posición relativa de ejes (ángulos), posición de estribos/pilas.
- Hidrológicos: intensidad de lluvia, caudales en punto de interés (NAME), crecidas y remanso en el punto.

El proyectista debe informarse de los problemas y todas las condiciones que caracterizan a la zona, antes de determinar el emplazamiento del puente, a través del estudio comparativo de diversas alternativas, eligiendo la mejor propuesta. En primer lugar buscar los antecedentes relacionados con el emplazamiento, por

⁴⁵ SIECA .2010.Manual Centroamericano de Gestión del riesgo en puentes. Edición 2010. Pág.12.

ejemplo, fotos satelitales, mapas geológicos, antecedentes de obras construidas aguas arriba y aguas debajo del cruce proyectado, su longitud del claro y fundación empleada; y rutas de acceso al proyecto.

Los estudios a realizar y la información a obtener deben ser especificados por el equipo especialista que tiene la experiencia en la construcción de puentes.

3.1 ESTUDIOS A REALIZAR EN EL EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE.

Los puentes son obras complejas⁴⁶, cada caso; requieren del estudio de las condiciones del sitio, cuyo proyecto definitivo contiene por ejemplo, los estudios siguientes:

3.1.1 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.

El levantamiento topográfico para proyectos de puentes, el propósito es recolectar los suficientes datos de campo para la realización de planos, localización de puntos y detallar las principales características físicas del terreno de emplazamiento.

Los estudios topográficos⁴⁷ tienen como objetivos:

- Obtener los planos topográficos locales, focalizando los detalles del punto de emplazamiento.

⁴⁶ La tipología está condicionada por la topografía del sitio, la capacidad portante del suelo de fundación, la geometría del cruce, la longitud del claro a salvar, los materiales y procesos constructivos.

⁴⁷ Físicamente sirven de base para indicar el posible proyecto de puente, en la posición exacta requerida en las condiciones existentes, según los accidentes del terreno, expresado principalmente por las curvas de nivel.

- Propiciar los estudios de hidrología, hidráulica, geología, geotecnia, así como de ecología e impacto ambiental.
- Dar la ubicación exacta del lugar de emplazamiento de la estructura y las dimensiones disponibles de los elementos estructurales.
- Fijar los puntos de referencia necesarios para el replanteo durante la ejecución del proyecto.
- La ubicación del eje del camino mediante estacas y por lo menos dos mojones, uno por margen, convenientemente referenciados.
- Realizar un perfil transversal del cauce, en correspondencia al eje del camino.

El informe explícito que contiene los estudios topográficos realizados para la construcción de un puente, reporta el nombre del río o barranca, o corte del camino correspondiente, tramo del camino donde se ubica; origen del kilometraje; plano en planta, a escala 1:200, mostrando el eje del camino, curvas de nivel, dirección del cauce, construcciones cercanas y datos importantes; ángulo que forma el eje del camino con el eje de la corriente del cauce existente o corte de camino; elevación y descripción del banco de nivel más próximo; planos de localización correspondiente a un kilómetro a cada lado de la obra; elevación de la subrasante⁴⁸ que resulte más adecuada; importe de las indemnizaciones que tendrían que hacerse en el proceso de realización de las obras.

⁴⁸ En los caminos de tierra es el terreno natural, en cada extremo y se reportará el extremo a cada lado en donde están respectivamente los cortes o discontinuidades del camino. En vías

Los trabajos de levantamientos topográficos son:

- Levantamiento preliminar. Un levantamiento topográfico en el lugar donde se va a realizar la estructura, donde según la magnitud de la obra pudiera requerir sólo unas pocas secciones transversales en los extremos. Un puente de gran magnitud⁴⁹ puede requerir levantamiento aéreo, debe estar representada la carretera, precisamente; y, es necesario un levantamiento hidrográfico fluvial completo que incluye el estudio del área de escurrimiento en la respectiva cuenca.
- Levantamiento para el proyecto. Una vez ubicada la estructura, es imprescindible reunir los datos topográficos exactos para utilizar los detalles del proyecto; o sea, ubicación exacta de los estribos y pilas cuando sea de varias luces y considerando factores económicos en general. Los trabajos para este tipo de proyectos son exactos y cuidadosamente comprobados.
- Levantamiento para el emplazamiento. El levantamiento para trazo, control y posicionamiento definitivo del puente corresponde a, una de las partes más importantes del trabajo topográfico que se realiza más propiamente y con especial cuidado; por ejemplo, para un puente colgante, se hace la selección de este tipo de puentes con el levantamiento

pavimentadas es la rasante del pavimento de cualquier acabado y en su defecto la subrasante indicando espesor del pavimento en cada lado; al menos que no exista este.

⁴⁹ El puente Nuevo Edén de San Juan sobre la Longitudinal del Norte que atraviesa el río Lempa en el departamento de San Miguel, tiene una longitud aproximada de 330.00m, terminado de construir en el año 2012.

preliminar y las posiciones exactas de dos estribos y torres de anclaje. Estas torres han de estar colocadas exactamente, de manera que la superficie de paso, flexible, encaje cumpliendo con el sistema de cables, tablero y péndolas. Una forma es hacer una triangulación levantada y calculada con la mayor precisión, de tal manera que, con los datos obtenidos se puedan determinar las medidas exactas para el replanteo.

- Replanteo. En el emplazamiento señalar los puntos principales de referencia y apoyo o bancos de marca, son los de inicio del trazo y desde ellos se localizan exactamente los puntos para el inicio de los procesos constructivos. El trabajo a veces requiere de plataformas auxiliares y tratándose de estructuras para alimentarse bajo el agua se tiene que seguir lineamientos muy exactos de localización y control.
- Trabajos complementarios. Es necesario establecer de inmediato los sistemas de control horizontal y vertical; esto, auxiliándose con una poligonal o triangulación enlazada a la poligonal principal y una línea de nivelación, mediante nivelación recíproca, que asegure la exactitud del paso desde los laterales de una rivera a otra. Los respectivos puntos son, vértices o estaciones permanentes fijadas mediante señales de concreto.

La topografía abarca longitud mínima de 100 metros aguas arriba y aguas abajo, a partir de la línea longitudinal central del cauce o accidente que contendrá el puente. La longitud de las secciones del cauce, por ejemplo, dependerá del ancho

del río y en dependencia del período de retorno de las crecidas máximas (considerando un mínimo de 50 años).

Los puentes menores que 10.00 m de luz libre, la longitud de la topografía será de 50 metros aguas arriba y aguas abajo. La topografía deberá dibujarse en escala 1:100 y 1:250 con curvas de nivel a cada 50 centímetros. También, para complementar acerca de los accidentes geográficos, conviene el uso de fotografías en referencia y apoyo a evaluaciones pertinentes del área⁵⁰ más próxima adyacente al lugar del emplazamiento, en el tramo aguas arriba y aguas abajo del emplazamiento.

3.1.2 ESTUDIOS HIDROLOGICOS.

En la realización de un proyecto puentista, el estudio hidrológico es de importancia, en primera instancia. Un estudio de las cuencas que confluyen en el cauce del río de interés, se hace para conocer los caudales y las precipitaciones⁵¹ existentes en la zona, que inciden en el punto de interés donde se obtendrá el tirante máximo (NAME), para el diseño de la obra de paso.

El estudio hidrológico tiene por finalidad el control del cauce del río por su paso, en la zona del proyecto a ejecutar, para obtener como resultados, la incidencia de las crecidas que se dan en determinados periodos de retorno, en el cauce.

⁵⁰ SIECA. 2010. Manual Centroamericano de Gestión del Riesgo en Puentes. Edición 2010. Pág. 17.

⁵¹ Se considera los registros históricos de la pluviosidad en la cuenca, anualmente y los datos hidrométricos históricos mediante registros del río donde está el punto de emplazamiento del puente o punto de interés.

Estimar lámina de agua y nivel alcanzado (huella) y la precipitación máxima (mm), para los diferentes sucesos extremos correspondientes. Para el resguardo (0 a 2m) entre la parte inferior del puente y el nivel máximo extraordinario del agua⁵², de las crecidas máximas extraordinarias. La huella del nivel del agua alcanzado históricamente, es importante que se tenga este dato.

Drenaje superficial, se deja bombeo transversal de calzada 2% y desagües mediante sumideros laterales con PVC, de diámetro $\phi = 4''$ ó $\phi = 6''$ que evacuen el agua directamente al cauce del río o quebrada.

El estudio hidrológico de la cuenca donde se emplazará el puente, considera ubicación general, ubicación local, delimitación de la cuenca de estudio; las vías de comunicación; actividad comercial de la zona; control del relieve a través de elevaciones en el área de estudio (cuenca); el tipo de clima y vegetación predominante, uso del suelo y geología del lugar.

El estudio hidrológico, permite conocer la cantidad de precipitación, caudal, que fluyen superficialmente en un área de recogimiento determinada o cuenca, para determinar parámetros físicos de la región como: área, perímetro, pendientes, elevaciones. etc. En El Salvador, las crecidas máximas ocurren entre mayo y octubre o noviembre, que corresponde a la estación lluviosa, y que en las últimas décadas se ha intensificado, provocadas por el cambio climático global. Para

⁵² Esta se considera con una separación mínima de 1.00 m a 1.50 m, según lineamientos propuestos por el Ministerio de Obras Públicas MOP.

prevenir inundaciones con las aguas de remanso de una obra de paso, es necesario conocer el caudal y el nivel de aguas máximas extraordinarias en la sección natural del río, y en la sección del cauce con el puente donde se interceptan los ríos o quebradas con los alineamientos de los caminos. Dentro del estudio hidrológico que se realiza para puentes, se establece para el punto de control, es el sitio de interés de todo el estudio, donde se cruza un camino con el cauce. En este punto, el camino se encuentra discontinuo, el agua del río obstaculiza el paso de vehículos y personas; por este punto pasa el agua que es recogida y drenada por toda la cuenca, permitiendo determinar los caudales de agua por medio del estudio hidrológico y llegar a establecer la altura que alcanza en los taludes. Posteriormente se estima la longitud y altura del puente en el punto de emplazamiento.

3.1.3 ESTUDIOS HIDRAULICOS.

De la hidráulica del cauce del río en el emplazamiento se necesita conocer la lámina de agua en las diferentes secciones de estudio para cada periodo de retorno que se evalúen los eventos extremos. Con ella se determina el nivel de aguas máximas extraordinarias en el punto de interés y el área hidráulica más eficiente, con el fin de proyectar o pre dimensionar la posición del fondo del tablero. El estudio hidráulico determina la sección hidráulica crítica, la que es capaz de dar paso, sin desbordar, al caudal de la cuenca; en la cual, se utilizan parámetros de diseño que comparan un factor geométrico calculado a partir de

sus dimensiones, con el factor hidráulico calculado en base al caudal de la cuenca, la rugosidad del cauce y la pendiente del río.

Algunos datos⁵³ hidrológicos e hidráulicos de mayor importancia pueden resumirse así:

1. Base topográfica, es el plano topográfico, a escala 1:200, para marcar una sección en el cruce y dos secciones auxiliares aguas arriba y aguas abajo; delimitando el nivel de aguas mínimas, nivel de aguas máximas ordinarias y nivel de aguas máximas extraordinarias; la pendiente del fondo del cauce o de la superficie del agua en una extensión de 200 m a cada lado del eje del puente.
2. Datos sobre puentes construidos aguas abajo y aguas arriba próximos al cruce, tales como su longitud mínima de tramo, altura de la subrasante sobre el fondo, área hidráulica, si es o no suficiente, separación entre pilas y estribos, y pendiente longitudinal del cauce en el cruce.
3. Estabilidad de la posición y anchura del cauce y estabilidad de su sección transversal en un tramo largo del río donde se encuentra el punto de emplazamiento del puente, establecer si el río cambia de curso o tiene tendencias a cambiar su dirección, lo cual es común en la dinámica de los ríos.
4. Delimitar el claro mínimo de los tramos y espacio libre vertical para el paso de los cuerpos flotantes durante las mayores crecidas que determinan los niveles de

⁵³ Aquino Vásquez, Denis. Septiembre 2004. "Manual de construcción de puentes de concreto". T.B.G. FIA. UES. San Salvador. El Salvador.

aguas máximas extraordinarias (NAME) producidas en las épocas invernales, cuando hay temporales, huracanes, tormentas tropicales o influencia de sistemas de huracanes dentro de la región centroamericana o norte y suramericana.

5. Frecuencia y duración de las crecientes máximas extraordinarias. Época del año en que se efectúan y dimensiones aproximadas de los materiales de arrastre.

6. Velocidad superficial, se realiza por medio de instrumentos mecánicos por ejemplo, el molinete, que proporciona la velocidad en el sentido del flujo.

7. Remanso producido por el emplazamiento del puente, este provoca inundaciones u otro impacto en flora y fauna de propiedades variada, origina empujes laterales excesivos o represado inaceptable debido a la mala estimación de la longitud del punto y como consecuencia de la disminución de la sección hidráulica del cauce en ese paso, lo cual es un error común que lo justifican por economía.

8. Grado de erosión en lecho y laterales estableciendo el grado de socavación⁵⁴ y azolvamiento (deposición acumulada) que tenga el río debido al flujo de agua en los diferentes caudales que transporta; similarmente, en la época invernal.

La erosión del fondo del río en el emplazamiento del puente es la causa hidráulica más frecuente de falla; cuando afecta a cimentaciones (pilas, estribos, aletones

⁵⁴ La socavación es la remoción de materiales del lecho y de los taludes del cauce, producido por la acción erosiva del flujo de agua.

y toda obra de protección de la estructura) por mal diseño o la falta de protección de las cimentaciones. La erosión es invisible porque todo ocurre bajo el agua y por eso se ignora el problema (daño) hasta que se manifiesta irreversiblemente como una falla. La erosión es la combinación de distintos procesos, unos de largo plazo y otros transitorios (eventos extremos): aunque la mayoría de fallas ocurren durante las crecidas y procesos a largo plazo que pueden llevar a la falla del puente, que entonces se presentaría inesperadamente.

La erosión en la sección del puente y sus inmediaciones, es debida a la fuerza de arrastre del agua y al estrechamiento causado por el puente con respecto a la anchura ocupada por la cauce antes de existir éste (puede llamarse erosión localizada o por estrechamiento⁵⁵). El diseño de la pila de un puente debe cumplir la capacidad hidráulica máxima de acuerdo a su magnitud. Por ejemplo, si hubiera falla por erosión local, la pila gira y vuelca con hundimiento.

9. Coeficiente de rugosidad⁵⁶ del cauce (η) debido al colchón del lecho compuesto principalmente por rocas gruesas, gravas, arenas, varios diámetros que lo componen los materiales del lecho.

10. Si hay que efectuar alguna canalización del cauce, donde se cimentará la pila o pilas intermedias, para hacer la cimentación.

⁵⁵ Un error frecuente que los diseñadores dejan es no respetar los límites naturales del cauce o barranco; y en este punto lo estrechan con los estribos, “engargantándolo” y entonces se causan grandes estragos (impactos) poniendo en riesgo la obra, haciendo vulnerable desde el inicio.

⁵⁶ Zavala Amaya, Efraín. 1976. Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning (n) del cauce del río metayate. Seminario de graduación en Ingeniería Civil. FIA-UES. San Salvador.

3.1.4 ESTUDIOS GEOLOGICOS.

En este estudio, se hace inspección y estudio de campo que incluya la zona de interés con el objetivo de reconocer las formaciones geológicas⁵⁷ del emplazamiento, los materiales de suelo y roca, estratos aflorados superficialmente y los del subsuelo, visibles en desmontes y excavaciones.

Este estudio tiene los siguientes objetivos:

- Describir los suelos en forma tacto-visual, conforme avanzan las ejecuciones de las perforaciones.
- Detectar posibles fallas u otras discontinuidades.
- Describir las características geológicas existentes en el sitio del puente.
- Descripción geomorfológica del sitio y áreas de influencia del proyecto.
- Describir los aspectos sedimentológicos observados en el lugar de emplazamiento y en la cuenca.
- Determinar el nivel freático al momento del estudio.
- Existencia de paleocauces.
- Describir las condiciones estratigráficas, estructurales y tectónicas del sitio seleccionado y área cercana.

⁵⁷ Para identificar la geología de la zona del emplazamiento, consultar el mapa geológico de El Salvador.

- Describir las fuentes potenciales para extraer materiales de construcción que puedan ser útiles al proyecto.

3.1.5 ESTUDIOS GEOTECNICOS.

Para cimentar los apoyos (estribos) y pilares de los puentes, y que la transmisión de la carga sea a través de la cimentación correcta (cimentación superficial o cimentación profunda con pilotes), según las condiciones del terreno, como suelos blandos en la orilla y en el interior de ríos, en el mar, embalses y otros lugares de condición dificultosa. Los estudios geotécnicos consideran aspectos morfológicos; por ejemplo, zona de planicie o zona con pendiente muy pronunciada; geomorfológicos, permiten conocer qué tipo de formación tiene la cuenca; por ejemplo, depósitos aluviales o erosivos, influencia hidrológica, principalmente agua subterránea en la cuenca, forma de la cuenca; tectónicos, el tipo de fallas geológicas que se encuentra en la zona de estudio; sismicidad de la zona donde se encuentra el proyecto; geológicos, geotécnicos, donde se obtiene información del tipo de suelo obteniendo sus propiedades mecánicas y físicas, así recomendar el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura, en relación al peso que va a soportar.

El estudio geotécnico, se verifican las condiciones del suelo por medio de sondeos geofísicos y perforación de pozos en los ejes de los probables emplazamientos de la infraestructura, el cual presentará los perfiles geológicos con identificación de capas, espesores, tipos de suelos, clasificación, tamaño

medio de sus partículas, dureza, profundidad de ubicación de la roca madre y todas sus características mecánicas. También, incorporará el material predominante del lecho del río, sus tamaños medios, la variabilidad del lecho del río, la cota más baja de este, sus tendencias de socavación.

Se hace un informe en el que recomienda la cota de fundación y tipo de fundación adecuada al tipo de estructura que se diseña. Para el estudio geotécnico se emplean pruebas mecánicas como la SPT, ensayos dinámicas (refracción sísmica), y manuales por medio de trincheras o pozos a cielo abierto.

3.1.6 ESTUDIOS DE SISMICIDAD.

El tipo de puente, su importancia, longitud, características estructurales, puede necesitar un estudio de sismicidad de la zona del sitio en donde se construirá la obra de paso, cuantificando los niveles de aceleración del suelo esperados, amplificaciones sísmicas por efectos locales, fallas existentes, y determinar la amenaza y vulnerabilidad sísmica de la zona.

Tiene como finalidad determinar los espectros de diseño que definen la componente horizontal y vertical del sismo, actuando al nivel de la cota de cimentación en los espesores de estratos que los contiene. El alcance de estos estudios depende de la zona sísmica⁵⁸ donde se ubique el puente, el tipo de puente, longitud y las características presentes del suelo donde se cimentará.

⁵⁸ Se determinara en la Norma técnica para diseño por sismo, Pág. 19, según la zona sísmica será, zona 1 con factor de 0.4 y zona 2 con un factor de 0.3.

3.1.7 ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL.

Estudio de impactos ambientales, los debidos al proyecto en el tramo de emplazamiento; estos contienen recomendaciones preventivas y correctoras, que minimicen el impacto al entorno que se modifica por la construcción del puente.

En el análisis ambiental del proyecto de construcción de un puente, en un determinado emplazamiento, se realizan las siguientes tareas:

- Describir las características fundamentales del medio físico afectado.
- Identificar y describir las repercusiones ambientales derivadas de la construcción y puesta en servicio del nuevo puente.
- Dar recomendaciones preventivas y correctoras con el objeto de evitar las alteraciones en el medio receptor e integrar la infraestructura en su entorno, para disminuir los efectos adversos conciliar los usos cotidianos del entorno, con su carácter paisajístico y ecológico.

En la fase de ejecución y durante la puesta en marcha de construcción del proyecto de puente, se producen impactos sobre los factores que componen el medio físico y socioeconómico. El grado de importancia de los mismos, depende por ejemplo, de la magnitud y efectividad de las acciones, para mitigar, estos impactos provocados, por ejemplo, con respecto a suelo, agua, fauna, vegetación, y paisaje; cuantificar el efecto (daño) que la estructura genere al medio y valorar los efectos previstos, y minimizar su incidencia en las

afectaciones esperadas con la implementación de obras efectivas apropiadas para mitigar el impacto ambiental generado.

3.1.8 ESTUDIOS FINANCIEROS - COMERCIALES.

Estos estudios contienen lo siguiente⁵⁹:

- Jornales medios para diferentes categorías de empleo.
- Precio unitario de los diversos materiales en el lugar de la obra.
- Ubicación de los diferentes bancos de materiales.
- Vías de comunicación más próximas.
- Estudio socio-económico de la región.

3.2 ANALISIS DE RIESGOS EN LA GESTION DE PROYECTOS PUENTISTAS.

3.2.1 EVALUACION DE EMPLAZAMIENTO.

Se evalúan amenazas y su interacción con la comunidad, determinando los aspectos que ocasionan daños o son de provecho en el desarrollo del puente, y de la comunidad. El puente debe ser diseñado de forma más apropiada, para evitar que se inicien acontecimientos que perjudiquen el proyecto y su ambiente.

El informe se documenta con fotos del sitio en el que se ejecutará la intersección de alineamiento; también, de puentes inmediatos.

3.2.2 ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

Se detallan posibles debilidades que se puedan generar a causa de la construcción del puente y uso por la comunidad; su resistencia frente a las

⁵⁹ Aquino, Denis y otros.2004.Manual de construcción de puentes de concreto.Pág.86.

amenazas causadas por la naturaleza y el mismo ser humano. Las soluciones a los problemas existentes incluirá vulnerabilidad del lugar, fenómenos antropogénicos y naturales; de igual manera, a los que estará expuesto la estructura y la comunidad.

3.2.3 BALANCE DE RIESGO PROMEDIO.

Se realiza un diagnóstico que resulte del análisis de evaluación del emplazamiento y de la vulnerabilidad de la estructura, con el propósito de disminuir los riesgos; esto, para la toma de decisiones. Determinando la viabilidad del proyecto en base también a vulnerabilidad y amenazas.

3.2.4 DEFINIR ALTERNATIVAS PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO.

Las posibles alternativas deberán ser factibles y apropiadas a las condiciones impuesta del emplazamiento (construcciones existentes), examinando y considerando el grado de incidencia en el resultado del problema, comprobando la factibilidad técnica y física de su aplicación.

3.2.5 SELECCION DE ALTERNATIVAS.

Se elige entre las opciones propuestas las que solucionen los problemas identificados, conteniendo acciones y obras de mitigación pertinentes y sus respectivos costos. Las mejores soluciones, deberán minimizar el riesgo frente a desastres.

3.2.6 EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA.

Se desarrollará un análisis económico y financiero que determine la relación beneficio-costos, para establecer si el proyecto es evaluativamente rentable o no; o cómo se puede justificar la inversión en curso previsorio.

En la etapa de planificación, se incluye la reducción de riesgos ante desastres, como fuente de costos y beneficios, ocurridos en diferentes lapsos de tiempo.

El análisis de riesgo de desastres, durante la fase de planificación, inicia con un diagnóstico para identificar las amenazas y vulnerabilidades a desastre a las cuales se exponga el proyecto y se concluye con la evaluación y consideraciones de las acciones posibles para mitigar y minimizarlas; optimizando la inversión; asegurando la sostenibilidad de la misma durante su vida útil⁶⁰. Estas pueden ser:

- Aplicando obras de infraestructura.
- Administrativas con mejor organización o coordinación de acciones para enfrentar los impactos.

Para la ejecución de las recomendaciones se requiere disponibilidad de recursos económicos en las etapas de inversión, operación y mantenimiento.

⁶⁰ SIECA .2010.Manual Centroamericano de Gestión del riesgo en puentes. Edición 2010. Pág.21.

3.3 PARAMETROS A UTILIZAR EN EL DISEÑO DE PUENTES.

3.3.1 CARGAS PARA EL DISEÑO EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES.

En la Parte A de la Sección 3 de las especificaciones de la AASHTO 2004, para el diseño de puentes, se establecen las disposiciones referentes a los distintos tipos de carga por Ej. (w) H15, H20, para camión de diseño, que se consideran en el diseño estructural de los puentes y estructuras afines.

3.3.1.1 CARGAS PERMANENTES.

Las cargas permanentes para el diseño de puentes y obras a fines son el peso propio de todos los componentes de la estructura, accesorios, aceras, barandas y barreras e instalaciones de servicio unidas a la misma, superficie de rodamiento, futuras sobre capas y ensanchamientos previstos.

En ausencia de información más precisa, para las cargas permanentes, se pueden utilizar las densidades especificadas, ver Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Densidades de materiales⁶¹.

Material		Densidad (kg/m ³)
Aleaciones de aluminio		2800
Superficies de rodamiento bituminosas		2250
Hierro fundido		7200
Escoria		960
Arena, limo o arcilla compactados		1925
Hormigón	Agregados de baja densidad	1775
	Agregados de baja densidad y arena	1925
	Densidad normal con $f'_c \leq 35$ MPa	2320
	Densidad normal con $35 < f'_c \leq 105$ MPa	$2240 + 2.29 f'_c$

⁶¹ Tomada de la AASHTO sección 3. 2004. Pág. 18.

Tabla 3. 1Densidades de materiales⁶².

Arena, limo o grava sueltos		1600
Arcilla blanda		1600
Grava, macadán o balasto compactado a rodillo		2250
Acero		7850
Sillería		2725
Madera	Dura	960
	Blanda	800
Agua	Dulce	1000
	Salada	1025
Elemento		Masa por unidad de longitud (Kg/mm)
Rieles para tránsito, durmientes y fijadores por vía		0,30

3.3.1.2 CARGAS VIVAS.

Los efectos que la carga viva genera en un puente, están condicionados a factores y parámetros; por ejemplo, dimensiones del vehículo, peso total y cargas por eje, configuración de ejes, posición de estas cargas, longitudinal y transversalmente, número de vehículos en el puente, velocidad de los mismos; características del puente según materiales, tipología estructural y dimensiones del puente.

En general, las cargas vivas de diseño son las establecidas por las Normativas de la AASHTO sección 3, artículo 3.6; y se prohíbe el uso de otros vehículos y cargas, porque cada norma establece los pesos y dimensiones en función del diseño, lo que permite usar factores de amplificación y reducción, así como sus combinaciones de carga.

⁶² Idem 61.

3.3.1.2.1 SOBRECARGAS GRAVITATORIAS.

El análisis de cargas gravitacionales es un procedimiento que permite conocer las cargas que se ejercen sobre los distintos elementos estructurales que integran la estructura (puente) de acuerdo a su funcionamiento. Es decir, las cargas vivas, cargas muertas y demás que en ella actúan durante la construcción y puesta en funcionamiento del puente. Estas cargas son la sobrecarga vehicular y la sobrecarga peatonal que actúan en el puente.

3.3.1.2.2 SOBRECARGA VEHICULAR DE DISEÑO.

Requisitos generales. La sobrecarga vehicular sobre las calzadas de puentes o estructuras incidentales, designada como HL-93, deberá consistir en una combinación, artículo 3.6.1.2 de la AASHTO:

- Camión de diseño o tándem de diseño, y
- Carga de carril de diseño.

Camión de Diseño. Los pesos y las separaciones entre los ejes y las ruedas del camión de diseño serán como se especifica en la Figura 3.1. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica como se especifica en el Artículo 3.6.2. A excepción de lo especificado en los Artículos 3.6.1.3.1 y 3.6.1.4.1, la separación entre los dos ejes de 145.000 N se deberá variar entre 4300 y 9000 mm para producir las sollicitaciones extremas. La distancia entre los dos ejes más pesados se toma como aquella que, estando entre los límites de 4.30m y 9.00m, resulta en los mayores efectos.

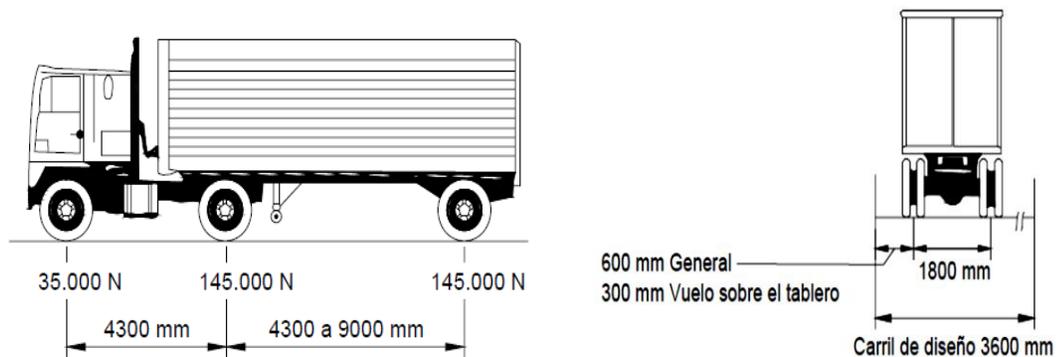


Fig. 3. 1 Características del camión de diseño.

Tándem de diseño, consistirá en un par de ejes de 110.000 N con separación de 1200 mm. La separación transversal de las ruedas se deberá tomar 1800 mm. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica según lo especificado en artículo 3.6.2 de la AASHTO.

Carga del carril de diseño, consistirá en una carga de 9.3 N/mm, uniformemente distribuida en dirección longitudinal. Transversalmente, la carga del carril de diseño se supondrá uniformemente distribuida en un ancho de 3000 mm. Las solicitaciones debidas a la carga del carril de diseño no estarán sujetas a un incremento por carga dinámica.

3.4 CALCULO DE CARGAS APLICADAS AL DISEÑO DE PUENTES.

En estas estructuras complejas, “dependiendo de las condiciones del emplazamiento, se diseñan para soportar las cargas⁶³ que transitan sobre el

⁶³ Si fueran las más desfavorables, los costos por requerimientos se vuelven mayores; si la imposición se mayoriza también aumentan los montos de inversión.

tablero”; por las exigencias solicitadas ante fuerzas sísmicas y fenómenos naturales. Por ello, toda estructura, se diseña para que puedan soportar las cargas cíclicas a las que será sometida durante toda su vida útil. Estas cargas y fuerzas solicitantes, son de diferentes tipos y orígenes, y pueden actuar solas o en forma combinada. Las principales cargas⁶⁴ que actúan en un puente son las siguientes:

- Carga Muerta.
- Carga Viva.
- Carga de Impacto o efecto dinámico de la carga viva.
- Cargas de Viento.
- Otras Cargas, cuando ellas existen:
- Fuerzas longitudinales de Frenado
- Fuerzas Sísmicas.
- Fuerzas centrífugas.
- Fuerzas térmicas.
- Empuje de suelos.
- Presión de agua.
- Cuales quiera otras cargas y sobrecargas a prever.

⁶⁴ Universidad Central de Chile. UCEN. 2002. Curso de diseño estructural de puentes. Pág. 22.

3.4.1 CARGA MUERTA.

Considera el peso propio de la estructura completa, que incluye el tablero, los pasillos (aceras), las barandas, la carpeta de rodadura, tuberías, conductos, cables, y otros servicios que se apoyen en la estructura de utilidad pública. La acción de la carga muerta se considera uniformemente distribuida en todo lo ancho del puente, con independencia de que la misma pueda estar ligeramente concentrada en partes del mismo, como aceras y barandas.

3.4.2 CARGA VIVA.

La constituyen el peso de todas las cargas que se encuentran en movimiento sobre el puente, siendo estas de tipo vehicular y peatonal.

3.4.2.1 CARGA MOVIL VEHICULAR.

Para simplificación de cálculo, se define un camión estándar, que represente la carga tipo vehicular empleada para el diseño. Se emplea para el diseño de puentes de carreteras la Norma AASHTO, que especifica la carga tipo, la cual está formada por un camión estándar que puede ser de dos formas; Sin remolque o tráiler (dos ejes), que la norma lo designa con la letra "H" o un camión semitráiler (de tres ejes) que la norma lo designa con las letras "HS". La separación entre los ejes del camión se ha considerado variable. Además, esta separación provee una carga más efectiva para vigas continuas, debido a que el eje más pesado del camión puede ser colocado sobre tramos adyacentes, produciendo un momento negativo máximo mayor. Para cada tipo de camión (H ó HS) la norma define dos clases de carga o peso, una de 15 y otra de 20 toneladas, siendo la primera un

25% más liviana que la otra. Por lo tanto, según su carga y forma se tienen cuatro tipos de camiones designados de la siguiente manera; H20-44, H15-44, HS15-44 y HS20-44, el número 44 que acompaña a los cuatro tipos de camiones hacen referencia al año (1944) en que fueron instituidas la adopción de estas cargas.

Adicionalmente, todas las normas también tienen la llamada carga de faja, que es una carga uniformemente repartida y combinada con una carga puntual (o dos en el caso de tramos continuos) la que genera en las estructuras las mismas solicitaciones generadas por los camiones tipo, y se consideran equivalentes al tren de cargas del camión especificado.

3.4.2.2 NUMERO DE CARRILES O VIAS DE TRANSITO.

El camión de diseño especificado en la norma de la AASHTO, ocupa un ancho de 3.05 m, colocado en una vía de tránsito de ancho de 3.66 m, este camión se debe posicionar en cada vía de tránsito a lo largo de la calzada, tantas veces como vías de tránsito (carril) se puedan colocar en la calzada. No deben ser usadas fracciones de vías de tránsito; en anchos de tablero que van desde los 6.10m a 8.00m, los que deben ser diseñados con dos vías de tránsito, cada una igual a la mitad del ancho del tablero. Cuando más de dos camiones pueden ser colocados en un ancho de puente determinado se deben aplicar los coeficientes de reducción por vía paralela, este coeficiente tiene en cuenta la menor probabilidad de que más de dos camiones tipo puedan realmente encontrarse en un solo instante sobre el puente. El coeficiente de reducción especificado por la

AASHTO es de 90 % para tres vías cargadas y 75 % para 4 ó más vías. Las vías de tránsito y las sobrecargas deben ser colocadas en número y posición sobre el tablero, de tal manera que provoquen las máximas acciones en los elementos que se están considerando.

3.4.2.3 COEFICIENTES DE DISTRIBUCION DE SOBRECARGA MOVIL.

En el diseño de un puente estructurándolo por vigas longitudinales y losa o por losas prefabricadas que pueden actuar de modo independiente, se hace necesario emplear un coeficiente que determine la fracción de carga más desfavorable que puede llegar a un determinado elemento, considerado como elemento de diseño. Al coeficiente que se aplica a la carga para diseñar el elemento específico es el coeficiente de distribución transversal. La carga vehicular sobre el tablero de los puentes se distribuye de acuerdo con la rigidez, geometría y posición de la viga en el tablero. Para un tablero simplemente apoyado de una luz con diferentes rigideces en las dos direcciones ortogonales, es posible, usando la teoría clásica de la distribución por losas y determinando la carga distribuida en cada miembro. Si la cantidad de carga tomada por el elemento más fuertemente cargado puede ser encontrada, entonces el momento flector de diseño puede ser calculado por el método de coeficiente de distribución que es el cálculo de la distribución de la carga viva, para una viga (o fracción de losa) particular tomada como una fracción de la carga total.

3.4.3 COEFICIENTE DINAMICO O DE IMPACTO DE LA CARGA VIVA.

El efecto dinámico que ejerce la carga viva puede ser realizado mediante un análisis estático (L, I), asumiendo un incremento (30%) de su acción normal que incluye todo lo referido a la acción del movimiento, vibraciones e impactos denominándose coeficiente de impacto (I). El coeficiente de impacto; no es considerado como un coeficiente de mayoración, por lo tanto, debe ser aplicado a todas la combinaciones de cargas normativas que lo requieran, salvo prohibición expresa de la misma. Se aplica a las cargas vivas en el diseño de los elementos de la superestructura y también a las pilas, no se aplica al diseño de estribos, fundaciones, estructuras de madera, ni carga peatonal. Se aplica al diseño de los elementos de concreto pretensado, aun cuando estos son diseñados por tensiones admisibles. La cantidad permisible en que se incrementan los esfuerzos máximos, para la evaluación del impacto, se expresa como una fracción de las cargas vivas que se determina por la siguiente expresión:

$$I = \frac{15.24}{L + 38.11} \leq 0.3$$

Donde:

I: Fracción de la carga viva por impacto con un máxima del 30%.

L: Longitud en (m) de la porción de la luz que es cargada para producir las máximas sollicitaciones (esfuerzos) en la estructura.

Para la determinación correcta del coeficiente de impacto, la longitud L considera lo siguiente:

- Para tableros o losas de calzada, la luz de diseño del puente.
- Para elementos transversales tales como vigas o viguetas, se utiliza la distancia entre sus centros de apoyo.
- Los momentos por la carga de camión en vigas, se usa la luz total del tramo, con excepción de los tramos en voladizo donde se debe usar su propia longitud.
- Para calcular esfuerzo de corte debido a las cargas de camión, emplear la longitud del tramo que va desde el punto considerado hasta la reacción más lejana. Para tramos en voladizo usar un 30 % de la luz.
- Para tramos continuos se debe usar la longitud de la zona de momento positivo más el promedio de longitud de zona de momento negativo de los dos tramos adyacentes.

3.4.4 CARGA MOVIL PEATONAL.

La sobrecarga peatonal Art. 3.6.1.6 AASHTO 2004, se deberá aplicar una carga peatonal de 367 kg/m^2 en las aceras desde 0.60m de ancho, y esta carga se considera simultáneamente con la sobrecarga vehicular de diseño.

3.4.5 CARGA DE VIENTO.

La carga de viento. En el país, en la gran mayoría de los casos no es considerada en los cálculos⁶⁵, esto es debido a que la estructura de un puente de concreto reforzado sencillo o presforzado es extremadamente rígida en el sentido transversal que coincide con el sentido de acción de esta carga.

Los posibles efectos del viento⁶⁶ sobre el puente son de dos tipos: sobre la estructura misma, y sobre el tráfico de vehículos que atraviesa el puente. Ante la presencia de huracanes o depresiones tropicales. En El Salvador, es común que se alcancen velocidades máximas absolutas del viento, entre 90 a 110 km/h; 90 km/h es recomendable en este caso, para estimar el diseño en edificios, el caso de los puentes, debe ser evaluado a fin de no robustecer y subir el costo de las estructuras. El criterio de diseño por viento debe evaluar la velocidad, o intensidad de las ráfagas más incidentes y su duración en segundos⁶⁷.

En el futuro es muy probable que la intensidad de los ciclones tropicales siga fortaleciéndose. Los modelos actuales de predicción sugieren que la velocidad del viento se incrementará en 1% al 8% y la frecuencia aumentará en un 6% a un 18%, por cada 1°C de aumento en la temperatura superficial del mar. En ausencia de otros datos, se recomienda tomar como velocidad del viento en el

⁶⁵ Para un puente colgante, es obligatorio incluirlas.

⁶⁶ Lineamientos básicos de adaptación al cambio climático en el diseño de puentes en El Salvador. MOP. 2014.

⁶⁷ Godínez G. Rogelio. 1979. Velocidades de viento para la región urbana y potencialmente urbana de San Salvador.

emplazamiento futuro del puente, aquella calculada a partir de un incremento del 20% en las velocidades del viento más fuerte registrada en los datos de viento históricos en la zona.

3.4.6 FUERZA DE FRENADO.

Como carga de frenado la AASTHO en el artículo 3.6.4 establece que una fuerza de una magnitud equivalente al 5 % de la carga móvil vehicular deberá considerarse como fuerza horizontal de frenado. Esta fuerza deberá considerarse colocada a 1.80 m sobre la rasante del puente, emplea la carga equivalente y su correspondiente carga concentrada para momento según se detalla a continuación:

$$F_r = 0.05(q * L + C_m)n$$

Donde:

Fr: Fuerza longitudinal debida al frenado.

q: Carga equivalente del vehículo especificado.

L: Longitud total del puente.

Cm: Carga concentrada para momento.

N: Número de fajas de tráfico.

3.4.7 FUERZA CENTRIFUGA.

Los puentes que se encuentran localizados en vías con trazado curvo se encuentran afectados por la acción de esta fuerza que se hace relevante, principalmente en aquellos puentes ubicados en los accesos de los pasos

superiores en los cuales el trazo curvo resulta bien cerrado. La mayor información sobre la acción de esta fuerza aparece en la sección 3.6.3 de la AASHTO 2004.

Cuando un puente está localizado en una curva, o es de planta en curva, se debe considerar una fuerza radial horizontal la fuerza centrífuga que puede provocar momentos torsores importantes en la superestructura y esfuerzos cortantes en los apoyos.

Esta fuerza es igual a un porcentaje de la carga viva sin impacto, aplicada en todas las fajas de tráfico, empleando la siguiente formula:

$$C = \frac{4}{3} \frac{v^2}{gR}$$

Donde:

C: fuerza centrífuga en porcentaje de la carga viva sin impacto

V: velocidad de diseño en m/s.

g= 9.807 m/s².

R: radio de curvatura en metros.

3.4.8 EFECTOS TERMICOS.

La acción de las variaciones de temperatura produce esfuerzos (σ_{t^0}), por temperatura, que deben ser considerados; estos efectos, son elevados en puentes de estructuras metálicas, pero también afectan a las estructuras de concreto. Las variaciones de temperatura se consideran según el lugar de emplazamiento del puente, pero nunca serán menores que 15° C. Las juntas de

dilatación de los puentes deben tener al menos una separación de 3 cm. Este valor debe verificarse por un cálculo más riguroso del análisis sísmico considerando las deformaciones esperadas de las estructuras, separadas por la junta de dilatación, según materiales empleados (concreto, acero, etc.); en los componentes del puente; pero, lo importante es que la unión efectivamente funcione y permita el movimiento relativo entre los segmentos del puente de las respectivas estructuras que vincula, para garantizar un buen desempeño ante las sollicitaciones impuestas.

En El Salvador, se considera que el cambio de temperatura afecta, cada componente de la infraestructura del puente, dependiendo de las características de los materiales utilizados en la construcción, generalmente presentan cierta contracción y expansión por los cambios bruscos de temperatura al medio día y la media noche. En el cambio de temperatura deben incluirse las temperaturas máxima, mínima, y la gama entre los dos. Para las estructuras, las fluctuaciones de temperatura se puede separar en dos componentes principales: un cambio uniforme y un gradiente (diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior de un miembro de una estructura). Ambos tipos de efectos de la temperatura pueden producir tensión y compresión adicionales a las cargas que normalmente soportan los elementos de un puente. Asimismo, se considera que los pavimentos asfálticos serán probablemente los más afectados por los cambios de temperatura.

3.4.9 EMPUJE DE SUELOS.

Las fuerzas generadas por los empujes de suelos actúan en toda la parte posterior del puente y en el diseño estructural de este se analizan principalmente actuando sobre los estribos, soportantes de la superestructura y todas las posibles cargas de imposición en funcionamiento, el cual se garantizará que es seguro en todos los casos, sin que por alguna causa ninguna de las partes del puente resulte afectada para buen funcionamiento o con apariencia de daño.

3.4.10 FUERZAS DE ORIGEN SISMICO.

Las estructuras que conforman el puente deben ser capaces de resistir los esfuerzos provocados por un sismo severo y una vez transcurrido este, la circulación no se interrumpa. La acción sísmica es eventual y no habrá combinación con la carga viva vehicular. En el cálculo de los elementos de la subestructura, tales como las cepas, los estribos y los apoyos con la combinación sísmica, el efecto de fuerzas cortantes serían las que predominen en el cálculo.

3.4.11 PRESION DE AGUAS.

La fuerza de arrastre del agua actúa principalmente sobre las pilas las que deberán ser comprobadas por su efecto. Según la normativa de la AASTHO, sección 3 artículo 3.7, la presión de agua genera una presión uniforme dada por la siguiente expresión:

$$P = 252.52 * k * v^2$$

Donde:

P: Presión que ejerce el agua en kg/m^2 .

V: Velocidad del agua en m/s .

K: Constante que depende de la forma de la pila que enfrenta el flujo. $K= 1.38$ para sección cuadrada, $K= 0.5$, si la sección termina en un ángulo menor que 30° y $K=0.6$ para sección circular.

3.5 GALIBOS.

Estos son de dos tipos según el lugar del emplazamiento:

- a) De navegación. La autorización para la construcción de un paso sobre una vía navegable, concederá permiso las autoridades competentes.
- b) Vehicular. Para la circulación de vehículos, el gálibo horizontal será el ancho libre⁶⁸ y el gálibo vertical será la altura libre no menor a 5.30 m, tal como se muestra en la figura 3.2 siguiente:

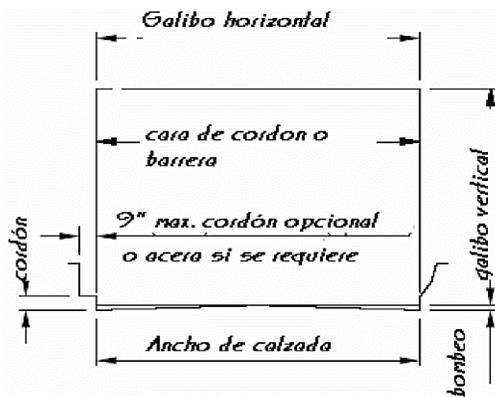


Fig. 3. 2 Diagrama de gálibos vertical y horizontal.

⁶⁸ El ancho del puente no debe ser menor, que el ancho de la sección de la carretera de acceso, incluyendo los cordones, las cunetas y las aceras.

3.6 PARAPETOS.

Los parapetos se instalan en ambos lados de la estructura del puente para protección del tránsito y peatones, cuando existan aceras. En los puentes que no pertenezcan a vías rápidas urbanas y que dispongan de aceras adyacentes a las calzadas, se instala entre estas dos, el parapeto o barrera para calzada, y parapeto para acera en el lado exterior, de estos se mencionan los siguientes:

- a) Parapetos para calzada. Controla el tránsito que circula por la estructura y otros factores, protege los ocupantes del vehículo en caso de colisión y peatones que circulan en el puente, de buena apariencia y visibilidad para los vehículos que transitan. Los parapetos para calzada serán de: concreto, hierro o una combinación de estos. La altura del parapeto no será menor que 0.69 m, medida desde la corona de la calzada, o guarnición, al remate superior del parapeto.
- b) Parapetos para aceras. Los elementos de los parapetos se calculan según el tipo y volumen del tránsito de peatones, de buena apariencia, seguridad y permita la visibilidad para los conductores. Los parapetos serán de: concreto, hierro o una combinación de estos. La altura mínima será de 0.91 m (preferentemente 1.07 m), medida desde la superficie de la acera hasta el remate del barrote superior del parapeto.

3.7 SOBREELEVACION EN PUENTES CURVOS.

En un puente sobre una curva horizontal, la sobreelevación se da de acuerdo con las especificaciones establecidas para la construcción de la vía, pero en ningún caso excede al 10% del ancho de la calzada.

3.8 LINEAMIENTOS QUE UTILIZA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OBRAS DE PROTECCION DE PUENTES ANTE EL CAMBIO CLIMATICO EN EL SALVADOR.

En un proyecto de diseño de puentes⁶⁹ se aplican las consideraciones y recomendaciones de la norma técnica para diseño por sismo, del ministerio de obras públicas (MOP) u otras normas que se adopten, por ejemplo, las normas AASHTO, para garantizar la estabilidad estructural y funcionamiento del puente antes, durante y después de construido y sea impactado por fenómenos hidrológicos, sismos y los exigidos por las cargas vehiculares, el propósito es que la estructura tenga buen desempeño ante los constantes cambios climáticos y fuertes sismos que constantemente impactan a este tipo de estructura, garantizando así su funcionalidad y permanencia en el lugar, sin mayores consecuencias que limiten su uso normal.

Los siguientes criterios y recomendaciones, se presentan como siguen:

⁶⁹ Por lo menos las normas de la AASHTO deben regir u otras normas más rigurosas disponibles según se requiere; pero, se cumplirá también las normativas técnicas locales del Ministerio de Obras Públicas (MOP), del país.

3.8.1 PROYECTO ESTRUCTURAL.

3.8.1.1 VIDA UTIL.

El puente deberá ser proyectado, diseñado y construido para que, sea capaz de soportar todas las acciones que puedan incidir en él, durante su construcción y uso en su período de vida útil, definiendo a esta última de la siguiente manera:

- a) La vida útil del Puente debe ser de 100 años como mínimo.
- b) Los tiempos de servicio para los diversos componentes deberán ser los siguientes:
 - Superficie del pavimento: 5 – 25 años.
 - Drenaje superficial: 10 años.
 - Protección contra la corrosión (elementos metálicos): 2 – 5 años.
 - Protección contra la corrosión (elementos de concreto): 10 – 25 años.

Para cada componente del puente, se deberá establecer un Plan de Mantenimiento, en función de las características de los materiales que conforman la estructura del puente.

3.8.1.2 PROYECTO DE LA SUPERESTRUCTURA.

La superestructura del puente debe colocarse, siempre que sea posible, a la elevación superior a las zonas de aproximación de la carretera (ver Fig. 3.3), permitiendo que durante un evento extremo, el agua (crecidas) sobrepase los terraplenes de acceso, aliviando las fuerzas hidráulicas sobre el puente. Esto, es particularmente importante en corrientes que arrastran gran cantidad de

escombros, y que obstruyen el paso del agua por debajo de la superestructura; así mismo, por el asolvamiento del lecho del río cuando estos tienden a colmatarse por no haber previsto esta circunstancia y el dragado en este lugar o el tramo que lo contiene.

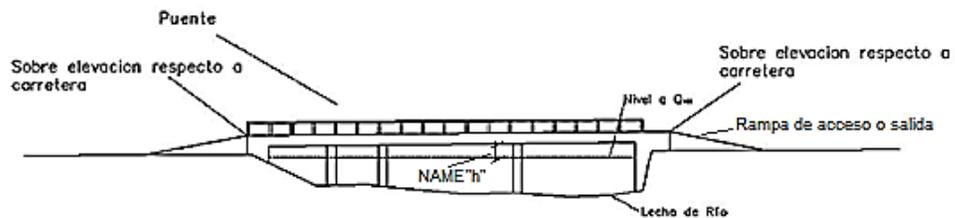


Fig. 3. 3 Sobreelevación de aproximación al puente.

3.8.1.3 PROYECTO DE LA SUBESTRUCTURA.

- En el diseño de cimentaciones con pilas intermedias y estribos, usar cimentación profunda (pilotes); sobre todo, cuando el suelo de cimentación tiende a ser muy fino, saturado, o con poca cohesión, ya que estos son susceptibles a erosión y socavación (ver Fig. 3.4). cuando el lecho de cimentación es roca a poca profundidad, la cimentación es superficial y será la más adecuada.

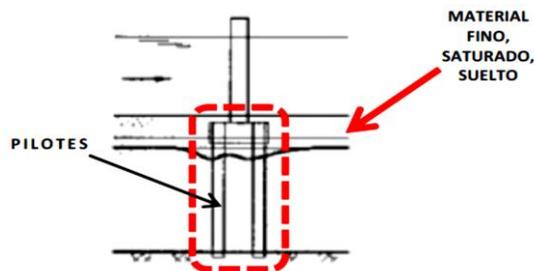


Fig. 3. 4 Uso de cimentación profunda en suelos con poca capacidad portante.

- En el diseño de elementos de la subestructura de un puente (estribos, pilas, y sus respectivas cimentaciones) el efecto de cargas de arrastre, empuje e impacto, se debe tomar en contribución para la estabilidad del puente.
- Para los apoyos intermedios, construir las protecciones necesarias según el tipo de flujo que se tenga durante crecidas máximas y en su curso normal. Para ello, se deberá considerar el uso de dispositivos (obras) de protección, tal como la colocación de un enrocado (o escollera) alrededor de las pilas (Ver Fig. 3.5a); estos dispositivos, deben ser colocados donde resulten efectivos, es decir, a la profundidad dada por los niveles de socavación proyectados (erosión general y por contracción⁷⁰) (Ver Fig. 3.5b).

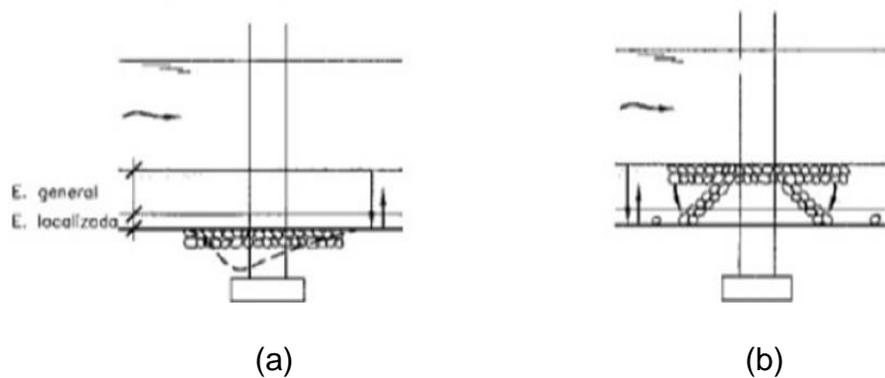


Fig. 3. 5 Protección de enrocado: (a) ejemplo de uso de enrocado. (b) ubicación errónea de enrocado.

⁷⁰ Martín Vide, Juan. Ingeniería de Ríos, Segunda Edición, 2001, pág. 258.

- Independiente de la alineación del puente, respecto a la dirección del flujo del río o quebrada a cruzar, la posición y orientación de los apoyos intermedios del puente, deberán estar paralelos a la dirección del flujo del río (ver Fig.3.6); haciendo la construcción de estos elementos con formas hidrodinámicas y tajamares reduciendo cualquier efecto de socavación que el flujo produzca sobre estos elementos en sus bases.

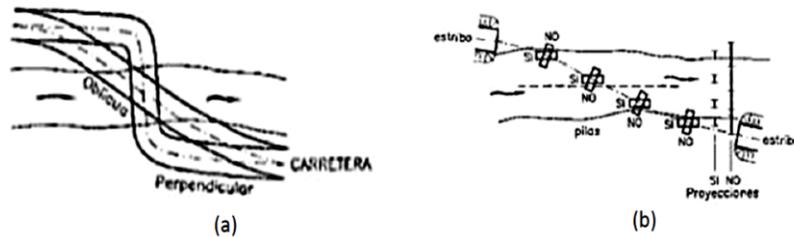


Fig. 3. 6 Alineación de apoyos intermedios de puentes: (a) alineación del puente respecto al río;
(b) alineaciones de apoyos intermedios.

- Los estribos del puente estarán colocados en el límite del ancho del cauce y de acuerdo con lo siguiente (ver Fig.3.7).
 - a) La parte frontal de la pared del estribo debe ser al menos en la intersección de la margen del río con el nivel de aguas máximas (N.A.M.E) del caudal de diseño.
 - b) El pie del talud del terraplén de la carretera, si hubiese, no deberá proyectarse dentro del río.

En todos los casos, la longitud del puente debe ser igual o mayor que el ancho, a los bordes de la riera del cauce del río y su retiro, para evitar los problemas de socavación lateral por contracción⁷¹.

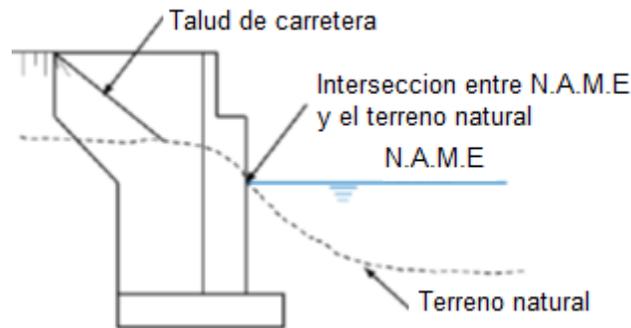


Fig. 3. 7 Ubicación de los estribos del puente respecto a los márgenes del río y taludes de la carretera.

En el diseño de pilotes considerar la longitud expuesta producida por la socavación durante la creciente, con un período de retorno de 1 en 100 años (Q_{100}) o la creciente que sobrepasa el puente (Q_{sp}). Se deben revisar también otros eventos que puedan producir mayor socavación.

Estabilidad en pilotes trabajando por fricción, la socavación no deberá exponer más del 50% del pilotaje, y la longitud sin soporte debe ser menor que 24 veces el diámetro del pilote colado en el sitio, 24 veces la profundidad de la sección para pilote metálicos en forma de H, ó 16 veces el diámetro medio de pilotes de madera (ver Fig. 3.8).

⁷¹ Es causada por la disminución del ancho del cauce, ya sea natural o artificial. Esto ocasiona la aceleración del flujo y aumenta la capacidad de transporte de sedimentos en la zona del puente.

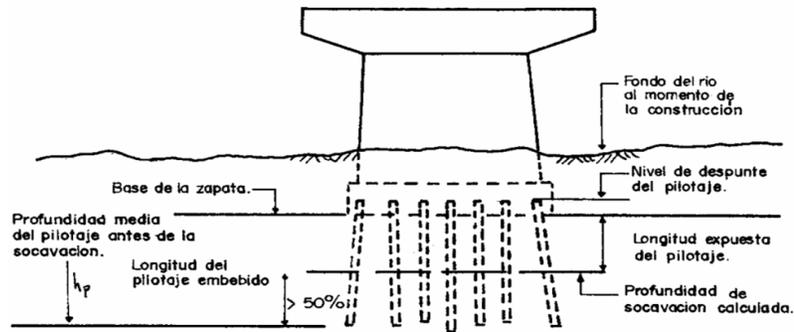


Fig. 3. 8 Diseño de pilotes trabajando por fricción considerando efecto de socavación.

Pilotes trabajando por la punta, al menos 1.5 m (5 pies) del pilote deberá permanecer embebido en el suelo de hincado; la longitud sin soporte, del pilotaje deberá cumplir con lo expuesto en el criterio anterior (ver Fig. 3.9).

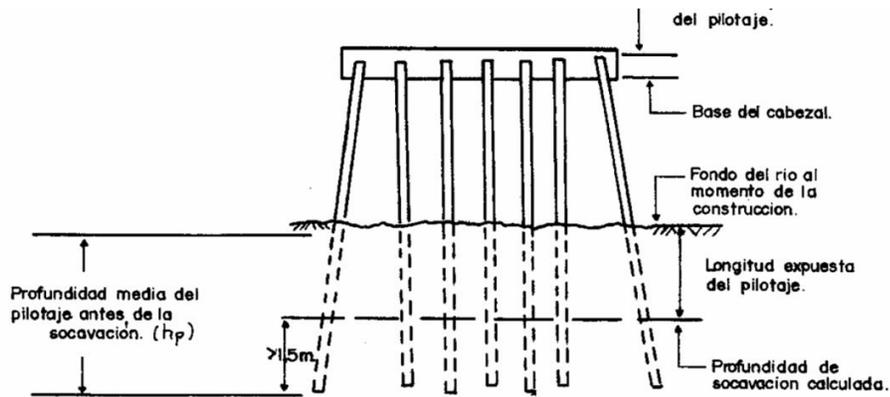


Fig. 3. 9 Diseño de pilotes trabajando por punta considerando efecto de socavación.

Las cimentaciones de las pilas en la zona de inundación, deben ser diseñadas a la misma elevación de las cimentaciones de las pilas en el cauce principal (ver Fig. 3.10), dado que existe la probabilidad de que el curso de agua se desplace durante la vida útil de la obra.

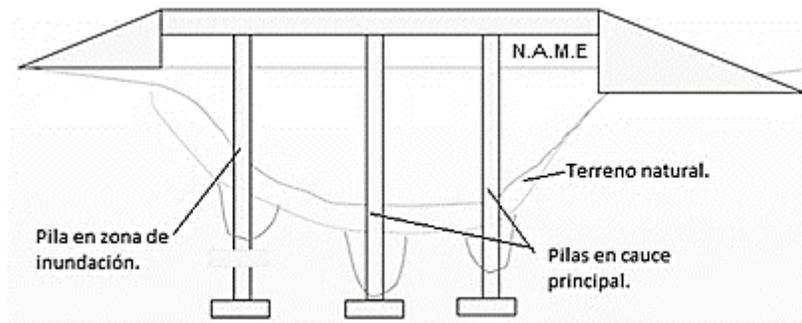


Fig. 3. 10 Elevación de las cimentaciones de las pilas en el cauce principal.

3.8.2 PROYECTO HIDRAULICO E HIDROLOGICO.

Definir un período de retorno de diseño para caudales máximos, según lo siguiente:

- a) El período de retorno de diseño, según la clasificación operacional de la vía de circulación deberá ser:
 - Rutas de Primer Orden (Puentes Críticos): 500 años
 - Rutas de Segundo Orden (Puentes Esenciales): 100 años
 - Rutas de Tercer Orden (Otros Puentes): 50 años

Realizar los diseños hidrológicos considerando un aumento del 30% al 40% en las intensidades de lluvia, si se trabaja con las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) propias para El Salvador, y que no hayan sido actualizadas hasta la fecha.

Considerar un factor de seguridad para el tirante hidráulico del puente, resultante del análisis hidráulico-hidrológico. Al tirante resultante debe sumársele como mínimo una distancia de 1.50 metros para regiones montañosas, y 1.00 metro

para zonas de planicie (Ver Fig. 3.11). El incremento en el tirante hidráulico se hace por ejemplo, aumento repentino del caudal en el cauce del río (crecidas), transporte de escombros, acumulaciones de materiales azolvados.

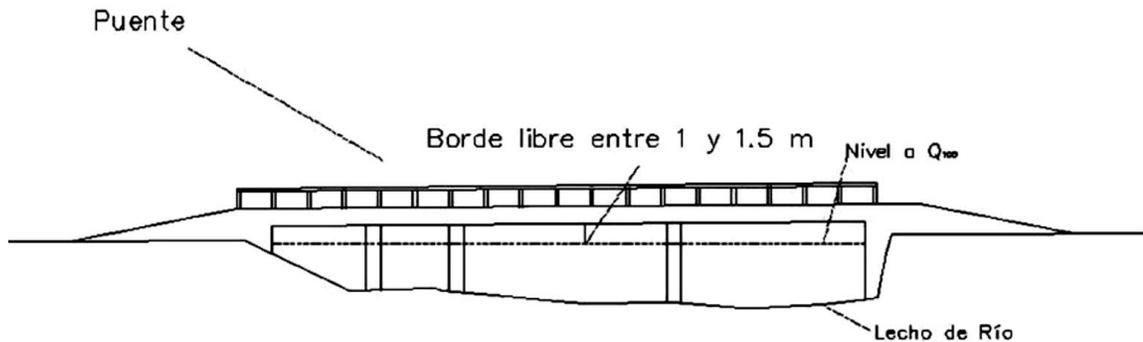


Fig. 3. 11 Tirante libre en puentes: 1.50 en zonas montañosas y 1.00 m en zona de planicie.

Realizar el análisis de la dinámica del río, con el objetivo de determinar el ancho de acción del cauce, su planicie de inundación o antiguos cauces del mismo (paleocauces), para establecer la longitud total del puente, o en su defecto realizar vanos de alivio⁷² en los puntos de cauces antiguos del río, o planicies de inundación que se generen en los alrededores, para aliviar el flujo y disminuir su acumulación. Estos vanos podrían definirse mediante un conjunto de tuberías o cajas (Ver Fig. 3.12).

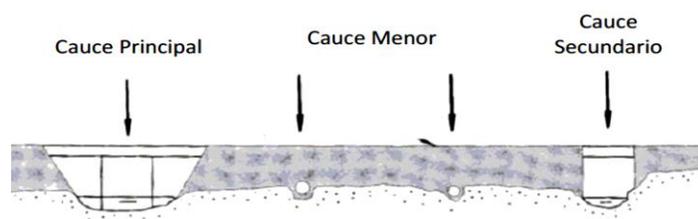


Fig. 3. 12 Sección transversal de vanos de alivio.

⁷² Martín Vide, Juan. Ingeniería de Ríos, Segunda Edición, 2001, pág. 244.

Estudiar el régimen del flujo del río en las zonas próximas al sitio de emplazamiento probable, con el objeto de proponer obras de protección para los estribos y aproximaciones del puente ante el impacto del flujo. La protección se hace desde los costados de los estribos siguiendo sobre las márgenes del río, una distancia al menos de 0.5 veces la longitud total del puente, aguas arriba y aguas abajo.

La protección puede hacerse de muros gaviones, o cualquier otro sistema que de las condiciones de protección necesarias según el tipo y dirección de flujo.

Para los estribos y aletones, complementar con obras de protección y drenaje para canalizar las aguas que llegan desde las vías hacia el puente.

Diseñar zonas de protección (libre de asentamientos urbanos o vegetación nociva) para la infraestructura de puentes. Estas zonas deben definirse para:

- a) Los costados de estribos de puente.
- b) Desde las márgenes del río hacia adentro de terrenos aledaños (aguas arriba y aguas abajo del puente).

Dependiendo de la conformación de los aletones con respecto a los estribos, para los costados de los mismos puede dejarse una zona de protección de 2 veces el ancho del puente a cada costado del mismo, ó 1.5 veces el ancho del puente más aletones de sus estribos (el mayor de ambos); y para las márgenes de los

ríos, puede dejarse una distancia por lo menos 2 veces la longitud total del puente hacia dentro de los terrenos.

Proponer un programa de limpieza, desalojo de material y escombros en ríos, luego de un evento extremo, e implementar un programa similar durante la estación seca. Lo anterior requerirá de un monitoreo de aquellos puentes en donde los ríos son propensos al arrastre de sedimentos y escombros. En aquellos puentes donde han sido construidos muros guarda nivel aguas abajo, los cuales prevén de material de arrastre de protección hacia estribos y pilas del puente. El programa de limpieza deberá procurar no retirar demasiado material, manteniendo un nivel de sedimentos hasta la corona de los muros guarda nivel. El exceso de azolve reduce el tirante libre y el espejo de agua del río hasta igualar e inundar el puente; un programa de dragado del río procede en estos casos de descuido severo.

3.8.3 RECOMENDACIONES PARA OBRAS DE PROTECCION DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS PUENTES.

Para proteger los diferentes elementos constituyentes del puente se presentan obras de protecciones típicas para la subestructura de puentes (pilas y estribos). Las obras de protección se dividen en dos partes: en todo el cauce del río y en las márgenes del mismo. Además, se presentan alternativas de reparaciones para pilas y estribos de puentes existentes después de ocurrida la socavación, y

los tipos de pilas recomendados para futuros diseños. En los anexos del capítulo 3, ver figuras (3.13 a 3.27) de obras de protección.

3.8.3.1 PROTECCION DE LA SUBESTRUCTURA EN EL CAUCE DEL RIO.

- Protección de pilas en todo el cauce. Se protege todo el ancho del cauce bajo el puente, con longitud mínima en la dirección del río de 3 veces el ancho del puente, ver Fig. 3.13. Para evitar que el flujo del río pase por debajo de la obra de protección y ocasione pérdidas de material del cauce; construir dientes de protección de altura equivalente o mayor a la altura de socavación calculada, aguas arriba y aguas abajo. Además, colocar un colchón tipo gavión a la salida, para tener una transición entre la protección y el terreno natural. La protección puede ser con una losa de concreto o mampostería de piedra ligada con mortero. En ambos casos la superficie superior deberá de ser rugosa con el fin de no aumentar la velocidad del flujo bajo el puente.
- Protección local de pilas. Hacer obras de protección en la pila o pilas, en dirección del río de 3 veces el ancho del puente; y en dirección transversal (la dirección del puente) será de 2.5 veces el espesor de la pared de la pila desde el borde de la zapata ó 3.00 m mínimo, ver Fig. 3.14. La protección puede hacerse con una losa de concreto o mampostería de piedra ligada con mortero dejando la superficie superior rugosa, colocar dientes que previenen la socavación y colchones tipo gavión aguas abajo.

- Protección local de pilas con bloques prefabricados. colocar bloques alrededor de la pila o pilas para prevenir la socavación, con un peso determinado, evitando ser arrastrados por el flujo del río; rellenar las juntas con terreno natural del cauce, para cambiar lo menos posible la rugosidad de la superficie y evitar cambios en la velocidad del flujo, ver Fig. 3.15.
- Protección de pilas con tablestaca. Se protege con tablestacas alrededor de la cimentación para evitar la socavación; se recomienda en suelos que permitan hincarlas por debajo del nivel calculado de socavación, estabilizándola. En suelos que permitan hincar la tablestaca, se diseñan fundaciones piloteadas, por la baja capacidad portante del terreno, ver Fig. 3.16.

3.8.3.2 PROTECCION INDIRECTA CON GUARDANIVELES.

Construir muro guarda nivel empotrado transversalmente en el fondo del cauce del río y lateralmente en las márgenes; con dissipador de energía aguas abajo. El muro debe emplazarse a una distancia del puente con una altura acorde a la pendiente deseada y retener el material de arrastre hasta llenar el fondo para modificar la pendiente, reduciendo velocidades cuando se presenten crecidas, obteniendo un flujo laminar en el tramo; la altura del muro guarda nivel se diseña para no incrementar el nivel del lecho del río en la zona del puente, ver Fig. 3.17.

3.8.3.3 TIPOS DE PILAS RECOMENDADOS PARA FUTUROS DISEÑOS.

Construir pilas de formas hidrodinámicas, para disminuir la turbulencia del flujo que genera socavación en la cimentación. Evitar construir pilas con dos o más columnas, se recomienda la construcción de pilas de pared continua, ver Fig. 3.16. Para pilas de gran altura, construir con pared continua y por arriba del nivel de aguas máximas (NAME) con 2 ó más columnas.

3.8.3.4 PROTECCION EN LAS MARGENES DEL RIO.

- Protección de estribos en todo el cauce. En todo el cauce bajo el puente, construir dientes anti-socavación y colchones tipo gavión aguas abajo para la transición de protección hacia el terreno natural. La protección puede ser con losa de concreto o mampostería de piedra ligada con mortero. La longitud de las obras en la dirección del flujo deberá ser 3 veces el ancho del puente con un valor máximo de 10 metros en cada costado del estribo, ver Fig. 3.19.
- Protección local de Estribos. Proteger con una losa de concreto o de mampostería de piedra ligada con mortero frente a los estribos. Se construirán dientes anti-socavación alrededor de la protección, ver Fig. 3.14. La longitud en la dirección del flujo deberá ser 3 veces el ancho del puente máximo de 10 metros a cada costado del estribo. La protección mínima en la dirección del puente de 3 metros, medidos desde el borde de la zapata, ver fig. 3.20.

- Protección en estribos sin muros en las márgenes del río, con anclajes. La protección del talud frente a los estribos y del talud proveniente de la rampa de acceso al puente, dado el caso no existan muros de protección en las márgenes del río, paralelos al flujo. La protección puede ser con losa de concreto o un colchón tipo gavión. La pendiente máxima recomendada es de 1H y 1V, colocar anclajes si la pendiente es mayor al 1.5H y 1V. Si la protección es; en el colchón tipo gavión, el drenaje es a través de los vacíos entre las piedras, ver Fig. 3.21. Colocar drenajes para evacuar las aguas lluvias de la rampa de acceso, para evitar daños en estribos, ver Fig. 3.22. Se proyecta un diente anti-socavación al pie del talud con una altura mínima de 1.00m.
- Protección en estribos sin muros en las márgenes del río, con emplantillado de piedra. La protección es de mampostería de piedra ligada con mortero con una pendiente máxima de 1.5H y 1V. Es importante colocar drenajes para evitar acumulación de agua en el talud, ver Fig. 3.22.
- Protección para muros de Márgenes con Colchón tipo Gavión. Para evitar la socavación en los muros de márgenes una opción es la de utilizar colchón tipo gavión como fundación, ver Fig. 3.23, observar la parte frontal de los muros, si existe socavación el colchón asentará por su flexibilidad, protegiendo la base del muro. Esta deformación indica reparación del muro.

- Protección para muros de Márgenes con losa de protección. Ver Fig. 3.24, se protege con una losa de concreto o de mampostería de piedra ligada con concreto, no emplearla en lechos de ríos con materiales muy finos o granulares, no dejar puntos donde se infiltre el flujo del río, hay riesgo que estos se socaven, y la protección pierda superficie de apoyo, fracturándose.

3.8.4 REPARACIONES EN PUENTES EXISTENTES DEBIDO A SOCAVACION.

Como resultado del cambio climático y el consiguiente aumento en los caudales de los ríos, la posibilidad que la subestructura del puente presente socavación, para disminuir los impactos de fenómenos hidrometeorológicos se tienen métodos de reparación. Antes de llevar a cabo las obras de reparación, deberán evaluarse las condiciones del puente, tanto estructurales como hidráulicas, para determinar si es necesaria su sustitución o si puede ser reparado.

- Reparación en pilas y estribos de fundación directa. En caso de socavación bajo una fundación directa (sin pilotes) se recomienda inyectar mortero para reestablecer el apoyo al 100% (suelo estructura) del área de la zapata y así transmitir las cargas uniformemente, ver Fig. 3.25.
- Reparación en pilas y estribos de fundación con pilotes. Si hay presencia de socavación bajo una fundación con pilotes, rellenar para reestablecer el confinamiento lateral, y protegiendo el confinamiento con tablestaca, cuando sea posible la colocación, ver Fig. 3.26.

- Reparación de la cimentación con estribos si presenta socavación severa.
Cuando existe socavación severa y además se ha perdido el nivel del cauce, se recomienda realizar la reparación, ver Fig. 3. 27.

CAPITULO IV

GESTION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS
DE PUENTES DE CONCRETO

CAPITULO IV

GESTION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE PUENTES DE CONCRETO.

INTRODUCCION.

En la planificación, y en el diseño de puentes, una vez definida su longitud y realizados los estudios previos necesarios del emplazamiento, se define una alternativa para el diseño estructural y los materiales a utilizar en su construcción; se ejecuta la alternativa de mejor desempeño con las cargas impuestas y las condiciones particulares del emplazamiento; condiciones de soporte de cargas por el terreno, de acuerdo con los sistemas y procesos constructivos a aplicar; se tiene su costo y tiempo de ejecución. Así, se asegura la buena gestión y calidad de la obra, una vez esté ejecutada.

En El Salvador, es común que se apliquen sistemas constructivos de puentes pequeños con luces hasta unos 30 m, hechos con vigas de concreto reforzado y vigas de concreto presforzado. O en su defecto colocar un puente provisional; por ejemplo, más formalmente metálico tipo Bailey para agilizar el cruce vehicular y peatonal de las comunidades afectadas por falta de un puente o daños en la estructura existente, no cumpliendo las condiciones de servicio requerida para el paso vehicular seguro sobre el puente.

4.0 DESARROLLO DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE.

Se aplica “una metodología de construcción”⁷³ donde los recursos de inversión, humanos, materiales garanticen la buena calidad de la obra y duración establecida para la ejecución del proyecto, cumpliendo requerimientos técnicos, objetivos propuestos y beneficios esperados en los alcances, donde se consideraron: uso, funcionamiento apropiado, mayor duración y cobertura de servicio que prevé el diseño, en toda la zona donde el puente se encuentre concordante con la red vial nacional o donde este se ubica y localiza, y de acuerdo con la política de estado que consideró el proyecto, por el MOP. La programación del proyecto ajustada acorde con la inversión preestablecida versus lo “como construido”, indicando el mejor uso de los recursos aplicados y la eficiencia del proyecto en esta sub-etapa.

4.1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES DE CONCRETO.

El sistema constructivo de la estructura principal de un puente, integra un tablero con sus barandas laterales y drenajes; estribos y pilas, torres de soporte en los extremos e intermedios respectivamente. Donde por ejemplo, si las columnas o pilas libres, son de concreto reforzado; el concreto es de alta resistencia a la compresión (350 kg/cm^2 - 450 kg/cm^2 ó mayor), con dimensiones establecidas en el diseño; estos se soportan en zapatas aisladas apoyadas sobre suelo mejorado, concreto masivo o pilotes para la transmisión y distribución efectiva de

⁷³ Se propondrá.

las cargas, de acuerdo con las condiciones mecánicas del suelo para la fundación correspondiente.

Sobre cada columna se construye el cabezal que servirá de apoyo de las vigas, presforzadas; ambos elementos contruidos de concreto de alta resistencia. Sobre las vigas se hará colocar una losa de concreto reforzado, concordante con el sistema de diseño y construcción elegido, cumpliendo el espesor de diseño (e_t : cm). Posteriormente, se coloca una capa de rodadura (e_r : cm), de concreto hidráulico o de concreto asfáltico.

En el desarrollo de actividades de encofrado, colados y demás actividades, de gran altura, se coloca andamios metálicos estructurales, andamios metálicos con escaleras, plataformas de plywood, barandales perimetrales, cuerdas de seguridad y todo el equipo necesario para evitar accidentes.

Durante la etapa de construcción del proyecto de puentes se implementan normas de seguridad, nacionales⁷⁴ e internacionales⁷⁵ aplicables a cada caso, para prevenir riesgos, daños y accidentes laborales y se cumplirá lo establecido por el ministerio de trabajo y demás instituciones reguladoras nacionales; y la legalidad jurídica.

En la ejecución de proyectos de puentes es necesario tener una gestión integral de todos los procesos que intervienen, para elaborar una propuesta de solución a la problemática de conectividad. Para garantizar una gestión eficiente del

⁷⁴ Ley general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo.

⁷⁵ Normas de seguridad y salud de la OSHA.

proyecto, se requiere elaborar un plan, que de pautas a seguir desde su formulación hasta su ejecución de la alternativa que resulte viable en sus procesos constructivos y costos de ejecución.

En un plan de gestión (anexo 4.1) de procesos constructivos de puentes se realiza lo siguiente:

I Etapa precontractual.

- 1 Recopilación de información y diagnóstico del puente.
- 2 Estudios previos.
 - 2.1 Topográficos.
 - 2.2 Geotécnicos.
 - 2.3 Geológicos.
 - 2.4 Hidráulicos.
 - 2.5 Hidrológicos.
- 3 Planificación y formulación del proyecto de puente.
- 4 Programación de actividades del puente.
 - 4.1 Excavación de cimentación.
 - 4.2 Pilotes.
 - 4.3 Zapatas.
 - 4.4 Estribos.
 - 4.5 Pilas o columnas.
 - 4.6 Cabezales.
 - 4.7 Vigas.

4.8 Losa.

5 Presupuesto.

6 Análisis de riesgos.

7 Evaluación, calificación y adjudicación de contrato.

8 Legalización del contrato.

II Etapa preparatoria.

1 Planos constructivos.

2 Especificaciones técnicas.

3 Normas nacionales e internacionales utilizadas.

III Ejecución, seguimiento y control del proyecto.

1 Preliminares:

1.1 Instalaciones provisionales.

1.2 Apertura de bitácora.

1.3 Preparación del lugar.

1.4 Trazo y nivelación.

1.5 Replanteo.

2 Cimentación y estructura de base de soporte elevado.

2.1 Trazo y replanteo de cimentación.

2.2 Excavación y movimiento de tierra.

2.3 Cimentación superficial utilizando zapatas.

2.3.1 Trazo topográfico de límites de zapata.

2.3.2 Excavación.

2.3.3 Plantilla de concreto.

2.3.4 Protección del talud del terreno excavado.

2.3.5 Armado estructural de zapata.

2.3.6 Encofrado de zapata.

2.3.7 Colado de zapata.

2.3.8 Pruebas del concreto en el laboratorio.

2.3.9 Curado del concreto.

2.3.10 Relleno y compactación.

2.4 Cimentación profunda utilizando pilotes.

2.4.1 Pilotes colados in situ.

2.4.1.1 Excavación de pozos.

2.4.1.2 Colocación de armaduras en el pozo.

2.4.1.3 Colado del pilote.

2.4.1.4 Descabezado de pilote.

2.4.1.5 Colocación de acero en el encepado.

2.4.1.6 Encofrado y colado del encepado.

2.4.2 Pilotes prefabricados.

2.4.2.1 Fabricación de los pilotes de concreto.

2.4.2.2 Acero de refuerzo.

2.4.2.3 Colado, vibrado y colado del pilote.

2.4.2.4 Hincado de pilotes.

2.4.2.5 Descabezado de pilotes.

3.0 Subestructura, pilas estribos y cabezal.

3.1 Columna o pilas.

3.1.1 Armado estructural de columna.

3.1.2 Nivelación y cimbrado.

3.1.3 Colado, vibrado y curado de columna.

3.2 Cabezales.

3.2.1 Armado estructural del cabezal.

3.2.2 Cimbrado, colado, vibrado y curado del cabezal.

3.3 Muro estribo.

3.3.1 Trazo topográfico.

3.3.2 Excavación.

3.3.3 Colocación de pilotes o zapatas, según el diseño.

3.3.4 Armado del acero de refuerzo.

3.3.5 Cimbrado, colado, vibrado y curado de muro estribo.

3.3.6 Colocación de topes sísmicos y apoyos de neopreno.

3.3.7 Relleno y compactación de material selecto.

3.4 Losa de aproximación.

3.4.1 Colocación y compactación de material de sub-base.

3.4.2 Colocación de filtros granulares.

3.4.3 Armado de encofrado y acero de refuerzo.

3.4.4 Colado, vibrado y curado de la losa.

4.0 Superestructura.

4.1 Vigas de concreto coladas in situ o prefabricadas.

4.2 Losa de concreto.

4.2.1 Armado de encofrado y acero de refuerzo.

4.2.2 Colado y curado de losa de concreto.

4.3 Superficie de rodamiento.

4.4 Acera y parapeto.

5.0 Cierre del proyecto.

5.1 Recorrido de inspección para verificar los elementos terminados.

5.2 Entrega del proyecto.

5.3 Entrega de garantía de buena obra.

4.2 ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES DE CONCRETO.

4.2.1 ETAPA I. PREPARATORIAS.

Planos constructivos, los aprobará en primer instancia el MOP, la supervisión y la empresa constructora, para un caso específico; y se obtendrá la autorización correspondiente para su ejecución. El control de la calidad de la obra, se hace de acuerdo con las especificaciones técnicas y demás normas y códigos para ello, y siempre dentro de lo contractual; por ejemplo, terracería, uso de acero de refuerzo, mejoramiento del suelo; sistema de encofrados y de andamiaje para seguridad del personal.

4.2.2 ETAPA II. EJECUCION DE TRABAJOS DE TERRACERIA.

Preparaciones para terracería. Limpieza del lugar, se hace retirando la cobertura vegetal, desechos superficiales, ripio y cualquier infraestructura existente en el

emplazamiento, para preparar los sitios de cortes y el desplante de fundación o cota prevista, según estudio del subsuelo.

4.2.2.1 EXCAVACION PARA CIMENTACION.

Desplante, se cumple la cota de proyecto de acuerdo con lo indicado en los planos constructivos. Una vez evaluada la estratigrafía, determinar la profundidad de la cimentación, garantizando capacidad portante requerida por el diseño de zapatas o pilas de concreto que sostendrá la superestructura, estabilidad y el buen desempeño de la estructura. Esto se basa en lo indicado por el estudio geológico geotécnico. Se ejecuta, según lo aprobado por la supervisión y la empresa constructora; contractualmente.

Se utiliza maquinaria y equipo apropiado, para alcanzar la cota de desplante indicada en los planos constructivos; y a la vez según la profundidad, se estabilizan los taludes laterales de esta para garantizar la seguridad del personal trabajando en el fondo y en la superficie.

El suelo de sobre excavación se retira, y se coloca suelo selecto compactado, en base a las especificaciones técnicas, hasta llegar al nivel de cota de desplante y de fundación; se utiliza concreto masivo o se adopta un subsistema de soportes de pilotes si las profundidades sobrepasan por ejemplo, 2 m ó 3 m, ó a consideración del especialista geotecnista y de acuerdo con el diseñador estructural. El ingeniero de obra revisará estas condiciones indicadas para ejecución, previendo fallas. Tales decisiones serán objeto de intervención de un especialista consultor para garantía de buena obra.

4.2.3 ETAPA III. ESTRUCTURAS DE CONCRETO HIDRAULICO.

Cuando se tenga aprobados los planos constructivos, por la supervisión, y se tengan las autorizaciones de ejecución de las obras de concreto hidráulico, se realizan los correspondientes procesos de construcción de zapatas, columnas, estribos, cabezales, montaje de vigas, y colado de losa de concreto, hasta acabado final.

Si en la obra o proyecto a construir hay alguna estructura por demoler, el equipo y personal de esta actividad tendrá, las precauciones correspondientes, acordonando el área en cuestión, con señalizaciones y restricciones y vigilancia permanente para evitar situaciones de riesgo al personal en la obra. El material de desalojo (ripio) será retirado del sitio y llevado cubierto hasta el lugar autorizado para su depositación.

En la planificación y ejecución de las obras se utilizan normas y especificaciones contractuales. El contratista y la supervisión son los encargados del control de la calidad de los materiales; por ejemplo, acero y concreto, para garantizar la buena calidad en la aplicación de lo necesitado por los requerimientos del diseño.

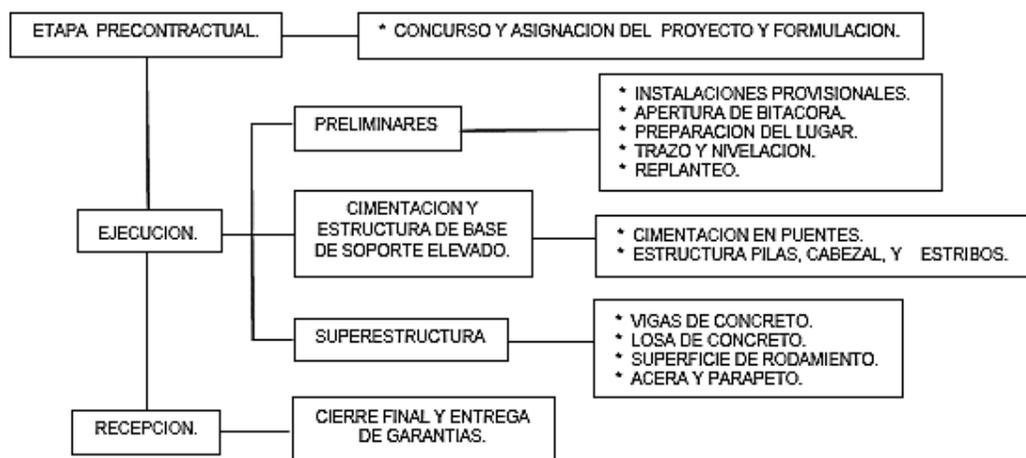
4.3 CONSTRUCCION DEL PUENTE EN EL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO.

Para el diseño de la estructura del puente, se dispone de los estudios que respalden el correspondiente diseño detallado de cada elemento a construir (planos de taller), que constituyen el puente en proyecto; esto, basados en los resultados de la visita previa al lugar de la obra, los cuales se considera base de apoyo. A la vez, verificar la situación actual del sitio de emplazamiento,

infraestructura de las vías de comunicación, existencia y estado de los caminos de acceso al sitio donde se ha proyectado la construcción del puente, para transportar los diferentes materiales a utilizar durante el tiempo programado de ejecución de la obra; así, teniendo decidido qué rutas serán utilizadas para esta actividad, se prevé la ampliación y mejora de accesos para el transporte materiales y equipo a utilizar en la obra.

4.4 ACTIVIDADES EN EL EMPLAZAMIENTO DE UN PUENTE.

Para la construcción de un puente de concreto, se ejecutan las actividades principales de la subestructura y la superestructura indicada en el esquema 4.1, aplicando buena gestión con la planificación, organización, ejecución, control y supervisión de cada actividad, garantizando cumplimiento de plazos previstos y la buena calidad en la obra.



Esquema 4. 1 Organización de las actividades del proceso constructivo de un puente.

4.4.1 INSTALACIONES PROVISIONALES.

Dentro del área en el lugar del proyecto hay un lugar seleccionado, más apropiado, donde se almacenan los recursos físicos (materiales, herramientas, maquinaria y equipo, etc.) a utilizar en las diferentes actividades que contiene la formulación del proyecto, según la programación establecida. Estas instalaciones provisionales, están estratégicamente localizadas en el sitio donde no interfieran con el desarrollo de las actividades y que propician todas las actividades que indica el programa general de trabajo y que se faciliten los procesos constructivos acordados con los rendimientos estimados contractualmente y que así mismo se cumpla la aplicación de los recursos financieros en los montos.

4.4.2 APERTURA DE BITACORA DE OBRA.

Esta obligatoriedad, se realizará una vez construidas las instalaciones provisionales. Se apertura la bitácora de la obra y se pone toda la información correspondiente al proyecto: ubicación y localización, características, fecha de inicio de la obra, nombres de las partes involucradas en su ejecución, etc.

En esta etapa, por ejemplo, se hacen las observaciones de las condiciones del proyecto, recomendaciones de las partes involucradas; también, las instancias de resolución de problemas en caso de presentarse.

En la bitácora, se registra las actividades realizadas día a día, problemas o situaciones imprevistas en obra, errores detectados y la forma de resolver cada

uno, por las partes involucradas; lo cual, sirve de respaldo ante cualquier reclamo o inconformidad de las partes contractuales (contratista, supervisores), se utiliza en casos de arbitraje y para todo control o explicación, dudas u otro técnico-administrativo; según se requiera, en el marco de la ejecución, la legalidad jurídica vigente y lo contractualmente establecido.

4.4.3 PREPARACION DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE.

Previo a esta actividad, el plano topográfico tiene indicados cadenamientos preliminares de referencia y bancos de marca, y se localizan las referencias permanentes.

Limpieza y descapote, esto implica, extraer y retirar de las zonas de trabajo designadas, todos los arbustos, árboles, troncones y raizones, maleza, escombros, basura o cualquier otro material perjudicial existente, según el proyecto, o a juicio del ingeniero director de obra.

En el descapote, se retira toda la capa vegetal superficial y la capa superior de tierra orgánica para encontrar el suelo sano (0.5 a 1.0 m), se realiza el replanteo, y referencias de la geometría principal del proyecto. La profundidad del desplante o la cota de fundación la determina las propiedades mecánicas de suelos (la buena calidad de estos), esto se hace utilizando equipo y herramientas adecuadas con respecto al tipo y magnitud de la excavación.

4.4.4 TRAZO Y NIVELACION, PROPIOS DE LA OBRA O ESTRUCTURA DEL PUENTE.

Son las actividades de localización y colocación de los correspondientes puntos exactos que definen la geometría principal del puente, conteniendo ejes, escuadras y niveles especificados en los planos constructivos.

Para ello, se parte de los bancos de marca de referencia establecidos. Se desarrollan los trabajos de colocación de cadenamientos, trazo y nivelación del eje principal en el proyecto de la obra a construir. El equipo topográfico permanecerá en el lugar de la construcción durante la ejecución del mismo, para que cada vez se realicen los replanteos, nuevos trazos y chequeos respectivos para prevenir desplazamientos de los ejes, cadenamientos y niveles de los elementos estructurales⁷⁶. Esta actividad se somete a aprobación por la supervisión y el propietario, las partes contractuales.

4.4.5 REPLANTEO.

El replanteo, es la operación que tiene por objeto trasladar fielmente al terreno todas las posiciones indicadas en los planos, referencias, cadenamientos; las dimensiones exactas y formas geométricas de los elementos constituyentes del puente, indicadas en los planos que integran la documentación técnica del proyecto. Por ejemplo, el lugar donde se colocarán las pilas y su nivel de cimentación, contenidas en los planos de fundaciones, tomando de base el plano

⁷⁶ Contreras, José. Junio 2011. Procedimiento constructivo del puente "Ixhupan" ubicado en el municipio de Metapayan, Veracruz. Pág. 15.México.

topográfico levantado actualizado a la fecha de ejecución del proyecto y los planos constructivos. El replanteo, es una actividad muy importante dentro del proceso constructivo, siendo este paso clave para proceder con la ejecución de la obra en la posición exacta requerida y que se cumplan las demás medidas, indicadas en los planos constructivos que se tienen en campo.

En esta actividad, el constructor, el director de obra, y el cliente hacen constar que el trazo en el terreno o sobre el plano de cimientos de la planta del proyecto, in situ, corresponden al estudiado, proyectado y aprobado para su ejecución; se verifica que las cotas de fundación y ejes correspondan con lo señalado en los planos constructivos aprobados y autorizados. El constructor⁷⁷ por medio del topógrafo, realiza el replanteo de los ejes principales y la posición exacta de los estribos; así mismo, la longitud del claro total contenido en los planos constructivos de la infraestructura proyectada dando posición exacta a esta⁷⁸ y para verificar las condiciones de la obra proyectada en el terreno del lugar. Todo el trazo será verificado por el supervisor y las partes contractuales, antes de dar por satisfechos y autorizar actividades consiguientes.

⁷⁷ En el campo es el ingeniero residente o el director de la obra; en este caso hay una actividad específica a cumplir, el topógrafo con instrucciones del ingeniero residente y la aprobación del supervisor, autorizado por ellos.

La cual, revisarán y verificarán, aprobarán y darán por satisfechos antes de proseguir. La verificación se hace siempre, por la gran responsabilidad de la obra consiguiente, cada vez. Por ejemplo, en el trazo, escuadras, niveles, posición de puntos, geometría exacta, basado en planos constructivos autorizados; esto, se cumple estrictamente.

⁷⁸ Se asegurará que los ángulos de los ejes sean los que indican los planos constructivos cualquiera que sea el caso en el valor de estos; eje alineado con los ejes de la discontinuidad o tramo del puente o con ángulos de esviajamiento en los ejes empalmantes.

Se utilizará el personal adecuado para este tipo de trabajo; estos son, topógrafos y personal de apoyo, cadenero y auxiliar con experiencia en esta especialidad. Así, se colocarán las referencias de toda el área a construir, asegurando obtener exactitud y precisión requerida en el control horizontal y vertical que el proyecto demande. Esta actividad, se debe dar por terminada antes de iniciar las excavaciones, a fin de corroborar y garantizar, que en forma oportuna se cumplió con lo indicado por los datos establecidos en los planos constructivos del proyecto y el terreno. Todo ello, a satisfacción a las partes contractuales y todo eso queda registrado en bitácora.

4.5 ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION EN CIMENTACION Y ESTRUCTURAS EN PUENTES.

4.5.1 MOVIMIENTO DE TIERRA.

La excavación o cortes con maquinaria o manualmente, en el lugar del emplazamiento del puente, para remover la masa de tierra donde se hace la fundación de los estribos, el acondicionamiento de plataformas de acceso y los aproches a cada lado del puente, y sus respectivos rellenos, se hacen con los niveles indicados en los planos constructivos contractuales; esto, constituye el movimiento de tierra, principalmente, más los desalojos, acarreos hasta depositarlos en los botaderos autorizados.

Las excavaciones se realizarán utilizando medios mecánicos, tractor de orugas y excavadora, y el uso de herramientas, barras, picos palas y carretillas. Cuando en la excavación hay presencia de agua estancada esta se desaloja con bomba

achicadora. Si hay agua subterránea, el ingeniero encargado tomará las decisiones correspondientes para continuar con esta actividad o no, y él decide cómo superarlas.

Las actividades correspondientes a rellenos con suelo seleccionado se realizará utilizando rodillo o compactadores manuales o planchas vibradoras. El suelo para relleno debe estar con la humedad óptima y libre de componentes orgánicos. El volumen sobrante de las excavaciones se desaloja hasta depositarlo en el sitio previsto autorizado que indique la supervisión, basados en los permisos correspondientes que también tiene la empresa constructora, estos deben ser los mismos, lo cual se verifica previo a iniciar excavaciones.

4.5.2 COLOCACION DE CIMENTACION EN PUENTES.

El sistema de fundación de cualquier tipo de puente lo constituyen pilastras, estribos, y cualquier otro elemento portante previsto con el sistema de fundación necesitado, respecto al alineamiento con el eje principal del puente; el diseño y la arquitectura general, considerado en la ingeniería del proyecto.

La cimentación de puentes se realiza de acuerdo con las condiciones físicas mecánicas encontradas en el lugar de emplazamiento; esto es, la capacidad portante del suelo, y el tipo de estructura de cimentación viable para el diseño del puente. Se utiliza cimentación superficial o cimentación profunda según las condiciones del suelo para soportar y transmitir satisfactoriamente las cargas y sobrecargas, asegurando la estabilidad del puente ante todas las cargas

impuestas y por los efectos dinámicos, tránsito, sismos, vientos, impactos, condiciones ambientales.

Algunos tipos de fundaciones en la construcción de cimientos de puentes son como sigue:

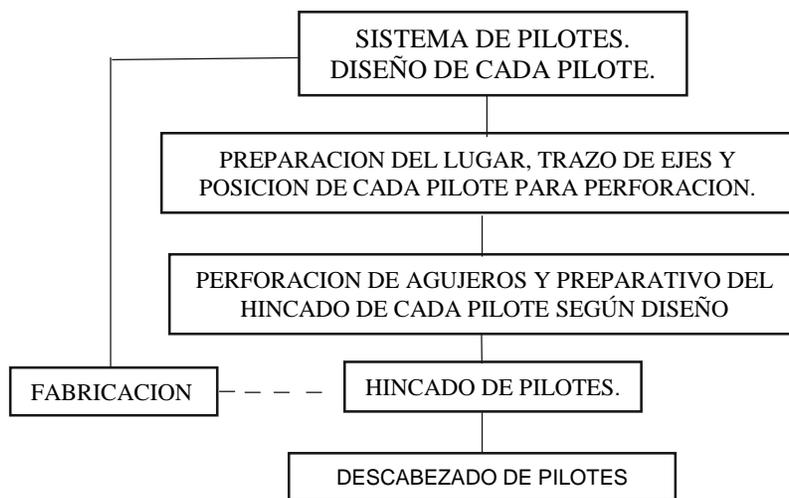
4.5.3 CIMENTACION PROFUNDA EN PUENTES UTILIZANDO PILOTES.

Toda fundación es para transmitir la totalidad de las cargas y sobrecargas de la superestructura a los estratos resistentes del terreno, o suelo de soporte, hasta la cota de fundación indicada en los planos constructivos o la que se verifique cuando haya dudas y se corrija con nuevos estudios del subsuelo. La cual, será “superficial “en terreno natural para suelos que cumplen los requerimientos sin mejora; así mismo, en superficie de suelo mejorado aplicando procedimientos mecánicos y materiales especificados requeridos recomendados por el laboratorio, asegurándose que cumplan los requerimientos de capacidad de carga y demás parámetros del proyecto de la fundación.

Se utiliza cimentación profunda, cuando es más viable económicamente que sustituir o mejorar el suelo hasta obtener la capacidad requerida en el diseño, o si la capacidad portante requerida se encuentra a profundidad mayor que 5 m, evaluando y concluyendo que el terreno no cumple con los requisitos mecánicos

según diseño y sus costos presupuestarios del proyecto de construcción, que se vuelven elevados, utilizando cimentaciones superficiales⁷⁹.

En los puentes que tienen claro pequeño, por ejemplo 30 m, generalmente, las cimentaciones son superficiales, cumpliendo la capacidad portante; sin embargo no se descarta uso de micropilotes. En puentes de grandes luces, sus fundaciones se profundizan más, principalmente, cuando haya agua subterránea; hasta encontrar suelo resistente y se aplican pilotes; el proceso constructivo de estos sigue lo del esquema 4.2, como se indica:



Esquema 4. 2 Actividades del proceso constructivo en cimentación profunda con pilotes.

⁷⁹ Suelos blandos, sueltos o expuestos a socavación en ríos; suelos que no cumplen la portación de todas las cargas a imponer y también que prevé cualquier tipo de anomalía futura, hundimientos, disolución, licuación, asentamientos diferenciales apreciables, etc.

4.5.3.1 TRAZO DE LOS EJES DEL PROYECTO DE PUENTE EN EL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO.

El trazado en el terreno de los ejes del proyecto, se hace acorde con los planos constructivos autorizados; se dejan referenciadas estacas de madera, varillas o mojones de concreto, con la finalidad de marcar fijamente los puntos precisos, bien posicionados para el inicio de las excavaciones, desplantes, hincados, y replanteos; etc. Se dejan colocados los ejes de las columnas de soporte de la superestructura. Paralela a esta actividad, de topografía, se colocan referencias cercanas a cada eje con la finalidad de tener un soporte en caso de pérdida de los puntos inicialmente marcados, debido al proceso que implica la obra; esto, es el replanteo de los trazos guías principales siguientes:

- Eje principal de alineamiento del puente y el correspondiente ángulo, sin esviajamiento o con esviajamiento principalmente, este deberá quedar bien chequeado, sin alteramiento de la posición exacta del eje principal.
- Ejes centros de columnas de soporte de la superestructura, en concordancia con toda la geometría, y el eje principal del puente.
- Eje y centro de cada elemento de cimentación (zapatas o pilotes).
- Geometría y perímetro de zapatas de fundación y justamente centrados en posición requerida por la geometría principal y el diseño estructural y constructivo.

4.5.3.2 TRABAJOS DE PERFORACION PARA HINCADO DE PILOTES.

Cimentación profunda, se emplea los muros pantalla soportados en pilares perforados e hincados en el terreno, o pilotes o micropilotes, que trabajan mecánicamente por la punta apoyada sobre el estrato firme; o, por el fuste o cuerpo lateral de este a través de la fricción lateral encontrada con el suelo que lo contiene rodeado a lo largo de cada uno de ellos.

Habiendo puesto las referencias y ejes principales del puente y del sistema de pilotes, sigue la perforación de cada uno en el lugar y punto indicado a la profundidad requerida para su posterior hincado. La perforación se realiza utilizando la maquinaria y personal capacitado para ello. Existen diferentes métodos de perforación que se aplica a cada uno, según las condiciones encontradas en el suelo del sitio de emplazamiento. Estos son:

- Método en seco, para suelos cohesivos (perforación rotatoria, trepano manual, etc.)
- Agentes fluidos (lodos, agua, aire), cuando las paredes de la perforación no son estables y no se puede proteger la excavación con tuberías.
- Entubados, para suelos no cohesivos o para evitar derrumbes y socavaciones (entubado vibratorio, oscilatorio.)

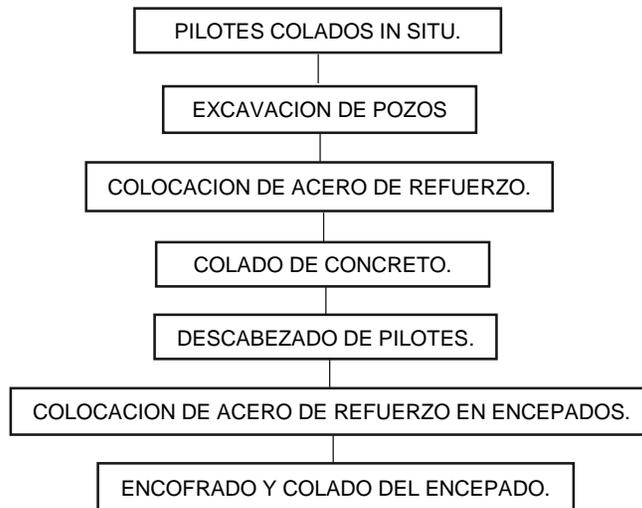
Durante el proceso de la perforación, donde se hinca el pilote, deberá cuidarse la verticalidad del agujero y el acabado de las paredes; además, conservar las dimensiones y profundidades establecidas en las especificaciones técnicas, que exige el contenido del proyecto y su diseño.

4.5.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACION PROFUNDA.

Se procede a la construcción de los pilotes, cuando está previsto en el diseño; esto, de acuerdo con la capacidad portante del suelo para cada pila o estribo; este proceso se sigue en base a los planos constructivos y las especificaciones contractuales y demás para garantizar la calidad y buena obra en su ejecución. Los pilotes pueden ser fabricados in situ o prefabricados; en cada caso se aplica una metodología con lo que se consigue los requerimientos de diseño y las especificaciones correspondientes con la calidad debida.

4.5.4.1 PILOTES COLADOS IN SITU.

Las actividades en el proceso constructivo de pilotes colados in situ, son las mostradas en el esquema 4.3.



Esquema 4. 3 Proceso constructivo de pilotes colados in situ.

4.5.4.1.1 EXCAVACION DE POZOS.

Se utilizará el método de perforación⁸⁰, según las condiciones del suelo encontradas en el sitio del emplazamiento.

Disponer e instalar el equipo de perforación⁸¹; durante el proceso de perforación, se prepara el armado del acero de refuerzo, verificando traslapes, separaciones, ganchos y dobleces, conforme a los requerimientos de las especificaciones técnicas contractuales.

4.5.4.1.2 COLOCACION DE ARMADURAS EN EL POZO.

Al terminar la perforación, se llega a la profundidad requerida dejando preparado para la armadura; el armado del acero de refuerzo se hace en base a los planos, según especificaciones técnicas contractuales; una vez se tenga el armado, del acero de refuerzo se iza utilizando grúas para introducirlo en el pozo perforado para cada pila. Verificando el alineamiento horizontal y vertical, con la brigada topográfica, utilizando las referencias marcadas para la colocación del pilote. Hacer todas las verificaciones que garanticen la colocación correcta de cada elemento y la geometría requerida en el diseño conceptual inicialmente autorizado.

Centrado del armado, utilizando las referencias colocadas por el topógrafo, el ingeniero encargado realizará y garantizará el seguimiento y control para evitar desplazamientos en la colocación, esto desde el banco de nivel ubicado para esta

⁸⁰ Método en seco, agentes fluidos o entubado.

⁸¹ Por ejemplo, perforadora rotatoria o de percusión.

actividad. Se estabiliza, centra y se alinea la estructura y se asegurará de la posición exacta⁸², con soportes hechos con paquetes de varillas y helados de concreto o separadores plásticos para dar el recubrimiento especificado de las pilas. Finalizada la colocación del acero, se procede a la colocación del tubo de ademe, el cual sirve para hacer llegar el concreto al fondo de la perforación.

4.5.4.1.3 COLADO DEL PILOTE.

Se tiene introducida la armadura en el pozo y lista para verter el concreto, se utilizará un embudo de longitud acorde con la profundidad del pozo.

Para realizar el colado del concreto de las pilas se respetarán las especificaciones indicadas para ello y los procedimientos correctos, por ejemplo, usando equipo especializado de bombeo; es muy importante, la distancia entre la unidad concretera y el sitio del colado; se considerará el tiempo de fraguado del concreto y el uso de aditivos retardantes, ya que estos elementos estructurales utilizan concreto de alta resistencia.

Conforme avance el llenado de concreto, la tubería de ademe se levanta para que el concreto fluya al vaciarse. Al terminar el colado, se retira la tubería, seguido del izado del ademe. El ademe, se recomienda dejarlo el tiempo necesario para evitar que el concreto se adhiera a él, retirándolo antes del fraguado del concreto, para evitar que se produzcan fracturas en el concreto.

⁸² El centrado y posicionamiento exacto del eje vertical del pilote o inclinado con el ángulo correspondiente según el diseño por el ingeniero de fundación, deberá ser como lo indican los planos correspondientes a fin de que se cumpla con la transmisión correcta de las cargas a imponer y distribuir en el fondo del subsuelo y los laterales como lo prevé el diseño.

4.5.4.1.4 DESCABEZADO DE PILOTES.

Es una operación que consiste en quitar, por medios mecánicos, el concreto de la parte superior del pilote (aproximadamente un metro) para dejar libre la armadura para la colocación y amarre del acero de refuerzo (encepado).

Los extremos superiores de los pilotes se cortarán a escuadra y a nivel establecido en el diseño del proyecto. Las cabezas de los pilotes serán cortadas para ajustarlas al plano de la parte inferior de la estructura que se apoye en ella.

4.5.4.1.5 COLOCACION DEL ACERO EN EL ENCEPADO.

La estructura de acero que formará el encepado⁸³, se arma en la zona próxima al lugar donde se debe colocar. Esta estructura se trasladará por medio de grúa móvil en el lugar para proceder al encofrado. El encepado sirve de base al soporte (pila) que descansa sobre él, de forma análoga a lo que sería una zapata aislada.

4.5.4.1.6 ENCOFRADO Y COLADO DEL ENCEPADO.

Consiste en colocar tableros metálicos o de madera en el perímetro de la armadura utilizando puntales y codales según el plan de montaje. El colado del encepado consiste en verter y vibrar el concreto de la resistencia requerida (σ'_c) por el diseño en toda la superficie encofrada.

⁸³ Pieza prismática que une las cabezas de un grupo de pilotes o que trabajan conjuntamente.

4.5.4.2 PILOTES PREFABRICADOS.

Los pilotes prefabricados cumplirán con las especificaciones del diseño estructural (Φ_P , $\bar{\rho}_P$, ϕ_{ac} , σ_{ac} , σ_c , μ , etc.) en base a los requerimientos que el proyecto indica ante las cargas (W_T) impuestas. Estos pilotes son de diámetro menor (Φ_P) que los pilotes in situ, por la dificultad presentada al ser hincados en el suelo, al finalizar con el hincado se procede al descabezado y se prepara el encepado.

4.5.4.2.1 FABRICACION DE LOS PILOTES DE CONCRETO.

Los materiales y procedimientos constructivos en la fabricación de pilotes de concreto, cumplirán con normas y especificaciones técnicas contractuales; el ingeniero a cargo de este proceso lo verificará, para cumplir los requisitos de resistencia y durabilidad que requiera el diseño durante su vida útil.

4.5.4.2.2 ENCOFRADO DE PILOTES.

En la fabricación se utilizan los encofrados metálicos para darle la forma y acabado requerido a cada uno de los pilotes prefabricados, los cuales son diseñados para soportar el colado y vibrado del concreto; en el medio, se utilizan pilotes con sección cuadrada. Antes de realizar el colado de pilotes, en el encofrado se aplica líquido desmoldante para facilitar el retiro del molde.

4.5.4.2.3 ACERO DE REFUERZO.

El acero de refuerzo normado, cumplirá con lo indicado en los planos constructivos (σ_{ac} , σ_y , $\epsilon\%$, μ , etc.) especificaciones técnicas, y lo contractual,

para garantizar la funcionalidad y buen desempeño en la transmisión de las cargas al terreno garantizando la estabilidad del puente.

4.5.4.2.4 COLADO, VIBRADO Y CURADO DEL CONCRETO.

Armado del encofrado del pilote, colocado el acero de refuerzo en base a planos constructivos y especificaciones técnicas, se procede al colado del concreto. El concreto se coloca utilizando el personal y equipo requerido para su posterior vibrado. El curado del concreto, se realiza utilizando agua potable durante 7 días mínimo posterior a su colocación o hasta alcanzar la resistencia necesaria especificada (σ'_{cp}) para evitar deformaciones.

La resistencia de los pilotes (σ'_{cp}) prefabricados es de 300 kg/ m² (hincado en suelos blandos a medios) y 350 kg/ m² (suelos de medios a duros)⁸⁴.

4.5.4.2.5 HINCADO DE PILOTES.

Antes de iniciar esta actividad, se verifican los trazos de ejes de pilotes, posición y alineado, auxiliándose de las referencias marcadas; garantizando el punto y el alineado geométrico propio y con la estructura principal (subestructura y superestructura), lo cual será exacto con el hincado del pilote, utilizando el personal y equipo requerido.

Se realizan perforaciones técnicamente planificadas y realizadas con los equipos y personal correspondiente, con la finalidad de facilitar el hincado del pilote y

⁸⁴ Ramírez, Ricardo y otros. Septiembre de 2004. Procesos constructivos aplicados a cimentaciones profundas en El Salvador. T.B.G. FIA.UES. San Salvador .Pág.161.

evitar movimientos en el suelo adyacente; su realización requiere que haya un ingeniero especialista dirigiendo y controlando todas las operaciones en esta actividad técnica específica, garantizando la posición exacta del pilote.

Para realizar el hincado de pilotes, se requiere conocer las características del equipo a utilizar; por ejemplo, al elegir un martillo pequeño (martinete), este no proporcionaría la capacidad requerida para el hincado del pilote, y similarmente, un martillo (martinete) inadecuado o más pesado produciría daños estructurales al pilote, siendo inutilizable en el proyecto; también el equipo motorizado del hincado del pilote debe ser manejado por un técnico experto a cargo de un ingeniero especialista, para que se cumplan las especificaciones de hincado para que estos no se dañen, garantizando la buena calidad.

Hincado de pilotes prefabricados en el sitio del emplazamiento, se seguirá lo siguiente:

- Colocado y alineado (ejes y geometría) en la posición exacta indicada en los planos constructivos y en la perforación correspondiente previa, según el caso; chequear y requechequear para verificación y control.
- Acoplar la cabeza del pilote al golpeador el martillo (martinete) a cargo de un ingeniero y la topografía.
- Verificar la verticalidad del pilote utilizando el personal y equipo topográfico requerido.

- Del equipo motorizado, accionar el disparador del martillo, para iniciar el hincado del pilote.
- Realizar la actividad el descabezado del pilote y preparación para la actividad siguiente.

4.5.5 CIMENTACION SUPERFICIAL.

4.5.5.1 ZAPATAS.

Son elementos de cimentación apoyados directamente sobre el terreno natural o mejorado, con o sin encofrado; generalmente se colocan a poca profundidad (aproximadamente de 2m a 3m) y de formas geométricas prismáticas rectas preferentemente: cuadradas, rectangulares; o circulares u otra geometría regular o poligonal. Se construyen de concreto reforzado. El proceso constructivo de zapatas, es el indicado en el esquema 4.4.



Esquema 4. 4 Proceso constructivo de las zapatas de fundación.

4.5.5.2 TRAZO TOPOGRAFICO DE LOS LIMITES DE LA ZAPATA.

Para iniciar la construcción de la zapata, primero verificar los trazos topográficos de los límites de la zapata, centro; alineación, ejes horizontal y vertical, geometría principal; cumplido esto, se hacen todas las revisiones, comprobaciones y verificaciones y chequeos o rechequeos actuales a fin de garantizar que las posiciones consiguientes se cumplan exactamente lo indicado en los planos constructivos, estén visibles; en caso contrario, deberán trazarse nuevamente apoyándose, de ser necesario, en las referencias marcadas a los costados de la obra, replanteo.

4.5.5.3 EXCAVACION.

La excavación se realiza como se indica en los planos constructivos; en donde, se facilite el armado del acero de refuerzo, colocación de encofrado y colado del concreto. Conforme avanza la excavación, la supervisión verifica el nivel de desplante y la cota de fundación, así mismo la geometría indicada con sus dimensiones y acabados de superficie y laterales de la excavación donde se dispone el acero de refuerzo y se vierte el concreto; que estas dimensiones sean exactas, para determinar la profundidad final de excavación y la cota final del desplante.

4.5.5.4 PLANTILLA DE CONCRETO.

El replanteo requiere una superficie plana de preferencia para marcar los ejes, referencias y límites de la zapata, la superficie de fondo se garantizará que sea plana y los laterales de excavación. Al llegar a la cota de desplante requerida

para la cimentación, casi siempre se realiza en la preparación del fondo, una plantilla de cimentación con el material con proporción apropiada⁸⁵ y espesor indicado en las especificaciones técnicas.

Antes de colocar el material en el área, se colocan referencias para medir el espesor de la plantilla, garantizando así los niveles del proyecto, se utilizan varillas de 3/8" ancladas al terreno con una traza de hilo entre ellas colocado horizontalmente con equipo topográfico, garantizando una superficie nivelada para colocar la zapata.

4.5.5.5 PROTECCION DEL TALUD DEL TERRENO EXCAVADO.

Finalizada la plantilla y sus acabados, es necesario proteger lateralmente el talud del terreno en todas las caras de la excavación, utilizando los procedimientos apropiados, entibado, refuerzo metálico anclado al terreno, etc. Esto a través de un diseño específico, para mantener su estabilidad para este mismo propósito, se tomará en cuenta, el nivel freático, el suelo de excavación extraído depositado en el perímetro y los efectos de la maquinaria o equipos en las cercanías del talud, ya que esto provoca aumento en las presiones laterales en los mecanismos de estabilización causando movimientos o colapsos de las paredes del talud y la estructura que lo sostienen.

⁸⁵ Por ejemplo, suelo cemento (1:12, 1:15, 1:20, 1:30) y posteriormente se verterá el concreto de recubrimiento de fondo y llenado del elemento a colar.

4.5.5.6 ARMADO ESTRUCTURAL DE ZAPATAS.

Una vez establecidos, los ejes de arranque, la cota de fondo de fundación y posición exacta de esta, se coloca el acero de refuerzo de la zapata, columnas o pilas, como se indica en los planos estructurales y las especificaciones correspondientes. Se fija el acero de refuerzo para evitar el desplazamiento debido a su peso o por el viento; en el fondo de estas se garantizará el espesor de recubrimiento 7 cm o según diseño, a través de la colocación de helados así como impermeabilización para evitar corrosión del acero de refuerzo y su aceleración del envejecimiento durante su vida útil.

4.5.5.7 ARMADO DE ENCOFRADO DE ZAPATA.

Hecho el armado de la zapata y teniendo preparadas las condiciones del terreno que son estables en sus laterales, se procede a colar en condición natural del terreno, si así esta especificada; en el caso contrario a esto, es necesario hacer el encofrado (de madera o metálico) verificando que esté en buenas condiciones⁸⁶ de uso. Previamente, al molde en cada una de las caras que estará en contacto con el concreto, se aplica una película (capa delgada) de desmoldante, para garantizar que al retirar el molde, las superficies no se adhieran al concreto y deteriore la superficie acabada y la geometría requerida del elemento fundido in situ.

⁸⁶ Presente superficie limpia y nivelada.

4.5.5.8 COLADO DE ZAPATAS.

Preparado, armado el encofrado y registro en bitácora; se solicita a la supervisión que verifique el preparado y armado del acero de refuerzo y el encofrado para que autorice el posterior colado de zapatas. El concreto⁸⁷ a utilizar está indicado en las especificaciones (σ_c y demás) y en los planos constructivos, en donde, por ejemplo, puede estar especificado, que el concreto será premezclado o fabricado in situ con la resistencia requerida por el diseño estructural.

El vibrado del concreto se hace para que este sea homogéneo; usando el vibrador adecuado con la duración especificada del vibrado (3 a 8 o 15 segundos según se indique), evitando existencia de vacíos o colmenas y el sangrado, en el elemento colado; el vibrado se realiza de la siguiente forma:

- Se introduce verticalmente el vibrador, rápidamente, permitiendo que ingrese hasta el fondo del colado y al menos 6 pulgadas dentro de la capa anterior.
- Manteniéndolo en el fondo del colado de 5 a 15 segundos según especificaciones para ello.
- Se jala el vibrador hacia arriba con velocidad constante, tal que su salida tarde 15 segundos en atravesar una colada de 4 pies, durante se retire.

⁸⁷ La elaboración del concreto fresco para colado de los elementos, ejemplo, zapatas en este caso, se verificará el uso de aditivos para el propósito necesitado y se indicará uno en particular con el que se obtenga la propiedad necesitada como acelerantes o retardantes, curadores anti sol, mejora de resistencia, etc.; lo cual es bien común en este tipo de obra.

Se dispondrán los equipos correspondientes de colocación apropiada y especificada del concreto. Se tendrá en cuenta el volumen a pedir o elaborar, considerando que este sea suficiente, con lo necesitado y evitar el exceso de desperdicio, contratiempos; o prever tardanza en entrega por dificultades en su elaboración, tráfico en la distancia a recorrer hasta la obra u otro imprevisto, lo cual se hará de saber de inmediato al constructor. Se utilizarán los equipos indicados y demás en las especificaciones técnicas y planos constructivos, para ejecutar el colado y vibrado del concreto.

En el sitio, la supervisión tendrá un laboratorio⁸⁸ para realizar las pruebas y ensayos, controles y recomendables, necesarios por ejemplo, al concreto, acero y demás materiales en uso de los diferentes elementos colados que conforman el puente.

4.5.5.9 PRUEBAS DEL CONCRETO EN EL LABORATORIO.

a) Resistencia a la compresión (σ_c o f_c).

En el colado de zapatas, se toman muestras del concreto fresco vertido y de las bachadas del camión concretero antes del colado, para realizar las pruebas de resistencia correspondientes a los 7, 14 y 28 días de colado; esto, con las instrucciones del ingeniero encargado y aprobación por la supervisión. Las resistencias obtenidas se compararán con las resistencias requeridas según especificaciones y el diseño de la obra en los planos, garantizando seguridad y

⁸⁸ Es difícil que en casos como las pruebas al acero de refuerzo o los cilindros de control del concreto muestreado se haga en obra por la maquinaria especializada; pero los muestreos si se hacen in situ.

cumplimiento de la calidad requerida. En caso de no cumplir con las resistencias obtenidas, se implementarán las acciones correctoras requeridas, y a juicio del ingeniero encargado y la supervisión. Todo ello se hará constar en la bitácora actualizada y vigente.

b) Revenimiento.

Se toman muestras del revenimiento (h) del concreto que se esté colando para realizar la prueba de control de revenimiento, utilizando el equipo indicado (cono de Abrams) en las especificaciones. Los resultados obtenidos en esta prueba, se comparan con el indicado en el diseño correspondiente y las especificaciones técnicas, esto para garantizar su cumplimiento y buena calidad esperada.

4.5.5.10 CURADO DEL CONCRETO.

Este se realiza mediante el riego con aspersor, con agua limpia (potable) o con la aplicación de líquido especial de curado (filmógeno), durante 7 días seguidos. Esta actividad se efectúa en toda la superficie expuesta, después del vibrado y enrasado de la superficie final como indican las especificaciones técnicas, evitando así la producción de fisuras de retracción plástica por la pérdida de humedad. Al utilizar película filmógena, esta se dispersa sobre la superficie humedecida y saturada, previniendo charcos. Los paramentos del encofrado, son curados posteriormente al desencofrar. Al utilizar agua potable en el proceso de curado, esta tiene una duración mínima de 4 días, si hay un incremento en la velocidad del viento, calor o disminución en la humedad del ambiente, los

procesos de curado son intensificados, según lo indique el laboratorio y el ingeniero a cargo, en acuerdo con la supervisión.

4.5.5.11 RELLENO Y COMPACTACION.

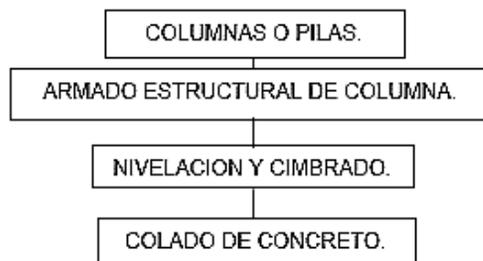
Finalizado el colado de la zapata y cumpliendo los tiempos del desmoldado, se retira el encofrado y la cimbra, procediendo con los rellenos en áreas laterales colindantes de la excavación y la parte superior de la zapata. Estos rellenos se realizan con el suelo sano indicado en las especificaciones técnicas, compactado al 90%, cumpliendo la norma de la AASHTO T-99, en capas de 10 cm a 12 cm y hasta 20 cm máximo.

4.6 ESTRUCTURAS PILAS, ESTRIBOS Y CABEZAL.

Son los elementos verticales de soporte y transmisión de cargas totales que sostienen la superestructura y constituyen parte de la subestructura.

4.6.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE COLUMNAS O PILAS.

Cada columna cumplirá con las especificaciones técnicas, lineamientos de control y supervisión; indicados con al menos tres pasos indicados en el esquema 4.5.



Esquema 4. 5 Proceso constructivo de columnas.

4.6.1.1 ARMADO ESTRUCTURAL DE LA COLUMNA.

El armado estructural de la columna se inicia previamente cuando la zapata de cimentación comienza a construirse, ya que al momento de hacer el colado se dejan embebidas las varillas longitudinales perimetrales para el amarre del acero de refuerzo de la pila el cual también se tendrá el cuidado que toda la armadura quede bien armada asegurándose que nada quede suelto sin alambrado con nudo y principalmente los empalmes con sus longitudes de traslapes y desarrollo, uniones empalmadas. El armado estructural se realiza con los materiales, dimensiones indicadas en los planos y especificaciones técnicas, garantizando el buen confinamiento del núcleo del concreto a contener en su interior y recubrimientos.

4.6.1.2 NIVELACION Y CIMBRADO.

Es importante que, durante el proceso de armado estructural de cada columna, se verifique la verticalidad; si por algún motivo la columna no queda totalmente vertical, tendrán problemas de posición de los demás elementos a colocar, geometría distorsionada, lo cual es un grave error que pudo venir desde el trazado inicial y se pudo evitar al verificarlo; y por consiguiente, habrá que demoler y reiniciar. Las cargas excéntricas, verticales o inclinadas sobre la columna, generan flexión en ella en todo momento, lo cual ha previsto el diseño principal. En todo caso, el diseñador estructural ha indicado los cuidados y riesgos a prever para apearse a lo indicado por él; en la supervisión periódica o consultoría escrita, al solicitarla, lo corroborará.

Control de verticalidad, además del constructor, es responsabilidad de la supervisión, verificarla con dos equipos topográficos correspondientes, chequeando que se forme ángulos de 90° , respecto a la horizontal. Para alinear el armado se recurre al apoyo, de tensores, de alambre, fabricados en la obra, colocándolos anclados en los cuatro lados de la columna, tirando de cada uno de ellos según lo indique el equipo topográfico. Habiendo alineado verticalmente el acero de la columna, se coloca alineadamente la cimbra.

La cimbra y el encofrado, si es excesivamente pesada, se colocan utilizando una grúa y un equipo topográfico. El molde tendrá una superficie lisa y limpia, contendrá aplicada una capa de líquido (fluido) desmoldante para facilitar su posterior retiro y garantizar que los acabados permanezcan intactos por daños al momento que se hace la actividad del desmoldamiento.

4.6.1.3 COLADO DE COLUMNA.

Preparada la cimbra, y el encofrado bien asegurado y libre de filtraciones, se realiza el colado de la columna según indique la especificación en el proceso constructivo previsto, utilizando el concreto indicado en las especificaciones, teniendo el cuidado, en este proceso, de vibrar correctamente el concreto; particularmente, asegurándose del llenado sin imperfecciones en la parte baja de la columna para garantizar su homogeneidad; esto mismo, a lo largo de ella. La altura del colado de la columna será a la cual el cabezal comienza a construirse y depende de la posición de cada elemento del puente.

4.6.2 CABEZALES O ASIENTO DE LAS VIGAS.

Los cabezales son elementos estructurales que se unen con la cabeza de columnas o de estribos o de las pilas para proporcionar la superficie que se necesita para la disposición bien sentadas y asentadas de las vigas del tablero.

Su función es, transmitir y distribuir las cargas de la superestructura, a través de columnas y cimentaciones; tal como lo previó el diseñador.

Los cabezales prefabricados⁸⁹ se unen también a las columnas ejecutadas "in situ".

La sección y longitud varían para ajustarse a las dimensiones requeridas por el apoyo de las vigas y el ancho del tablero.

4.6.2.1 ARMADO ESTRUCTURAL DEL CABEZAL.

Una vez colada la columna, se coloca el acero de refuerzo del cabezal y topes sísmicos según las especificaciones técnicas y los planos constructivos, para evitar que las vigas se desplacen horizontalmente sobre el cabezal, ante un evento sísmico o grandes vibraciones e impactos.

Los andamios o castillos cimbrantes se arman en base a los niveles topográficos del elemento a ejecutar, ajustando el nivel de la estructura con los indicados por el topógrafo, los cuales son revisados por el ingeniero residente y la supervisión.

⁸⁹ Todo prefabricado se hace a propósito y tomando en cuenta el correspondiente proceso constructivo acordado para su disposición correcta in situ y contendrán indicaciones para colocación y ensamble de la unidad.

4.6.2.2 CIMBRADO Y COLADO DEL CABEZAL.

La cimbra se coloca con el cuidado de dejar las correspondientes distancias entre el encofrado y el acero de refuerzo según lo indicado en los planos estructurales, especialmente, para el recubrimiento. Se verifican los niveles establecidos para realizar el colado del concreto. Se solicita a la supervisión, mediante nota de bitácora, revisar el armado del acero de refuerzo, nivelación y construcción del encofrado y su aseguramiento; también, la alineación del cabezal con los ejes y posición exacta. Se realiza el mismo procedimiento del colado de columnas en el cabezal, utilizando los equipos de colocación y vibrados requeridos.

4.6.3 MURO ESTRIBO.

Tiene la función de recibir las vigas principales, la losa de rodamiento y enlazar las losas de aproximación, entrada y salida.

La construcción de muros estribos conlleva las actividades siguientes:

Excavación de la cimentación de los estribos; se realiza el trazo y desplante de la cimentación y la cota de fondo de estos, donde se colocará una plantilla de concreto; el trazo de ejes de zapatas, pilotes⁹⁰, armado del acero de refuerzo, cimbrado, colado de zapatas y muro, topes sísmicos, apoyos de neopreno y las correspondientes cotas del proyecto, según lo indicado en los planos constructivos y especificaciones técnicas.

⁹⁰ Realizando perforación e hincado de pilotes, excavación y descabece de pilotes a requerimiento del diseño estructural.

Durante la construcción del muro estribo, es necesario la colocación del acero de refuerzo, topes sísmicos, apoyos de neopreno y los respectivos niveles del proyecto indicados en los planos constructivos y especificaciones técnicas. En la pantalla frontal, se deja la tubería de PCV o las indicadas en los planos constructivos espaciados horizontal y verticalmente para el drenaje. Posteriormente, se rellena con suelo selecto requerido hasta la altura de terminación de los cabezales.

Muros de las rampas, si fuese el caso, se coloca el acero de refuerzo para el colado de los muros y compactar con suelo selecto la rampa, hasta la rasante especificada en los planos constructivos, ligados a la estructura, para elaborar la rampa de acceso y salida del puente.

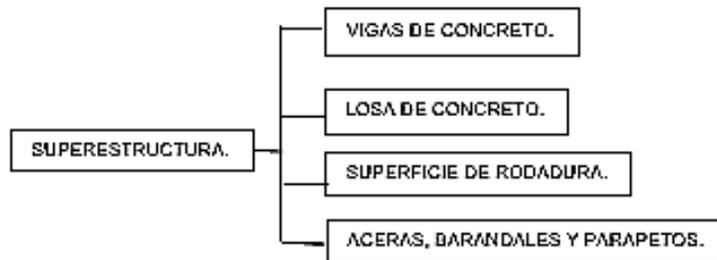
4.6.4 LOSAS DE APROXIMACION.

Se coloca filtro granular⁹¹ en un ancho de 30 cm, junto a las paredes del estribo en contacto con la tubería de PVC que forman el sistema de drenaje. Consiguientemente, de acuerdo con lo contractual del proyecto, en el alineamiento vertical y horizontal se procederá a colocar el material de sub-base en capas de 15 cm humedeciendo y compactando hasta obtener el 100% de densidad según el proctor modificado, hasta llegar a la rasante. Posteriormente, se procede al armado del encofrado, acero de refuerzo, colado y curado del concreto en la losa de aproximación; finalmente se coloca la carpeta de rodadura.

⁹¹ Arena y grava compactada.

4.7 SUPERESTRUCTURA.

La superestructura de un puente, está conformada por el tablero y demás indicados en el esquema 4.6.



Esquema 4. 6 Componentes de superestructura de un puente.

Procesos constructivos de la superestructura:

4.7.1 VIGAS DE CONCRETO.

La estructura principal de soporte de la superestructura, se compone por vigas de concreto coladas in situ o prefabricadas, dispuestas y distribuidas como se indica en los planos constructivos. Se tendrá una logística para el traslado y colocado de vigas, rigidizadas por medio de diafragmas.

4.7.1.1 FABRICACION DE LAS VIGAS.

Para la fabricación de vigas o prefabricadas, es indispensable tener planos estructurales, equipo y personal especializado para garantizar la calidad en su fabricación; un ingeniero encargado en la supervisión del personal en los procesos de fabricación, para cumplir con lo indicado en los planos constructivos y las especificaciones técnicas.

Los planos estructurales son primordiales y deben estar debidamente autorizados por cada una de las personas responsables del proyecto; en estos planos, se describen las secciones, medidas, tolerancias, materiales, resistencia, ubicación de vigas.

Al llegar las vigas al sitio de la obra, se utiliza el equipo requerido para el izado y traslado de las vigas colocándolas en el banco, centradas y con los ejes marcados en las vigas y en los dispositivos sísmicos. Este proceso se realiza hasta colocar todas las vigas que conforman parte de la estructura superior del puente. Seguidamente, se procede al cimbrado y armado del acero de refuerzo de la losa del puente, la que será construida según las especificaciones y procedimientos previstos.

4.7.2 CIMBRADO, ENCOFRADO Y COLADO DE LOSA DE CONCRETO.

El encofrado a utilizar será de madera o metal según las especificaciones técnicas; se colocan los elementos de soporte a las distancias indicadas en el diseño para asegurar que la estructura no colapse. Completada esta preparación, se coloca una capa desenmoldante en toda su superficie para facilitar el desenmoldado.

Durante este procedimiento, se colocan escuadras, separadas a distancias indicadas en los planos constructivos, colocando sobre ellas el material utilizado como encofrado para aceras y parapetos. Las pre-losas son usadas como encofrado sobre las vigas para el colado de la losa del puente.

En el caso de utilizar pre-losas, estas se colocan después de las vigas. Se fabrican las pre-losas durante el colado de columnas y cabezales. Las pre-losas se arman en base a las especificaciones técnicas del diseño estructural.

Instalado el encofrado, se coloca el acero de refuerzo longitudinal y transversal requerido, según especifique los planos constructivos a lo ancho y largo de la losa del puente, verificando separaciones entre varillas, recubrimientos, etc. En esta fase, será colocado el acero de refuerzo para aceras y parapetos según especificaciones; también, se colocan las tuberías de drenaje.

En casos que tengan un apoyo móvil, se colocará una banda de material flexible en el muro estribo; y, banda de neopreno en todo lo ancho de la viga.

Terminado el armado y colocación de juntas de dilatación, se colocan los niveles indicados en los planos para obtener un drenaje adecuado que evite el estancamiento de agua en la superficie de rodadura. Marcados los niveles, se lava el encofrado para eliminar residuos que contaminen el concreto.

Después de limpiar el encofrado, sigue el colado de la losa en secciones, utilizando el personal y maquinaria prevista. El concreto a utilizar será de alta resistencia, teniendo el cuidado en dar el espesor requerido de la losa y las pendientes de bombeo de desagüe de agua lluvia, según especificaciones técnicas.

El colado se inicia desde el eje central de la losa, esta franja se usa como guía para proporcionar el bombeo del agua hacia los extremos. Los niveles se colocan en el eje central de la losa.

Al terminar el colado, se aplica el curado del concreto utilizando riego de agua potable o se aplica un aditivo sobre la superficie de la losa; dándole el acabado a la losa utilizando una llana metálica. Realizado el acabado, sigue el texturizado de la losa antes que fragüe el concreto, utilizando el equipo correspondiente. Seguidamente, se realizan cortes a la misma distancias según diseño e indicado en planos constructivos con el fin de provocar “fallas controladas”.

4.7.3 SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Es la parte final de la rasante del tablero en la superficie o superficie de rodamiento acabada de concreto hidráulico o concreto asfáltico, con espesor mínimo de 5 cm para proteger la superficie de la losa.

4.7.4 ACERAS Y PARAPETOS.

Posterior al colado de la losa, se continúa con el armado del acero de refuerzo para aceras; se coloca el acero de refuerzo de la losa, junto con el acero de refuerzo para la acera, parapeto y soporte de barandales indicados en planos constructivos. Se sigue colocando el encofrado de aceras y guarnición, para su posterior colado y curado del concreto; se colocan los postes de los barandales; finalizando con la colocación los tubos para el barandal del puente, dándoles los

acabados a los tubos, postes, guarniciones según las especificaciones contractuales.

La losa del puente se limpia para colocar las señalizaciones indicadas en las normativas viales del país (guarniciones de color amarillo al igual que las líneas de paso peatonal) contenidas en las especificaciones técnicas contractuales. En la entrada y salida del puente, si el diseño lo requiere, se colocan defensas metálicas en postes de concreto, verificando separaciones, verticalidad y niveles requeridos indicados en los planos constructivos autorizados.

Las defensas, son colocadas con la maquinaria necesaria para levantarla y dar la forma requerida. Se continúa con los detalles de pintura y colocación de bordillos, indicados en los documentos contractuales para ello.

Al finalizar todos los trabajos del puente, se realiza un recorrido con el supervisor para verificar el trabajo terminado y si tiene alguna observación. Toda observación deberá ser superada y aprobada por la supervisión antes de limpiar el sitio de la obra. Para realizar el acta de entrega de la obra, en común acuerdo entre las partes involucradas. Al realizar el acta de recepción final, se hace entrega de la garantía de fiel cumplimiento al constructor, la devolución de esta garantía es simultáneamente a la entrega de la garantía de buena obra por parte del constructor, al propietario del proyecto.

El contratista extenderá una garantía de buena obra al contratante por un valor del 10% del monto total del proyecto, antes que el contratante realice el pago final

del contrato. Esta garantía se extiende por un periodo de un año o según lo indicado en los documentos contractuales, a partir de la fecha de recepción del proyecto, el contratista se responsabiliza sobre el funcionamiento o daños en los elementos de la estructura ocasionados por el incumplimiento de lo indicado en los planos constructivos y especificaciones técnicas.

CAPITULO V

PROPUESTA PLAN DE GESTION DE PROYECTOS
DE PUENTES.

CAPITULO V

PROPUESTA PLAN DE GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES.

5.0 PLAN DE GESTION A PROYECTOS DE PUENTES.

La gestión de proyectos de puentes sigue un proceso sistemático, de aplicación de etapas en el desarrollo de la planificación y ejecución de los proyectos de construcción a través de un plan de gestión en la ejecución; el seguimiento, control y cierre, con el objetivo de que los costos, tiempo y buena calidad de las obras ejecutadas, satisfagan al propietario.

La gestión de ejecución de los proyectos planifica. Implica, planear la ejecución de todas las actividades del proyecto, previo a la orden de inicio; el seguimiento y control a la fase constructiva en lo que se prosigue, para medir el progreso de avance y el grado de buena calidad de las obras según lo programado.

El objetivo del plan⁹² de gestión de proyectos de puentes, es la aplicación de una metodología de gestión inicial del proyecto de puente, ver esquema 5.1, aplicado sistematizadamente para la administración o manejo de estos proyectos, definiendo actividades y procesos constructivos requeridos durante la ejecución. Esta se realiza desde la etapa de formulación hasta el cierre del proyecto en construcción, para garantizar efectividad en el cumplimiento del proyecto en costos, plazos y calidad, según requerimientos contractuales.

⁹² Modernamente, todo ejecutor de obra, persona y empresa, necesita cumplir esta actividad del emprendimiento, en efectividad al buen desempeño y éxito para satisfacer al propietario y a los usuarios.

El plan será una base de información, para el ejecutor del proyecto puentista o profesional a cargo para la elaboración y ejecución del proyecto; controlando y garantizando el cumplimiento de las actividades y procesos constructivos, aplicando normativas y requerimientos técnicos para el cumplimiento de la buena calidad de la obra. Ver tabla 5.1.

Tabla 5. 1 A. Plan de gestión de proyecto de puente.

PLAN DE GESTION DE PUENTES DE CONCRETO.			
PROCESO	ENTRADA	ACTIVIDADES Y APLICACIÓN DE TECNICAS	SALIDAS.
Elaboración del proyecto de puente.	<ul style="list-style-type: none"> • Visita técnica al sitio del emplazamiento. • Diseño conceptual del proyecto. • Formulación del proyecto. • Diseño del proyecto definitivo. • Planificación del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta con pobladores del lugar. • Asesoría de profesionales expertos (geotécnicos, geológicos, hidráulicos, etc.). • Diagnóstico de problemática. • Información de características del emplazamiento. • Profesional experto en las diferentes áreas. • Estudios de viabilidad y factibilidad. • Posibles alternativas de solución a la problemática. • Estudios preliminares. • Planificación preliminar. • Asesoría con personal experto. • Alternativa de solución factible en base a las condiciones del emplazamiento. • Actividades principales del puente. • Asesoría con profesional experto en las diferentes áreas. • Diseño del proyecto definitivo. • Actividades principales del puente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar la problemática. • Información de las características del emplazamiento. • Diseño conceptual del proyecto. • Posibles alternativas de solución a la problemática. • Estudios preliminares. • Alternativa de solución factible en base a las condiciones del emplazamiento. • Actividades principales del puente. • Diseño del proyecto. • Especificaciones técnicas. • Planos constructivos. • Planificación del proyecto. • Secuencia de actividades. • Asignación de recursos a actividades.

	<ul style="list-style-type: none"> • Programación de actividades. • Ejecución del proyecto. • Seguimiento y control del proyecto. • Cierre del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Especificaciones técnicas. • Planos constructivos. • Asesoría con profesional experto. • Secuencia de actividades. • Asignación de recursos a actividades. • Estimación de recursos. • Presupuesto. • Software MS Project. • Asesoría con profesional experto. • Acta de inicio de ejecución del proyecto. • Normas y especificaciones técnicas. • Planos constructivos autorizados. • Programación del proyecto. • Plazos de ejecución del proyecto. • Ruta crítica. • Asesoría de profesional experto en las diferentes áreas. • Normas y especificaciones técnicas. • Planos constructivos autorizados. • Programación del proyecto. • Plazos de ejecución del proyecto. • Ruta crítica. • Software MS Project, para programar y controlar el proyecto. • Plan de gestión de los procesos constructivos. • Plan de gestión de riesgos. • Supervisión. • Cumplimiento de normas y especificaciones contractuales. • Cumplimiento de actividades con calidad, costos, plazos y autorizados. • Cumplimiento de exigencias del propietario. • Cierre de contrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimación de recursos. • Presupuesto. • Programación de actividades. • Plan de gestión de riesgos. • Plazos de ejecución del proyecto. • Ruta crítica del proyecto. • Cumplimiento de normas y especificaciones contractuales. • Garantizar el cumplimiento de actividades con calidad, costos, plazos autorizados. • Cumplimiento de exigencias del propietario. • Plan de gestión de los procesos constructivos. • Cumplimiento de normas y especificaciones contractuales. • Garantizar el cumplimiento de actividades con calidad, costos, plazos autorizados. • Control de cambios. • Cumplimiento de exigencias del propietario. • Cierre del proyecto. • Entrega a satisfacción del cliente. • Entrega de fianzas y garantías respectivas.
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 5. 1 B. Plan de gestión de proyecto de puente.

PLAN DE GESTION DE PUENTES DE CONCRETO.			
PROCESO	ENTRADA	ACTIVIDADES Y APLICACIÓN DE TECNICAS	SALIDAS.
Planificación del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Visitar el sitio del emplazamiento del puente. • Estudios requeridos para la ejecución del puente. • Definir actividades. • Secuencia de actividades. • Asignación de recursos. • Duración de actividades. • Desarrollo de cronograma de actividades. • Estimación de costos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta con pobladores del lugar. • Ensayos, análisis y resultados de los respectivos estudios. • Asesoría con personal experto. • Actividades constructivas principales del puente. • Software MS Project, para la programación del proyecto. • Actividades constructivas principales del puente. • Rendimientos del personal de constructora. • Asesoría con profesional experto. • Software MS Project para el control del programa de ejecución del proyecto. • Actividades constructivas principales del puente. • Recursos de la actividad. • Requisitos de recursos de la actividad. • Asesoría con profesional experto. • Proyectos similares realizados. • Actividades principales del puente. • Plazos de ejecución de actividades. • Ruta crítica del proyecto. • Estimación de recursos. • Asesoría de profesional experto. • Cronograma del proyecto. • Asesoría de profesional experto. • Propuestas de licitaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar la problemática. • Información de las características del emplazamiento para su diseño. • Actividades constructivas principales del puente. • Actualización de actividades principales del puente. • Asignación de recursos. • Requisitos de recursos de actividades. • Plazos de ejecución de actividades. • Verificación y cumplimiento de contrataciones, para cumplir con calidad, costo y plazos. • Cronograma del proyecto • Ruta crítica del proyecto. • Costos de actividades. • Actualización de los documentos del proyecto.

	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del presupuesto. • Calidad. • Medios de comunicación. • Contrataciones. • Desarrollar plan de gestión de riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoría con profesional experto. • Costos índices. • Costos de actividades. • Cronograma de actividades. • Contratos. • Asesoría con profesional experto. • Actividades principales del puente. • Plazos de ejecución de actividades. • Ruta crítica del proyecto. • Estimación de recursos. • Asesoría con profesional experto. • Normas y especificaciones técnicas. • Oral y escrita. • Asesoría con profesional experto. • Rendimientos de constructora. • Actividades principales del puente. • Plazos de ejecución de actividades. • Ruta crítica del proyecto. • Estimación de recursos. • Licitaciones de recursos. • Asesoría con profesional experto. • Consultoría con pobladores del lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo total del proyecto. • Actualizaciones de documentos del proyecto. • Control de calidad en ejecución de actividades. • Cumplimiento de normas y especificaciones contractuales. • Informar avance o anomalías en la ejecución de las actividades. • Verificación y cumplimiento de contrataciones, para cumplir con calidad, costo y plazos. • Plan de gestión de riesgos.
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 5. 1 C. Plan de gestión de proyecto de puente.

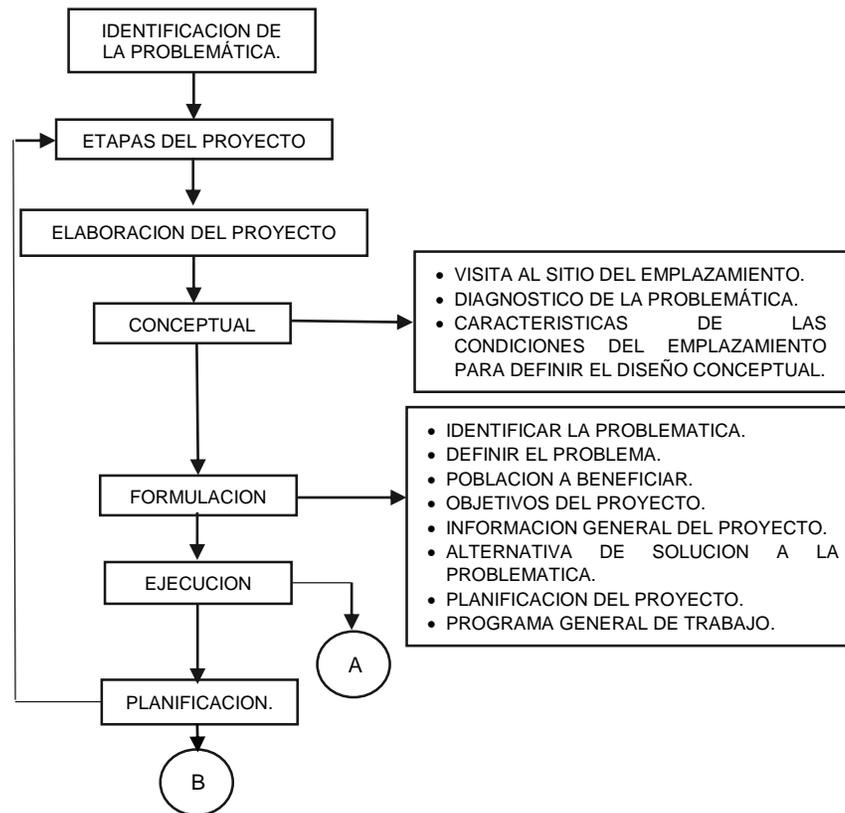
PLAN DE GESTION DE EJECUCION DEL PROYECTO.			
PROCESO	ENTRADA	ACTIVIDADES Y APLICACIÓN DE TECNICAS	SALIDAS.
Ejecución del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar interesados. • Acta de constitución del proyecto. • Formar equipo de trabajo. • Programar actividades. • Materiales y equipos. • Costos y presupuesto de recursos. • Ejecución de actividades del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Visita previa al lugar. • Entrevista con pobladores de la zona. • Asesoría con profesional experto. • Planificación. • Asesoría con profesional experto. • Jerarquía de actividades. • Duración de actividades. • Rendimiento de recursos. • Asesoría con profesional experto. • Proveedores de materiales, equipos y servicios. • Asesoría con profesional experto. • Volumen de obra calculado. • Equipo de trabajo. • Programación de actividades. • Materiales y equipos. • Planos constructivos autorizados. • Normas y especificaciones técnicas. • Equipo del proyecto. • Cuadrilla topográfica. • Supervisores de control de calidad. • Contratista. • Cronograma de actividades. • Proveedores de materiales, equipos y servicios. • Materiales y equipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Informar avance del proyecto. • Verificar cumplimiento y rendimiento de sus intereses. • Legalización de contrato del proyecto. • Jerarquía organizacional. • Asignación de roles y responsabilidades. • Establecer ruta crítica del proyecto. • Planificar compras, adquisiciones de bienes y servicios. • Presupuesto total del proyecto. • Cumplimiento de normas y especificaciones contractuales. • Garantizar el cumplimiento de calidad, costos y plazos de ejecución de las actividades del puente.

Tabla 5. 1 D. Plan de gestión de proyecto de puente.

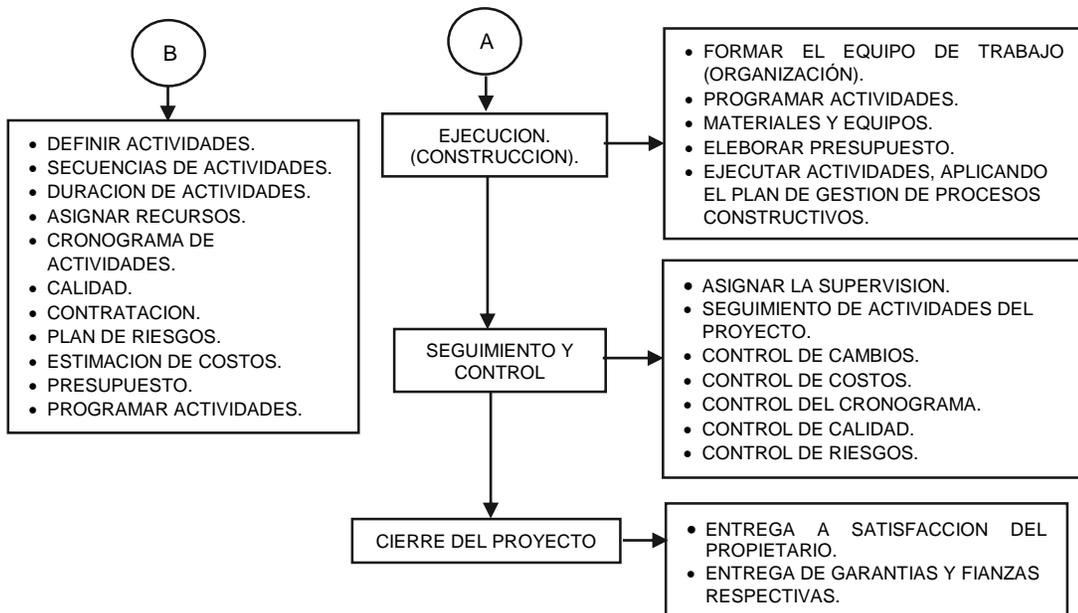
PLAN DE GESTION DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.			
PROCESO	ENTRADA	ACTIVIDADES Y APLICACIÓN DE TECNICAS	SALIDAS.
Seguimiento y control del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> Supervisión en la ejecución del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Supervisores de control de calidad. Planos constructivos autorizados. Normas y especificaciones técnicas. Medios de comunicación acordados. 	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar calidad en los procesos constructivos. Cumplimiento de normas y especificaciones técnicas contractuales. Prevención y corrección de problemas en la ejecución de actividades.
	<ul style="list-style-type: none"> Seguimiento de actividades constructivas del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Supervisores de control de calidad. Planos constructivos autorizados. Normas y especificaciones técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Verificar y garantizar el cumplimiento de requerimientos de costos, plazo y calidad en la ejecución de las actividades.
	<ul style="list-style-type: none"> Control de cambios. 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría con profesional experto. Solicitudes de cambio. Capacitar al personal para documentar cambios, realizarlos, monitorear y actualizar los documentos. 	<ul style="list-style-type: none"> Ejecutar cambios autorizados. Actualizar plan de proyecto, programación, presupuesto, etc.
	<ul style="list-style-type: none"> Actualización de documentos del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría con profesional experto. Especificaciones técnicas y planos como construidos (as built), debido a cambios aprobados. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de documentos a entregar en el cierre al propietario del proyecto.
	<ul style="list-style-type: none"> Control de costos. 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría con profesional experto. Proyecciones. Revisiones del rendimiento. Software de gestión de proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> Mediciones del rendimiento del trabajo. Solicitudes de cambios. Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto. Actualizaciones a los documentos del proyecto.
	<ul style="list-style-type: none"> Control del cronograma de actividades. 	<ul style="list-style-type: none"> Base de datos de empresa constructora. Revisiones de rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Proyecciones del presupuesto. Medición de rendimiento.
<ul style="list-style-type: none"> Control de riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría con profesional experto. Entrevistas con pobladores de la zona. 	<ul style="list-style-type: none"> Actualización de documentos del proyecto. Plan de gestión de riesgos. 	

Tabla 5. 1 E. Plan de gestión de proyecto de puente.

PLAN DE GESTION DE PROYECTO.			
PROCESO	ENTRADA	ACTIVIDADES Y APLICACIÓN DE TECNICAS	SALIDAS.
Cierre del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Cierre administrativo. • Cierre de contrato. • Entrega a satisfacción del cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Listado de revisión de actividades finalizadas. • Asesoría con profesional experto. • Listado de revisión de actividades finalizadas. • Recorrido con el supervisor de la obra para inspeccionar los elementos. • Cumplimiento de requerimientos y especificaciones contractuales del propietario. • Liquidación del contrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar el cumplimiento de requerimientos y especificaciones contractuales de calidad de la obra del contrato. • Liquidación del contrato. • Entrega de documentos finales al propietario. • Cumplimiento de requerimientos del propietario. • Entrega de fianzas respectivas.



Esquema 5. 1 Metodología del plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.



Esquema 5. 2 Metodología del plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.

La gestión de proyectos de puentes, requiere estudios del sitio de emplazamiento del puente, indicando las condiciones y características existentes del lugar; se analiza los datos de campo⁹³ y estudios realizados, para formular una propuesta factible y ejecutable de la alternativa de solución viable. Para ello, se realiza lo siguiente:

5.1 ELABORACION DEL PROYECTO DE PUENTE.

La elaboración de una propuesta que dé solución al problema de conectividad en una zona determinada, con la construcción de una obra de paso (proyecto de puente), considera las siguientes etapas:

⁹³ Principalmente dimensiones, geometría y notas aclaratorias u observaciones pertinentes para el proyecto; todo esto y lo que se necesita es base, expresado en un esquema aproximado y que estén indicadas claramente para buenas estimaciones.

- Diseño conceptual del proyecto.
- Formulación.
- Ejecución.

En la realización de estas etapas, se define la problemática de la comunidad, para el cruce vehicular y peatonal de las comunidades cercanas que se beneficiarían con la construcción de un puente. En base a esto se plantean los objetivos del proyecto y se establecen las actividades constructivas en la ejecución del proyecto del puente.

Para el éxito desde la formulación y ejecución en la construcción de un proyecto de puente, se recolecta la información requerida de las características del sitio del emplazamiento⁹⁴, para elaborar el proyecto. En las etapas, cada actividad a realizar se planifica, garantizando el cumplimiento en su ejecución de las actividades en calidad, costos y plazos establecidos contractualmente.

Las etapas de elaboración de un proyecto de puente, se describen a continuación:

5.2 DISEÑO CONCEPTUAL⁹⁵ DEL PROYECTO.

Propone la idea de una posible solución a la problemática, considerando las condiciones generales del emplazamiento; obtenidas en la visita de campo en el sitio del emplazamiento, esto para hacer un diagnóstico de la problemática,

⁹⁴ Esquemas dimensionados geoméricamente y demás datos útiles para formulación del proyecto.

⁹⁵ Se basa en condiciones actuales prevalecientes o críticas, concepción actual para nueva obra u obra reconceptualizada.

tomando datos de campo (longitud, ancho, ángulo de esviaje, los extremos, la discontinuidad de la vía) para formular la alternativa de solución que beneficie a la población con la construcción de un puente o colocar un puente provisional tipo Bailey que satisfaga la necesidad inmediata de conectividad.

La propuesta de un proyecto conceptual y ejecución de la obra del puente, contendrá, ubicación, características del terreno y del sitio de emplazamiento según las necesidades o criterios del diseñador del proyecto que a la vez puede ser el ingeniero especialista que asegure su congruencia funcional y constructiva.

5.3 FORMULACION DEL PROYECTO.

En la formulación del proyecto de construcción de un puente, por la falta de una obra de paso o deterioro que esta tenga impidiendo el paso seguro para los usuarios de la comunidad, se requiere de la intervención de la población, el ente ejecutor de la obra, los que proponen una “idea planteada, una idea concebida y una idea más técnicamente elaborada”, de la obra de paso que se requiere, esto, con la información recolectada en el lugar del emplazamiento; se formula una propuesta de solución, para facilitar el acceso y conectividad con otras vías importantes.

La formulación de un proyecto de puente, requiere ideas que den solución a la problemática acorde con las condiciones actuales. Para presentar una propuesta de solución se desarrolla lo siguiente:

5.3.1 IDENTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA.

Se identifica la problemática en el punto de emplazamiento donde se construirá el puente, tales condiciones existentes en ese sitio, con lo cual, se propone una solución de conectividad vial y peatonal para la población a beneficiar.

5.3.2 DEFINIR EL PROBLEMA.

Identificada y conceptualizada la problemática de acceso a la zona, por falta de una obra de paso vehicular que facilite la conectividad a otras vías próximas, así como lograr menor tiempo y costos de recorrido, se da una de tres alternativas para un diseño apropiado, con las expectativas de los usuarios.

5.3.3 POBLACION A BENEFICIAR.

El estudio socioeconómico-ambiental y vial establece las comunidades y población aledañas al lugar del punto de emplazamiento a beneficiar con la construcción del puente, facilitando acceso, abastecimiento de servicios y productos básicos en localidades cercanas.

5.3.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

Proporcionar alternativas técnicas de solución al problema de conectividad vial en la comunidad con la alternativa de solución que satisfaga las necesidades de la comunidad, cuyo diseño en el proyecto, cumple con requerimientos, bajos costos, plazos y buena calidad de acuerdo con los programas y proyectos de obras públicas que pueda ser realizable de acuerdo con sus políticas de mejoras de conectividad vial.

5.3.5 INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO.

Un plan de gestión de puente contiene por ejemplo, los lineamientos siguientes:

1. Antecedentes y origen del proyecto; disponibilidad de inversión y factibilidad; problemática a resolver íntegramente, impactos y beneficios.
2. Descripción del lugar y la zona objeto de conectividad vial.
3. Localización geográfica.
4. Diagnóstico de todas las condiciones existentes y demás estudios de apoyo.
5. Estudios de cada una de las condiciones existentes, predominantes, críticas; conceptualización del lugar de emplazamiento y la zona que lo contiene y aledañas.
6. Tipo de puente a proyectar, según claro a salvar.
7. Formulación del proyecto.
8. Permisos y autorizaciones requeridas.
9. Ejecución.
 - 9.1. Documentos contractuales y todos los de apoyo para ejecución: el contratista garantizará que los documentos estén disponibles y evite el deterioro. Incluyendo los siguientes documentos para el control.
 - 9.2. Plan de gestión y el de ejecución, revisado y aprobado.
 - 9.3. Planos del proyecto.
 - 9.4. Especificaciones técnicas y normas de construcción.

9.5. Hoja de control de materiales.

9.6. Manejo y almacenamiento de materiales para la construcción.

9.7 Control de la seguridad ocupacional de trabajo y ambiente.

9.8. Planes de contingencia, previstos.

9.9. Requisitos legales aplicables.

9.10. Fianzas y garantías del proyecto.

5.3.5.1 UBICACION DEL PROYECTO.

Establecer dónde se localiza, las rutas de acceso al emplazamiento del proyecto, para el suministro de materiales y equipo a utilizar en la ejecución.

5.3.5.2 SELECCION DEL SITIO.

Identificar el sitio de cruce vial, ver fig. 5.2, conteniendo el punto de emplazamiento, tal que solucione la problemática de acceso a la comunidad y la conectividad vial directamente hacia otras vías principales.

5.3.5.3 COLINDANCIA.

Identificar las comunidades aledañas al emplazamiento que serán beneficiadas con la construcción del puente.

5.3.5.4 URBANIZACION DEL AREA Y DESCRIPCION DE SERVICIOS REQUERIDOS.

Localizar exactamente, ver fig. 5.2, dónde se encuentra el punto de emplazamiento, los tipos de servicios disponibles en el lugar del emplazamiento

para el suministro de servicios y materiales requeridos en la construcción del puente.

5.3.5.5 CONDICIONANTES PARA EL PROYECTO.

Son las características favorables y desfavorables que hay en el sitio del emplazamiento; las que condicionan y limitan la construcción del puente. Por ejemplo, geometría o dimensión que se ajuste al existente ver fig. 5.3, como ancho de las vías, los ejes y ángulos de desviación e intersecciones; esviaje, drenaje y obras hidráulicas, etc.

5.3.5.6 DESCRIPCION DEL PROYECTO.

Conocer y valorar⁹⁶ exactamente todas las condicionantes del entorno, el emplazamiento y la posición final de emplazamiento del puente, para proyectar una estructura que satisfaga el acceso por la obra de paso, definiendo longitud máxima del tramo, anchura de paso vehicular y peatonal, carriles y aceras, ósea área de rodamiento y aceras para el cruce seguro de los peatones y vehículos.

5.3.6 ALTERNATIVA DE SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA.

Basada en la evolución y conceptualización de la zona y del punto de emplazamiento, y proponiendo un diseño conceptual del puente con las condiciones presentes en el sitio del emplazamiento. Estos aspectos fueron obtenidos de las observaciones en la visita de campo al sitio del emplazamiento, estudios de viabilidad y factibilidad, con la propuesta viable para su ejecución; los

⁹⁶ Es la actividad que integra evaluativamente superando efectos e impactos respecto a la colocación, en este caso del punto deficiente.

estudios preliminares: topográficos, hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos, geológicos, hidráulicos, hidrogeológicos, sísmicos, económicos, etc., que proporcionan toda la información de las condiciones y características del punto de emplazamiento para definir en base a los resultados de los estudios su posición y diseño final.

Toda estructura diseñada debe contener detallado cada uno de los elementos del puente en subestructura, superestructura y accesorios estructurales y no estructurales contenidos en planos constructivos, para determinación exacta de volúmenes de obra, cantidad de materiales, equipos y recurso humano necesitados a utilizar en la ejecución de cada una de las actividades programadas del proyecto, para estimar exactamente los plazos de ejecución y costos totales de la propuesta. Se formula la propuesta completa anexando diseños, plazos y especificaciones, lo más especificadas posibles y sin omisiones e inconsistencias que den lugar a descoordinación lógica de los contenidos del proyecto en ejecución, a través de un plan específico de construcción de la obra.

Definido y autorizado el diseño final, se planifica y ejecuta la propuesta viable del puente.

5.3.7 PLANIFICACION DEL PROYECTO.

Se planifican todas las actividades del proyecto, los recursos a asignar, montos de inversión, personal, materiales, equipos, herramientas, tiempos de duración de actividades, costos; la programación correspondiente de las actividades a realizar con todos los recursos asignados.

La planificación del proyecto de puente de concreto incluye:

- Actividades principales del proyecto de un puente: cimentación, pilas, tablero, y accesorios estructurales y no estructurales; sub actividades para ejecución, seguimiento y control, calidad, costos, plazos; garantizando el cumplimiento de requerimientos técnicos, control de calidad y exigencias del propietario para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto.
- Secuencia de actividades por elemento a colocar: trazo, excavaciones, cimentación, estribos y pilas, cabezales y asientos, vigas y diafragmas, losas, drenajes, pavimento, aceras, cordones, parapetos, barandas y demás accesorios. Una vez programado esto, se obtiene la ruta crítica del proyecto del puente de concreto. Se controla la ejecución de las actividades para cumplir con los costos, plazos pertinentes y buena calidad del proyecto.
- Duración de actividades: calcular en base a rendimientos del personal obrero calificado por especialidad, albañiles, carpinteros, soldadores, etc.; y equipos utilizados en la ejecución de actividades del puente; todo esto, se utiliza para establecer la duración total del proyecto del puente, para cumplir los plazos de ejecución.
- Asignación de recursos: se asignan los recursos⁹⁷ a las actividades a ejecutar en el proyecto de puente, conforme a rendimientos del personal, equipo y avance de actividades, para ejecutarlas con buena calidad, costos y plazos establecidos; se realiza por personal experto y dominio en la especialidad.

⁹⁷ Recursos humanos, materiales, económicos y plazos de ejecución.

- Desarrollo del programa cronogramado de las actividades constructivas: se realiza con todas las actividades y en particular de la ruta crítica, verificando el rendimiento, calidad, costos y plazos en su ejecución; se controla la adquisición de insumos y servicios conforme se avanza, evitando retrasos en plazos de entrega.
- Calidad: para garantizar la calidad de las actividades constructivas del puente, se cumplirán especificaciones, normas técnicas para el diseño⁹⁸ y construcción⁹⁹.
 1. Medios de comunicación. Establecer los medios de comunicación, cuándo se harán y su frecuencia para garantizar su efectividad.

Comunicación formal.

 - Escrita: de los contenidos del proyecto, contrataciones y la programación de ejecución hasta finalizar. E-mail's.
 - Verbal o expositiva: a través de reuniones o interacción de miembros de las comunidades involucradas.
- Contratación: se controla la contratación de personal, maquinaria, materiales y servicios, conforme avanzan las actividades en la ejecución del puente, en base a las ofertas realizadas por los proveedores de servicios. Se realizan

⁹⁸ Las normas utilizadas en el diseño de puente son las AASHTO, normativas del MOP.

⁹⁹ En la construcción de puentes se utilizan normas ASTM, ACI, para verificar la calidad de materiales a utilizar en su ejecución.

contratos laborales, determinando sus derechos y obligaciones; no se realizan contratos verbales por sus implicaciones y dificultades legales.

- Desarrollar el plan de gestión de riesgos del proyecto: planifica las acciones a implementar al ocurrir eventos fortuitos como, sismos, extraordinarios, hidrometeorológicos, o los que influyan en el cumplimiento de la ejecución de las obras dentro de los costos y plazos establecidos.
- Estimación de costos: estima el costo de los recursos de actividades a ejecutar en el puente, utilizando la información indicada en planos constructivos autorizado; por ejemplo, geometría de los componentes del puente, cantidad de obra, etc., programación y procesos constructivos para obtener los costos promedios apoyándose en costos índices de proyectos similares realizados, considerado la variación de costos de insumos¹⁰⁰ en el mercado actual.
- Presupuesto exacto¹⁰¹: el ingeniero a cargo del presupuesto, conocerá las variaciones de costos de los insumos utilizados, procesos constructivos, control y actualización de presupuesto. Se estima los costos promedios del proyecto conteniendo precios reales actuales de materiales en el mercado de consumo normal, metrado, rendimientos; para actualizar los costos promedios, actualizar con nuevos precios, para generar el costo promedio actual de la actividad. Totalizar los costos promedios de todas las actividades en la

¹⁰⁰ Recurso humano, materiales, equipos, subcontrataciones, etc.

¹⁰¹ El presupuesto lo elabora arquitecto, ingeniero consultor o gerente del proyecto, con amplia experiencia en la temática.

ejecución del puente para elaborar el presupuesto final y presentarlo al propietario u organización que lo ejecutará.

5.3.8 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO.

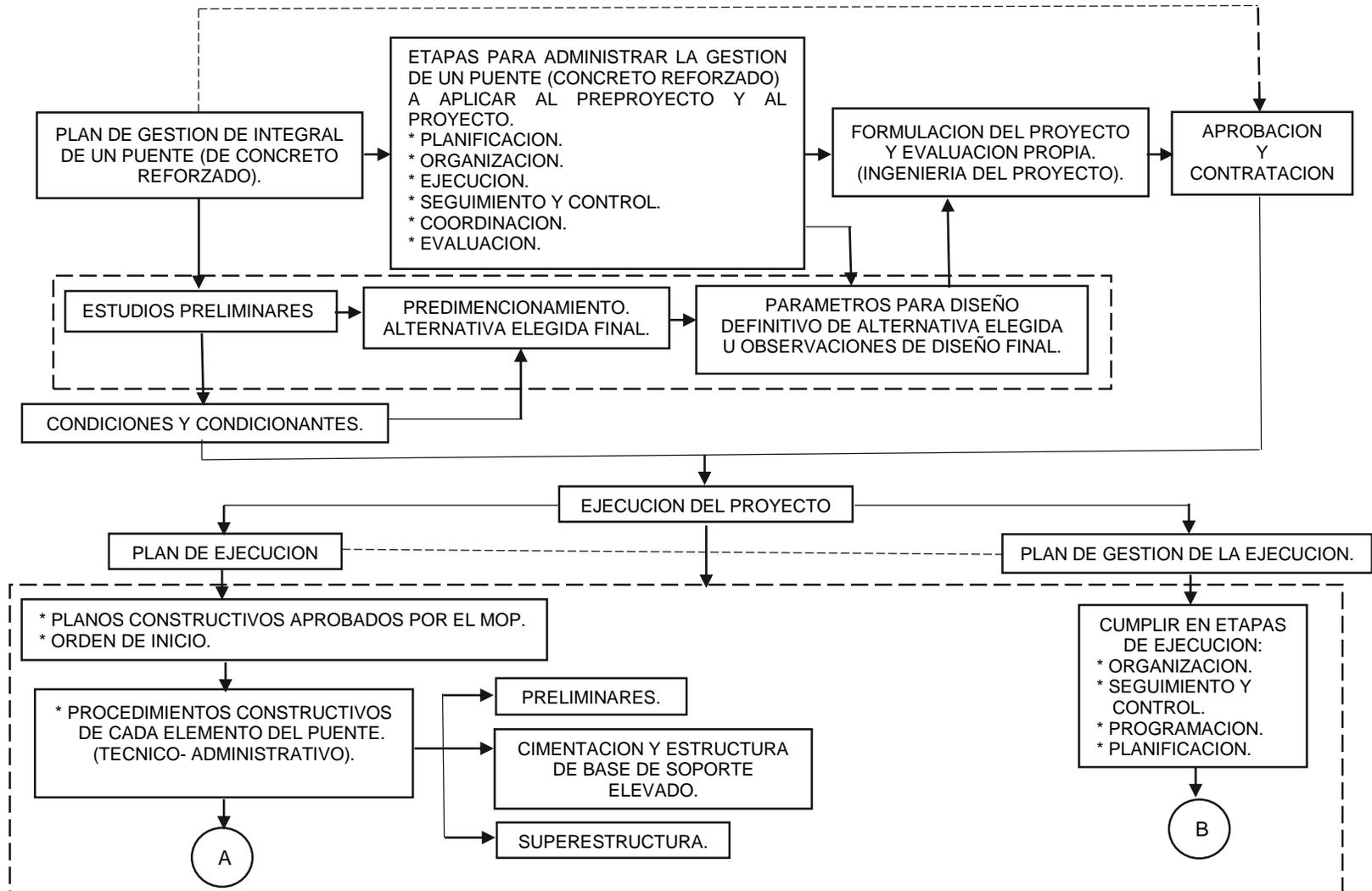
Se programa la secuencia de actividades a ejecutar en un orden lógico, con su duración, recursos asignados para controlar lo ejecutado con lo programado. La administración del proyecto preverá cumplimientos y aplicaciones máximas y mínimas de los recursos como costos y tiempo y personal a necesitar, materiales a aplicar. Así, un estudio de costos estima costo, tiempos de ejecución (Antill, James).

5.4 EJECUCION DEL PROYECTO.

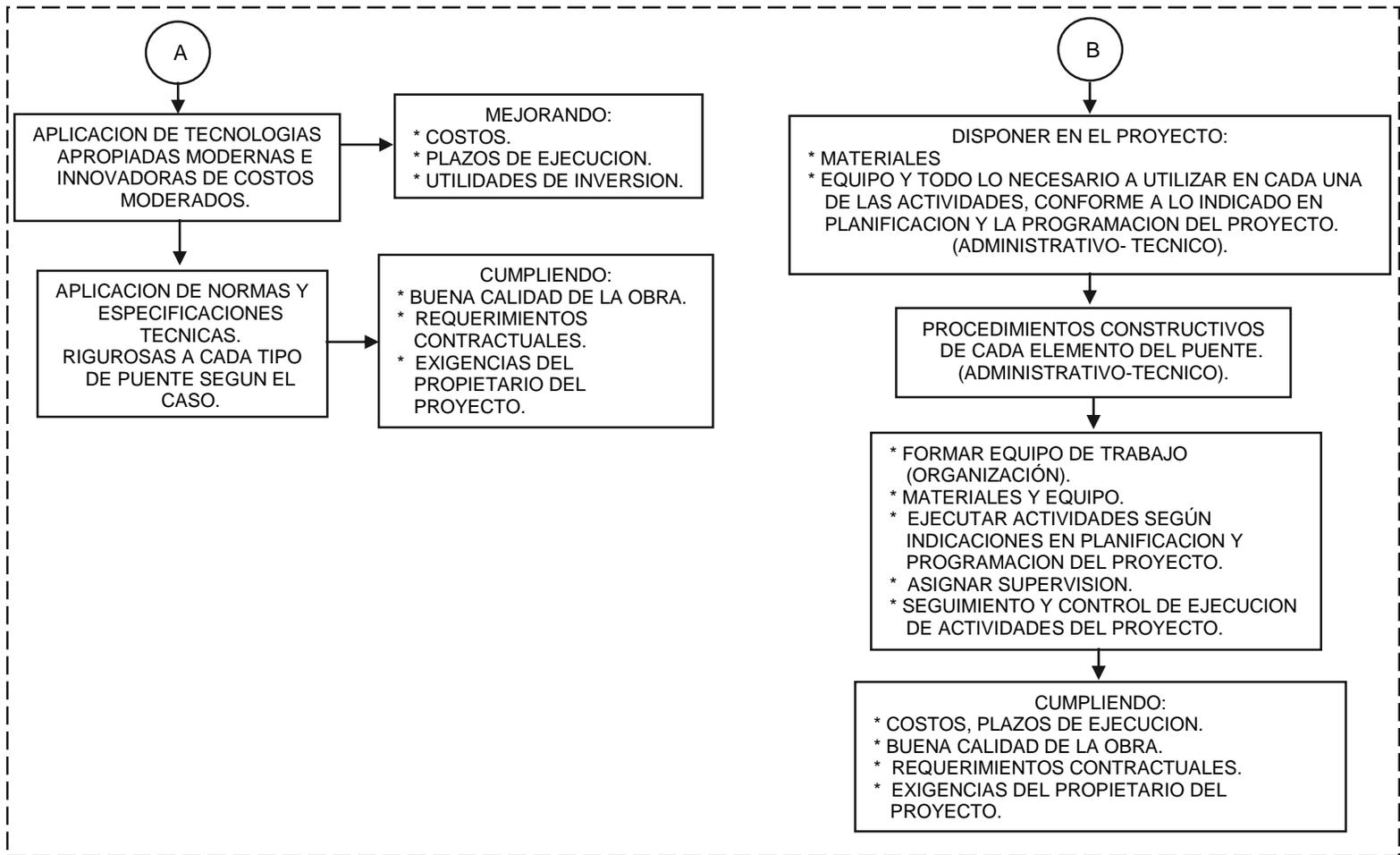
1. Previo a la ejecución del proyecto, se elabora una acta entre el constructor y propietario del proyecto, autorizando legalmente el inicio de la construcción del puente en el emplazamiento; cumpliendo requerimientos contractuales para satisfacer las exigencias del propietario del proyecto.
2. Se identifican a las personas, organizaciones involucradas en el proyecto, para informar periódicamente sobre el avance en las actividades del proyecto; para verificar el rendimiento y cumplimiento de sus intereses.
3. Con el proyecto probado, se procede con la ejecución de todas las actividades constructivas del puente, previamente planificadas; con recursos, personal y plazos asignados. La construcción va desde el trazado del proyecto, hasta la colocación de accesorios no estructurales; cumpliendo normas,

especificaciones y requerimientos del diseño contractual, asegurando la buena calidad del proyecto cumpliendo con costos y plazos de ejecución.

4. Se ejecutan las actividades constructivas en base a lo planificado, recursos requeridos y aprobados por el constructor y propietario del proyecto, ver esquema 5.2.



ESQUEMA 5.2 PLAN DE GESTION INTEGRAL DE PROYECTO DE PUENTE.



ESQUEMA 5.2 PLAN DE GESTION INTEGRAL DE PROYECTO DE PUENTE.

Se inician las actividades de los procesos constructivos del puente, requiriendo lo siguiente:

5.4.1 FORMAR EL EQUIPO DEL PROYECTO ORGANIZATIVAMENTE.

En la jerarquía organizacional del proyecto, se asignan roles, grado de autoridad, funciones y responsabilidades. Esto será coherente con las actividades de los procesos constructivos que se aplican a cada tipo de puente, de concreto reforzado, presforzado, prefabricado, metálico, colgante, otro.

El personal del proyecto tendrá habilidades, experiencia y conocimientos técnicos en los procesos constructivos del puente, de concreto, a ejecutar; asegurando buena calidad, cumplimiento riguroso de normas y especificaciones técnicas y plazos establecidos.

5.4.2 MATERIALES Y EQUIPO.

Se asigna materiales y equipos a utilizar en cada una de las actividades, según se requieran en el avance del proyecto, para evitar retrasos en la ejecución.

En esta etapa, los proveedores¹⁰² de materiales, equipos y servicios a utilizar en el proyecto, disponen información actualizada referente para cotizaciones, que integran las licitaciones, ofertas, propuestas, etc. Eligiendo al proveedor con mejores ofertas, negociando y realizando un contrato escrito.

¹⁰² Por ejemplo, de concreto premezclado, elementos prefabricados, dispositivos de anclaje, subcontrataciones, etc.

5.4.3 COSTOS Y PRESUPUESTOS DE TODOS LOS RECURSOS A USAR.

Con el volumen de obra calculado, tiempo, equipo, recurso humano y servicios especializados utilizados en cada una de las actividades del proceso constructivo del puente, se determina el presupuesto con los precios actuales vigentes en el mercado comercial y su validez prudencial.

5.4.4 EJECUTAR ACTIVIDADES.

Se harán en secuencia lógica, iniciando con el trazo, hasta finalizar con la colocación de accesorios, en atención con la ruta crítica del proyecto para evitar retrasos en ejecución, evitando incumplir el plan de ejecución, aplicando recursos y el programa de actividades del proyecto; se ejecuta en la secuencia de actividades establecidas en la programación; por ejemplo:

- Preparación del lugar.
- Obras preliminares.
- Trazo.
- Excavaciones.
- Cimentación (superficial o profunda).
 - Estribos.
 - Pilas (columnas).
- Cabezales y asientos.
- Vigas.
- Losa.
- Accesorios.

Las actividades constructivas se realizan con lo establecido por la formulación del proyecto, planos, normas y especificaciones técnicas contractuales; garantizando la buena calidad de la obra.

5.4.5 GARANTIZAR CALIDAD DE OBRA EJECUTADA.

Se ejecutan las actividades planificadas, asegurando la aplicación correcta de los procesos constructivos para cumplir los requisitos de buena calidad indicados en las normas y especificaciones técnicas del proyecto.

Se realizan ensayos de verificación de calidad en materiales antes y durante su ejecución; posteriormente, se realizan controles de calidad en los elementos para verificar su cumplimiento. La toma de muestras y ensayos varían en base al plan de control de cada proyecto y condiciones del proceso constructivo.

Algunos de los ensayos de control de calidad en puentes de concreto son:

- Agregados (granulometría, humedad, absorción de agua, etc.).
- Acero (resistencia, ductilidad, adherencia, etc.).
- Concreto (revenimiento, compresión, extracción de núcleos, etc.).
- Prueba y control especial (compactación, carga, asentamientos, etc.).

5.5 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.

Garantiza el cumplimiento correcto de normas, especificaciones técnicas y requerimientos en cada una de las actividades ejecutadas de los elementos constituyentes del puente; logrando esto con la participación de la supervisión y manteniendo control constante en la realización de las actividades; así mismo, de la inversión y satisfacción del propietario.

Se aplica los correspondientes procesos constructivos y lo indicado en planos, normas y especificaciones contractuales, evitando errores o contratiempos que afecten el inicio de ejecución de la siguiente actividad programada.

5.5.1 SUPERVISION EN LA EJECUCION DEL PROYECTO.

Es un requisito y una necesidad que haya supervisión del proyecto, esto para garantizar el cumplimiento de normas, especificaciones técnicas y buena calidad en la ejecución de los procesos constructivos.

El propietario del proyecto, contratará si lo decide él, un supervisor externo o equipo de profesionales independientes del constructor; para garantizar el cumplimiento de especificaciones técnicas, contractuales y los requerimientos del propietario garantizando la inversión.

Para cumplir con los objetivos de la supervisión, se utiliza los medios de comunicación acordados, especialmente la bitácora obligatoria. En el seguimiento y control, prevé recomendaciones a posibles problemas durante la ejecución de las actividades del proyecto, utilizando los medios de comunicación establecidos (reuniones, reportes, bitácora, etc.).

Al utilizar comunicación verbal colectivamente, es necesario ser puntual y coherente para transmitir lo que sucede en la obra.

5.5.2 SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO.

Se verifica el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas y lo indicado en planos y procesos constructivos según el diseño aprobado para cada actividad

del proyecto, cumpliendo con los requerimientos de costo, plazo y calidad en su ejecución.

Seguimiento de las actividades constructivas del puente:

- Constatación del lugar de emplazamiento, se verifica:
 - Condiciones del emplazamiento, infraestructura de vías de comunicación, existencia y estado de caminos de acceso al sitio de construcción del puente; mediante un recorrido e inspección visual en cercanías del punto en interés.
- Comprobación del sitio de emplazamiento, se verifica:
 - Preparación del lugar de emplazamiento, limpieza y descapote para realizar el trazado de los elementos del puente; esta información se obtiene a través de una inspección visual en el sitio de emplazamiento.
- Chequeo del lugar de emplazamiento, se verifica:
 - Condiciones en el lugar de emplazamiento, sean las indicadas en las especificaciones técnicas, estudios, bancos de marca y referencias permanentes indicadas en planos topográficos, se realiza una inspección visual y medición con personal y equipo topográfico.
- Trazo de elementos del puente.
 - Localización y ubicación de bancos de marca y referencias permanentes establecidas en planos constructivos, para realizar el trazado de los elementos del puente en el punto exacto de construcción, utilizando personal y equipo topográfico.

- Posicionamiento exacto de los puntos que dan la geometría de la estructura en planta, orientación, posición exacta de la cimentación, dimensiones y detalles especificados en planos constructivos autorizados.
- Replanteo topográfico de zapata de estribos y pilas. Es una de las actividades más importante en la construcción de un puente, se garantiza que el replanteo esté hecho con la mayor precisión y en la posición exacta de los elementos a construir. Se realiza con el personal y equipos requeridos, con la finalidad que cada elemento no tenga errores, según lo especifican los planos constructivos. Se verifican los levantamientos topográficos que la brigada ha realizado, cumplen con lo indicado en los planos constructivos.

En el replanteo se verifica lo siguiente:

- Referencias permanentes durante la construcción, para fines del control de trazado, niveles y verificación de mediciones utilizando planos topográficos, brigada y equipo topográfico.
- Límites de la zona de trabajo, verificando lo indicado en planos constructivos con el personal y equipo topográfico requerido.
- Excavación para zapata de estribos y pilas. Se garantiza la estabilización de todas las paredes al realizar las excavaciones para evitar derrumbes de taludes debido a las características presentes en el suelo en excavación. Esto mejora el rendimiento del personal y paralelo a esta actividad, preparar el armado del acero de refuerzo de la zapata de concreto armado.

En la cimentación, se verifica lo siguiente:

- Trazo, dimensiones, ancho, profundidad y nivel de fundación o apoyo de la estructura conforme a lo indicado planos constructivos utilizando personal y equipo topográfico requerido.
- Capacidad portante requerida en el diseño, realizando el chequeo de fondo utilizando normas y equipo especializado.
- Estabilización de paredes laterales de cimentación, indicado en planos constructivos realizado con personal y equipo requerido o según recomendaciones del laboratorio suelos y materiales, mediante entibado, refuerzo metálico anclado al terreno, para evitar derrumbes.

5.5.2.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CADA PARTE DEL PUENTE DE CONCRETO REFORZADO.

- Zapata de estribos y pilas. verificar el armado del acero de refuerzo, encofrado, colado y vibrado del concreto en zapatas y estribos cumplan con las especificaciones técnicas y lo indicado en los planos constructivos.

En estos elementos, se verifica:

- Trazo y excavación de zapatas.
- Capacidad portante del suelo.
- Material y dimensiones en el armado de encofrado con verticalidad, escuadra y nivel según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.

- Estabilidad del encofrado, por medio de soportes provisionales puntales y arriostramientos para soportar los esfuerzos inducidos por carga de personal, y equipo en el colado del concreto, evitando deformaciones que afecten las dimensiones establecidas de los elementos y la verticalidad.
- Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición correcta y recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Asegurar que los encofrados y acero de refuerzos sean autorizados antes de realizar el colado del concreto.
- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, autorizados por el laboratorio.
- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.
- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Colado del concreto obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas.

- Vibrado según especificaciones técnicas para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrar de 12 hrs a 24 hrs después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
- Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable o uso de líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
- Colocación y compactación de material de relleno, cumpla lo indicado en las especificaciones técnicas, dosificación de diseño para su posterior comprobación mediante el ensayo de densidad del suelo, utilizando las normas técnicas y equipo especializado.
- Muros aletones armados. Contienen el relleno de la carretera, se tiene cuidado en la colocación del acero de refuerzo y del encofrado para su posterior colado, cumpliendo las especificaciones técnicas y lo indicado en los planos constructivos. Por lo general, el espesor de los muros oscila entre 0.30 m y 0.40 m, se recomienda vibrar el concreto a la profundidad y tiempo requerido en toda la sección.
- Muro estribo macizo de concreto reforzado. Estructura diseñada para contrarrestar movimientos generados en las vigas del puente, absorber las presiones que le transmite el relleno por debajo de la losa de aproche. Se verifica la colocación del encofrado, del acero de refuerzo, según lo indicado

en las especificaciones técnicas y planos constructivos, colando el concreto una vez aprobado por la supervisión el armado del encofrado y el armado del acero de refuerzo.

En muro estribo macizo y aletones armados, se verifica:

- Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición correcta y recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Material, diámetros, separaciones y colocación de dispositivos de drenajes indicados en los planos constructivos.
- Material, dimensiones, verticalidad y nivel en el armado de encofrado según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
- Estabilidad del encofrado, por medio de soportes provisionales, puntales y arrostramientos, para soportar los esfuerzos inducidos por carga de personal, y equipo en el colado del concreto, evitando deformaciones que afecten las dimensiones establecidas de los elementos y la verticalidad.
- Control de verticalidad y soportes de estabilidad de encofrados durante el vaciado del concreto, con equipo topográfico y personal requerido.
- Autorización de encofrados y acero de refuerzos antes de realizar el colado del concreto.

- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio autorizado.
- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.
- Producción o recepción en obra de concreto, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la suspensión de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Colado del concreto, obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas.
- Vibrado según especificaciones técnicas, para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrar de 12 hrs a 24 hrs después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
- Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable o uso de líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.

- Colocación y compactación de material de relleno, cumpla lo indicado en las especificaciones técnicas, dosificación de diseño para su posterior comprobación mediante el ensayo de densidad del suelo, utilizando las normas técnicas y equipo especializado.
- Pilas. verificar el armado del acero de refuerzo y del encofrado en base a especificaciones técnicas y planos constructivos, controlar la verticalidad del acero de refuerzo y encofrado para garantizar el funcionamiento correcto, para el cual esté diseñada la columna.

En pilas, se verifica:

- Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición correcta y recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Material, dimensiones, forma, verticalidad y nivel en el armado de encofrado con según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
- Estabilidad del encofrado, por medio de soportes provisionales, puntales y arriostramientos para soportar los esfuerzos inducidos por carga de personal, y equipo en el colado del concreto, evitando deformaciones que afecten las dimensiones establecidas de los elementos y la verticalidad.
- Control de verticalidad y soportes de estabilidad de encofrados durante el vaciado del concreto, verificado con el personal y equipo topográfico.

- Autorización de encofrados y armado del acero de refuerzo antes de realizar el colado del concreto.
- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio autorizado.
- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.
- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Colado del concreto, obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas.
- Vibrado según especificaciones técnicas, para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrar de 12 hrs a 24 hrs después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto.

- Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable durante 7 días, líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
- Cabezal. Se revisan los niveles donde se construirá el cabezal, utilizando el equipo topográfico, se verifica el armado del encofrado y acero de refuerzo para cumplir con las especificaciones técnicas y lo indicado en los planos constructivos, para el posterior colado y curado del concreto.

En el cabezal se verifica:

- Cumplimiento del alineamiento horizontal y vertical de la ubicación del cabezal, según lo indicado en planos constructivos con el personal y equipo topográfico.
- Material, dimensiones, forma, verticalidad y nivel en el armado de encofrado según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
- Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición correcta y recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Estabilidad del encofrado, por medio de soportes provisionales (andamios), puntales y arriostramientos, para soportar los esfuerzos inducidos por carga de personal, y equipo en el colado del concreto, evitando

deformaciones que afecten las dimensiones establecidas de los elementos y la verticalidad.

- Control de verticalidad y soportes de estabilidad de encofrados durante el vaciado del concreto, con el personal y equipo topográfico.
- Autorización de encofrados y acero de refuerzos antes de realizar el colado del concreto.
- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio autorizado.
- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.
- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Colado del concreto, obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas.
- Vibrado según especificaciones técnicas, para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.

- Desencofrar de 12 hrs a 24 hrs después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
 - Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable durante 7 días, líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
 - Colocación de dispositivos sísmicos en las posiciones indicadas en planos constructivos, antes de colocar sobre el estribo las vigas.
- Vigas de concreto. Se utilizan vigas presforzadas o coladas in situ. En la construcción de vigas presforzadas, el ingeniero a cargo, verificará el acero de refuerzo, el número de cables para el tensado, la resistencia del concreto y cumplir lo indicado en las especificaciones técnicas y planos constructivos para garantizar la calidad y funcionalidad de la viga. En vigas coladas in situ, se tiene el cuidado de colocar el encofrado y acero de refuerzo según diseño en base a las especificaciones técnicas y planos constructivos para su posterior colado y vibrado del concreto con la resistencia especificada.

En vigas presforzadas se realiza lo siguiente:

- solicitud de resultados de las pruebas de control de calidad realizadas, para verificar la resistencia obtenida en las vigas es la que el proyecto requiere.
- Ubicación y colocación de vigas en los asientos de cabezales correspondientes, para garantizar el bombeo requerido en base a lo

indicado en los planos constructivos, para el posterior armado de encofrado de losa de puente, utilizando el personal y equipo topográfico.

En vigas coladas in situ, se realiza lo siguiente:

- Material, dimensiones, forma, verticalidad y nivel en el armado de encofrado según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
- Estabilidad del encofrado, por medio de soportes provisionales, puntales y arriostramientos para soportar los esfuerzos inducidos por carga de personal, y equipo en el colado del concreto, evitando deformaciones que afecten las dimensiones establecidas de los elementos y la verticalidad.
- Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición correcta y recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Autorización de encofrados y acero de refuerzos antes de realizar el colado del concreto.
- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio autorizado.
- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.

- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Control de verticalidad y horizontalidad mediante puntales o soportes de estabilidad de encofrados durante el vaciado del concreto.
- Colado del concreto, obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas.
- Vibrado según especificaciones técnicas, para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrar a los 14 días después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
- Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable durante 7 días, líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
- Losa del puente. Se verifica la colocación del encofrado, separación de acero de refuerzo en base a lo indicado en planos constructivos y especificaciones técnicas para el posterior colado, vibrado y curado del concreto, al utilizar losas prefabricadas, se verifica la colocación en la posición y ensamble exacto

de cada pieza e inspeccionar el armado del acero de refuerzo para el colado del concreto.

En este elemento, se verifica:

- Material, dimensiones, horizontalidad y nivel en el armado de encofrado según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
- Tipo, diámetro, separaciones, armado, traslapes, amarres, recubrimientos, posición correcta y conformación de camas de acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Estabilidad del encofrado, por medio de puntales y arriostamientos para soportar los esfuerzos inducidos por carga de personal, y equipo en el colado del concreto, evitando deformaciones que afecten las dimensiones especificadas en los planos constructivos.
- Autorización de encofrados y acero de refuerzos antes de realizar el colado del concreto.
- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio autorizado.
- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.

- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Control de verticalidad y horizontalidad mediante puntales o soportes de estabilidad de encofrados durante el vaciado del concreto.
- Colado del concreto, obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas. Se realiza en franjas delgadas, para evitar el fraguado inicial, antes de colocar la siguiente franja.
- Vibrado según especificaciones técnicas, para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrar a los 14 días después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
- Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable, durante 7 días, líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
- Losa de aproximación. Verificar el nivel de construcción de la losa de aproximación, colocación y armado del acero de refuerzo y encofrado para

cumplir lo indicado en las especificaciones y planos constructivos para el posterior colado, vibrado y curado del concreto.

En este elemento, se verifica:

- Capacidad portante de material selecto compactado, mediante el ensayo de densidad del suelo, utilizando el equipo especializado para ello.
- Alineamiento horizontal y vertical de la losa de aproximación, con el personal y equipo topográfico.
- Material, dimensiones y nivel en el armado de encofrado con según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
- Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición correcta y recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Autorización de encofrados y acero de refuerzos antes de realizar el colado del concreto.
- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio autorizado.
- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.

- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Colado del concreto, obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas.
- Vibrado según especificaciones técnicas, para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrar 12 hrs a 24 hrs después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
- Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable, durante 7 días, líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
- Carpeta de rodadura. Si es de concreto hidráulico, se revisará la pendiente de la losa del puente con el bombeo especificado para el escurrimiento del agua, al utilizar concreto asfáltico; se verifica la colocación; garantizar el cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas en cada proceso constructivo.

En este elemento, se verifica:

- Calidad de los materiales a utilizar en la elaboración de mezclas asfálticas, según diseño.
- Equipo y personal requerido para la colocación de la carpeta de rodadura con la pendiente de bombeo indicada en los planos constructivos.
- Aceras. Verificar la colocación de encofrado, acero de refuerzo según lo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos para su posterior colado, vibrado y curado del concreto.

En este elemento, se verifica:

- Material, dimensiones y nivel en el armado de encofrado con según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo requerido. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
- Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición correcta y recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
- Autorización de encofrados y acero de refuerzos antes de realizar el colado del concreto.
- Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio autorizado.

- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.
- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Colado del concreto, obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas.
- Vibrado según especificaciones técnicas, para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrar 12 hrs a 24 hrs después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
- Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable, durante 7 días, líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
- Barandas Metálicas. Verificar la verticalidad y separación de los soportes de tubos metálicos, cumpliendo con lo indicado en los planos constructivos.

En barandas, se realiza lo siguiente:

- Alineamiento horizontal y vertical de barandas, con el personal y equipo topográfico.
- Comprobar materiales utilizados en su construcción sean los indicados en los planos constructivos y especificaciones con detalles, medidas, secciones de los elementos, elementos de fijación soldaduras, pernos, etc.
- Aplicación del tipo y características de acabados indicados en planos y especificaciones.

5.5.3 VERIFICACION DEL AVANCE DE OBRA.

El constructor en conjunto con la supervisión, controlan y dan seguimiento al avance del proyecto durante se ejecuta según lo programado contractualmente, evitando retrasos en los plazos de ejecución. Las actividades cumplirán todos los requerimientos técnicos administrativos y exigencias del propietario del proyecto, alcanzando los objetivos propuestos.

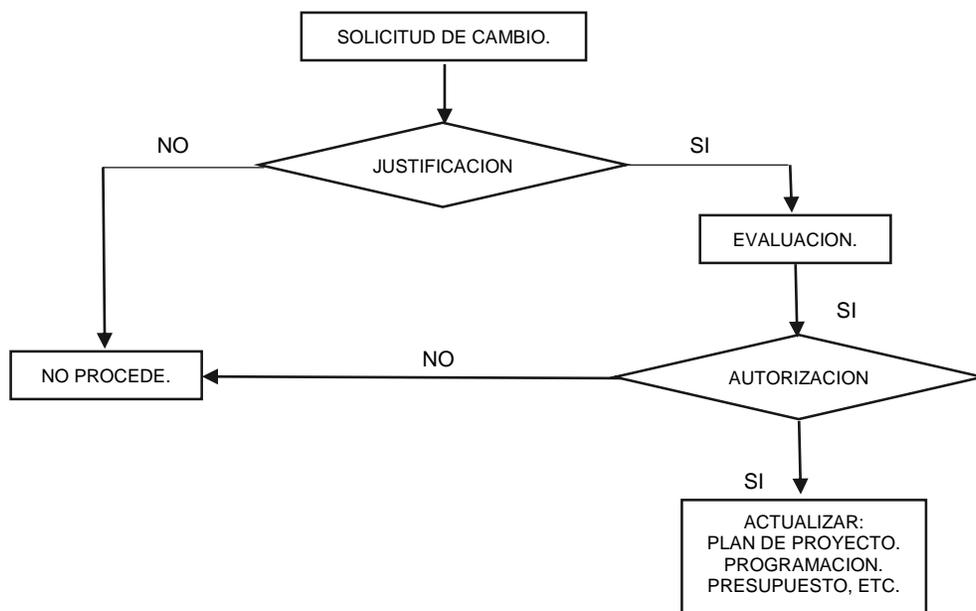
5.5.4 CONTROL DE CAMBIOS.

En la ejecución de proyectos, hay errores u omisiones en planos constructivos, condiciones inesperadas; por ejemplo, eventos fortuitos como sismos, derrumbes, etc., que interfieren en la ejecución de los procesos constructivos. También, petición de cambio a solicitud del propietario o empresa encargada de ejecutar el proyecto, para solventar las deficiencias; por ejemplo, en el diseño, detalles en planos constructivos, condiciones del emplazamiento, y demás.

La solicitud de una orden de cambio, requiere lo siguiente:

- Determinar el cambio a realizar.
- Realizar o ejecutar los cambios autorizados.
- Verificar y autorizar cambios requeridos.
- Ejecutar cambios autorizados en el momento y orden producidos.
- Disponer los cambios autorizados para ingresarlos, actualizar los documentos y la planificación del proyecto.
- Verificar y autorizar acciones de corrección y prevención recomendadas.
- Controlar y actualizar requisitos del alcance, cronograma, calidad, costo y presupuesto, basado en los cambios autorizados en el transcurso del proyecto.

El control de cambios, se documenta para realizarlos, monitorear y actualizaciones. Un sistema de control de cambios, se indica en el esquema 5.3.



Esquema 5. 3 Sistema de control de cambios.

Se documenta el origen de los cambios ocurridos en el proyecto, para el análisis, evitando errores y garantizar el éxito en la ejecución de proyectos futuros. A petición del propietario, se entrega al gerente del proyecto la solicitud y su equipo la analizará; si el cambio es requerido se analizará su influencia en el alcance, plazos, costos y si el cambio es factible realizarlo o no. Al autorizar el cambio, se actualizará el plan del proyecto, documentando los cambios e impactos en las actividades a realizar.

5.5.4.1 SOLICITUDES DE CAMBIO.

Para comunicar acciones correctivas sugeridas, solicitudes de cambio y aceptación de entregables se utilizará lo siguiente:

- Comunicación verbal y escrita.
- Bitácora.
- Informes mensuales, etc.
- Fotografías, etc.

5.5.5 ACTUALIZACION DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

En proyectos de construcción, se actualizan documentos para el propietario del proyecto en los que se describen cómo se construyó el proyecto con las especificaciones técnicas y planos como construidos (as built), debido a los cambios efectuados en el diseño inicial, adaptado a las condiciones reales del proyecto.

Al surgir modificaciones, se controla la elaboración de los documentos a entregar en el cierre del proyecto al propietario.

5.5.6 CONTROL DE COSTOS.

En esta actividad, se utiliza un sistema de contabilidad de costos por ejemplo, fichas de control, para verificar los costos de ítems de cada actividad en ejecución, cumplan con el presupuesto del proyecto según lo planificado.

El sistema de cuentas en catálogo, está relacionado con el presupuesto del proyecto, con la finalidad de comparar en cada partida del proyecto, los costos reales con las estimaciones originales del presupuesto, para minimizar las pérdidas en caso de existir variaciones en la ejecución de las actividades.

El control de costos del proyecto también incluye:

- Asegurar que las solicitudes de cambio se lleven a cabo de manera oportuna.
- Gestionar los cambios aprobados.
- Controlar el rendimiento de costos, para detectar variaciones con respecto a la línea base aprobada de costo.
- Supervisar el rendimiento de las actividades, con relación a los fondos en los que se ha incurrido.

Algunas actividades que modifican los costos y presupuesto son:

- Modificación de planos constructivos.
- Modificación de la programación inicial de actividades con las que estimó el presupuesto inicial o contractual.

5.5.7 CONTROL DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

Seguimiento a todas las actividades para controlar su ejecución, cumpliendo con los costos, plazos y buena calidad; el avance del proyecto; aprobado por el

ingeniero encargado (gerencia y residencia) del proyecto. Comparar lo ejecutado con lo programado, cumpliendo con las fechas de entrega de la obra.

En el control del cronograma de actividades, es indispensable para verificar los cambios ocurridos respecto a la programación inicial; el control es realizado por personal experto en el área; de preferencia el profesional que lo diseñó, verificado por el supervisor del proyecto, dando recomendaciones para corregir errores o problemas ocurridos durante su ejecución; se actualiza el cronograma de actividades, así mismo los costos, plazos de ejecución efectivos, para cumplir con el plazo del proyecto.

El control del cronograma del proyecto, se realiza comparando el avance real en las actividades ejecutadas, con la duración estimada de las actividades para implementar acciones preventivas o correctivas.

El control del cronograma incluye:

- Analizar las actividades que requieren de acciones correctivas.
- Revisar el plan de ejecución para incorporar las acciones correctivas.
- Calcular de nuevo la programación del proyecto, para evaluar los efectos de las acciones correctivas planeadas

5.5.8 INFORMAR EL RENDIMIENTO

Recopilar los rendimientos del proyecto, mediante informes del estado actual, evaluación del avance en las actividades del proyecto; para informar el porcentaje de avance en la obra ejecutada.

Para ello, es necesario registrar en hojas o fichas de control del rendimiento, las actividades realizadas para controlar los costos y eficiencia en la ejecución de las actividades según la programación establecida y presupuesto asignado.

5.5.9 CONTROL DE RIESGOS.

Prevé y controla riesgos con asesoría con expertos, entrevistas con pobladores de la zona del emplazamiento del puente, etc. por ejemplo:

- Eventos sísmicos.
- Crecidas extraordinarias del cauce del río o quebrada.
- Procesos constructivos deficientes.
- Falta del control en la administración del proyecto en el cronograma y presupuesto del proyecto.
- Omisión en detalles en planos constructivos, etc.

El seguimiento y control de riesgos incluye:

- Identificar posibles riesgos.
- Determinar eficacia del plan de riesgos planificado, con respecto a los problemas presentados y su eficacia en resolverlos.
- Informar a las partes involucradas de los posibles riesgos.
- Analizar recomendaciones, utilizándolas como acciones correctoras de riesgos.
- Actualizar el registro de riesgos, mejorando las acciones a implementar.

5.6 CIERRE DEL PROYECTO.

Utiliza documentación de avances entregados al propietario y todo lo acontecido en la ejecución del proyecto, para analizar el éxito o fracaso.

Las actividades de cierre del proyecto total, son:

- Cierre administrativo.
- Cierre contractual.

5.6.1 CIERRE ADMINISTRATIVO.

En el cierre administrativo, se realiza un informe para evaluar los resultados obtenidos durante la ejecución de las actividades del proyecto, verificando si cumplió con sus objetivos (calidad, costos y plazos).

Se utiliza un listado de actividades, con la finalidad de verificar y garantizar la entrega y cumplimiento de requerimientos contractuales de todas las actividades del proyecto; así mismo los documentos actualizados del proyecto para:

- Documentar y almacenar lo acontecido en el proyecto.
- Cumplir con la calidad de obra ejecutada.
- Cumplir con el plazo de entrega del proyecto.

Con la información recopilada de todo el proyecto, se realiza un resumen para emplearlo en proyectos futuros al instante de presentarse algún problema similar.

5.6.2 CIERRE DE CONTRATO.

Incorpora actividades e interacciones necesarias, para el cierre de los acuerdos contractuales del proyecto; determinando actividades que avalen el cierre administrativo formal del proyecto.

Todos los contratos se deben cerrar para finalizar el proyecto o etapas del proyecto, concluyendo las adquisiciones y contratos correspondientes.

5.6.3 ENTREGA A SATISFACCION DEL CLIENTE.

El contratista y supervisor realizarán un recorrido por el proyecto, para verificar calidad y cumplimiento de las actividades finalizadas.

El contratista, realizará un levantamiento de detalles faltantes o pendientes de corregir, indicando su localización, número y características, para concluir con las actividades del proyecto. Finalizados los detalles y verificación de buena calidad de la obra, se realiza la entrega al propietario del proyecto.

En la aceptación del proyecto, se cumplirán los requisitos o criterios de finalización; uno de ellos, es cumplir con los requerimientos y especificaciones contractuales de calidad de la obra.

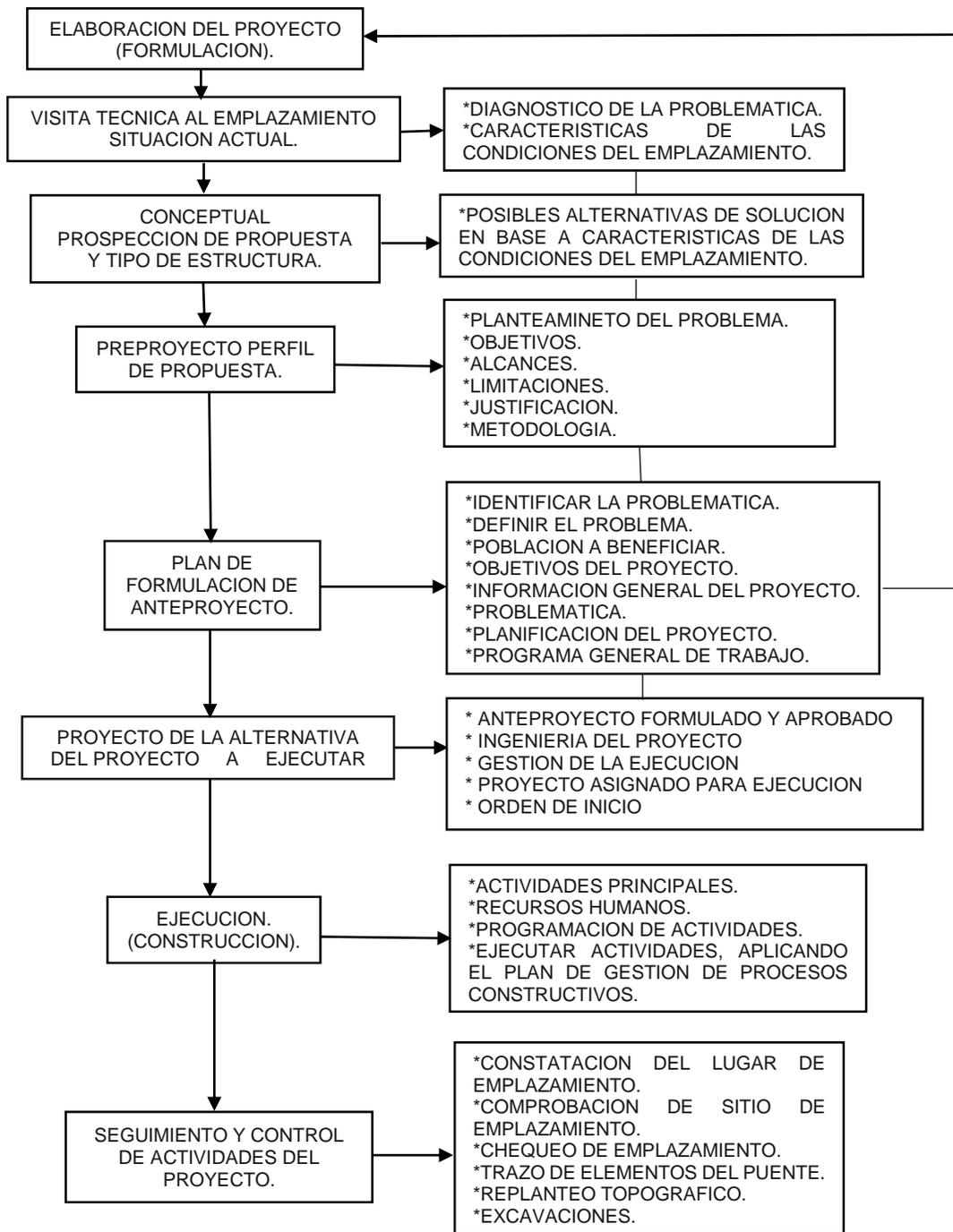
Para concluir el proyecto, se deben cerrar todos los contratos, si se realiza en etapas; para cerrarla se finalizan las adquisiciones y contratos en cada etapa del proyecto. El gerente del proyecto, deberá:

- Verificar el proyecto terminado, cumpliendo los requerimientos y exigencias del propietario.
- Liquidar los pagos, considerando orden de cambio, trabajos adicionales, etc.
- Elaborar documento de aceptación formal, en el cual el propietario acepta legalmente el proyecto.

Con la aplicación de lineamientos y procesos contenidos en el plan de gestión de proyectos de puentes, se pretende que las etapas de gestión sistematizada de formulación y ejecución del proyecto, cumplan con todos los requerimientos contractuales para lograr el éxito del proyecto.

5.7 PROPUESTA PLAN DE GESTION PARA PROYECTOS DE PUENTES UN CASO DE APLICACION.

Para ejecutar un proyecto de puentes, su construcción, es necesario tener la formulación del proyecto, basada en la recolección de información que describa las condiciones que caracterizan el punto de interés, para un diseño acorde con las condiciones predominantes que existan en el emplazamiento. En este sentido, siempre es necesario una metodología a aplicar en la solución; por ejemplo, la problemática de conectividad vial de la población a beneficiar, construyendo una obra de paso en el punto de interés. La metodología a utilizar en la elaboración de proyectos puentistas, consiste en aplicar la propuesta del plan de gestión de puentes, adaptándose a las condiciones existentes del emplazamiento, ver esquema 5.4.



Esquema 5. 4 Metodología del plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.

Este se describe y propone como sigue:

1- Visitar el sitio del emplazamiento. Esto para hacer un diagnóstico de la problemática, a fin de obtener todas las características del sitio. Se toman todos los datos de campo que describan la problemática propia del lugar, para formular la alternativa que solucione por ejemplo, el problema de conectividad vial de la población a beneficiar, con la construcción de un puente vehicular.

En la visita realizada al punto de emplazamiento, ver Fotografía 5.1, y alrededores de la zona de influencia en la colonia Lorena, se obtuvieron los siguientes datos preliminares:

- Claro a salvar en quebrada: 13.30 m.
- Profundidad de quebrada: 3.24 m.
- Ancho de calle Sevilla: 7.00 m.
- Ancho de calle principal: 6.50 m.
- Nombre de quebrada: Las Lajas.
- Ancho de quebrada: 7. 00 m.
- Muros de mampostería de piedra en cada borde a lo largo de la quebrada, longitud 18.00 m
- Longitud del puente peatonal tipo Bailey: 18.15 m.
- Ancho de puente peatonal: 1.50 m.
- Ubicación: Municipio de Mejicanos, colonia Lorena.
- Rutas de acceso al emplazamiento: Por el Boulevard Constitución al norponiente y por el final de la calle antigua a Zacamil hacia el poniente.



Fotografía 5. 1 Puente Bailey en emplazamiento de estudio en Colonia Lorena, Mejicanos.

En la visita al lugar de emplazamiento, ver Fotografía 5.2, quebrada las Lajas, en su lecho se encuentra enterrada una tubería de concreto de 1.80 m de diámetro, los taludes de ambos extremos de esta quebrada están formado por un lecho rocoso haciéndolos estable ante derrumbes, lo cual es adecuado para cimentar y construir los estribos del puente. Del mapa geológico de El Salvador, el tipo de suelo encontrado en el emplazamiento por ejemplo, suelos superficial agrológicos son: andisoles, regosoles, latosoles arcillo rojizos; rocas andesita, basáltica, y los subyacentes piroclástos que son suelos ingenieriles geotécnicos, principalmente cenizas volcánica producto de la explosión del volcán San Salvador y el de Ilopango sub superficialmente.



Fotografía 5. 2 Condiciones del cauce, tubería de concreto y tubería de agua potable.

De la visita técnica e información o datos obtenidos, el proyectista concibe ideas respecto a posibles soluciones a la problemática de conectividad vial y hacer una propuesta con el pre-dimensionamiento de la estructura a ejecutar según condiciones propias del emplazamiento.

2- Aplicar las siguientes etapas que se describen en términos generales, de la metodología propuesta para elaborar un proyecto de puente. Estas son:

- Etapa 1: Diseño conceptual del proyecto. Con la información recolectada en la visita preliminar al emplazamiento, se dan ideas al proyectista de una posible solución técnicamente viable que satisfaga la problemática de conectividad; el diseño del puente propuesto que esté acorde sea acorde con las condiciones, condicionantes y características del lugar de emplazamiento, según la longitud del claro a salvar, topografía del terreno,

tramo del camino o calle a dar continuidad y anchura necesitada del corte o la que genere la discontinuidad vial.

- Etapa 2: Preproyecto. Con la problemática que se tenga plantear y justificar el proyecto y su ejecución, para solucionar la conectividad vial en el emplazamiento de estudio.
- Etapa 3: Formulación del proyecto. Se propone una alternativa de solución económica, más apropiada al costo presupuestario al caso, basada en las condiciones del emplazamiento¹⁰³, estudios detallados del emplazamiento que garanticen la estabilidad de la estructura, seguridad, funcionalidad y sea económicamente factible en el lugar. En esta etapa se desarrolla los siguientes ítems, alternativa de solución a la problemática; descripción del proyecto que contiene, descripción general, nombre del proyecto, ubicación y selección del proyecto, colindancias, urbanización y descripción de servicios requeridos; y una programación de las actividades y recursos asignados del proyecto a ejecutar.
- Etapa 4: Ejecución del proyecto. Definida la alternativa de solución (diseño, planos constructivos, posición final y procesos constructivos correspondientes en el plan de ejecución), procede su ejecución utilizando la metodología propuesta en el plan para la ejecución del proyecto en la quebrada las Lajas, colonia Lorena Mejicanos.

¹⁰³ La estructura estará condicionada por las siguientes características, por ejemplo, claro a salvar, topografía del emplazamiento, tipo de tránsito, geológicas, hidrológica, hidráulicas, etc. de la zona donde se proyecta la obra de paso.

5.7.1 ETAPA 1 DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR EN LA QUEBRADA LAS LAJAS.

La información recolectada en la visita al sitio de emplazamiento en la colonia Lorena, en el Municipio de Mejicanos, con base en el diagnóstico, sirve para proponer una idea conceptual del puente que solucione la problemática de conectividad vial en la zona, según condiciones encontradas (esviaje, alineación con los ejes de la calle existentes e intercepciones); preliminarmente, se tiene una idea conceptual de un puente viga y losa de concreto reforzado; basada en el claro a salvar ($l=13.30$ m), para satisfacer la necesidad inmediata de conectividad vial.

5.7.2 ETAPA 2 FORMULACION DEL PROYECTO DE PUENTE.

En la formulación del proyecto de puente en la Colonia Lorena, requiere de una propuesta de un tipo de puente que solucione la problemática de conectividad vial acorde con las condiciones actuales del punto de emplazamiento (topográficos, geotécnicos, longitud a salvar, hidráulicos etc.). se realizó visita al lugar de emplazamiento, haciendo el diagnóstico de las condiciones actuales recabando los datos de campo, como claro a salvar, ancho de la vía que contendrá el puente, construcciones existentes, ángulo de esviaje, profundidad de la quebrada, rutas de acceso al emplazamiento, estos datos se utilizan para hacer un predimensionamiento de los componentes del puente proyectado.

5.7.2.1 IDENTIFICACION DE LA PROBLEMATICA DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR.

Con la finalidad de aplicar esta metodología se identificó la problemática de conectividad vehicular en la colonia Lorena, para disminuir el recorrido del tránsito de salida y entrada vehicular; actualmente se dispone de un puente peatonal tipo Bailey, que soluciona en parte el problema de conectividad pero solo peatonal. La construcción de un proyecto de puente vehicular, solucionará la problemática de conexión a otras vías próximas a la comunidad. Los beneficios de la población serían económicos, tiempo y costos de recorrido a vías cercanas de mayor importancia que le den conexión con el gran San Salvador, con la posibilidad de conectividad de las comunidades aledañas a vías principales, ó el Boulevard Constitución.

5.7.2.2 DEFINIR EL PROBLEMA DEL SITIO DE EMPLAZAMIENTO.

Debido al incremento vehicular y poblacional, se requieren más vías alternas que faciliten la movilidad hacia otros sectores urbanos y periféricos al gran San Salvador. En el emplazamiento identificado en la colonia Lorena, hacia el nororiente se carece de un puente vehicular que conecte la calle Sevilla hacia la calle Principal. En la actualidad, sólo se tiene un acceso y una salida a la colonia, por medio de un puente peatonal tipo Bailey, hacia la calle principal que conduce al Boulevard Constitución y a la colonia Zacamil, se dispone de vías menores que conectan sólo a la 75 avenida norte, donde la distancia y tiempo de recorrido son

mayores, la comunidad tendría más comodidades de acceso y salida vehicular ágiles con la construcción de un puente.

Beneficios:

- La implementación de este proyecto de puente al nororiente de la colonia Lorena daría acceso inmediato al Boulevard Constitución en el sureste de la población a beneficiar.
- Acceso de proveedores de productos y servicios básicos.
- Movilidad a toda hora de acceso al Boulevard constitución, o mejor integración de esta urbanización con las demás que le rodean y con la red vial del gran San Salvador.

5.7.2.3 POBLACION A BENEFICIAR.

La población a beneficiar con la construcción del puente en la Colonia Lorena serán, al oeste, residencial Granada, al norte, residencial Castillo, al oeste, condominio habitacional Jardines de Montebello, y al sur, residencial San Juan Montebello y la misma población de la Colonia Lorena disminuyendo tiempos y costos de recorrido, facilitando acceso, abastecimiento de servicios y productos básicos en localidades cercanas.

5.7.2.4 OBJETIVO DE LA PROPUESTA DE FORMULACION DEL PUENTE.

Los pobladores de la colonia Lorena y comunidades aledañas tengan acceso a vías de mayor importancia, el puente proyectado se conectaría principalmente con la calle antigua a Zacamil que se conecta al Boulevard Constitución, a través de un puente vehicular sobre la quebrada las Lajas en la colonia Lorena.

Así, se prevé recolectar información de la zona de influencia en especial en el punto de cruce, por ejemplo tipo de suelo donde se cimentara los estribos; se realizan en el emplazamiento estudios preliminares tales como la topografía, geotecnia, hidráulica, medio ambiente, con los cuales se procederá al diseño completo del puente, por ejemplo, cálculos estructurales y de drenaje.

La alternativa técnicamente viable de solución al problema de conectividad vial en la colonia Lorena, su diseño cumplirá satisfactoriamente todos los requerimientos, bajos costos, plazos previstos y buena calidad, de acuerdo con los programas y proyectos realizables de obras públicas, de acuerdo con las políticas de mejoras de conectividad vial.

5.7.2.5 INFORMACION GENERAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR.

5.7.2.5.1 UBICACION DEL PROYECTO.

El tramo en estudio está ubicado en el municipio Mejicanos, ver Fig. 5.1 a; en la colonia Lorena, en una área urbanizada de 28, 875 m² aproximados (dato obtenido de google earth). Su localización geográfica está en la tabla 5.1 y la figura 5.1 b es el punto de emplazamiento, al sitio del proyecto; actualmente se llega por dos rutas, por el Boulevard Constitución al norponiente y por el final de calle antigua a Zacamil, hacia el poniente, a 450 m aproximadamente y por la 75 avenida norte y calle principal de la colonia Lorena a 260 m aproximadamente de este punto, ver Fig. 5.2. Las coordenadas geográficas del punto donde se localiza el emplazamiento son las indicadas en la tabla 5.2.

Tabla 5. 6 Coordenadas geográficas del emplazamiento, obtenidas de google earth.

	COORDENADAS ENTRADA	COORDENADAS SALIDA
PUENTE PEATONAL TIPO BAILEY	13°43'48.05" N	13°43'48.47" N
	89°13'24.78" O	89°13'25.19" O

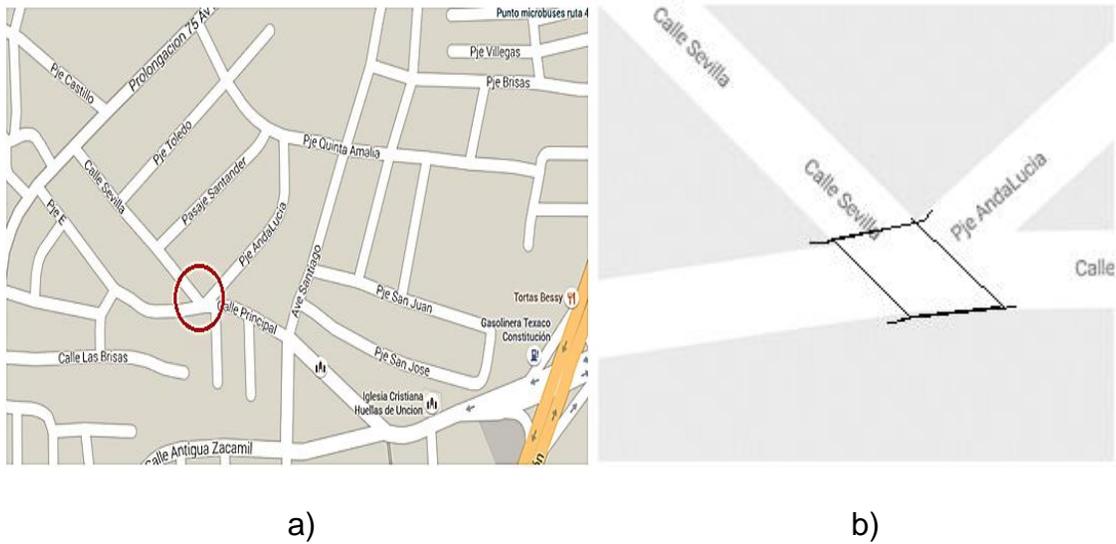


Fig. 5. 1 a) Ubicación geográfica del emplazamiento, tomada de google maps. b) Localización de emplazamiento, en la intercepción entre calle Sevilla y calle principal de la colonia Lorena.

5.7.2.5.2 SELECCION DEL SITIO.

En el emplazamiento¹⁰⁴ ubicado en la colonia Lorena, es necesario construir un puente vehicular; actualmente, existe un puente peatonal tipo Bailey que soluciona parcialmente la problemática de acceso de los habitantes de la comunidad; los vehículos, por falta de un puente vehicular utilizan otras rutas

¹⁰⁴ Para construir un puente vehicular para mejorar la conectividad de la colonia Lorena a otros puntos del gran San Salvador.

lejanas de acceso a la colonia. La construcción de un puente vehicular facilitará la conectividad directa a otras vías principales inmediatas, ver Fig. 5.2.



Fig. 5. 2 El acceso al emplazamiento, la ruta 1 desde la 75 Av. Norte y la ruta 2 desde la Boulevard. Constitución hacia la colonia Lorena, tomada de google maps.

Al emplazamiento se tiene acceso desde el Boulevard Constitución a 450 m, sobre la calle antigua a Zacamil y calle principal de la colonia Lorena; o desde la 75 avenida norte a 260 m sobre el pasaje E de la colonia Lorena, se tomaron los datos de campo de las condiciones y estructura encontrada en el punto de interés, ver Fig. 5.3.

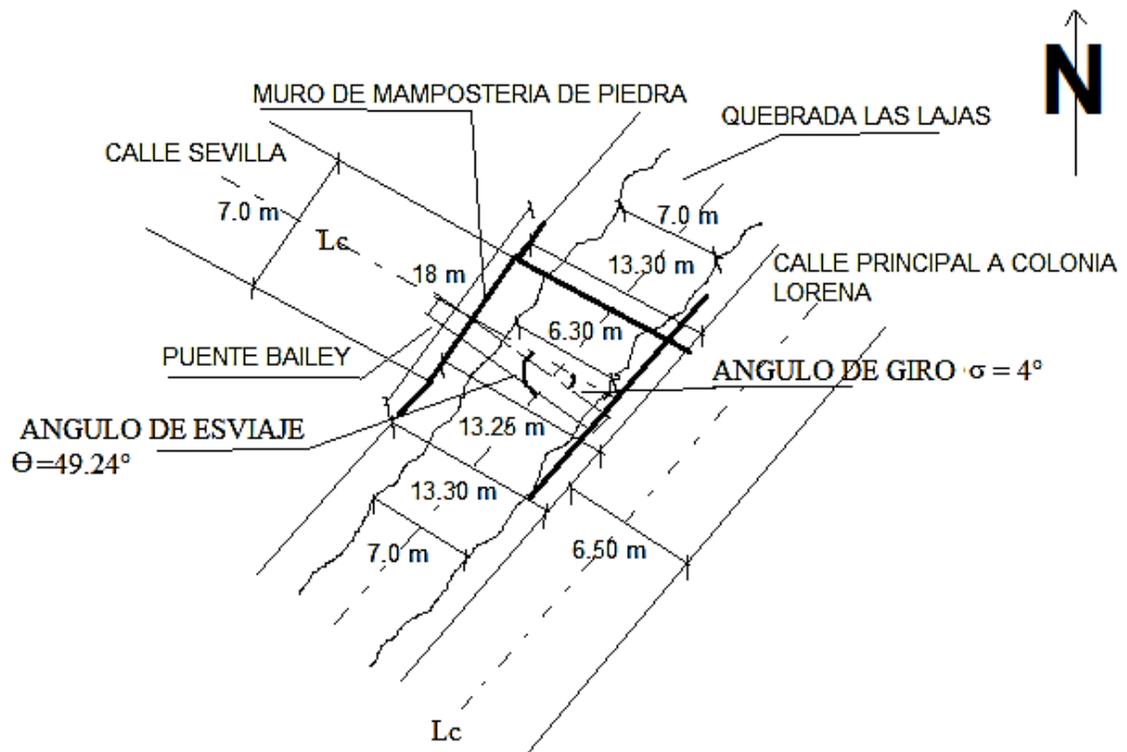


Fig. 5. 3 Ubicación de detalles en el emplazamiento, sin escala.

5.7.2.5.3 COLINDANCIA.

El emplazamiento se encuentra ubicado en la colonia Lorena, que colinda al oeste con la residencial Granada, al norte con residencial Castillo, al este con condominio habitacional Jardines de Montebello y al sur con residencial San Juan Montebello.

5.7.2.5.4 URBANIZACION DEL AREA Y DESCRIPCION DE SERVICIOS REQUERIDOS.

El municipio Mejicanos, pertenece al departamento San Salvador, o está en el gran San Salvador; dispone servicios de energía eléctrica, agua potable, vías de comunicación pavimentadas, medios de transporte, abastecimiento de

combustible, supermercados, lo que justifica la existencia del puente. La construcción del puente beneficiará, a la población de la colonia Lorena y colonias aledañas en la zona de estudio.

5.7.2.5.5 CONDICIONANTES PARA EL PROYECTO.

1. En el lecho de la quebrada las Lajas, hay enterrada una tubería de concreto de 1.80 m de diámetro; esta, posiblemente habrá que demoler en el punto del emplazamiento a lo largo del cauce.
2. Hay una tubería de acero de agua potable que atraviesa aéreamente la quebrada, desde la calle principal de la colonia Lorena hacia la calle Sevilla, la cual está paralela al actual puente peatonal tipo Bailey; similarmente, a la posición de la obra de paso proyectada.
3. El alineamiento del puente a construir debe coincidir con el eje de la calle Sevilla e interceptar con el eje de la calle principal de la colonia Lorena que conecta al Boulevard Constitución.
4. La alineación del puente con respecto a la vía es el que lleva el eje actual, colinealmente; y con respecto a la quebrada será con un ángulo de 49.24° aproximadamente.
5. Remover la pasarela peatonal tipo Bailey y demás estructuras que obstaculicen el área proyectada para la construcción del puente vehicular.

5.7.2.5.6 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.

El enclave del puente está situado en la colonia Lorena, sobre la quebrada las Lajas. Al proyectar una estructura que salve el cauce de la quebrada las Lajas

permitirá la conexión directa entre la calle principal y el final de calle Sevilla que conectan hacia el Boulevard Constitución. Las cotas a alcanzar en los extremos del puente tendrán de base el trazado, delimitando los bordes en cada extremo de la quebrada y ancho de las calles existentes en este punto de la urbanización; todo de acuerdo con lo que indique la topografía del lugar y los bordes casi verticales de la quebrada, u otros condicionantes que así indique, ya que el tramo a salvar es menor que treinta metros ($l < 30$ m).

El puente tendría 13.30 m de longitud total entre ejes de estribos, de un solo vano. El puente peatonal actual, es del tipo Bailey; tiene un ángulo de giro respecto al eje de la calle Sevilla de 4.31° .

5.7.3 ETAPA 2. PREPROYECTO

En el pre proyecto se desarrollará, con base a los datos recabados en el emplazamiento, se definirá el planteamiento del problema, esto es la necesidad de construcción de un puente vehicular en la zona de estudio y tener la posibilidad de entrada y salida de vehículos a la colonia y las colonias periféricas.

Se plantean los objetivos y alcances del proyecto de puente, para el emplazamiento y las comunidades a beneficiar con la obra proyectada.

Se identifican las limitaciones que afectan la ejecución del proyecto, las construcciones próximas al emplazamiento, el alineamiento del puente coincida con el eje de la calle existente e intercepciones.

Se propone la metodología de los procesos constructivos que garanticen los tiempos, costos y buena calidad de obra ejecutada; con sus especificaciones técnicas y normativas, según lo requerido en el contrato.

5.7.4 ETAPA 3. PROPUESTA DE SOLUCION ACORDE AL EMPLAZAMIENTO.

5.7.4.1 ALTERNATIVA DE SOLUCION A LA PROBLEMATICA DE CONECTIVIDAD VIAL VEHICULAR.

Para realizar un proyecto de puente, se requiere:

- Un plano general en planta, con datos de claro a salvar. Trazo de la estructura a proyectar.
- Corte longitudinal a lo largo del eje del puente proyectado, con los requerimientos del claro a salvar, gálibos. Perfil longitudinal del puente a construir.
- Ancho del puente, ancho de carriles, aceras, etc.
- Resultados de las condiciones del emplazamiento, obtenidas por los diferentes estudios realizados para determinar por ejemplo, el tipo de cimentación a utilizar, según capacidad portante.
- Condiciones locales para el traslado de materiales y equipos a utilizar en la formulación y ejecución del proyecto.
- Condiciones hidrometeorológicas y ambientales, por ejemplo, crecidas de ríos, intensidad de lluvia, etc.

En la elección de la sección transversal del puente, influye:

- Claro a salvar.
- Altura de construcción disponible.
- Procesos constructivos, personal capacitado y equipo requerido para su ejecución.
- Economía del proceso constructivo elegido.

La propuesta para la problemática, planteada, es construir un puente vehicular con esviaje de 49.24° respecto al eje de la quebrada, con claro a salvar de 13.30 m; 8.20 m de ancho. Si la solución ejemplo, es, un puente de concreto reforzado, tipo viga y losa colado in situ, ver fig. 5.3., cumpliría todas las condiciones del entorno, el emplazamiento y el claro a salvar.

El proyecto, sus características generales¹⁰⁵, consistirá en un puente de concreto reforzado, del tipo viga y losa:

- Longitud total: 13.30 m.
- Ancho total del tramo: 8.20 m
- Área de rodamiento: 7.00 m
- Ancho de carril: 3.50 m
- Aceras: 0.60 m
- 2 carriles a 3.50 m
- Ángulo de esviaje: 49.24° con respecto al eje de la quebrada.

¹⁰⁵ El ministerio de obras públicas, MOP, establece finalmente estas características a cumplir para el diseño necesitado para su aprobación y cumplimiento de normas, especificaciones y demás formalismos técnicos administrativos y de proyecto.

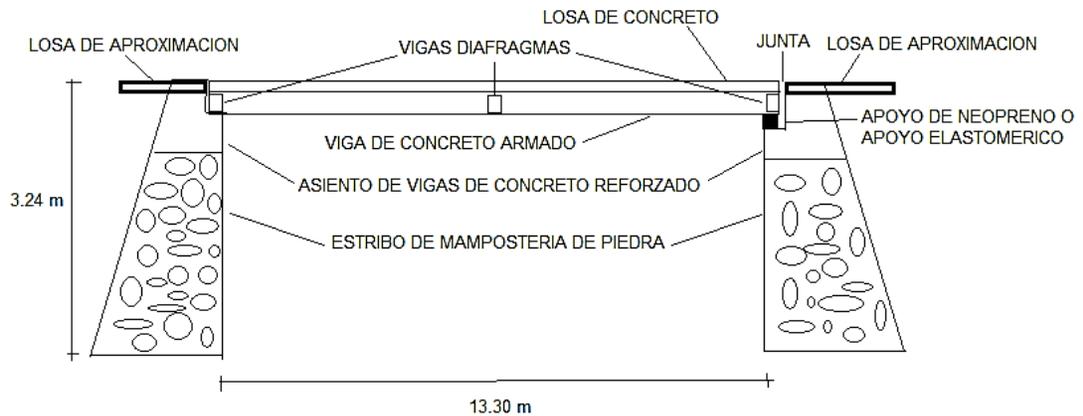


Fig. 5. 4 Sección transversal de propuesta de puente, sin escala.

5.7.4.2 NOMBRE DEL PROYECTO: CONCEPTUALIZACION DE UN PROYECTO DE PUENTE VEHICULAR EN LA QUEBRADA LAS LAJAS.

Conceptualización del proyecto:

En lo social: la construcción del puente vehicular del tipo viga y losa colado in situ, en la colonia Lorena sobre la quebrada las Lajas, del municipio de Mejicanos, este contendrá ubicación, selección del sitio, colindancia, urbanizaciones cercanas que se beneficiarán y tipo de servicios requeridos, características del terreno e identificando la necesidad de los pobladores de la construcción del puente, requiriendo de un ingeniero especialista que asegure su viabilidad y congruencia funcional y constructiva.

La función principal de la estructura emplazada, permite el paso peatonal de forma segura de un extremo al otro de la quebrada las Lajas y conecta la calle Sevilla con la calle principal de la colonia Lorena; esta a su vez entronca con la

calle antigua a Zacamil y el Boulevard Constitución y otras vías principales del gran San Salvador; se observó la necesidad de la construcción de un puente vehicular que dé movilidad, reduciendo tiempos de recorrido para salir y acceder a la colonia Lorena, observando la cantidad verdadera del número de vehículos que circulan sobre la calle Sevilla, que podrán hacer uso del puente.

La construcción del puente, facilitaría el acceso a suministro de productos y servicios básicos en comunidades aledañas a colonia Lorena; debido al incremento poblacional en la zona, se requiere de obras de paso, para disminuir costos, tiempo y distancia de recorrido.

Con la red vial nacional: La red vial en el municipio, facilita el acceso y conectividad con los municipios de Ayutuxtepeque, Cuscatancingo y el gran San Salvador; mediante calles y accesos pavimentados, adoquinados y de tierra. Conteniendo ejes viales importantes, por ejemplo, calle al volcán, prolongación de la 75 Av. Norte, calle a Zacamil y Boulevard Constitución; atravesando el área urbana de este a oeste.

En la actualidad; el paso vehicular está interrumpido hacia la colonia y hacia fuera, esto es así por la ausencia de un puente vehicular, encontrando en el emplazamiento de estudio un puente peatonal tipo Bailey que presta la función de movilidad de peatonal; con la construcción de un puente se crearía una nueva interconexión a la red vial, esta conectará la calle Sevilla con la calle principal integrándose hacia el Boulevard Constitución y otras vías importantes, permitirá

una libre movilidad para el acceso de vehículos comerciales y particulares a la colonia y sus alrededores.

La estructura propiamente: en el sitio del emplazamiento en estudio se encuentra un puente peatonal tipo Bailey, ver Fotografía 5.3; longitud 18.15 m, ancho de calzada 1.50 m y altura 1.64 m; la estructura permite al usuario el paso desde la calle Sevilla y la calle Principal sobre la quebrada las Lajas en la Colonia Lorena. Considerando la estructura y el medio físico que la rodea, este puente peatonal está emplazado sobre la quebrada las Lajas en la Colonia Lorena, la estructura está compuesta por dos cerchas metálicas de 1.62 m y vigas metálicas transversales que sostienen el tablero de lámina lagrimada, los extremos están cubiertos con malla ciclón para evitar accidentes de caídas al fondo de la quebrada, el puente descansa en sus extremos sobre pedestales de concreto, y su sistema de apoyo simple.



Fotografía 5. 3 Puente peatonal tipo Bailey, en el emplazamiento de estudio.

En ambos extremos de la quebrada está protegido con muros de mampostería de piedra que evitan la erosión de los taludes, con una pendiente 1H: 1V, según lo observado; el fondo de la quebrada hay muros guarda niveles los que mantienen el nivel del fondo evitando arrastre de material.

En el fondo de la quebrada hay una tubería de concreto de $\phi = 1.80$ m, se enterrada y parcialmente dañada, en el punto de emplazamiento aguas arriba y aguas abajo hay rocas de gran tamaño ($\phi > 1.0$ m), que pueden servir al proyecto como material de construcción.

La sección transversal de la quebrada presenta características favorables, se observa condiciones geotécnicas y geológicas factibles para la construcción de un puente vehicular, encontrando lecho rocoso donde poder cimentar los estribos, verificar con sondeos el estrato rocoso y extraer núcleos a la roca para determinar su resistencia y hacer uso de la piedra para hacer los estribos.

Los problemas detectados en la visita al emplazamiento es la posición de la estructura, por la proximidad con el borde de la quebrada no se construyeron las gradas de acceso frente a puente y la calle principal, no está orientada con respecto al eje y está levemente girada para dar lugar a las gradas hacia un costado, no son seguras para el peatón ya que una parte está al aire, y manifiestan que ya han ocurrido accidentes por la no correcta posición de las gradas por falta de terreno y presenta peligro para el descenso.

Otro de los problemas detectados es común en la gran mayoría de cruces sobre ríos, quebradas que se encuentran en asentamientos poblacionales se tiene la costumbre de arrojar la basura, desechos de construcción dando un aspecto no agradable a la vista y principalmente estrechando el área hidráulica y que en eventos extraordinarios de precipitaciones provocan un aumento de nivel de las aguas por el represado y ponen en riesgo la estructura, no hay mantenimiento del canal ni control de la vegetación.

5.7.4.3 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO PARA LA EJECUCION DEL PUENTE.

El programa de proyecto a construcción “Puente de concreto en colonia Lorena”, establece, la duración de cada actividad constructiva, recursos y materiales a emplear y el tiempo previsto para la ejecución total del proyecto de puente.

En el cronograma de la programación, ver anexo 5.1, se lleva el control del avance de la obra ejecutada y verifica si está acorde con lo programado o hay variaciones significantes; es decir, si hay adelantos o retrasos en las actividades ejecutadas; para ajustarse a la programación prevista.

5.7.5 ETAPA 4. EJECUCION DEL PROYECTO DE PUENTE EN LA COLONIA LORENA.

Disponer de un diagnóstico del lugar del emplazamiento, previo al diseño de una nueva estructura, y para dar mantenimiento a esta. Hacer visitas al lugar para

recolectar la información necesaria, de todas las condiciones propias del punto de emplazamiento y alrededores de la estructura a evaluar.

Una solución a la problemática de falta de acceso vehicular desde la calle principal a la calle Sevilla en la colonia Lorena, se identificó en el lugar las condiciones existentes en el emplazamiento.

5.7.5.1 ALGUNOS DATOS INICIALES DEL EMPLAZAMIENTO.

Claro a salvar 13.30 m; área de construcción 110 m² y una profundidad de 3.24 m desde el tablero del puente peatonal tipo Bailey al lecho de la quebrada las Lajas, (medidas aproximadas). La topografía del emplazamiento, es para hacer el trazo con las medidas exactas sobre el terreno. El diseño del puente, requiere tener los planos topográficos del emplazamiento para la ubicación y posición final del puente. En este caso de aplicación, se darán unas recomendaciones del procedimiento constructivo del puente en la colonia Lorena y algunas recomendaciones a verificar en su construcción.

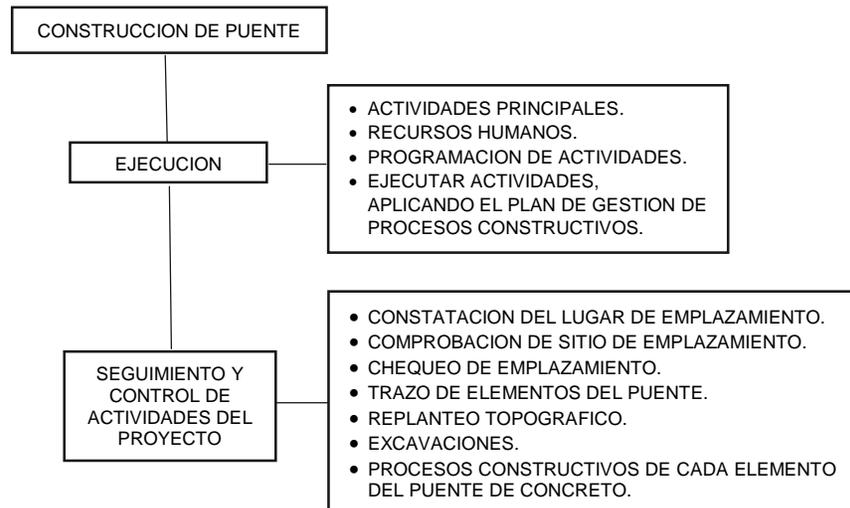
Proyecto de construcción de puente, se realizan:

- Estudios preliminares¹⁰⁶.
- El diseño del puente.
- Planos constructivos, normativas, especificaciones técnicas a implementar para garantizar la buena calidad de la obra.

¹⁰⁶ Los estudios preliminares requeridos para la formulación de proyectos de puentes, son los siguientes: topográficos, hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geotécnicos, de sismicidad, prefactibilidad ambiental, financieros, y los estudios que el proyectista considere necesarios para proyectar el diseño del puente, para más detalle ver capítulo 3.

- Ejecución de las actividades constructivas del proyecto.

La metodología coherente a implementar en el proceso constructivo, contiene los pasos siguientes:



Esquema 5. 5 Metodología del plan de gestión de ejecución aplicado a proyectos de puentes.

A continuación se describe la metodología:

I. ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA CONSTRUCCION DEL PUENTE.

Las actividades que conforman la ejecución de un proyecto de puente, ver esquema 5.4.

II. RECURSOS HUMANOS PARA LA CONSTRUCCION DEL PUENTE.

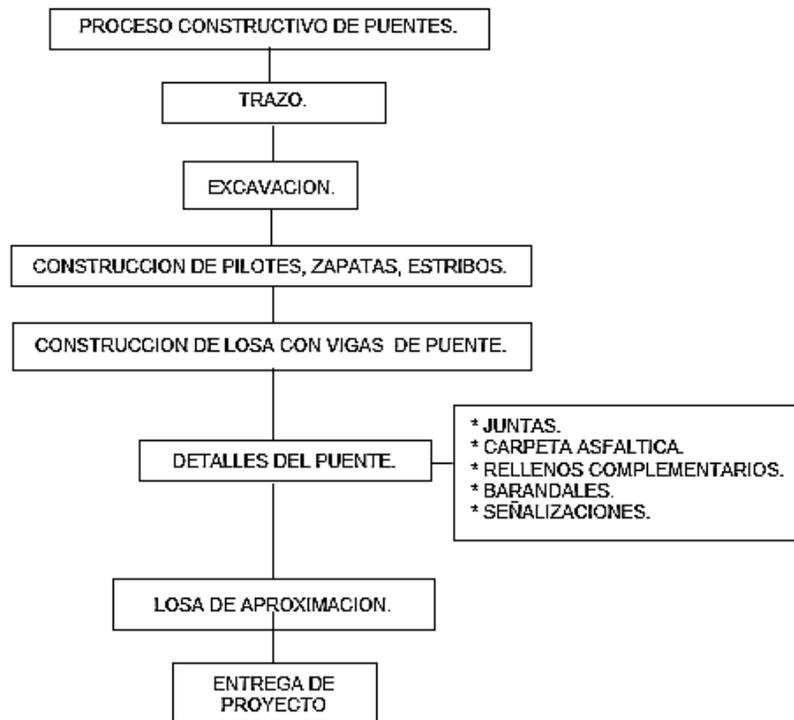
La construcción del puente se realizará en un aproximado de 4 meses, con el recurso humano indicado en la tabla 5.3.

Tabla 5. 7 Recurso humano a utilizar en la construcción del puente vehicular.

Cuadrilla topográfica	20 auxiliares.	8 carpinteros.	1 ingeniero residente.
4 armadores.	3 albañiles.	1 maestro de obra.	

Actividades principales en la construcción del puente, se indican en el esquema

5.6.



Esquema 5. 6 Metodología para la construcción de puentes.

5.7.5.2 SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO.

Verifica el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas y lo indicado en planos y procesos constructivos del diseño aprobado para cada actividad del

proyecto, cumpliendo con los requerimientos de costo, plazo y calidad en su ejecución.

Seguimiento de las actividades constructivas del puente:

- Constatación del lugar de emplazamiento:
 - En el recorrido e inspección visual en cercanías del punto de emplazamiento en Colonia Lorena, se verificó las condiciones presentes mediante un chequeo de datos obtenidos preliminarmente y el buen estado de las rutas de acceso al lugar.
- Comprobación del sitio de emplazamiento:
 - Requiere preparar el lugar de emplazamiento, removiendo maleza y basura existente en el área de construcción en la quebrada; para realizar el trazado del eje del puente y ubicación de muros estribo del puente.
- Chequeo del lugar de emplazamiento:
 - Realizando una inspección visual y medición con el personal y equipo topográfico, verificando las condiciones existentes en el emplazamiento sean las indicadas en las especificaciones técnicas, estudios, bancos de marca y referencias permanentes indicadas en planos topográficos.
- Trazo de elementos del puente.
 - Localizar y ubicar bancos de marca y referencias permanentes establecidas en planos constructivos, para realizar el trazado de los elementos del puente en el punto exacto de construcción, utilizando personal y equipo topográfico requerido.

- Verificar ubicación, orientación y planta de cimentación, dimensiones y detalles especificados en planos constructivos autorizados.
- Replanteo topográfico de zapata:
 - Verificar referencias permanentes durante la construcción del puente, para controlar trazado, niveles y chequeos de mediciones utilizando planos topográficos, brigada y equipo topográfico.
 - Limitar zona de trabajo, según lo indicado en planos constructivos utilizando personal y equipo topográfico requerido.
- Excavación para zapata de estribos:
 - Chequear trazo, dimensiones, ancho, profundidad y nivel de fundación o apoyo de la estructura conforme a lo indicado en planos constructivos utilizando personal y equipo topográfico requerido.
 - Verificar capacidad portante requerida en el diseño, realizando el chequeo de fondo utilizando normas y equipo especializado.
 - Estabilizar paredes laterales en la excavación de cimentación, según lo indicado en planos constructivos o según recomendaciones del laboratorio suelos y materiales, mediante entibado, refuerzo metálico anclado al terreno, para evitar derrumbes durante la excavación.

5.7.5.3 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CADA PARTE DEL PUENTE DE CONCRETO REFORZADO EN COLONIA LORENA.

En la construcción de cada elemento del puente, se verificará en materiales lo siguiente:

- Encofrados:
 - Material y dimensiones en el armado de encofrado con verticalidad, escuadra y nivel según especificaciones técnicas y planos constructivos. El encofrado estará limpio, sin deterioros, ni aberturas para evitar fugas del concreto.
 - Estabilidad del encofrado, por medio de soportes provisionales puntales y arriostramientos para soportar los esfuerzos inducidos por carga de personal, y equipo en el colado del concreto, evitando deformaciones que afecten las dimensiones establecidas de los elementos y la verticalidad.
- Acero de refuerzo:
 - Calidad, cantidad, diámetro, armado, traslapes, posición y separación correcta, recubrimiento del acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.

Nota: asegurar que los encofrados y acero de refuerzos sean autorizados antes de realizar el colado del concreto.

- Elaboración de concreto:
 - Calidad de materiales a utilizar en elaboración de concreto, autorizados por el laboratorio.

- Proporción y calidad de los materiales a utilizar en elaboración de concreto según especificaciones técnicas y diseño de mezclas autorizado.
- Condición y calidad del equipo a utilizar en la elaboración del concreto.
- Producción o recepción en obra, si el concreto es premezclado, se realice de manera eficiente para evitar la detención de las actividades. En el caso de atrasos, utilizar los correspondientes aditivos para garantizar la adherencia del concreto nuevo con el endurecido de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Colado del concreto:
 - Obtener las muestras para realizar ensayos de compresión de cilindros a 7, 14 y 28 días después del colado, utilizando el personal y equipo requerido en base a normas y especificaciones técnicas. El colado del elemento será monolítico o por secciones según lo indique las especificaciones técnicas y el proceso constructivo.
- Vibrado del concreto.
 - Según especificaciones técnicas para evitar segregación de agregados del concreto, verificando tiempo y profundidad del vibrado.
- Desencofrado del elemento de concreto:
 - Desencofrar de 12 hrs a 24 hrs después del colado del elemento o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto.

- Curado del concreto.
 - Curado del elemento posterior al desencofrado, verificando que el agua utilizada sea potable o uso de líquido especial de curado (filmógeno), según especificaciones técnicas.
- Colocación y compactación de material selecto.
 - Colocación y compactación de material de relleno, cumpla lo indicado en las especificaciones técnicas, dosificación de diseño para su posterior comprobación mediante el ensayo de densidad del suelo, utilizando las normas técnicas y equipo especializado.

En la construcción de los elementos del puente, lo siguiente:

- Zapata de estribos.
 - Trazo y excavación de zapatas.
 - Capacidad portante del suelo.
 - Elaboración de encofrados para zapatas.
 - Acero de refuerzo a colocar en zapatas.
 - Elaboración de concreto a colocar en zapatas.
 - Colado del concreto en zapatas.
 - Vibrado del concreto en zapatas.
 - Desencofrado de zapatas.
 - Curado de zapatas posterior al desencofrado.
 - Colocación y compactación de material de relleno.

- Muro estribo macizo y aletones armados.
 - Acero de refuerzo en muros.
 - Material, diámetros, separaciones y colocación de dispositivos de drenajes indicados en los planos constructivos.
 - Armado de encofrado del muro estribo.
 - Control de verticalidad y estabilidad del encofrado.
 - Elaboración de concreto.
 - Colado del concreto.
 - Desencofrado de muro de 12 hrs a 24 hrs después del colado.
 - Curado del muro posterior al desencofrado.
 - Colocación y compactación de material de relleno.
- Viga de asiento de superestructura del puente.
 - Cumplimiento del alineamiento horizontal y vertical de la ubicación de viga de asiento, según lo indicado en planos constructivos con el personal y equipo topográfico.
 - Elaboración de encofrado.
 - Acero de refuerzo.
 - Elaboración de concreto.
 - Colado del concreto.
 - Vibrado del concreto.
 - Desencofrado de viga de asiento de 12 hrs a 24 hrs después del colado.

- Curado de viga de asiento posterior al desencofrado.
- Colocación de dispositivos sísmicos en las posiciones indicadas en planos constructivos, antes de colocar sobre el estribo las vigas.
- Losa de aproximación.
 - Capacidad portante de material selecto compactado.
 - Alineamiento horizontal y vertical de la losa de aproximación, con el personal y equipo topográfico.
 - Material, dimensiones y nivel en el armado de encofrado con según especificaciones técnicas y planos constructivos.
 - Colocación de acero de refuerzo.
 - Elaboración de concreto.
 - Colado del concreto en losa.
 - Vibrado de concreto de losa de aproximación.
 - Desencofrado de losa de 12 hrs a 24 hrs después del colado.
 - Curado de losa de aproximación posterior al desencofrado.
- Vigas de concreto.

En vigas coladas in situ, se realiza lo siguiente:

- Elaboración de cimbrado y encofrado de vigas.
- Acero de refuerzo, con la cantidad y separaciones requeridas por el diseño.
- Elaboración de concreto.

- Colado de vigas de concreto.
- Vibrado de concreto en vigas.
- Desencofrado a los 14 días después del colado de vigas o según lo indicado en las especificaciones técnicas, utilizando personal y equipo requerido para evitar daños en el concreto
- Curado del vigas posterior al desencofrado.
- Losa del puente.
 - Horizontalidad y nivel en el armado de encofrado según especificaciones técnicas y planos constructivos, utilizando el personal y equipo topográfico.
 - Acero de refuerzo, diámetro, separaciones, armado, traslapes, amarres, recubrimientos, posición correcta y conformación de camas de acero de refuerzo indicado en especificaciones técnicas y planos constructivos.
 - Estabilidad del encofrado.
 - Elaboración de concreto.
 - Colado del concreto en losa de puente, realizada en franjas delgadas, para evitar el fraguado inicial, antes de colocar la siguiente franja.
 - Vibrado de losa de concreto.
 - Desencofrar a los 14 días después del colado de losa o según lo indicado en las especificaciones técnicas.
 - Curado de losa posterior al desencofrado.
- Carpeta de rodadura. Si es de concreto hidráulico, se revisará la pendiente de la losa del puente con el bombeo especificado para el escurrimiento del agua,

al utilizar concreto asfáltico; se verifica la colocación; garantizar el cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas en cada proceso constructivo.

En este elemento, se verifica:

- Calidad de los materiales a utilizar en la elaboración de mezclas asfálticas, según diseño.
- Equipo y personal requerido para la colocación de la carpeta de rodadura con la pendiente de bombeo indicada en los planos constructivos.

- Aceras.

En aceras, se verifica:

- Elaboración de encofrado.
- Colocación y armado del acero de refuerzo.
- Elaboración de concreto.
- Colado del concreto en aceras.
- Vibrado de concreto en aceras según especificaciones técnicas.
- Desencofrado de aceras de 12 hrs a 24 hrs después del colado.
- Curado de aceras posterior al desencofrado.

- Barandas Metálicas.

En barandas, se verifica:

- Alineamiento horizontal y vertical de barandas, con el personal y equipo topográfico.

- Comprobar materiales utilizados en su construcción sean los indicados en los planos constructivos y especificaciones con detalles, medidas, secciones de los elementos, elementos de fijación soldaduras, pernos, etc.
- Aplicación del tipo y características de acabados indicados en planos y especificaciones.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONSIDERACIONES.

Los proyectos puentistas, son de mucha importancia en el desarrollo de la infraestructura de la red vial del país, propiciando mayor ordenamiento, modernidad, movilidad y conectividad local y regional en la ciudad; así mismo, da mejora del tránsito en vías de importancia y muy en particular en el desarrollo local de las comunidades (cercanas).

La conectividad de la red vial, es una necesidad en el país, para fluidez del tránsito en las vías principales y agilizar el paso de una región otra descongestionada, integrando las comunidades aisladas debido a cortes de caminos, ríos, quebradas que impiden la libre movilidad.

En el país hay puentes dañados causados por eventos naturales extraordinarios meteóricos y sísmicos tectónicos; así mismo por fallas de funcionamiento de la estructura como consecuencia de la gestión durante las etapas de formulación, ejecución, seguimiento y control de los procesos constructivos y mantenimiento durante la vida útil; también, considerando su envejecimiento o por la falta de obras complementarias, por ejemplo, protección de la cimentación del puente.

La gestión de puentes en el país está aplicada para el inventario de la red vial de puentes, priorizando estructuras dañadas posterior a eventos extraordinarios, requiriendo desarrollar un plan de gestión para su intervención en reconstrucción, que contenga lineamientos estructurados para el buen control de la ingeniería del

proyecto, para evitar las posibles fallas en la gestión en las etapas de elaboración y ejecución de la alternativa propuesta para el emplazamiento.

Para garantizar integridad, estabilidad, duración permanente, funcionalidad, seguridad y servicialidad de un puente durante su vida útil proyectada, según el diseño, se requiere de una gestión integral (formulación y ejecución de los procesos constructivos) del proyecto de puente; desde el diseño conceptual, estudios preliminares requeridos del emplazamiento, procesos constructivos y ejecución del diseño aprobado. Así mismo, mantenimiento y monitoreo permanente (rutinario) de la estructura y sus alrededores en el tramo más próximo dónde se encuentra funcionando.

Los estudios previos (topográficos, geotécnicos, geológicos, hidrológicos, hidráulicos, de sismicidad y otros requeridos; según la magnitud del proyecto) del lugar de emplazamiento, determinan la factibilidad de una propuesta de solución técnica y de inversión que mejor se adapte a todas las condiciones existentes como capacidad portante del suelo, la topografía en el punto de cruce previsto, diseño más apropiado definitivo y posición final, para su posterior ejecución. Toda esta información del sitio (estudios de prefactibilidad ambiental, evaluación económica financiera que establezcan la viabilidad para desarrollar el proyecto), características (longitud del claro a salvar, número de carriles a proyectar, ancho de la vía), condiciones y limitaciones (estructuras existentes, alineación del eje del puente proyectado con el eje del camino existente) del emplazamiento, para su posición y diseño final.

En la colonia Lorena, al poniente, municipio Mejicanos hacia la colonia Zacamil no hay conectividad vial vehicular solo peatonal provisionalmente (puente tipo Bailey). En campo está el emplazamiento; en visita al lugar se tomaron datos de las características y condiciones existentes, los cuales son requeridos, para formular una alternativa de solución, para la construcción de un puente del tipo viga y losa colada in situ sobre quebrada Las Lajas que atraviesa el Municipio de Mejicanos. Se estudia desde el diseño conceptual, estudios del lugar de emplazamiento previo y recomendaciones, para inversión y ejecución; procesos constructivos del puente, costos, programación estimada de la alternativa viable, para el lugar del emplazamiento.

6.2 CONCLUSIONES.

1. El estudio previsto de gestión de proyectos de puentes, para la ejecución de esta ha de estructurarse en forma lógica y sistematizada, de las actividades a realizar en todas las etapas del proyecto, desde la formulación y ejecución de los procesos constructivos; para el cumplimiento muy importante de costos, plazos de ejecución y buena calidad de la obra a ejecutar.
2. La gestión de un proyecto de puente, es muy importante que se aplique desde el inicio, su formulación, diseño y ejecución; en todas las etapas del proyecto.
 - Planificar, coordinar y programar las actividades de la alternativa de solución técnica viable a realizar en el proyecto con sus respectivos recursos asignados (humanos, económicos, herramientas y equipo).

- Verificar el cumplimiento de lo indicado en planos constructivos, normas y requerimientos contractuales en la ejecución de cada una de las actividades mediante el seguimiento y control continuo en los procedimientos constructivos.
- Garantizar que cada actividad ejecutada en el proyecto, cumpla con los costos, plazos y buena calidad de la obra, tal como lo previó la propuesta final actualizada y contractualmente.

Todo ello, para la buena gestión en cada una de las etapas del proyecto.

3. El plan de gestión del proyecto de puente, ha de integrar una metodología bien estructurada a seguir en las etapas del proyecto, así como lo propone este trabajo de graduación conteniendo la alternativa de solución conceptual al problema de conectividad vehicular y peatonal basada en el diagnóstico realizado y condiciones encontradas en la visita técnica al emplazamiento; pre dimensiona con esos resultados. Con esta, se sistematiza la elaboración o ejecución de un proyecto de puente, relacionando las actividades a realizar en cada una de las etapas del proyecto facilitando la formulación, administración y ejecución de proyectos; realizando inversiones en infraestructura vial y puentista eficientes.
4. La planificación de la ejecución de toda obra por la empresa constructora; en este caso, puente de concreto reforzado, se realiza el seguimiento y control en todos los procesos constructivos, donde a través de encargados, supervisores, se esté garantizando los cumplimientos, de planos constructivos, normas y

especificaciones contractuales, controlando lo ejecutado con lo programado para implementar acciones preventivas y correctivas para cumplir importantemente con los costos y plazos contractuales y satisfactoriedad con buena obra.

5. La conectividad vial en áreas urbanas y suburbanas es incongruente con el aumento de vehículos que transitan en vías principales y secundarias, esto no da lugar mejorar la movilidad de las comunidades, donde hay cortes de camino, ríos, quebradas o cualquier corte de paso vehicular y peatonal. Este es el caso de la colonia Lorena sobre la quebrada Las Lajas, municipio Mejicanos.
6. Actualmente, algunos puente del país, están dañados, otros deteriorados por su uso e impactos de eventos hidrometereológicos críticos y extraordinarios afectando su funcionalidad, seguridad y buen desempeño; han sobrepasado el “diseño seguro” con el que fueron construidos. Un plan de gestión de proyectos de puentes, aplicado a este caso, enfatiza en lo siguiente:
 - Formulación del proyecto en todas sus etapas lógicamente estructuradas, se aplican a administración de la gestión de un puente de concreto reforzado, al pre proyecto y proyecto (planificación, organización, ejecución, seguimiento y control, coordinación y evaluación); estudios preliminares para el pre dimensionamiento alternativo de ejecución según las condiciones y condicionantes del emplazamiento, incluyendo parámetros

propios para diseño definitivo; todo esto para buena evaluación propia, para la aprobación del diseño final y ejecución eficiente.

- Ejecución del proyecto, su gestión integral contiene un plan de ejecución y un plan de gestión de la ejecución a desarrollar paralelamente a la vez en el proyecto, según lo siguiente:

1. Plan de ejecución con sus actividades, planos constructivos aprobados y la orden de inicio, los procedimientos constructivos de cada elemento del puente (administrativo-técnico) requiriendo de estudios preliminares para dimensionamiento de la superestructura y subestructura; aplicar metodologías apropiadas, innovadoras y modernas para control de costos, y aplicación de normas y especificaciones técnicas a cada tipo de puente, según el caso.

2. Plan de gestión de la ejecución, cumpliendo las etapas de planificación, organización, seguimiento y control, de la programación del proyecto; disponer los recursos materiales y equipo, los procedimientos constructivos de cada elemento; formar equipo de trabajo para la ejecución de las actividades constructivas, requiriendo un control y supervisión para garantizar buen cumplimiento de costos, plazos y buena calidad de la obra según requerimientos contractuales.

7. El plan de gestión de proyectos de puentes, se basa por lo menos en los principios siguientes:

- Responsabilidad.

- Confianza.
- Honestidad.
- Cumplimiento.
- La solución del problema de conectividad vial y su duración cumpla con el propósito al más largo plazo (modernidad, innovación, obsolescencia), con costos moderados considerando su envejecimiento.

6.3 RECOMENDACIONES.

1. Realizar un estudio de gestión a todo proyecto de puente a desarrollar, garantizando formular y ejecutar la alternativa de solución técnica viable, acorde a los requerimientos del emplazamiento, cumpliendo su funcionalidad estructural y serviciabilidad durante su vida útil proyectada.
2. Aplicar la gestión de proyectos de puentes desde su formulación, hasta su ejecución, planificando, coordinando y programando las actividades de la alternativa de solución técnica viable, cumpliendo lo indicado en planos constructivos, normas y requerimientos contractuales en la ejecución de cada una de las actividades del proyecto; con costos, plazos y buena calidad de la obra.
3. El caso de conectividad vehicular no existente, sobre la quebrada “Las Lajas”, en la colonia Lorena, municipio Mejicanos, aplicar la metodología propuesta de gestión de proyectos de puentes en este trabajo de graduación, para formular la alternativa de solución conceptual; basado en un diagnóstico y condicionantes del emplazamiento, longitud del claro a salvar, tipo de

estructura técnicamente viable a colocar, puente de viga y losa colado in situ de un solo vano, de concreto reforzado, longitud de 13.30 m y ancho 8.20 m desde la calle Sevilla hacia la calle Principal, puente corto un solo vano ($l < 30m$), da ventajas económicas al ejecutarlo. En la ejecución del proyecto, aplicar el plan de ejecución propuesto del proyecto; conteniendo las actividades a realizar desde trazo hasta colocación de accesorios no estructurales, realizando procedimientos técnicos-administrativos para cumplimiento de costos, plazos de ejecución y rendimiento de intereses. Paralelamente, se utiliza el plan de gestión de ejecución en donde se verifica la ejecución de las actividades del proyecto con todos los recursos asignados en la planificación y programación del proyecto, para verificar lo realizado con lo programado realizando procedimientos administrativos-técnicos; garantizando el cumplimiento de costos, plazos y buena calidad de la obra. El plan de gestión utilizado en la alternativa de solución, sirve de base para elaboración, administración o ejecución de proyectos de puentes; relacionando las actividades a utilizar en cada una de las etapas del proyecto facilitando de manera sistemática el desarrollo del proyecto puentista.

4. En la formulación de propuestas de solución a la problemática de conectividad vial vehicular, el MOP contrate al personal especialista visionario por ejemplo, en la ingeniería de tránsito, gestores de proyectos, etc., aplicando conocimientos modernos e innovadores para elaborar propuestas de solución, que disminuyan el congestionamiento vehicular en vías principales y

secundarias en la red vial nacional; para ello, es necesario modernizar la infraestructura de la red vial nacional para el desarrollo de zonas urbanas y rurales, adaptándose a los requerimientos actuales de tránsito vehicular.

6.4 BIBLIOGRAFIA.

REGLAMENTOS.

- Ministerio de Obras Públicas (MOP). 2010. Lineamientos Básicos de Adaptación al Cambio Climático en el Diseño de Puentes en El Salvador.
- SIECA. 2010. Manual Centroamericano de Gestión del riesgo en puentes. Edición 2010.
- Norma AASHTO.2004.
- Norma AASTHO LRFD SI. Bridget Design Specifications.2007.

LIBROS Y MANUALES.

- Ajenjo, A. Domingo. Dirección y gestión de proyectos. 2ª Edición.
- James, M. Antill. Método de la ruta crítica y sus aplicaciones a la construcción.
- Martín Vide, Juan. Ingeniería de Ríos, Segunda Edición, 2001.
- Universidad de Castilla – La Mancha- UCLM.2013.Manual de clases de teoría de proyectos en la ingeniería.
- Project Management Institute (PMI), Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK).4ta. Ed.

TRABAJOS DE GRADUACION.

- Aquino, Denis y otros. 2004. Manual de construcción de puentes de concreto. Trabajo de Graduación. FIA-UES. San Salvador.
- Contreras, José. Junio 2011. Procedimiento constructivo del puente “Ixhupan” ubicado en el municipio de Metapayan, Veracruz. México.
- Godínez G. Rogelio. 1979. Velocidades de viento para la región urbana y potencialmente urbana de San Salvador.
- Mendoza, Wilson y otros. 2003. Manual para el mantenimiento rutinario y preventivo de puentes de El Salvador. Trabajo de Graduación. FIA-UES. San Salvador.
- Ramírez, Ricardo y otros. Septiembre de 2004. Procesos constructivos aplicados a cimentaciones profundas en El Salvador. T.B.G. FIA.UES. San Salvador.
- Rodríguez, Oscar y otros. 1998. “Guía para el diseño de puentes de concreto reforzado en caminos rurales y vecinales”. Trabajo de Graduación. FIA-UES. San Salvador.
- Universidad Central de Chile. UCEN. 2002. Curso de diseño estructural de puentes.
- Zavala Amaya, Efraín. 1976. Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning (n) del cauce del rio metayate. Seminario de graduación en Ingeniería Civil. FIA-UES. San Salvador.

ANEXOS.

ANEXOS.

ANEXOS DEL CAPITULO III (OBRAS DE PROTECCION PARA LOS ELEMENTOS DEL PUENTE DE LA FIGURA 3.13 A LA 3.27).

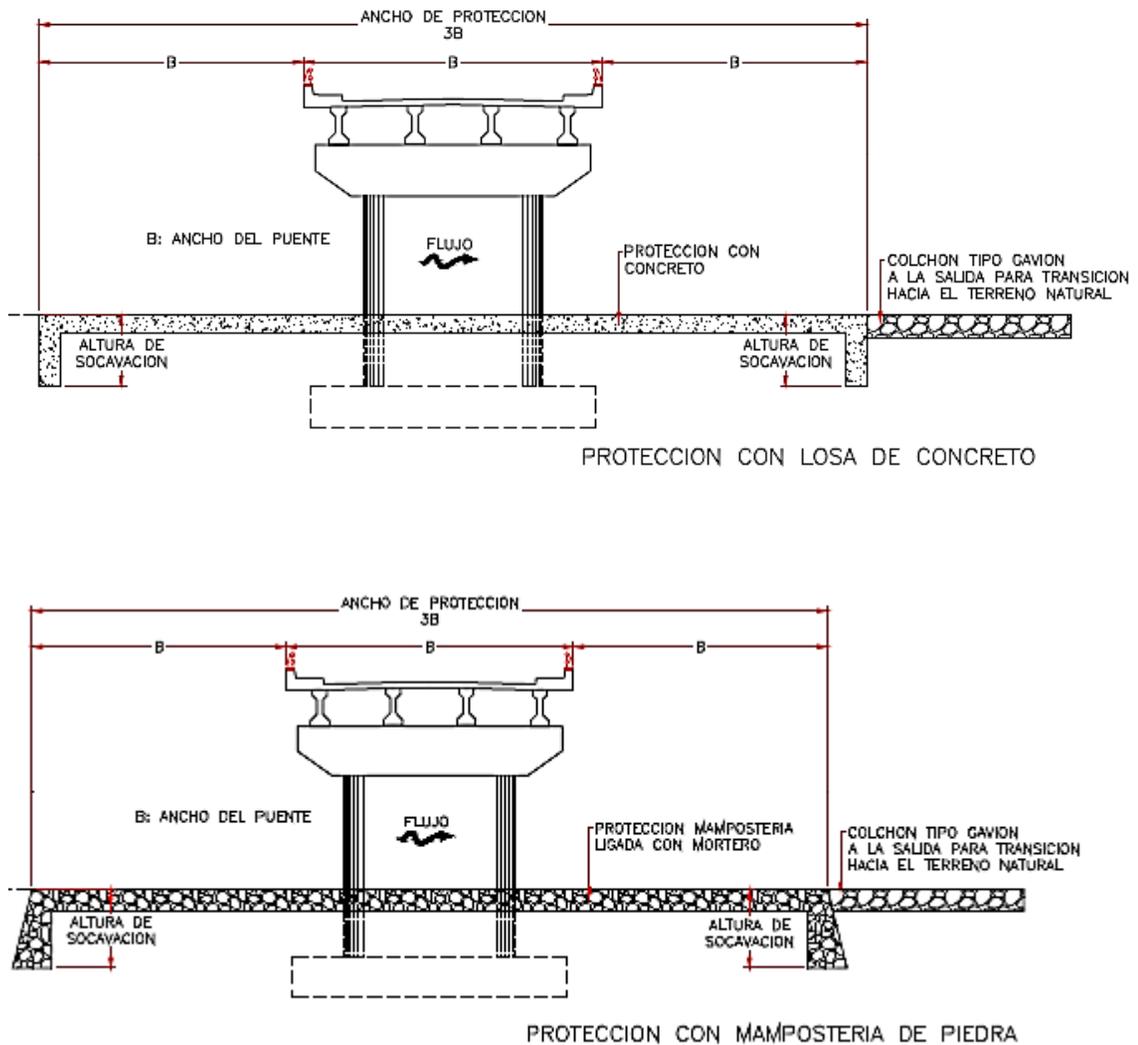
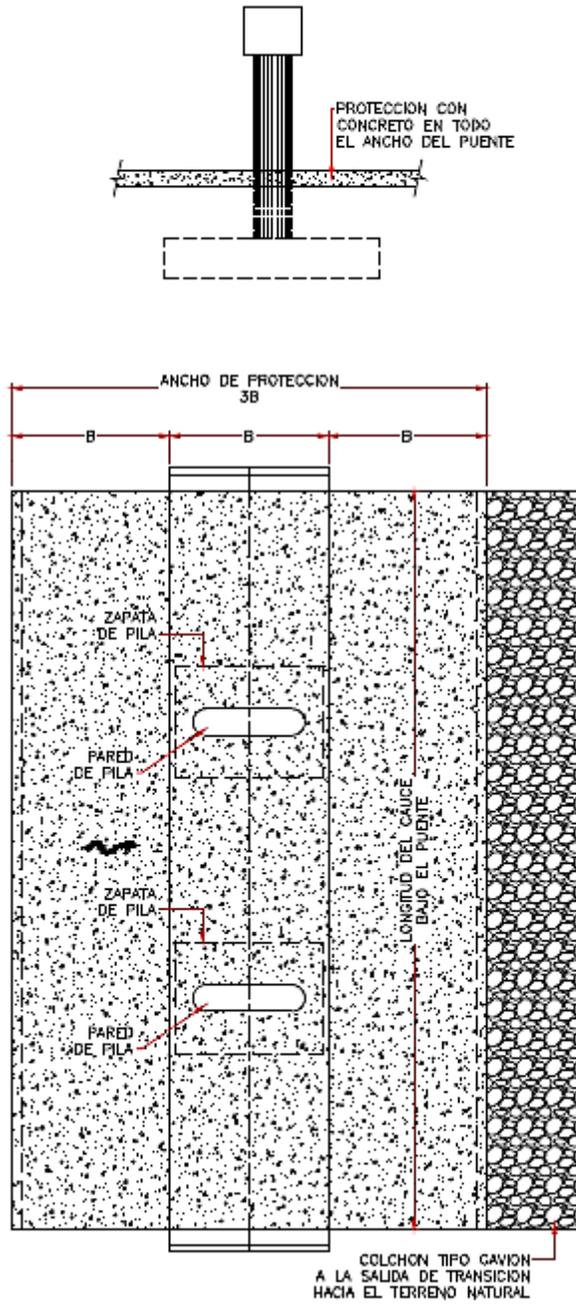


Fig. 3.13. Protecciones de pilas en cauces de ríos.



PLANTA DE PROTECCION

Fig. 3.13. Protecciones de pilas en cauces de ríos.

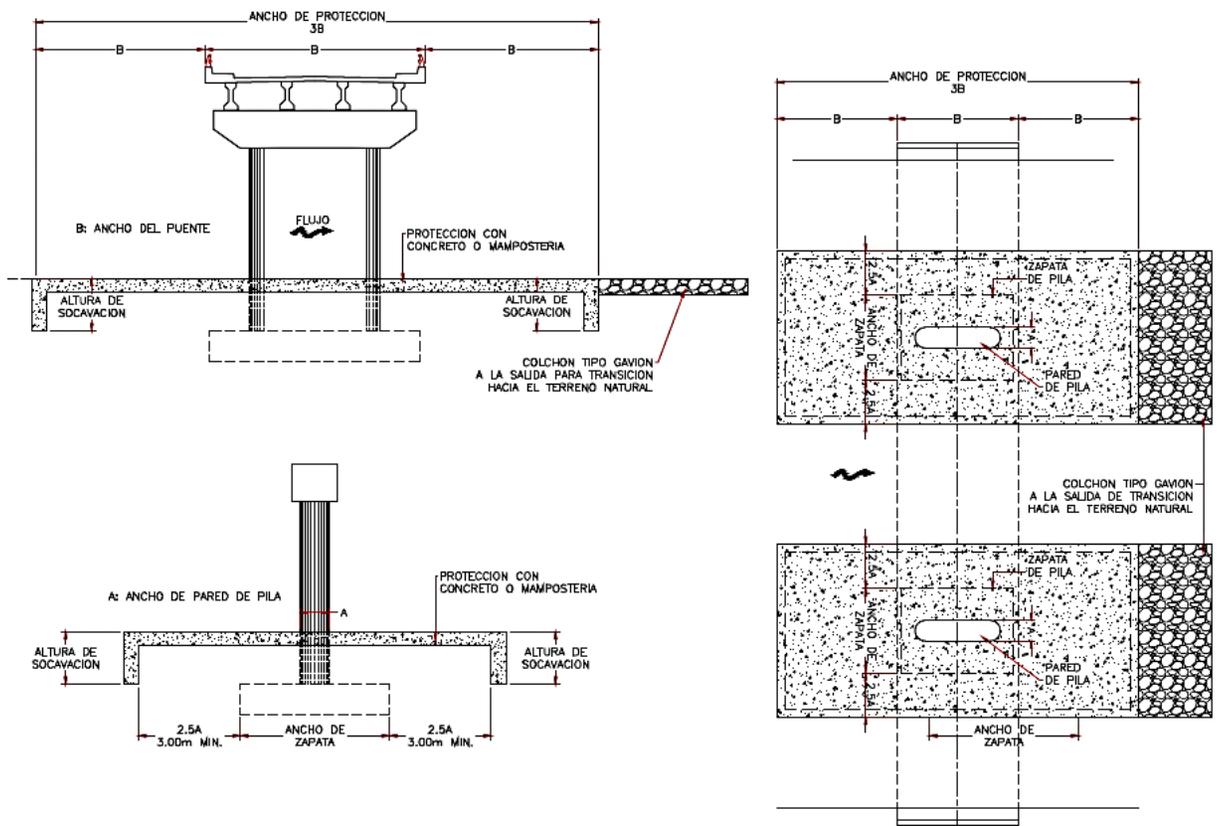
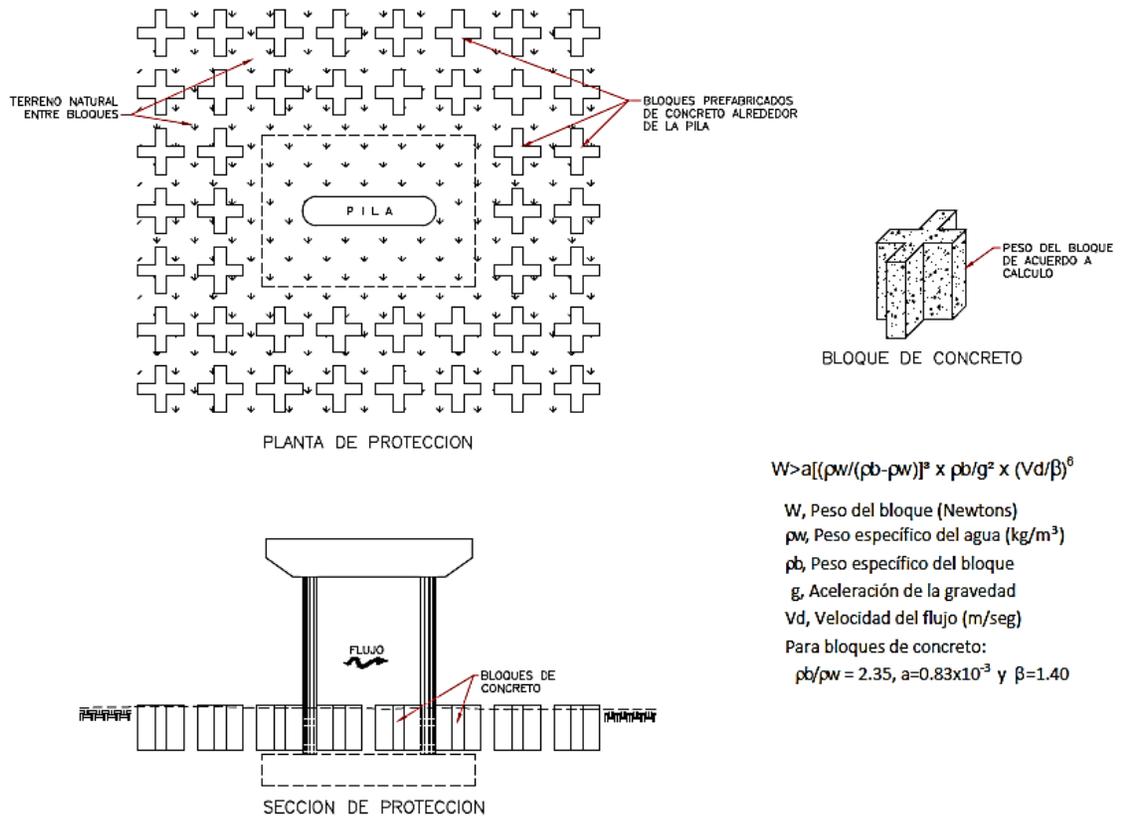


Fig. 3.14. Protección local para pilas.



$$W > a[(\rho_w/(\rho_b - \rho_w))^3 \times \rho_b/g^2 \times (V_d/\beta)^6]$$

W , Peso del bloque (Newtons)
 ρ_w , Peso específico del agua (kg/m^3)
 ρ_b , Peso específico del bloque
 g , Aceleración de la gravedad
 V_d , Velocidad del flujo (m/seg)
 Para bloques de concreto:
 $\rho_b/\rho_w = 2.35$, $a = 0.83 \times 10^{-3}$ y $\beta = 1.40$

Fig. 3.15. Protección local para pilas con bloques prefabricados.

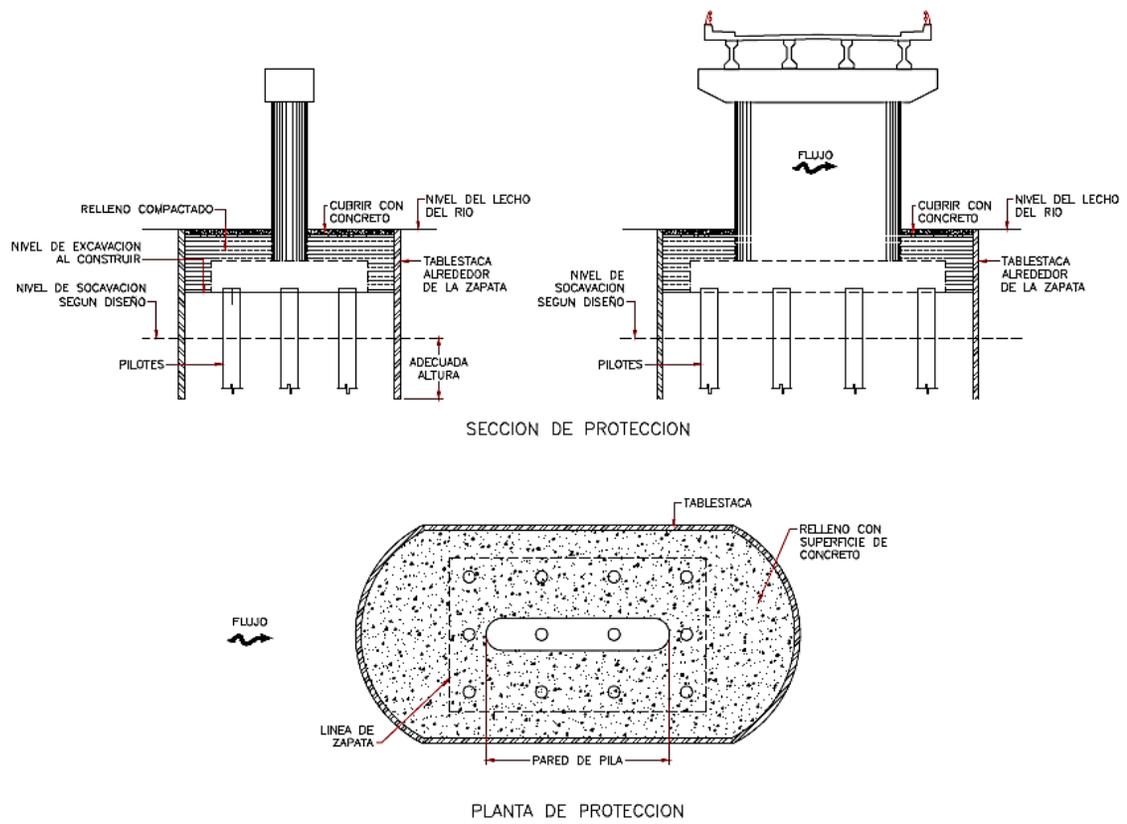


Fig. 3.16. Protección para pilas con tablestacas.

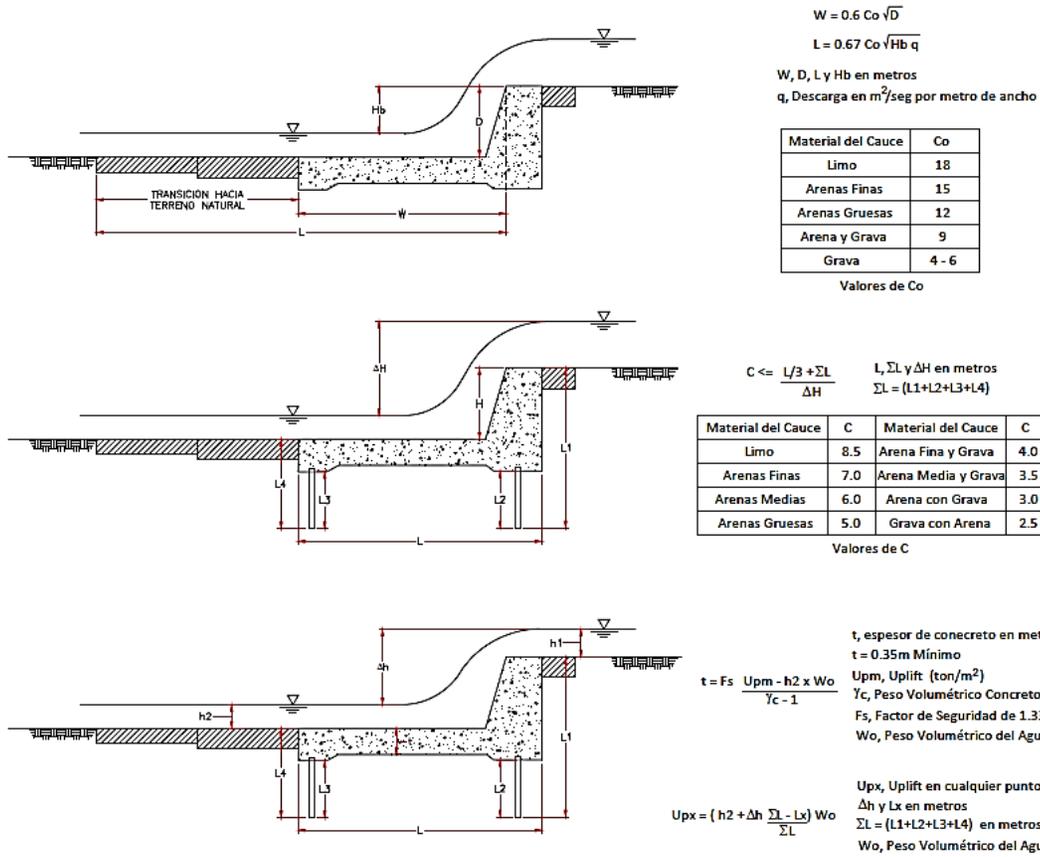
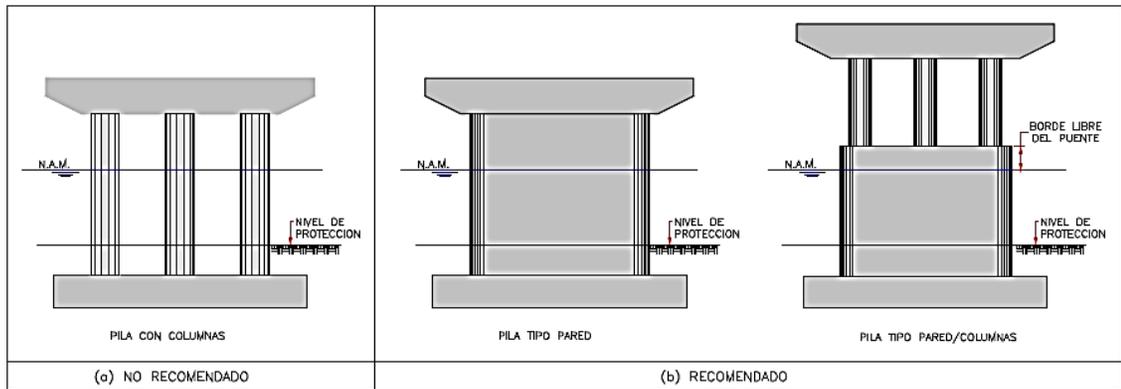
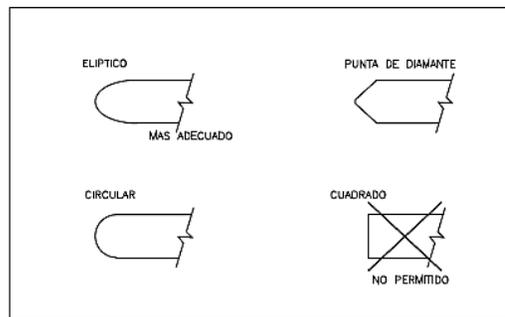


Fig. 3.17. Protección con Guarda niveles.



TIPOS DE PILA



TIPOS DE PARED DE PILA

Fig. 3.18. Tipos de pilas recomendadas para futuros diseños.

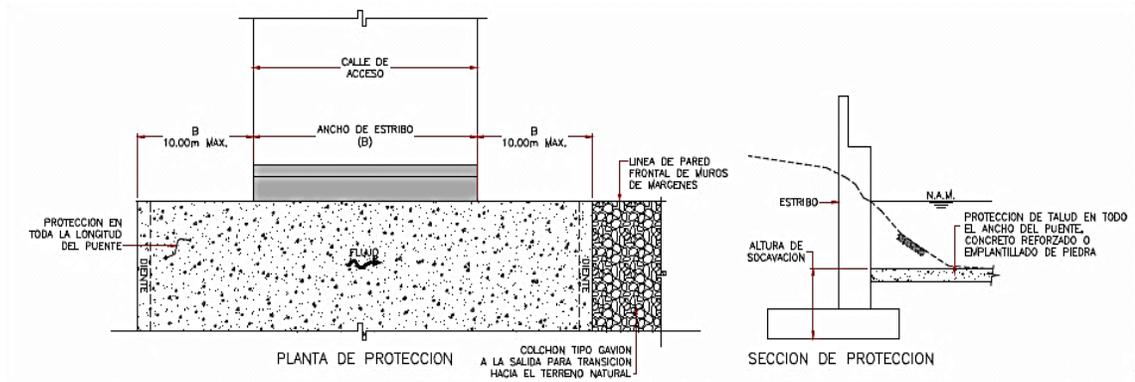


Fig. 3.19. Protección para estribos en todo el cauce bajo el puente.

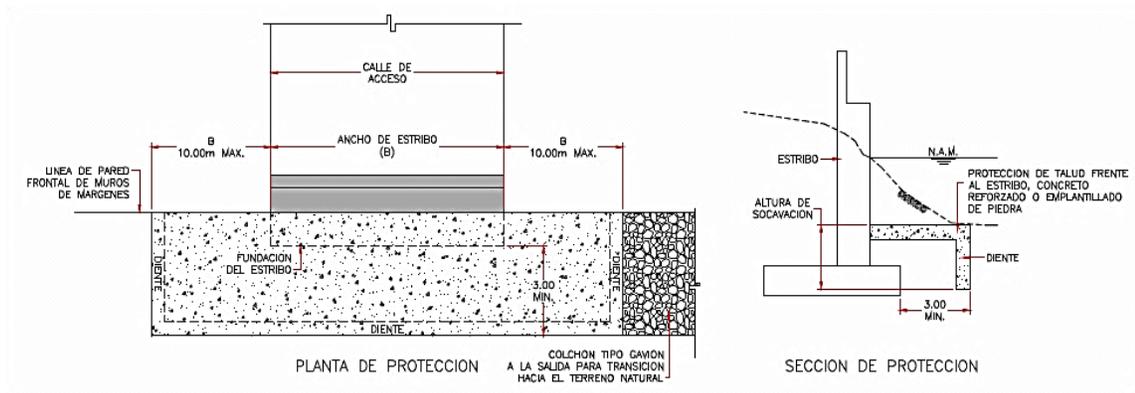


Fig. 3.20. Protección local para estribo.

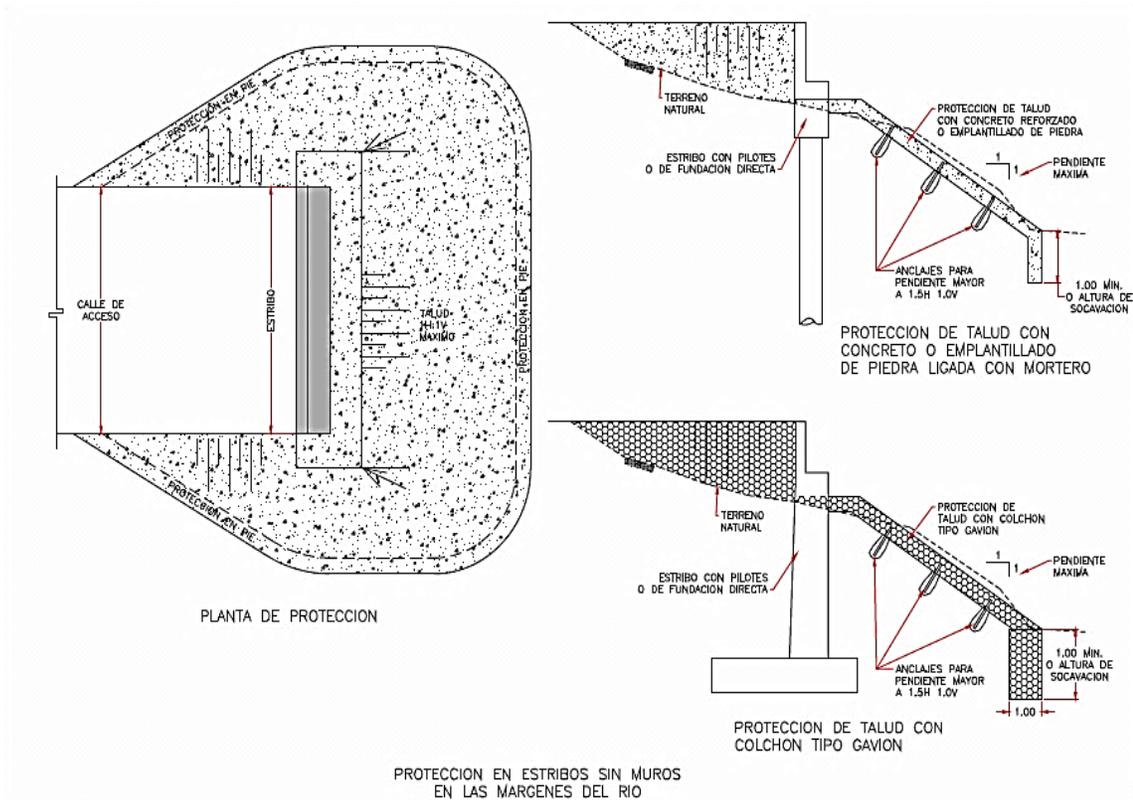


Fig. 3.21. Protección para estribos sin muros en las márgenes del río, con anclajes.

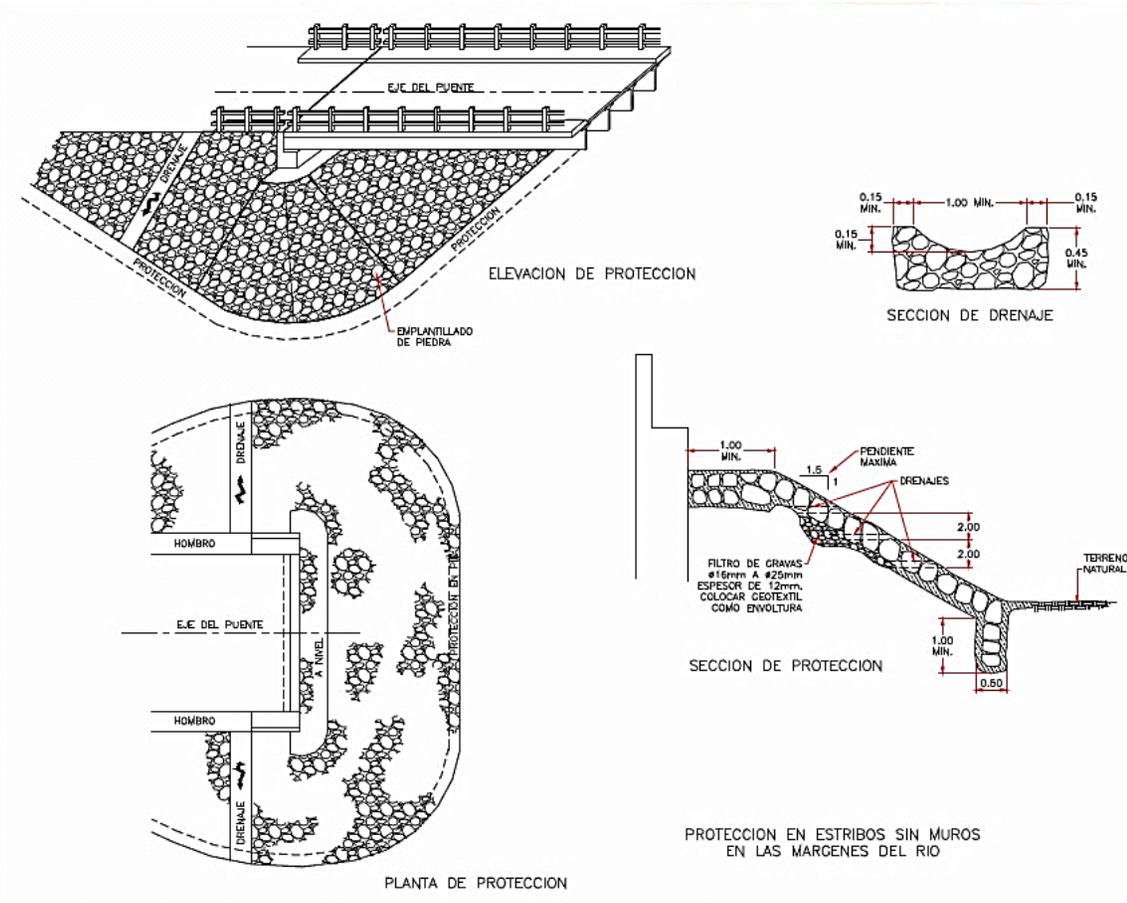


Fig. 3.22. Protección para estribos sin muros en las márgenes del río, con emplantillado de piedra.

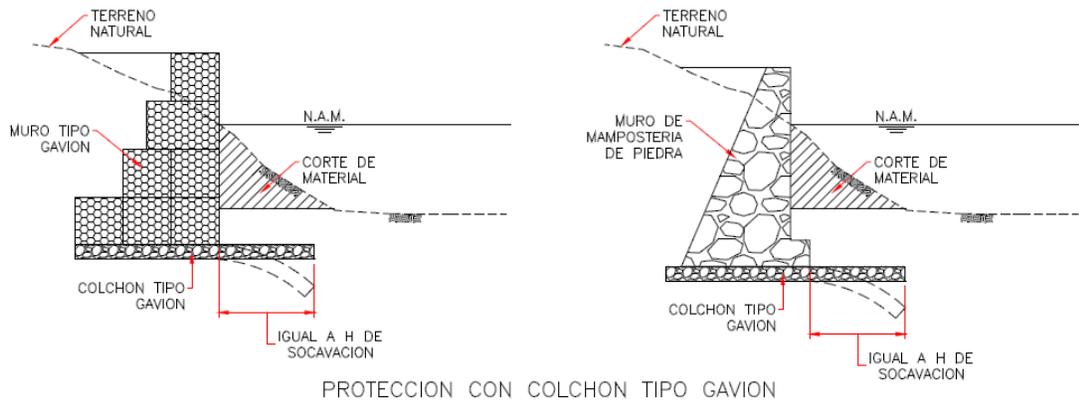


Fig. 3.23. Protección para muros de márgenes con colchón “Reno” (Tipo Gavión).

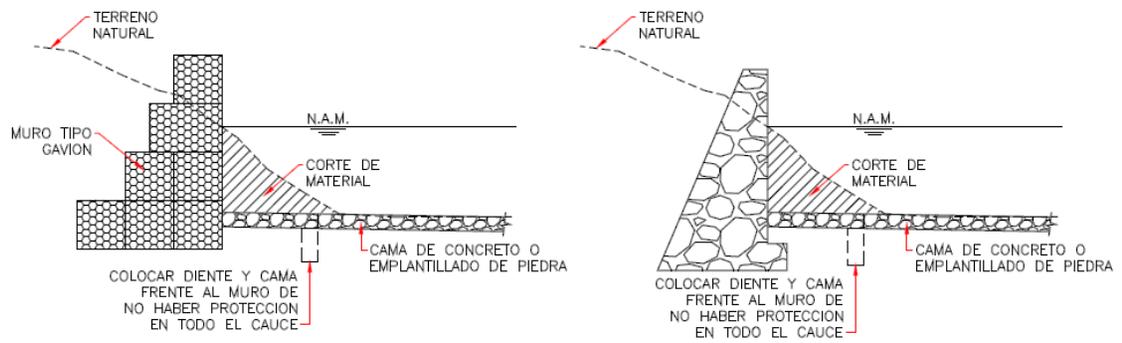
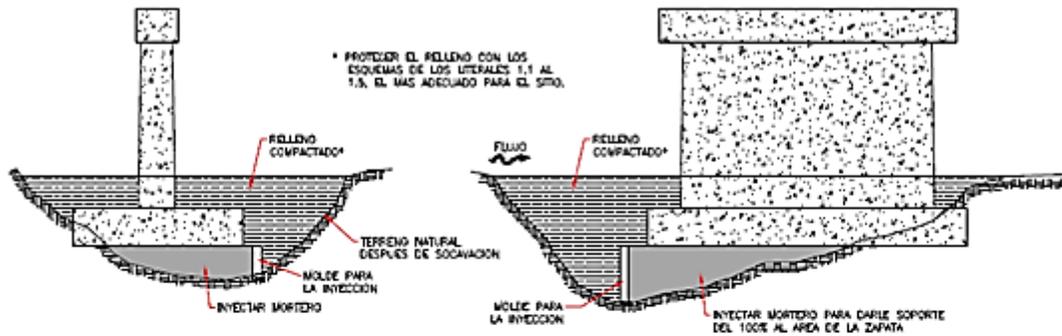


Fig. 3.24. Protección para muros de márgenes con losa de protección.



REPARACION EN PILAS

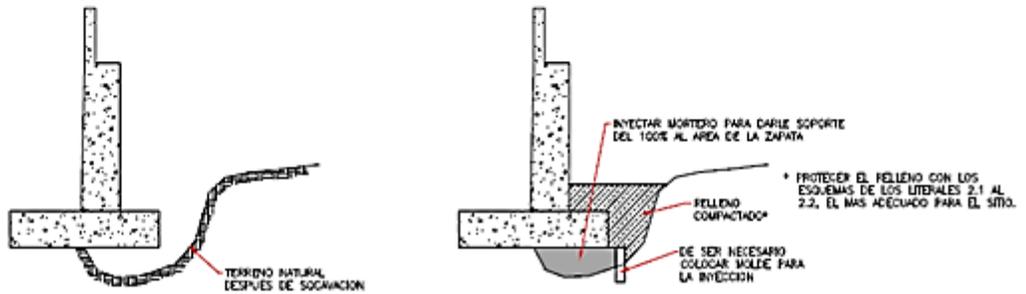


Fig. 3.25. Propuesta de reparación en pilas y estribos de fundación directa.

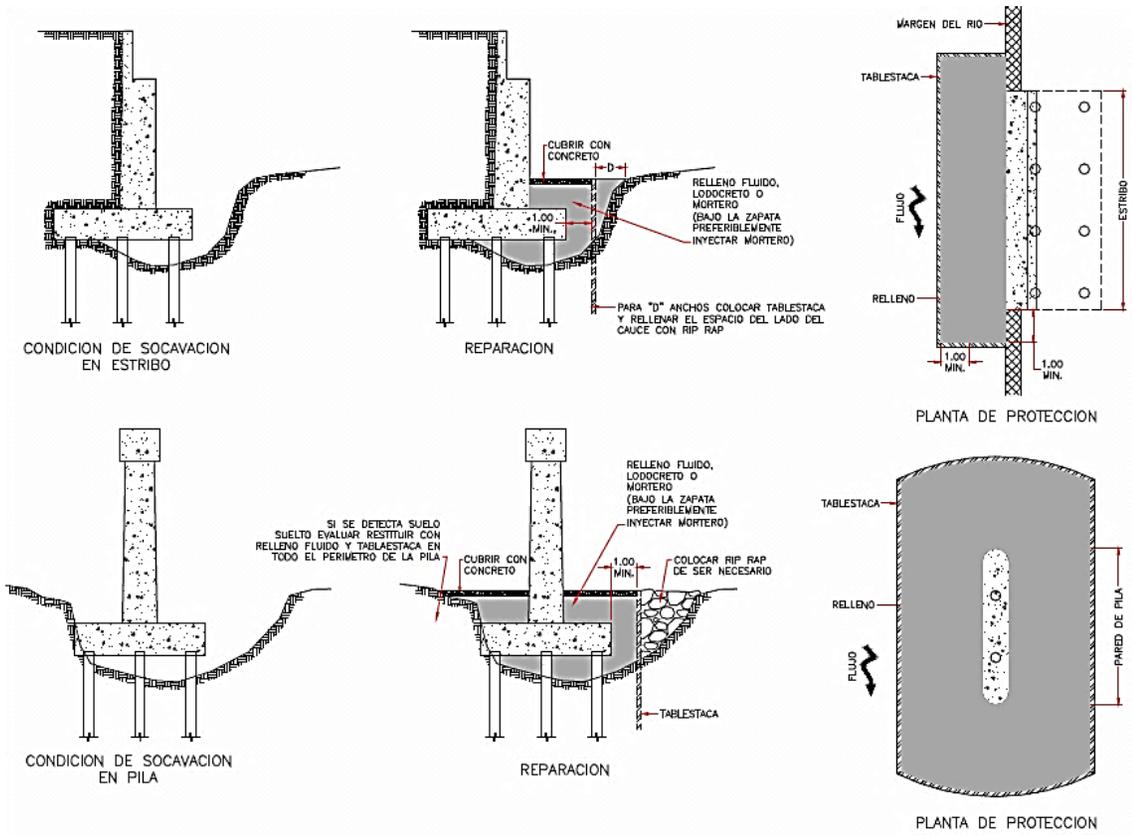


Fig. 3.26. Propuesta de reparación en pilas y estribos de fundación con pilotes.

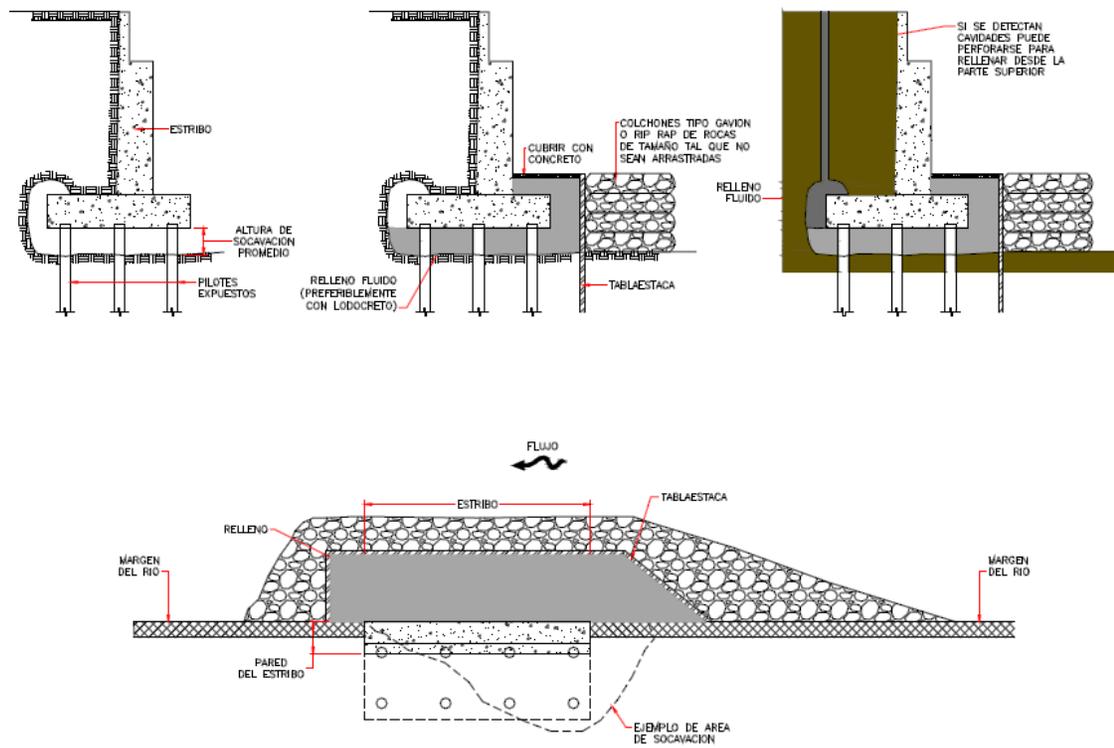
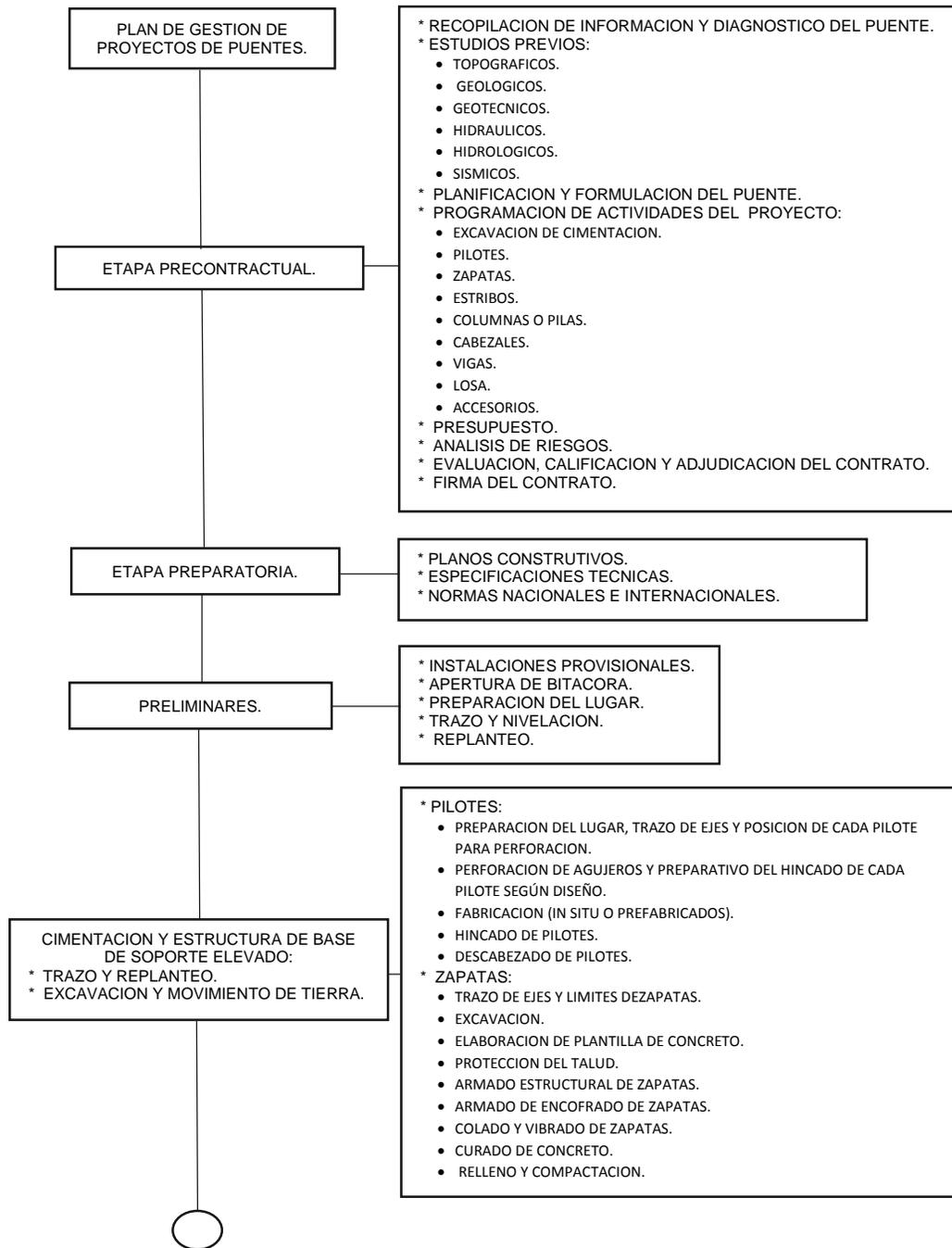
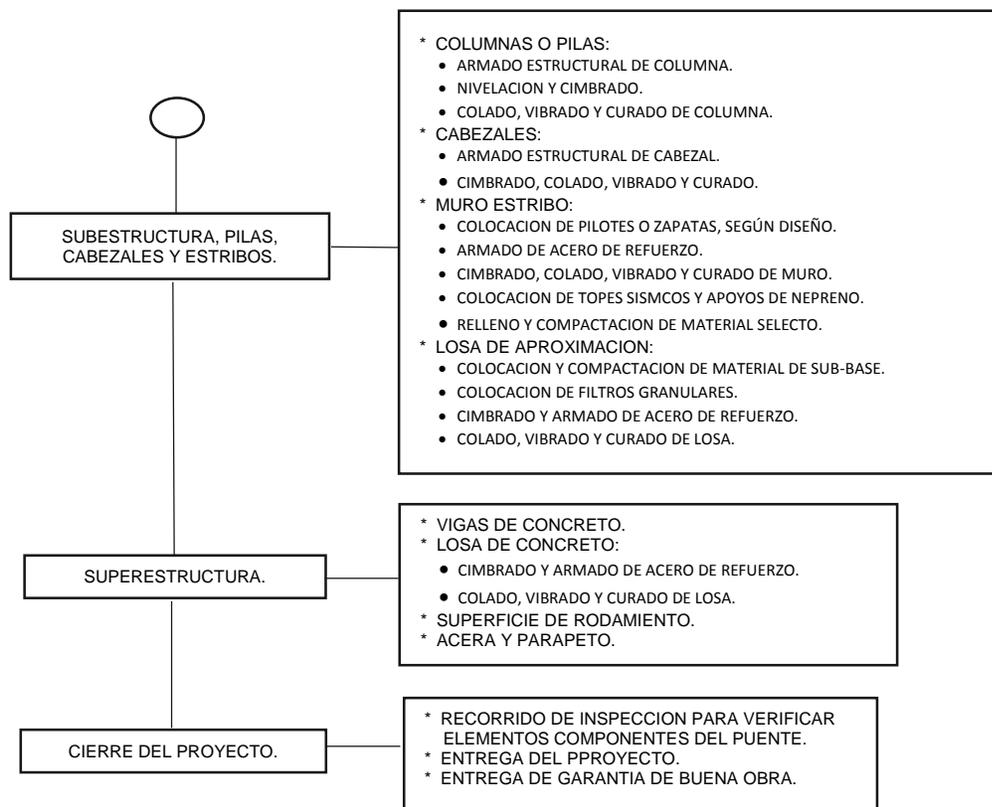


Fig. 3.27. Propuesta de reparación en pilas y estribos de fundación con socavación severa.

ANEXOS CAPITULO IV



Esquema 4.1 Plan de gestión de procesos constructivos en puentes de concreto.



Esquema 4.1 Plan de gestión de procesos constructivos en puentes de concreto.

ANEXOS CAPITULO V

PLAN DE GESTION DE PUENTES.

- La información obtenida de las características, condiciones del emplazamiento en la visita técnica es muy importante para realizar un diseño conceptual y posterior diseño definitivo; cumpliendo con todas las características y condiciones existentes en el emplazamiento.
- La planificación del proyecto, prevalecerá durante la ejecución del proyecto, actualizándose constantemente a posibles cambios ocurridos en la ejecución

de las actividades; para garantizar el cumplimiento de las actividades en calidad, costos y plazos de ejecución establecidos.

- Los estudios preliminares a realizar en el emplazamiento para formular el proyecto, deberán ser claros y precisos en la información a obtener, para realizar un diseño que cumpla y satisfaga los requerimientos del sitio de emplazamiento; no realizar estudios someramente que produzcan un diseño deficiente.
- Previo a la ejecución del proyecto, se requiere la orden de inicio y la aprobación de los planos constructivos por la supervisión, para proceder con las actividades planificadas del proyecto puentista.
- En la ejecución de las actividades constructivas, se requiere de personal capacitado para garantizar el cumplimiento de calidad, costos y plazos contractuales.
- En la ejecución de proyectos, ocurren eventos naturales u otros factores, que provocan cambios en la planificación y ejecución de las actividades constructivas; ajustando con acciones correctivas o correctoras implementadas, para cumplir todos los requerimientos contractuales.
- Los lineamientos a seguir en la implementación del plan, ayudan a verificar el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas y lo indicado en planos constructivos durante la ejecución, dando seguimiento y control; mejorando la eficiencia en la utilización de los recursos, minimizando errores y posibles

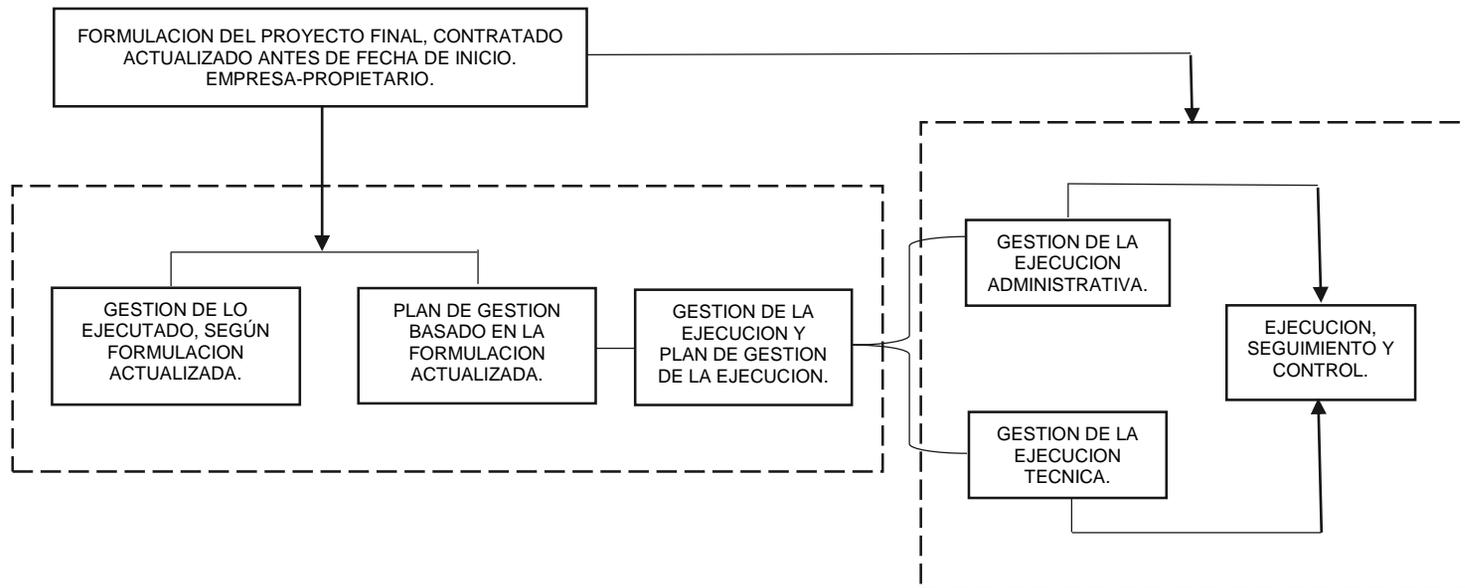
riesgos en las actividades constructivas, garantizando la buena calidad de la obra.

- El plan de gestión de proyectos propuesto de puentes se desarrolla una metodología de gestión de los procesos administrativos y de ejecución de obra, todo dependerá del criterio del profesional a cargo.
- El seguimiento y control de las actividades evalúa los resultados obtenidos con los planificados, para implementar las acciones de corrección en caso de presentarse problemas o contratiempos durante su ejecución, solucionando eficazmente y en corto tiempo las desviaciones que se presenten, para cumplir los requerimientos contractuales y concluir con éxito el proyecto.
- Supervisar y controlar la ejecución de las actividades, según lo indicado en normas, especificaciones técnicas y planos constructivos en cada una de las actividades, para garantizar el cumplimiento en calidad, costos y plazos establecidos contractualmente.
- Con la aplicación del plan de gestión de puentes, en las diferentes etapas del proyecto se prevé realizar un diseño eficiente para cumplir con todos los requerimientos que el proyecto demande en el emplazamiento, ejecutando y cumpliendo los procesos constructivos en calidad, costos y plazos contractuales; garantizando una obra con las condiciones de servicio solicitadas y el cumplimiento de las exigencias del propietario.

PLAN DE GESTION DE PROYECTO DE PUENTES.

Para elaborar un proyecto de puente, es importante realizar un estudio de gestión del proyecto; integrando las etapas y actividades a ejecutar en el proyecto, con la finalidad muy importante de cumplir costos, plazos de ejecución, buena calidad de la obra y los beneficios proyectados. Así, la gestión del proyecto, actualizada, se basará en la formulación y ejecución del proyecto, como en el esquema 5.7. La gestión del proyecto, es previo a la ejecución; para ello, se planifica la formulación del proyecto, disponiendo de información específica confiable, de las características, condiciones y condicionantes en el emplazamiento del puente y los resultados de estudios previos realizados; formulando una alternativa de solución técnicamente factible, que cumpla las necesidades de la comunidad, requerimientos del emplazamiento de la solución final, del puente proyectado. Se realiza el diseño final de la alternativa de solución y posteriormente se ejecuta el proyecto en el emplazamiento, previo a su autorización y orden de inicio.

La gestión del proyecto, es muy importante que se haga para formular integralmente la propuesta de solución al caso de interés, que cumplan con todos los requerimientos de emplazamiento y estudios realizados, evitando así, contratiempos durante la ejecución del proyecto o problemas administrativos y técnicos como de estabilidad, seguridad, funcionalidad y vida útil en la estructura construida; que debido a la formulación deficiente se llegue a insatisfactoriedad de propietario y usuarios lo cual, es superable mediante un estudio atinado de la buena gestión del proyecto.



Esquema 5.7 Gestión del proyecto actualizada.

CALCULO DEL ANGULO DE ESVIJE DEL EJE DEL PUENTE A PROYECTAR.

DATOS RECOPIRADOS EN EL EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO.

- Longitud de quebrada en los bordes:
 - L1: 13.30 m.
 - L2: 13.25 m.
 - L3: 13.30 m.
- Longitud del fondo de la quebrada:
 - L1: 6.30 m.
 - L2: 7.00 m.
 - L3: 7.00 m
- Longitud de muro de mampostería en los bordes de quebrada: 18.00 m.
- Ancho de calle Sevilla: 7.00 m
- Ancho de calle principal de colonia Lorena: 6.50 m.
- Longitud de puente Bailey: 18.15 m
- Ancho de puente Bailey: 1.50 m.
- Altura de base de soporte de puente Bailey: 0.32 m
- Ancho de base de soporte de puente Bailey: 2.55 m.
- Altura de puente Bailey: 1.64 m.

De los datos tomados en campo, se calculó el ángulo de esviaje, conformado por el eje de la calle Sevilla y la intercepción del eje de la quebrada las Lajas en la colonia Lorena, para determinar la posición del puente a proyectar, ver Fig. 5.4.

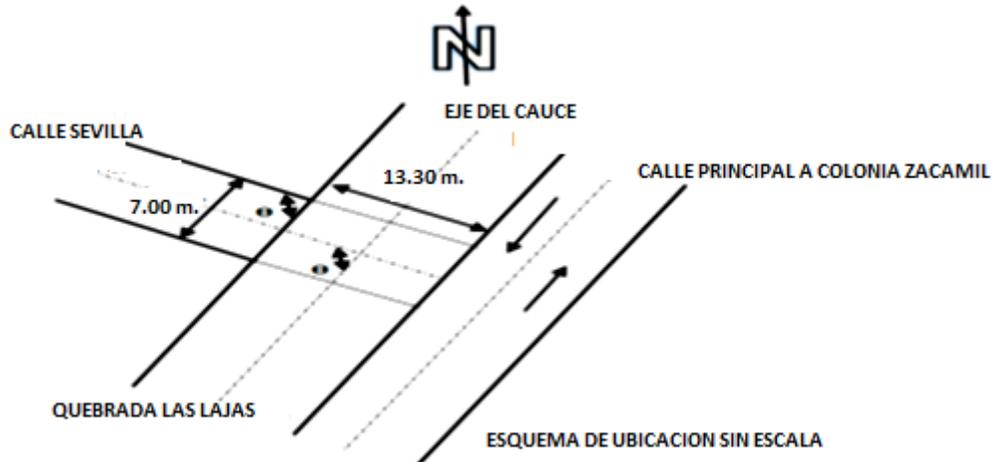


Fig. 5.4 Esquema de las condiciones existentes en el punto de emplazamiento de del puente a proyectar sobre la quebrada las Lajas.

El ángulo de esviaje del puente (Θ), se calculó formando con una cinta métrica un triángulo entre el borde de la quebrada y acera de calle Sevilla como sigue:



CALCULO DE ANGULO DE ESVAIJE DEL PUENTE.

$$\sin(\mu) = \frac{1.25}{3.0}$$

$$\sin^{-1}(\mu) = \frac{1.25}{3.0}$$

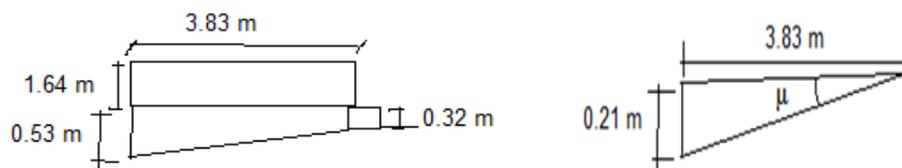
$$\mu = 24.62^\circ$$

$$\theta = 49.24^\circ$$

$$\theta = 2\mu = 2(24.62^\circ)$$

θ : Ángulo de esviaje del eje de la calle Sevilla con respecto al cauce de la quebrada.

CALCULO DE LA PENDIENTE AL FINAL DE LA CALLE SEVILLA



$$\tan \mu = \frac{0.21}{3.83}$$

$$\tan^{-1} \mu = \frac{0.21}{3.83}$$

$$\mu = 3.14^\circ$$

SECCION TRANSVERSAL EN EL EMPLAZAMIENTO DE QUEBRADA LAS LAJAS.

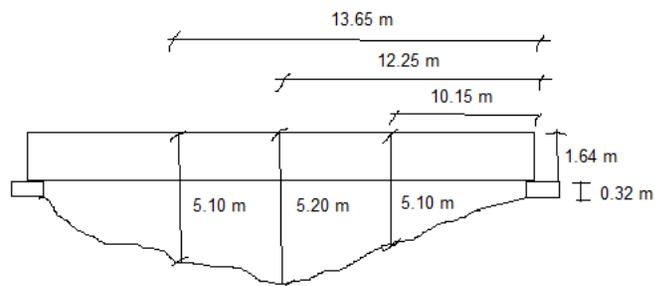


Fig.5.4. Calculo de profundidad de quebrada, sin escala.

PROFUNDIDAD PROMEDIO DESDE BORDE INFERIOR DEL PUENTE.

$$h_1 = 5.10 \text{ m} - (1.64 \text{ m} + 0.32 \text{ m}) = 3.14 \text{ m.}$$

$$h_2 = 5.20 \text{ m} - (1.64 \text{ m} + 0.32 \text{ m}) = 3.24 \text{ m.}$$

$$h_1 = 5.10 \text{ m} - (1.64 \text{ m} + 0.32 \text{ m}) = 3.14 \text{ m.}$$

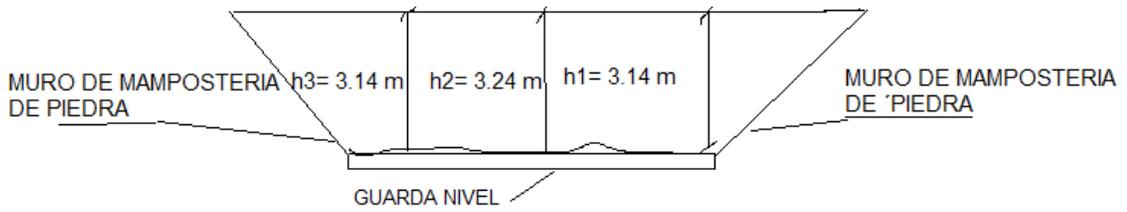


Fig.5.5. Profundidad de quebrada, sin escala.

CALCULO DE ANGULO DE GIRO DE PUENTE BAILEY.

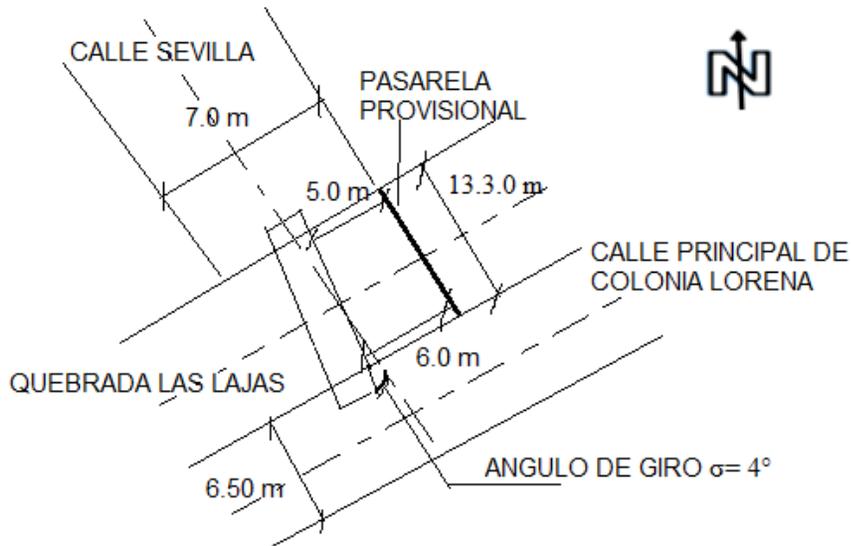
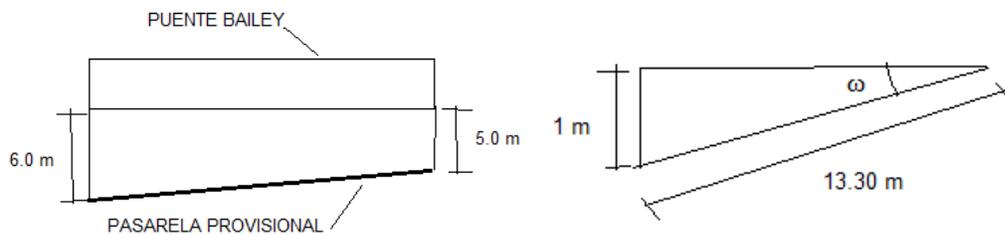


Fig.5.6. Ángulo de giro de puente Bailey, sin escala.



$$\sin \omega = \frac{1}{13.30}$$

$$\sin^{-1} \omega = \frac{1}{13.30}$$

$$\omega = 4.13^\circ$$

PROGRAMACION DE PROYECTO PUENTISTA: COLONIA LORENA, MEJICANOS.

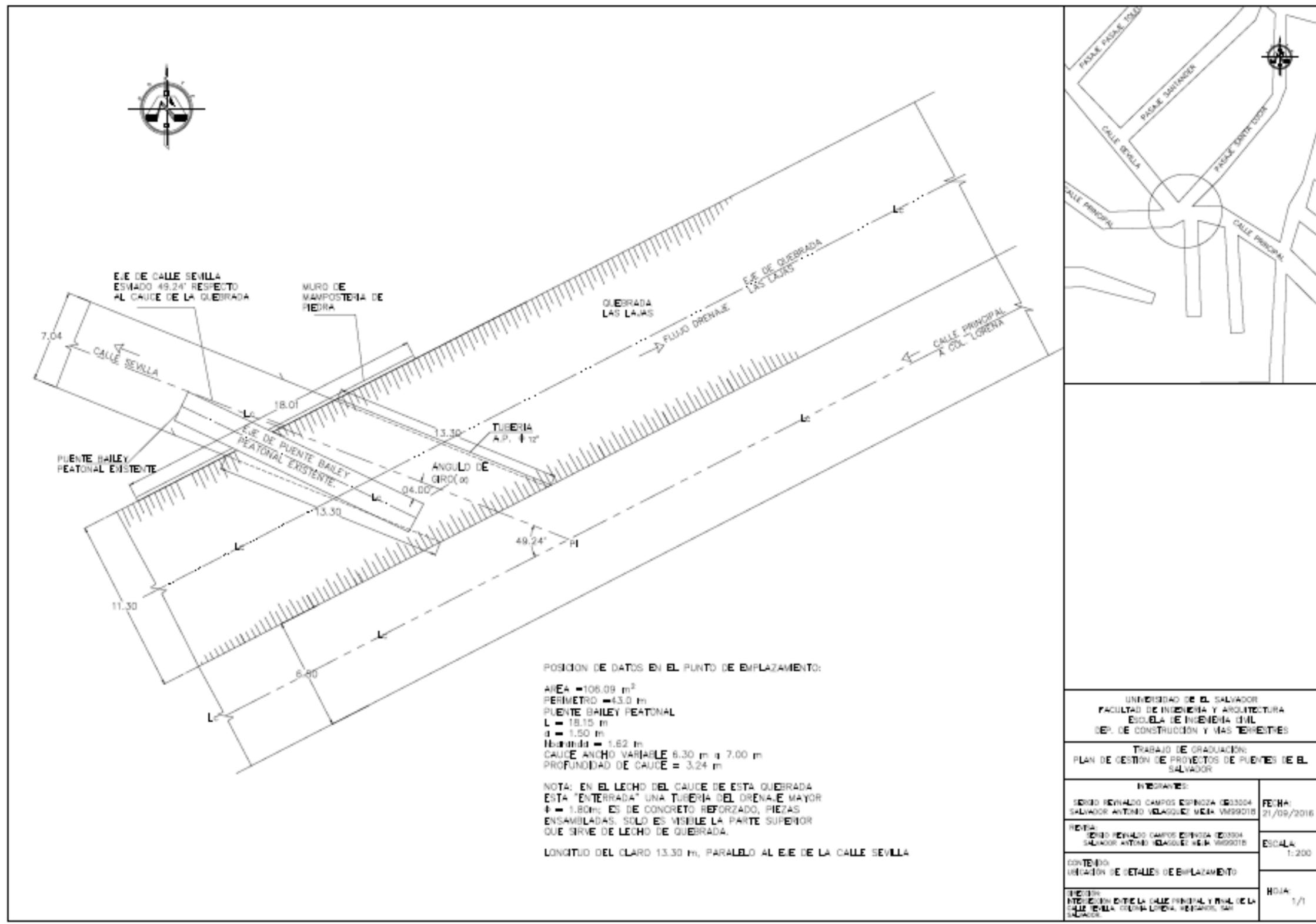
Id	i	Modo de tarea	Nombre de tarea	2016		tri 4, 2016			tri 1, 2017			
				ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	
1		→	1 PROYECTO PUENTISTA.									
2		→	1.1 ETAPA PRECONTRACTUAL.									
3		→	1.1.1 RECOPIACION DE INFORMACION.									
4		→	1.1.2 ESTUDIOS PREVIOS.									
5		→	1.1.3 PROGRAMACION DE ACTIVIDADES.									
6		→	1.1.4 ANALISIS DE RIESGOS.									
7		→	1.1.5 EVALUACION, CALIFICACION Y ADJUDICACION DEL CONTRATO.									
8		→	1.1.6 LEGALIZACION DEL CONTRATO.									
9		→	1.2 ETAPA CONTRACTUAL EJECUCION DE OBRA.									
10		→	1.2.1 INSTALACIONES PROVISIONALES.									
11		→	1.2.2 APERTURA DE BITACORA.									
12		→	1.2.3 PREPARACION DEL LUGAR.									
13		→	1.2.4 TRAZO Y NIVELACION.									
14		→	1.2.5 REPLANTEO.									
15		→	1.2.6 EXCAVACION Y MOVIMIENTO DE TIERRA.									
16		→	1.3 ZAPATAS.									
17		→	1.3.1 TRAZO TOPOGRAFICO DE ZAPATAS.									
18		→	1.3.2 EXCAVACION.									
19		→	1.3.3 PLANTILLA DE CONCRETO									
20		→	1.3.4 PROTECCION DEL TALUD DEL TERRENO EXCAVADO.									
21		→	1.3.5 ARMADO DE ENCOFRADO Y ACERO DE REFUERZO.									
22		→	1.3.6 COLADO Y CURADO DE ZAPATAS.									
23		→	1.3.7 RELLENO Y COMPACTACION.									
24		→	1.4 MURO ESTRIBO.									
25		→	1.4.1 ARMADO DEL ACERO DE REFUERZO.									

Cada una contiene descripcion y asignacion de sus propios recursos , costos y presupuesto.

PROGRAMACION DE PROYECTO PUENTISTA: COLONIA LORENA, MEJICANOS.

Id	i	Modo de tarea	Nombre de tarea	16		tri 4, 2016			tri 1, 2017		
				ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar
26		→	1.4.2 COLOCACION DE TUBERIA DE DRENAJE.								
27		→	1.4.3 ARMADO DEL ENCOFRADO DEL ESTRIBO.								
28		→	1.4.4 COLADO Y CURADO DEL CONCRETO.								
29		→	1.4.5 RELLENO Y COMPACTACION.								
30		→	1.4.6 COLOCACION DE DISPOSITIVOS SISMICOS.								
31		→	1.5 LOSA DE APROXIMACION.								
32		→	1.5.1 COLOCACION DE FILTROS GRANULARES.								
33		→	1.5.2 RELLENO Y COMPACTACION HASTA LA RASANTE.								
34		→	1.5.3 ARMADO DE ENCOFRADO ACERO DE REFUERZO EN LOSA.								
35		→	1.5.4 COLADO Y CURADO DEL CONCRETO EN LOSA.								
36		→	1.6 VIGAS DE CONCRETO.								
37		→	1.6.1 COLOCACION DE VIGAS PREFABRICADAS.								
38		→	1.7 LOSA DE CONCRETO.								
39		→	1.7.1 ARMADO DE ENCOFRADO Y ACERO DE REFUERZO DE LOSA.								
40		→	1.7.2 COLADO Y CURADO DEL CONCRETO EN LOSA.								
41		→	1.7.3 COLOCACION DE JUNTAS DE DILATACION.								
42		→	1.8 SUPERFICIE DE RODAMIENTO.								
43		→	1.8.1 COLOCACION DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO.								
44		→	1.8.2 ACERAS Y PARAPETOS.								
45		→	1.9 CIERRE Y ENTREGA DEL PROYECTO.								
46		→	1.9.1 SUPERVISION DE LA ESTRUCTURA DEL PUENTE.								
47		→	1.9.2 ENTREGA DE LA OBRA.								

Cada una contiene descripcion y asignacion de sus propios recursos , costos y presupuesto.



EJE DE CALLE SEVILLA
ESVIADO 49.24° RESPECTO
AL CAUCE DE LA QUEBRADA

MURO DE
MANPOSTERIA DE
PIEDRA

QUEBRADA
LAS LAJAS

EJE DE QUEBRADA
LAS LAJAS

FLUJO DRENAJE

CALLE PRINCIPAL
A COL. LORENA

7.04
CALLE SEVILLA

PUENTE BAILEY
PEATONAL EXISTENTE

EJE DE PUENTE BAILEY
PEATONAL EXISTENTE

13.30
TUBERIA
A.P. 12"

ANGULO DE
GIRO (α)

49.24°

11.30

6.30

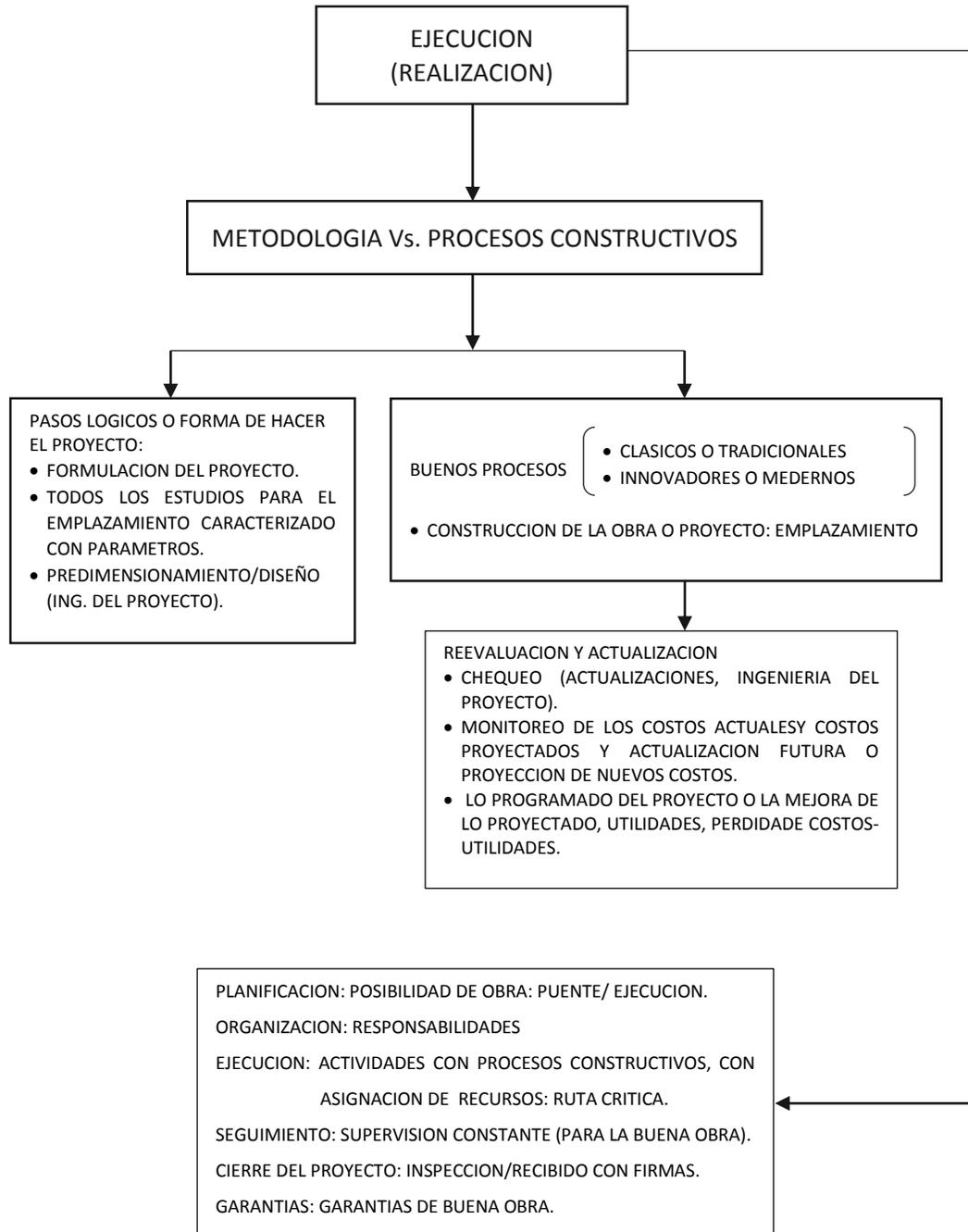
POSICION DE DATOS EN EL PUNTO DE EMPLAZAMIENTO:
 AREA = 106.09 m²
 PERIMETRO = 43.0 m
 PUENTE BAILEY PEATONAL
 L = 18.15 m
 d = 1.50 m
 Muro de = 1.62 m
 CAUCE ANCHO VARIABLE 6.30 m a 7.00 m
 PROFUNDIDAD DE CAUCE = 3.24 m

NOTA: EN EL LECHO DEL CAUCE DE ESTA QUEBRADA
 ESTA "ENTERRADA" UNA TUBERIA DEL DRENAJE MAYOR
 φ = 1.80m; ES DE CONCRETO REFORZADO, PIEZAS
 ENSAMBLADAS. SOLO ES VISIBLE LA PARTE SUPERIOR
 QUE SIRVE DE LECHO DE QUEBRADA.

LONGITUD DEL CLARO 13.30 m, PARALELO AL EJE DE LA CALLE SEVILLA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL DEP. DE CONSTRUCCION Y MAS TERRESTRES	
TRABAJO DE GRADUACION PLAN DE GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES DE EL SALVADOR	
INTEGRANTES: SERGIO ROYALDO CAMPOS ESPINOZA ID33004 SALVADOR ANTONIO VELAZQUEZ VEGA VM99018	FECHA: 21/09/2016
REVISOR: SERGIO ROYALDO CAMPOS ESPINOZA ID33004 SALVADOR ANTONIO VELAZQUEZ VEGA VM99018	ESCALA: 1:200
CONTENIDO: UBICACION DE DETALLES DE EMPLAZAMIENTO	HOJA: 1/1
REVISOR: INGENIERO EN LA CALLE PRINCIPAL Y EN LA CALLE SEVILLA, CIUDAD DE LORENA, DEPARTAMENTO DE SALVADOR	

ETAPAS DE BUENA GESTION DE PUENTES ACTUAL/FUTURA.



Esquema 5.7. Etapas de buena gestión de puentes actual/futura.

ANEXO CAPITULO VI

El plan de gestión de proyectos de puentes, se basa por lo menos en los principios siguientes:

- Responsabilidad: los involucrados en la gestión del proyecto (gerente y personal), asuman efectivamente los compromisos adquiridos para cumplir con los objetivos propuestos, costos, plazos y buena calidad de la obra ejecutada.
- Confianza: toda gestión de proyectos, se basa en la confianza mutua de ambas partes, propietario del proyecto y constructor, cumpliendo sus responsabilidades y obligaciones adquiridas contractualmente, garantizando la buena calidad de la obra.
- Honestidad: tiene como base los valores como verdad, decencia, justo por ejemplo, en la toma de decisiones, cumpliendo con los compromisos y responsabilidades, según lo indicado en los documentos contractuales.
- Cumplimiento: realizar las funciones asignadas según lo establecido en los documentos contractuales, comprometiéndose en alcanzar los objetivos proyectados y garantizar el cumplimiento de costos, plazos y buena calidad de la obra.

APENDICE

GUIA DESCRIPTIVA AL USUARIO PARA UN “PLAN DE GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES DE EL SALVADOR.”

INTRODUCCION.

El trabajo de graduación titulado “Plan de gestión de proyectos de puentes de El Salvador”:

Propone una metodología de gestión de proyectos de puentes. Ello implica, formular el proyecto en función de las características del suelo, la topografía, longitud del claro a salvar, acondicionarse a la infraestructura vial existente y los resultados de estudios realizados en el emplazamiento; para una alternativa de solución propuesta, que mejor se acondicione a los requerimientos y condicionantes del emplazamiento del puente.

La gestión de proyectos de puentes de la red vial nacional, prioriza los dañados o colapsos por eventos naturales principalmente y antropogénicos; conllevando a aplicar una metodología de gestión de proyectos de puentes, revisando estudios requeridos para el proyecto, parámetros de diseño, procesos constructivos, para la formulación, diseño de nuevas estructuras y obras de protección; considerando la severidad histórica y actual de eventos ocurridos en los últimos años para garantizar, que el diseño cumpla con las características, condiciones y requerimientos de emplazamiento para el proyecto; su formulación y ejecución de cada una de las actividades del puente, para cumplir los requerimientos y exigencias en costos, plazos y buena calidad de la estructura.

Los puentes, la causa principal de daños estructurales en la cimentación de pilas y estribos, es causado por eventos hidrometeorológicos extraordinarios provocando socaciones en la cimentación, por el incremento en las presiones del flujo de agua, hay ablandamiento y soltura de los suelos que son portantes en la cimentación; causando asentamientos o volcamientos de las estructuras de soporte del tablero del puente. Por ello, se dan lineamientos de diseño, construcción y obras de protección en superestructura y subestructura, en el marco de prever estas situaciones desfavorables al proyecto.

Por ello, se aplica gestión de proyectos de puentes (planificación, organización, ejecución, seguimiento y control, y cierre del proyecto), para desarrollar una propuesta técnicamente viable acorde a la problemática del emplazamiento.

Para todo proyecto de puentes es obligatorio los estudios preliminares, parámetros de diseño y obras de protección del puente, para formular una alternativa de solución que cumpla con todos los requerimientos, normativas de diseño, especificaciones técnicas, condiciones y exigencias del proyecto, para la ingeniería del proyecto propuesta.

En la ejecución del proyecto de puente, se cumplen detalladamente procesos constructivos de la alternativa de solución, aplicándolo metodológicamente indicado a seguir en cada actividad del proyecto; para cumplir lo, contenido en planos constructivos, normas y especificaciones técnicas, costos y tiempo de

ejecución contractuales del proyecto garantizando la buena calidad de la obra ejecutada.

El plan de gestión de proyectos de puentes, propone una metodología a seguir en cada una de las etapas del proyecto, desde su formulación, hasta ejecutar la alternativa de solución propuesta, ver esquema 4.1. Aplicar este plan a una problemática de conectividad vial, en la Colonia Lorena del municipio de Mejicanos, proponiendo una alternativa de solución conceptual de puente viga y losa; cumpliendo los requerimientos de las características (tipo de suelo, topografía, claro a salvar, etc.), y condiciones de emplazamiento, con la infraestructura vial y demás construcciones existentes.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar una propuesta de plan de gestión de proyectos de puentes en El Salvador, con una metodología conteniendo las actualizaciones para la realización y conservación de puentes de buena calidad para el buen desempeño¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Apropriada a las necesidades del país y con lo requerido con el MOP, las normas y especificaciones nacionales e internacionales (AASHTO), y particularmente las centroamericanas o de la SIECA. etc.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Revisar la metodología que se aplica en evaluación de puentes, enfatizada en identificar daños después de algún evento natural que los impacte severamente, por ejemplo, para su posterior reparación.
- El proceso de gestión de un proyecto de puentes propuesto se basa en la formulación del proyecto y procesos constructivos a ejecutar; la cual contiene planificación, programación de las actividades en todas las etapas del proyecto, la dirección y control del desarrollo, en cuanto a los realizadores involucrados para coordinar en conjunto las acciones, para la buena obra.
- El plan de gestión modernizado con lineamientos a seguir, bien estructurados para formular proyectos de puentes según las necesidades y condiciones del emplazamiento, garantizando la ejecución de los procesos constructivos de los elementos del puente, con buena calidad, asegurando buen desempeño y funcionalidad ante las cargas impuesta e impactos de fenómenos naturales extraordinarios, durante la vida útil proyectada según el diseño.
- La aplicación del plan de gestión de proyectos propuesto, se hace en la Colonia Lorena, Municipio Mejicanos, proponiendo una alternativa de solución a la problemática de conectividad vial entre la calle Sevilla y la calle principal sobre la quebrada las Lajas.

ALCANCE.

En la propuesta del plan de gestión, contienen los pasos de la gestión para proyectos de puentes, dando lineamientos y parámetros de diseño a seguir para la formulación, ejecución de procesos constructivos y recomendaciones para el mantenimiento oportuno de las estructuras de puentes, por el Ministerio de Obras Públicas, a fin de llegar a obtener bajos costos en la implementación de procesos de intervención de la estructura.

LIMITACIONES.

Durante el desarrollo del Plan de Gestión de Proyectos de puentes, es común en el Ministerio de Obras Públicas, la información necesitada; tarde o no se disponga. Se trabajará con la información que se tenga disponible, existente recabada, en ese ministerio y otras fuentes.

I. EL PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTO DE PUENTE.

Todo proyecto debe ser dirigido eficazmente en su proceso de ejecución de las diferentes fases, con funciones técnicas administrativas importantes, planificar, organizar, coordinar, ejecutar y controlar. Para alcanzar los objetivos en un proyecto, es necesaria la buena dirección, teniendo en cuenta costos, plazos y calidad de la obra ejecutada. La gestión, organiza y administra los recursos; es decir, facilita por ejemplo, actuar apropiadamente en el tiempo con presupuesto disponible. Gestionar bien o mal un proyecto determina el buen éxito o no del proyecto. Por ello, se aplica gestión de proyectos de puentes (planificación, organización, ejecución, seguimiento y control, y cierre del proyecto), para

desarrollar una propuesta técnicamente viable acorde con la problemática del emplazamiento.

PLANIFICACION EN EL PROYECTO.

La "etapa de planificación" prevé el futuro en la gestión; por ejemplo, toma en cuenta para la solución de los problemas que se presenten durante la ejecución del proyecto, es el "Planteamiento detallado de un conjunto de actividades, cuya realización permite la consecución de objetivos finales del proyecto"; así también se asignan los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades, por ejemplo, materiales, mano de obra, equipo, herramientas etc.

La planificación tendrá dos momentos distintos:

Fase de "proyecto". La viabilidad del proyecto, y procesos a cumplir, en su planteamiento de formulación como proceso, hacer los correspondientes estudios técnicos, por ejemplo, de mercado, financieros, de rentabilidad; una estimación de los recursos necesarios y los costos generados; lo cual se hará del conocimiento del propietario del proyecto para decidir su realización.

Fase "previa a la ejecución". Decidida la ejecución del proyecto; es el momento de realizar una planificación detallada de cada actividad que lo constituye en periodos pertinentes en un cronograma de programación.

ORGANIZACION DEL PROYECTO.

La organización de un proyecto constituye un esquema jerarquizado, sujeta a una serie de reglas y normas para ejecución y alcanzar con eficacia los objetivos, costos, plazos, calidad y seguridad. Para la consecución de los objetivos de

forma coordinada, las actividades se agrupan en departamentos con una asignación de funciones y responsabilidades, donde “cada persona sepa la función, rol y actividad específica a cumplir”.

EJECUCION DEL PROYECTO.

La ejecución del proyecto se encarga de coordinar los procesos constructivos en cada actividad del proyecto, el personal y recursos necesarios para desarrollar el plan de gestión previsto, incorporando y desarrollando las actividades conforme lo establecido en el plan.

En esta fase de dirección de proyectos, se necesitará el plan que fue elaborado en la planificación. Se incluirán peticiones de cambio (ordenes de cambio) si se presentan modificaciones pertinentes.

SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO.

El seguimiento y control, es importante en la gestión. Requiere que el jefe, director del proyecto, sea capaz de resolver; por ejemplo, variaciones en costos y plazos normales trazados, riesgos, eficiencia, y comparar resultados esperados con los obtenidos en la ejecución de la obra.

Esta fase se fundamenta en supervisar, analizar y regular los procesos y el desempeño del proyecto; para identificar áreas del plan que requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes en el desempeño del proyecto, se

observa y se mide de manera sistemática y se regula, a fin de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto¹⁰⁸.

CIERRE DEL PROYECTO.

ACEPTACION.

Todo proyecto no puede darse por terminado sin el visto bueno del propietario el cual revisa y acepta el resultado del mismo, y que puede expresar su satisfacción o no del proyecto y del contrato. Con la firma del documento de aceptación, el propietario certifica que ha recibido a satisfacción los trabajos presentados, y que está conforme con ello. Lo contrario de esto tiene también carácter contractual ordinario y da por satisfecha a cada instancia contractual.

INFORME DEL CIERRE DEL PROYECTO.

El informe del cierre del proyecto tiene como objetivo, documentar todas las actividades, para evaluar los resultados de los trabajos, y resumir todo lo sucedido en los resultados previstos durante la ejecución del proyecto y que quede claro el “como construido”.

II. ESTUDIOS PRELIMINARES Y PARAMETROS DEL DISEÑO DE LA INGENIERIA DEL PROYECTO PARA LA GESTION DE PUENTES.

La construcción de puentes, genera por ejemplo, efectos sociales, ambientales, económicos y políticos; beneficios e impactos más representativos de estos. Así

108 Project Management Institute (PMI), Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK).4^{ta}. Ed.Pag.61.

mismo, se evalúa los beneficios para la comunidad¹⁰⁹; estos como impactos positivos.

Para el diseño de un puente, es necesario realizar inicialmente, los estudios que proporcionen toda la información necesaria para las mejores soluciones, en el anteproyecto.

Los estudios iniciales para el emplazamiento son:

Topográficos: longitud del tramo, discontinuidad y eje de camino, posición relativa de ejes (ángulos), posición de estribos/pilas. El estudio presenta, plano en planta a escala 1:100 o 1:250, curvas de nivel, dirección del cauce, construcciones cercanas, la topografía en el punto de cruce es de 100 m aguas arriba y aguas abajo; en puentes cortos ($l < 10$ m) la topografía será a 50 m aguas arriba y aguas abajo.

Hidrológicos: intensidad de lluvia, caudales en punto de interés (NAME), crecidas y remanso en el punto.

El proyectista debe informarse de los problemas y todas las condiciones que caracterizan la zona del proyecto, antes de determinar el emplazamiento del puente, a través del estudio comparativo de diversas alternativas, eligiendo la mejor propuesta. En primer lugar buscar los antecedentes relacionados con el emplazamiento, por ejemplo, fotos satelitales, mapas geológicos, antecedentes de obras construidas aguas arriba y aguas debajo del cruce proyectado, su

¹⁰⁹ SIECA .2010.Manual Centroamericano de Gestión del riesgo en puentes. Edición 2010. Pág.12.

longitud del claro y fundación empleada; y rutas de acceso al proyecto.

Los estudios a realizar, y la información a obtener deben ser especificados por el equipo especialista en construcción de puentes.

ESTUDIOS A REALIZAR EN EL EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE.

Los puentes son obras complejas¹¹⁰, cada caso; requieren del estudio de las condiciones del sitio, cuyo proyecto definitivo contiene por ejemplo, los estudios siguientes:

- Estudios topográficos
- Estudios hidrológicos
- Estudios hidráulicos
- Estudios geológicos
- Estudios geotécnicos
- Estudios de sismicidad
- Estudios de pre factibilidad ambiental
- Estudios financiero-comerciales.

ANALISIS DE RIESGOS EN LA GESTION DE PROYECTOS PUENTISTAS.

EVALUACION DEL EMPLAZAMIENTO.

Se evalúan amenazas y su interacción con la comunidad, determinando aspectos que ocasionan daños o propicien el desarrollo del puente, y de la comunidad. El puente debe ser diseñado de forma más apropiada, para evitar perjudiquen el

¹¹⁰ La tipología está condicionada por la topografía del sitio, la capacidad portante del suelo de fundación, la geometría del cruce, la longitud del claro a salvar, los materiales y procesos constructivos.

proyecto y su ambiente.

El informe se documenta con fotos del sitio donde se ejecutará la intersección de alineamiento; también, de puentes inmediatos.

ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

Se detallan posibles debilidades que se puedan generar a causa de la construcción del puente y uso por la comunidad; su resistencia frente a las amenazas causadas por la naturaleza y el mismo ser humano. Las soluciones a los problemas existentes incluirá vulnerabilidad del lugar, fenómenos antropogénicos y naturales; a los que estará expuesto la estructura y la comunidad.

PARAMETROS A UTILIZAR EN EL DISEÑO DE PUENTES.

CARGAS PARA EL DISEÑO EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES.

En la Parte A de la Sección 3 de las especificaciones de la AASHTO 2004, para el diseño de puentes, se establecen las disposiciones referentes a los distintos tipos de carga por Ej. (w) H15, H20, HS15, HS20, para camión de diseño que se consideran en el diseño estructural de los puentes y estructuras afines.

CARGAS PERMANENTES.

Las cargas permanentes para el diseño de puentes y obras a fines son el peso propio de todos los componentes de la estructura, accesorios, aceras, barandas y barreras e instalaciones de servicio unidas a la misma, superficie de rodamiento, futuras sobre capas y ensanchamientos previstos.

CARGAS VIVAS.

Los efectos que la carga viva genera en un puente, están condicionados a factores y parámetros; por ejemplo, dimensiones del vehículo, peso total y cargas por eje, configuración de ejes, posición de estas cargas, longitudinal y transversalmente, número de vehículos en el puente, velocidad de los mismos; características del puente según materiales, tipología estructural y dimensiones del puente.

CALCULO DE CARGAS APLICADAS AL DISEÑO DE PUENTES.

En estas estructuras complejas, “dependiendo de las condiciones del emplazamiento, se diseñan para soportar las cargas¹¹¹ que transitan sobre el tablero”; por las exigencias solicitadas ante fuerzas sísmicas y fenómenos naturales. Por ello, toda estructura, se diseña para soportar las cargas cíclicas a las que será sometida durante toda su vida útil. Estas cargas y fuerzas solicitantes, son de diferentes tipos y orígenes, y pueden actuar solas o en forma combinada. Las principales cargas que actúan en un puente son las siguientes:

- Carga Muerta.
- Carga Viva.
- Carga de Impacto o efecto dinámico de la carga viva.
- Cargas de Viento.
- Otras Cargas, cuando ellas existen:

¹¹¹ Si fueran las más desfavorables, los costos por requerimientos se vuelven mayores; si la imposición se mayoriza también aumentan los montos de inversión.

- Fuerzas longitudinales de Frenado
- Fuerzas Sísmicas.
- Fuerzas centrífugas.
- Fuerzas térmicas.
- Empuje de suelos.
- Presión de agua.
- Cuales quiera otras cargas y sobrecargas a prever.

LINEAMIENTOS QUE UTILIZA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OBRAS DE PROTECCION DE PUENTES ANTE EL CAMBIO CLIMATICO EN EL SALVADOR.

En un proyecto de diseño de puentes¹¹² se aplican las consideraciones y recomendaciones de la norma técnica para diseño por sismo, del ministerio de obras públicas (MOP) u otras normas que se adopten, por ejemplo, las normas AASHTO, para garantizar la estabilidad estructural y funcionamiento del puente antes, durante y después de construido y sea impactado por fenómenos hidrológicos, sismos y los exigidos por las cargas vehiculares.

¹¹² Por lo menos las normas de la AASHTO deben regir u otras normas más rigurosas disponibles según se requiere; pero, se cumplirá también las normativas técnicas locales del Ministerio de Obras Públicas (MOP), del país.

PROYECTO ESTRUCTURAL.

VIDA UTIL.

El puente deberá ser proyectado, diseñado y construido para que, sea capaz de soportar todas las acciones que puedan incidir, durante su construcción y uso en su período de vida útil, definiendo a esta última de la siguiente manera:

- c) La vida útil del Puente debe ser de 100 años como mínimo.
- d) Los tiempos de servicio para los diversos componentes deberán ser los siguientes: Superficie del pavimento 5 – 25 años, drenaje superficial 10 años, protección contra la corrosión (elementos metálicos) 2 – 5 años y protección contra la corrosión (elementos de concreto) 10-25 años.

PROYECTO DE LA SUPERESTRUCTURA.

La superestructura del puente debe colocarse, siempre que sea posible, a la elevación superior a las zonas de aproximación de la carretera, permitiendo que durante un evento extremo, el agua (crecidas) sobrepase los terraplenes de acceso, aliviando las fuerzas hidráulicas sobre el puente. Es importante, en corrientes que arrastran gran cantidad de escombros, y que obstruyen el paso del agua por debajo de la superestructura; así mismo, por el asolvamiento del lecho del río cuando estos tienden a colmatarse por no haber previsto esta circunstancia y el dragado en este lugar o el tramo que lo contiene.

PROYECTO DE LA SUBESTRUCTURA.

En el diseño de cimentaciones con pilas intermedias y estribos, usar cimentación profunda (pilotes); cuando el suelo de cimentación tiende a ser muy fino,

saturado, o con poca cohesión, ya que estos son susceptibles a erosión y socavación, cuando el lecho de cimentación es roca a poca profundidad, la cimentación es superficial y será la más adecuada.

Para los apoyos intermedios, construir obras de protecciones, por ejemplo, colocación de enrocado alrededor de pilas a la profundidad calculada de socavación.

Independiente de la alineación del puente, respecto a la dirección del flujo del río o quebrada a cruzar, la posición y orientación de los apoyos intermedios del puente, deberán estar paralelos a la dirección del flujo del río con formas hidrodinámica o tajamares reduciendo cualquier efecto de socavación que el flujo produzca sobre estos elementos en sus bases.

Los estribos del puente estarán colocados en el límite del ancho del cauce.

- a) La parte frontal de la pared del estribo debe ser al menos en la intersección de la margen del río con el nivel de aguas máximas (NAME) del caudal de diseño.
- b) El pie del talud del terraplén de la carretera, si hubiese, no deberá proyectarse dentro del río.

En todos los casos, la longitud del puente debe ser igual o mayor que el ancho, a los bordes de la rivera del cauce del río y su retiro, para evitar los problemas de socavación lateral por contracción¹¹³.

¹¹³ Es causada por la disminución del ancho del cauce, ya sea natural o artificial. Esto ocasiona la aceleración del flujo y aumenta la capacidad de transporte de sedimentos en la zona del puente.

En el diseño de pilotes, considerar la longitud expuesta producida por la socavación durante la creciente, con un período de retorno de 1 en 100 años (Q_{100}) ó la creciente que sobrepasa el puente (Q_{sp}).

Pilotes trabajando por fricción, la socavación no deberá exponer más del 50% del pilotaje, y la longitud sin soporte debe ser menor que 24 veces el diámetro del pilote colado en el sitio.

Pilotes trabajando por la punta, al menos 1.5 m (5 pies) del pilote deberá permanecer embebido en el suelo de hincado.

Las cimentaciones de pilas en la zona de inundación, deben ser diseñadas a la misma elevación de las cimentaciones de pilas en el cauce principal; existe la probabilidad de que el curso de agua se desplace durante la vida útil de la obra. Considerar un factor de seguridad para el tirante hidráulico del puente, resultante del análisis hidráulico-hidrológico, como mínimo una distancia de 1.50 metros para regiones montañosas, y 1.00 metro para zonas de planicie.

III. GESTION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE PUENTES DE CONCRETO.

En la planificación, y en el diseño de puentes, una vez definida su longitud y realizados los estudios previos del emplazamiento, se define una alternativa para el diseño estructural y los materiales a utilizar en su construcción; se ejecuta la alternativa de mejor desempeño con las cargas impuestas y las condiciones particulares del emplazamiento; condiciones de soporte de cargas por el terreno, de acuerdo con los sistemas y procesos constructivos a aplicar; se tiene su costo

y tiempo de ejecución. Así, se asegura la buena gestión y calidad de la obra, una vez esté ejecutada.

En El Salvador, es común que se apliquen sistemas constructivos de puentes pequeños con luces hasta unos 30 m, hechos con vigas de concreto reforzado y vigas de concreto presforzado. O en su defecto, colocan un puente provisional tipo Bailey, para agilizar el cruce vehicular y peatonal de las comunidades afectadas por falta de un puente o daños en la estructura existente.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES DE CONCRETO.

El sistema constructivo de toda la estructura principal de un puente, integra un tablero con sus barandas laterales y drenajes; estribos y pilas, torres de soporte en los extremos e intermedios respectivamente. Donde por ejemplo, si las columnas o pilas libres, son de concreto reforzado; de alta resistencia a la compresión (350 kg/cm^2 - 450 kg/cm^2 ó mayor), con dimensiones establecidas en el diseño; estos se soportan en zapatas aisladas apoyadas sobre suelo mejorado, concreto masivo o pilotes para la transmisión y distribución efectiva de las cargas, de acuerdo con las condiciones mecánicas del suelo para la fundación correspondiente.

Sobre cada columna se construye el cabezal que servirá de apoyo de las vigas, presforzadas; ambos elementos construidos de concreto de alta resistencia. Sobre las vigas se hará colocar una losa de concreto reforzado, concordante con el sistema de diseño y construcción elegido, cumpliendo el espesor de

diseño (e_t : cm). Posteriormente, se coloca una capa de rodadura (e_r : cm), de concreto hidráulico o de concreto asfáltico.

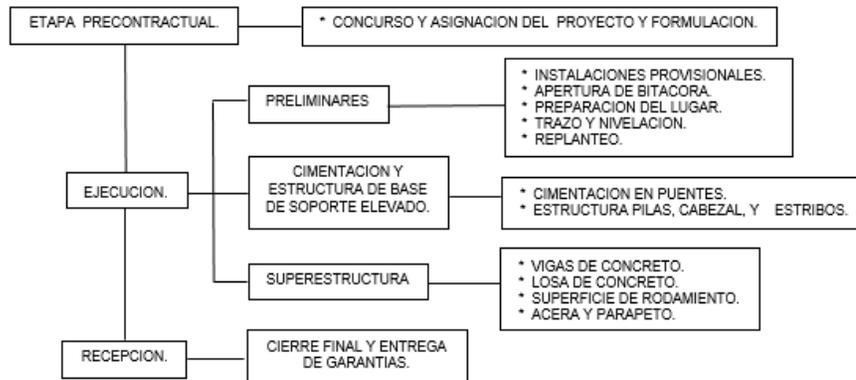
En el desarrollo de actividades de encofrado, colados y demás actividades, de gran altura, se coloca andamios metálicos estructurales, andamios metálicos con escaleras, plataformas de plywood, barandales perimetrales, cuerdas de seguridad y todo el equipo necesario para evitar accidentes.

Durante la etapa de construcción del proyecto de puentes se implementan normas de seguridad, nacionales¹¹⁴ e internacionales¹¹⁵ aplicables a cada caso, para prevenir riesgos, daños y accidentes laborales y se cumplirá lo establecido por el ministerio de trabajo y demás instituciones reguladoras nacionales; y la legalidad jurídica.

En la ejecución de proyectos de puentes es necesario tener una gestión integral de todos los procesos que intervienen, para elaborar una propuesta de solución a la problemática de conectividad. Para garantizar una gestión eficiente del proyecto, se requiere elaborar un plan, que dé pautas a seguir desde su formulación hasta su ejecución de la alternativa que resulte viable en sus procesos constructivos y costos de ejecución, ver esquema 3.1.

¹¹⁴ Ley general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo.

¹¹⁵ Normas de seguridad y salud de la OSHA.



Esquema 3.1 organización de los procesos constructivos en puentes de concreto.

IV. PROPUESTA PLAN DE GESTION DE PROYECTOS DE PUENTES.

PLAN DE GESTION A PROYECTOS DE PUENTES.

La gestión de proyectos de puentes sigue un proceso sistemático, de aplicación de etapas en el desarrollo de la planificación y ejecución de los proyectos de construcción; el seguimiento, control y cierre, con el objetivo que los costos, tiempo y buena calidad de las obras ejecutadas, satisfagan al propietario.

La gestión de ejecución de los proyectos planifica. Implica, planear la ejecución de todas las actividades del proyecto, previo a la orden de inicio; el seguimiento y control a la fase constructiva, para medir el progreso de avance y el grado de buena calidad de las obras según lo programado.

El objetivo del plan de gestión de proyectos de puentes, es la aplicación de una metodología de gestión inicial del proyecto de puente, ver esquema 4.1, aplicado sistematizadamente para la administración o manejo de estos proyectos, desde definir las actividades y procesos constructivos requeridos durante la ejecución.

Se realiza desde la etapa de formulación hasta el cierre del proyecto en

construcción, para garantizar el cumplimiento del proyecto en costos, plazos y calidad, según requerimientos contractuales.

El plan de gestión será una base de información, para el ejecutor del proyecto puentista o profesional a cargo para la elaboración y ejecución del proyecto; controlando y garantizando el cumplimiento de las actividades y procesos constructivos, aplicando normativas y requerimientos técnicos para el cumplimiento de la buena calidad de la obra.

ELABORACION DEL PROYECTO DE PUENTE.

La elaboración de una propuesta que dé solución al problema de conectividad en una zona determinada, con la construcción de una obra de paso (proyecto de puente), considera las siguientes etapas:

- Diseño conceptual del proyecto.
- Formulación.
- Ejecución.

En la realización de estas etapas, se define la problemática de la comunidad, para el cruce vehicular y peatonal de las comunidades cercanas que se beneficiarían con la construcción de un puente. En base a esto se plantean los objetivos del proyecto y se establecen las actividades constructivas en la ejecución del proyecto del puente.

Para el éxito desde la formulación y ejecución en la construcción de un proyecto de puente, se recolecta la información requerida de las características del sitio del emplazamiento, para elaborar el proyecto. En las etapas, cada actividad a

realizar se planifica, garantizando el cumplimiento en su ejecución de las actividades en calidad, costos y plazos establecidos contractualmente.

Las etapas de elaboración de un proyecto de puente, se describen a continuación:

DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROYECTO.

Propone la idea de una posible solución a la problemática, considerando las condiciones generales del emplazamiento; obtenidas en la visita de campo al sitio del emplazamiento, esto para hacer un diagnóstico de la problemática, tomando datos de campo (longitud, ancho, ángulo de esviaje, los extremos, la discontinuidad de la vía) para formular la alternativa de solución que beneficie a la población con la construcción de un puente o colocar un puente provisional tipo Bailey que satisfaga la necesidad inmediata de conectividad.

La propuesta de un proyecto conceptual y ejecución de la obra del puente, contendrá, ubicación, características del terreno y del sitio de emplazamiento según las necesidades o criterios del diseñador del proyecto que a la vez puede ser el ingeniero especialista que asegure su congruencia funcional y constructiva.

FORMULACION DEL PROYECTO.

En la formulación del proyecto de construcción de un puente, por la falta de un puente o deterioro que impiden el paso seguro para los usuarios de la comunidad se requiere de la intervención de la población, el ente ejecutor de la obra, los que proponen una “idea planteada, una idea concebida y una idea más técnicamente

elaborada”, de la obra de paso que se requiere, esto, con la información recolectada en el lugar del emplazamiento; se formula una propuesta de solución, para facilitar el acceso y conectividad con otras vías importantes.

La formulación de un proyecto de puente, requiere ideas que den solución a la problemática acorde con las condiciones actuales.

EJECUCION DEL PROYECTO.

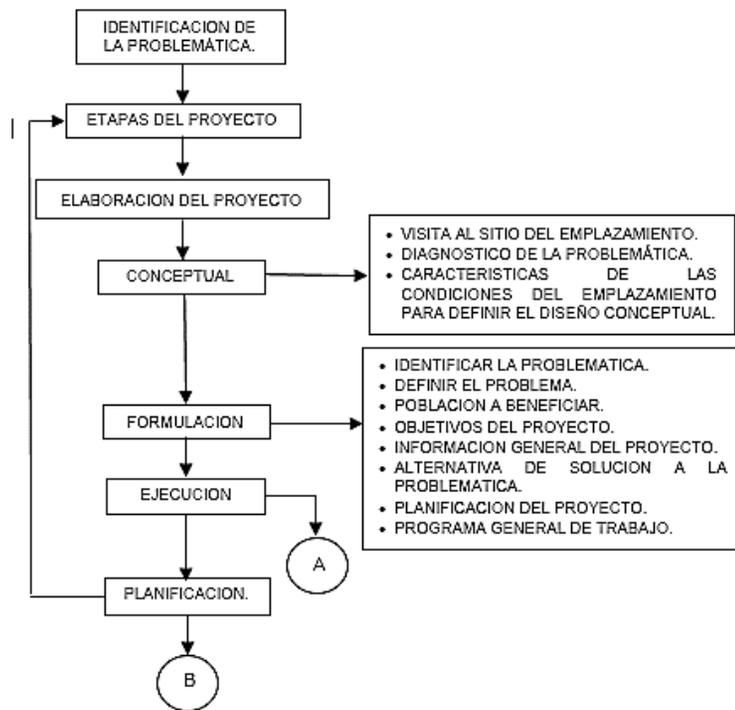
Previo a la ejecución del proyecto, se elabora un acta entre el constructor y propietario del proyecto, autorizando legalmente el inicio de construcción del puente en el emplazamiento; cumpliendo requerimientos contractuales para satisfacer las exigencias del propietario del proyecto.

Se identifican a las personas, organizaciones involucradas en el proyecto, para informar periódica- mente sobre el avance en las actividades del proyecto; para verificar el rendimiento y cumplimiento de sus intereses.

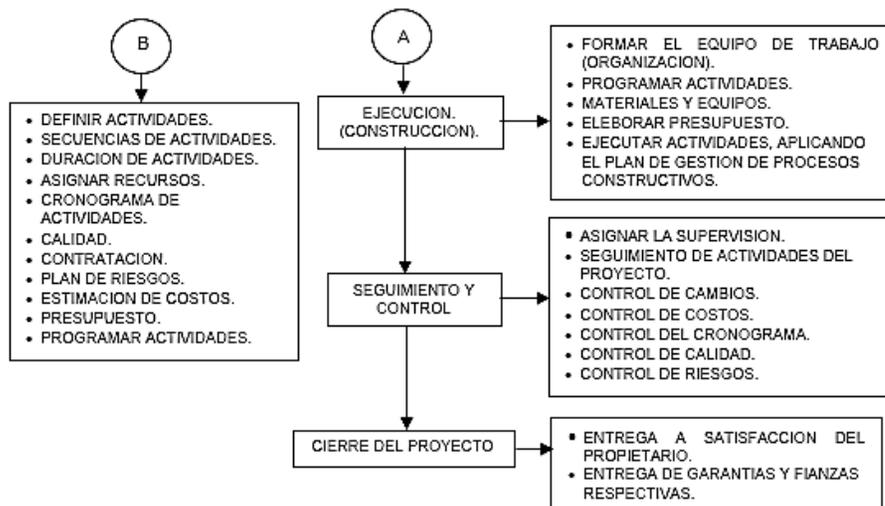
Con el proyecto probado, se procede con la ejecución de todas las actividades constructivas del puente, previamente planificadas; con recursos, personal y plazos asignados. La construcción va desde el trazado del proyecto, hasta la colocación de accesorios no estructurales; cumpliendo normas, especificaciones y requerimientos del diseño contractual, asegurando la buena calidad del proyecto cumpliendo con costos y plazos de ejecución.

Se ejecutan las actividades constructivas en base a lo planificado, recursos requeridos y aprobados por el constructor y propietario del proyecto, ver esquema

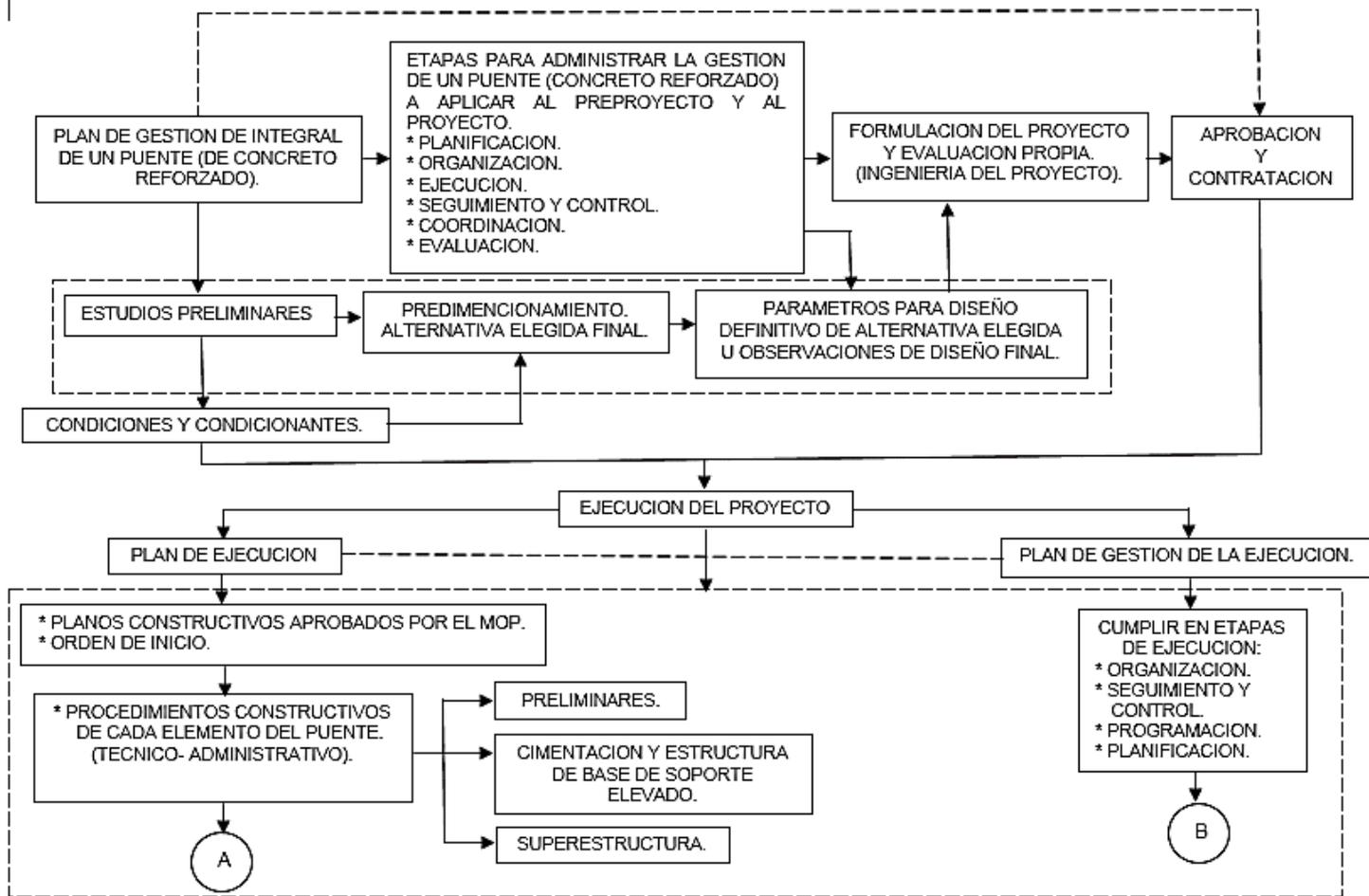
4.2.



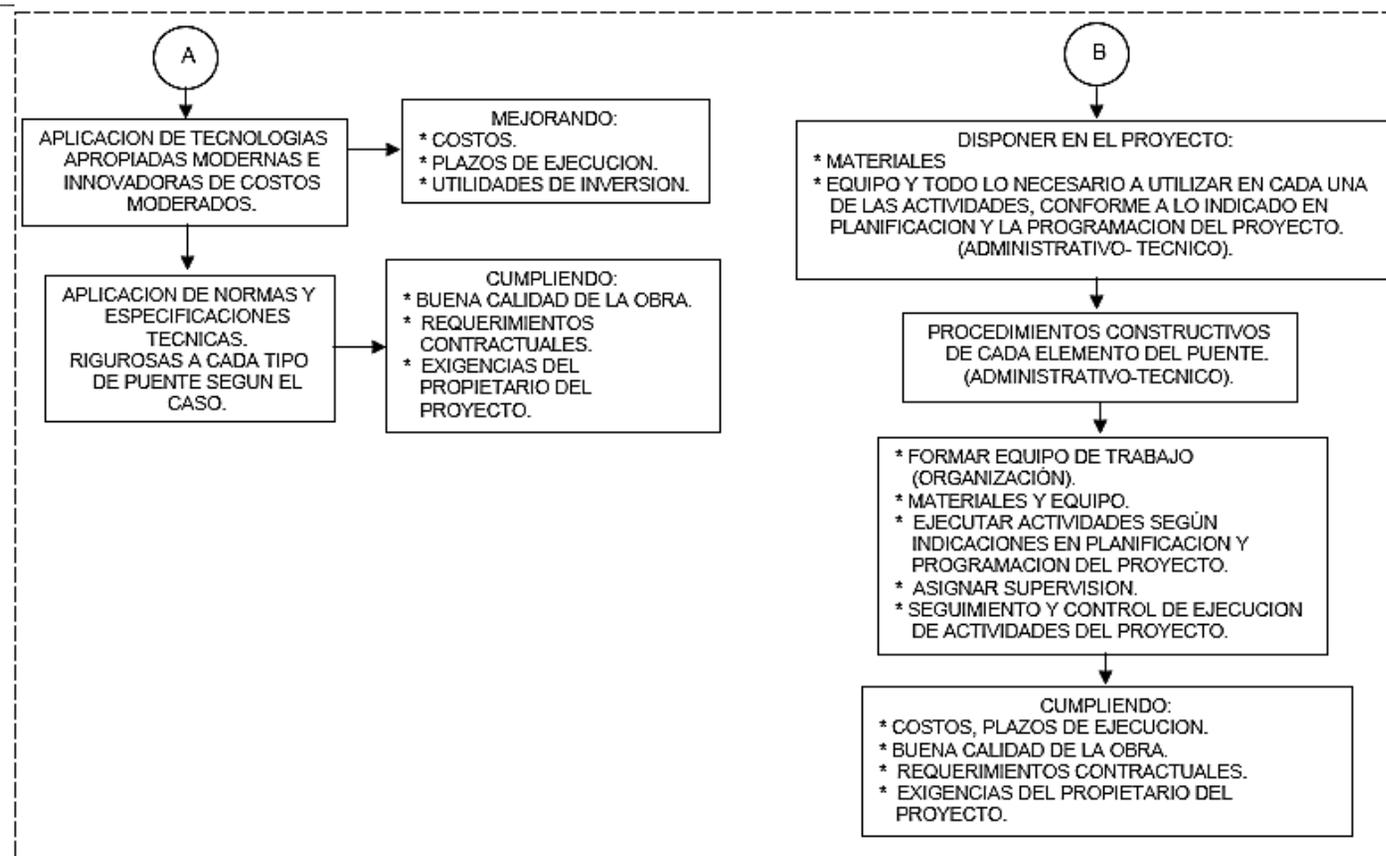
Esquema 4. 3 Metodología del plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.



Esquema 4. 4 Metodología del plan de gestión aplicado a proyectos de puentes.



ESQUEMA 4.2 PLAN DE GESTION INTEGRAL DE PROYECTO DE PUENTE.



ESQUEMA 4.2 PLAN DE GESTION INTEGRAL DE PROYECTO DE PUENTE.

CONSIDERACIONES.

Los proyectos puentistas, son de mucha importancia en el desarrollo de la infraestructura de la red vial del país, propiciando mayor ordenamiento, modernidad, movilidad y conectividad local y regional en la ciudad; así mismo, da mejora del tránsito en vías de importancia y muy en particular en el desarrollo local de las comunidades (cercanas).

La conectividad de la red vial, es una necesidad en el país, para fluidez del tránsito en las vías principales y agilizar el paso de una región otra descongestionada, integrando las comunidades aisladas debido a cortes de caminos, ríos, quebradas que impiden la libre movilidad.

En el país hay puentes dañados causados por eventos naturales extraordinarios meteóricos y sísmicos tectónicos; así mismo por fallas de funcionamiento de la estructura como consecuencia de la gestión durante las etapas de formulación, ejecución, seguimiento y control de los procesos constructivos y mantenimiento durante la vida útil; también, considerando su envejecimiento o por la falta de obras complementarias, por ejemplo, protección de la cimentación del puente.

La gestión de puentes en el país está aplicada para el inventario de la red vial de puentes, priorizando estructuras dañadas posterior a eventos extraordinarios, requiriendo desarrollar un plan de gestión para su intervención en reconstrucción, que contenga lineamientos estructurados para el buen control de la ingeniería del proyecto, para evitar las posibles fallas en la gestión en las etapas de elaboración y ejecución de la alternativa propuesta para el emplazamiento.

Para garantizar integridad, estabilidad, duración permanente, funcionalidad, seguridad y servicialidad de un puente durante su vida útil proyectada, según el diseño, se requiere de una gestión integral (formulación y ejecución de los procesos constructivos) del proyecto de puente; desde el diseño conceptual, estudios preliminares requeridos del emplazamiento, procesos constructivos y ejecución del diseño aprobado. Así mismo, mantenimiento y monitoreo permanente (rutinario) de la estructura y sus alrededores en el tramo más próximo dónde se encuentra funcionando.

Los estudios previos (topográficos, geotécnicos, geológicos, hidrológicos, hidráulicos, de sismicidad y otros requeridos; según la magnitud del proyecto) del lugar de emplazamiento, determinan la factibilidad de una propuesta de solución técnica y de inversión que mejor se adapte a todas las condiciones existentes como capacidad portante del suelo, la topografía en el punto de cruce previsto, diseño más apropiado definitivo y posición final, para su posterior ejecución. Toda esta información del sitio (estudios de prefactibilidad ambiental, evaluación económica financiera que establezcan la viabilidad para desarrollar el proyecto), características (longitud del claro a salvar, número de carriles a proyectar, ancho de la vía), condiciones y limitaciones (estructuras existentes, alineación del eje del puente proyectado con el eje del camino existente) del emplazamiento, para su posición y diseño final.

En la colonia Lorena, al poniente, municipio Mejicanos hacia la colonia Zacamil no hay conectividad vial vehicular solo peatonal provisionalmente (puente tipo

Bailey). En campo está el emplazamiento; en visita al lugar se tomaron datos de las características y condiciones existentes, los cuales son requeridos, para formular una alternativa de solución, para la construcción de un puente del tipo viga y losa colada in situ sobre quebrada Las Lajas que atraviesa el Municipio de Mejicanos. Se estudia desde el diseño conceptual, estudios del lugar de emplazamiento previo y recomendaciones, para inversión y ejecución; procesos constructivos del puente, costos, programación estimada de la alternativa viable, para el lugar del emplazamiento.

CONCLUSIONES.

1. El estudio previsto de gestión de proyectos de puentes, para la ejecución de esta ha de estructurarse en forma lógica y sistematizada, de las actividades a realizar en todas las etapas del proyecto, desde la formulación y ejecución de los procesos constructivos; para el cumplimiento muy importante de costos, plazos de ejecución y buena calidad de la obra a ejecutar.
2. La gestión de un proyecto de puente, es muy importante que se aplique desde el inicio, su formulación, diseño y ejecución; en todas las etapas del proyecto.
 - Planificar, coordinar y programar las actividades de la alternativa de solución técnica viable a realizar en el proyecto con sus respectivos recursos asignados (humanos, económicos, herramientas y equipo).
 - Verificar el cumplimiento de lo indicado en planos constructivos, normas y requerimientos contractuales en la ejecución de cada una de las

actividades mediante el seguimiento y control continuo en los procedimientos constructivos.

- Garantizar que cada actividad ejecutada en el proyecto, cumpla con los costos, plazos y buena calidad de la obra, tal como lo previó la propuesta final actualizada y contractualmente.

Todo ello, para la buena gestión en cada una de las etapas del proyecto.

3. El plan de gestión del proyecto de puente, ha de integrar una metodología bien estructurada a seguir en las etapas del proyecto, así como lo propone este trabajo de graduación conteniendo la alternativa de solución conceptual al problema de conectividad vehicular y peatonal basada en el diagnóstico realizado y condiciones encontradas en la visita técnica al emplazamiento; pre dimensiona con esos resultados. Con esta, se sistematiza la elaboración o ejecución de un proyecto de puente, relacionando las actividades a realizar en cada una de las etapas del proyecto facilitando la formulación, administración y ejecución de proyectos; realizando inversiones en infraestructura vial y puentista eficientes.
4. La planificación de la ejecución de toda obra por la empresa constructora; en este caso, puente de concreto reforzado, se realiza el seguimiento y control en todos los procesos constructivos, donde a través de encargados, supervisores, se esté garantizando los cumplimientos, de planos constructivos, normas y especificaciones contractuales, controlando lo ejecutado con lo programado para implementar acciones preventivas y correctivas para cumplir

importantemente con los costos y plazos contractuales y satisfactoriedad con buena obra.

5. La conectividad vial en áreas urbanas y suburbanas es incongruente con el aumento de vehículos que transitan en vías principales y secundarias, esto no da lugar mejorar la movilidad de las comunidades, donde hay cortes de camino, ríos, quebradas o cualquier corte de paso vehicular y peatonal. Este es el caso de la colonia Lorena sobre la quebrada Las Lajas, municipio Mejicanos.
6. Actualmente, algunos puentes del país, están dañados, otros deteriorados por su uso e impactos de eventos hidrometeorológicos críticos y extraordinarios afectando su funcionalidad, seguridad y buen desempeño; han sobrepasado el “diseño seguro” con el que fueron construidos. Un plan de gestión de proyectos de puentes, aplicado a este caso, enfatiza en lo siguiente:
 - Formulación del proyecto en todas sus etapas lógicamente estructuradas, se aplican a administración de la gestión de un puente de concreto reforzado, al pre proyecto y proyecto (planificación, organización, ejecución, seguimiento y control, coordinación y evaluación); estudios preliminares para el pre dimensionamiento alternativo de ejecución según las condiciones y condicionantes del emplazamiento, incluyendo parámetros propios para diseño definitivo; todo esto para buena evaluación propia, para la aprobación del diseño final y ejecución eficiente.

- Ejecución del proyecto, su gestión integral contiene un plan de ejecución y un plan de gestión de la ejecución a desarrollar paralelamente a la vez en el proyecto, según lo siguiente:
 1. Plan de ejecución con sus actividades, planos constructivos aprobados y la orden de inicio, los procedimientos constructivos de cada elemento del puente (administrativo-técnico) requiriendo de estudios preliminares para dimensionamiento de la superestructura y subestructura; aplicar metodologías apropiadas, innovadoras y modernas para control de costos, y aplicación de normas y especificaciones técnicas a cada tipo de puente, según el caso.
 2. Plan de gestión de la ejecución, cumpliendo las etapas de planificación, organización, seguimiento y control, de la programación del proyecto; disponer los recursos materiales y equipo, los procedimientos constructivos de cada elemento; formar equipo de trabajo para la ejecución de las actividades constructivas, requiriendo un control y supervisión para garantizar buen cumplimiento de costos, plazos y buena calidad de la obra según requerimientos contractuales.
- 7. El plan de gestión de proyectos de puentes, se basa por lo menos en los principios siguientes:
 - Responsabilidad.
 - Confianza.
 - Honestidad.

- Cumplimiento.
- La solución del problema de conectividad vial y su duración cumpla con el propósito al más largo plazo (modernidad, innovación, obsolescencia), con costos moderados considerando su envejecimiento.

RECOMENDACIONES.

1. Realizar un estudio de gestión a todo proyecto de puente a desarrollar, garantizando formular y ejecutar la alternativa de solución técnica viable, acorde a los requerimientos del emplazamiento, cumpliendo su funcionalidad estructural y serviciabilidad durante su vida útil proyectada.
2. Aplicar la gestión de proyectos de puentes desde su formulación, hasta su ejecución, planificando, coordinando y programando las actividades de la alternativa de solución técnica viable, cumpliendo lo indicado en planos constructivos, normas y requerimientos contractuales en la ejecución de cada una de las actividades del proyecto; con costos, plazos y buena calidad de la obra.
3. El caso de conectividad vehicular no existente, sobre la quebrada “Las Lajas”, en la colonia Lorena, municipio Mejicanos, aplicar la metodología propuesta de gestión de proyectos de puentes en este trabajo de graduación, para formular la alternativa de solución conceptual; basado en un diagnóstico y condicionantes del emplazamiento, longitud del claro a salvar, tipo de estructura técnicamente viable a colocar, puente de viga y losa colado in situ de un solo vano, de concreto reforzado, longitud de

13.30 m y ancho 8.20 m desde la calle Sevilla hacia la calle Principal, puente corto un solo vano ($l < 30\text{m}$), da ventajas económicas al ejecutarlo. En la ejecución del proyecto, aplicar el plan de ejecución propuesto del proyecto; conteniendo las actividades a realizar desde trazo hasta colocación de accesorios no estructurales, realizando procedimientos técnicos-administrativos para cumplimiento de costos, plazos de ejecución y rendimiento de intereses. Paralelamente, se utiliza el plan de gestión de ejecución en donde se verifica la ejecución de las actividades del proyecto con todos los recursos asignados en la planificación y programación del proyecto, para verificar lo realizado con lo programado realizando procedimientos administrativos-técnicos; garantizando el cumplimiento de costos, plazos y buena calidad de la obra.

4. En la formulación de propuestas de solución a la problemática de conectividad vial vehicular, el MOP contrate al personal especialista visionario por ejemplo, en la ingeniería de tránsito, gestores de proyectos, etc., aplicando conocimientos modernos e innovadores para elaborar propuestas de solución, que disminuyan el congestionamiento vehicular en vías principales y secundarias en la red vial nacional; para ello, es necesario modernizar la infraestructura de la red vial nacional para el desarrollo de zonas urbanas y rurales, adaptándose a los requerimientos actuales de tránsito vehicular.