



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE MUROS DE
GRAVEDAD Y MUROS EN VOLADIZO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRIBOS EN
PUENTES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

JUAN CARLOS LÓPEZ

Asesorado por el Ing. Carlos René Figueroa Medina

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE MUROS DE GRAVEDAD Y MUROS EN VOLADIZO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRIBOS EN PUENTES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN CARLOS LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS RENÉ FIGUEROA MEDINA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgén Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIO	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
EXAMINADORA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE MUROS DE GRAVEDAD Y MUROS EN VOLADIZO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRIBOS EN PUENTES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 24 de mayo de 2 012.

Juan Carlos López

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre	Adela Josefina López Coronado por ser el pilar más importante de mi vida. Por haberme sacado adelante con la ayuda de Dios.
Mi tía	Hercilia de la Luz López Coronado, por sus consejos y cariño.
Mi tío	Santiago Alfredo López Coronado por su admiración y cariño.
Mi primo	Francisco Alberto López por la camaradería y apoyo.
Mis abuelos	Alberto López y Hercilia Coronado por cuidarme desde el cielo (QEPD).
Lic. Claudia Yates	Por su amor, apoyo y comprensión en los buenos y malos momentos.
Mis amigos	Carlos Martínez y Pablo Xicol, por su afecto, apoyo y lealtad.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas hacia el aprendizaje y convertirse en mi segunda casa.
Facultad de Ingeniería	Por cobijarme en sus aulas.
Mi madre	Adela Josefina López Coronado, por todo su amor y apoyo incondicional.
Mi asesor	Ing. Carlos René Figueroa Medina, por todos sus conocimientos compartidos y su amistad.
Ing. Jonathan Cabrera	Por su amistad y su ayuda incondicional en esta etapa final de mi carrera.
Ing. Mario Villagrán	Por su amistad y por los buenos consejos que siempre me ha compartido.
Lic. Claudia Yates	Por creer en mí y apoyarme en la conclusión del presente trabajo de graduación.
Víctor Ortiz	Por su apoyo y los buenos momentos compartidos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Tipos de puentes.....	1
1.2.1 Puentes fijos.....	2
1.2.2 Puentes móviles.....	5
1.3 Partes de un puente.....	9
1.4 Consideraciones de diseño de puentes.....	11
1.5 Definición de estribo de puente.....	14
1.6 Tipos de estribos.....	15
1.7 Consideraciones de diseño de estribos de puente.....	16
1.8 Sistemas constructivos.....	18
2. MUROS POR GRAVEDAD.....	19
2.1 Definición de muros por gravedad.....	19

2.2	Consideraciones de diseño	19
2.3	Materiales.....	21
2.4	Proceso constructivo	21
2.5	Mano de obra.....	22
2.6	Equipo requerido.....	23
2.7	Ventajas y desventajas	23
2.8	Ejemplos de muros por gravedad en estribos de puentes en Guatemala	24
3.	MUROS EN VOLADIZO.....	27
3.1	Definición de muros en voladizo	27
3.2	Consideraciones de diseño.....	27
3.3	Materiales.....	29
3.4	Proceso constructivo	29
3.5	Mano de obra.....	30
3.6	Equipo requerido.....	31
3.7	Ventajas y desventajas	31
3.8	Ejemplos de muros en voladizo en estribos de puentes en Guatemala.....	32
4.	INTEGRACIÓN DE COSTOS	35
4.1	Costos directos	35
4.1.1	Costos de materiales.....	35
4.1.2	Costo de mano de obra.....	36

4.2	Costos fijos de la empresa ejecutora	38
4.2.1	Salarios.....	38
4.2.2	Costos indirectos	38
4.2.2.1	Gastos técnicos.....	39
4.2.2.2	Gastos administrativos.....	39
4.2.2.3	Costos de financiamiento	40
4.2.2.4	Utilidad	40
4.2.2.5	Impuestos.....	40
4.2.2.6	Timbre de ingeniería	41
4.2.2.7	Fianzas	41
4.2.2.8	Imprevistos.....	43
5.	PROYECTO EVALUADO.....	45
5.1	Ubicación geográfica	45
5.2	Marco de referencia.....	46
5.3	Planteamiento y análisis de la problemática.....	47
6.	CUANTIFICACIÓN Y COSTO DE MUROS POR GRAVEDAD	
	Y MUROS EN VOLADIZO PARA ESTRIBO DE PUENTES	49
6.1	Ámbito general	49
6.2	Cuantificación y costo de muros por gravedad.....	51
6.3	Cuantificación y costo de muros en voladizo.....	57
7.	TIEMPOS DE EJECUCIÓN.....	63

7.1	Definiciones.....	63
7.2	Diagrama de Gantt.....	64
7.3	Ruta crítica o CPM.....	65
7.4	Sistema de Gantt para muros por gravedad	66
7.5	Sistema Gantt para muros en voladizo	67
7.6	Sistema CPM muros por gravedad	68
7.7	Sistema CPM muros en voladizo	69
8.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y TIEMPOS	
	DE EJECUCIÓN	71
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Puente viga	2
2.	Puente en ménsula.....	3
3.	Puente en arco	3
4.	Puente colgante.....	4
5.	Puente atirantado	4
6.	Puente basculante.....	5
7.	Puente giratorio	6
8.	Puente deslizante	6
9.	Puente de elevación vertical.....	7
10.	Puente transbordador.....	7
11.	Puente de paneles armables.....	8
12.	Partes constructivas de un puente	10
13.	Ejemplo de encofrado, armadura y fundición de puente	11
14.	Colocación de viga pretensada para puente	13
15.	Ejemplos de estribos para puentes	15
16.	Distribución de carga del suelo inferior hacia el muro por gravedad.	20
17.	Puente en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento... de Chimaltenango	24

18. Puente en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento ... de Chimaltenango	25
19. Puente en aldea Casa Blanca, municipio de Santa María Chiquimula, departamento de Totonicapán	25
20. Puente Periférico-Naranjo, municipio de Guatemala, departamento de Guatemala.....	26
21. Distribución de cargas del suelo hacia el muro en voladizo	28
22. Puente en aldea Saquitacaj, municipio de San José Poaquil, departamento de Chimaltenango	32
23. Puente en aldea Ojercaibal, municipio de San José Poaquil, departamento de Chimaltenango	33
24. Ubicación geográfica puente Saquitacaj	45
25. Cronograma de trabajo para muros por gravedad	66
26. Cronograma de trabajo para muros de voladizo	67
27. CPM para muros por gravedad	68
28. CPM para muros en voladizo	69

TABLAS

I.	Tabla de precio unitario, modelo y renglones de trabajo requeridos	50
II.	Integración de precio unitario renglón de limpieza y preparación del terreno	51
III.	Integración de precio unitario renglón de replanteo topográfico	52
IV.	Integración de precio unitario renglón de excavación.....	53
V.	Integración de precio unitario renglón de diente.....	54
VI.	Integración de precio unitario renglón de muro de gravedad	55
VII.	Integración de precio unitario renglón de acabados finales.....	56
VIII.	Integración de precio unitario renglón de limpieza y preparación del terreno	57
IX.	Integración de precio unitario renglón de replanteo topográfico	58
X.	Integración de precio unitario renglón de excavación.....	59
XI.	Integración de precio unitario renglón de zapata.....	60
XII.	Integración de precio unitario renglón de muro de estribo en voladizo.....	61
XIII.	Integración de precio unitario renglón de acabados finales.....	62
XIV.	Resumen de renglones del muro por gravedad	71
XV.	Resumen de renglones del muro en voladizo	71
XVI.	Comparación de costos directos entre ambos tipos de estribo	72

GLOSARIO

Acero	Aleación de acero con carbono en un porcentaje variable entre el 0.03 % y el 1.07 %.
Apuntalar	Colocación de puntales o parales a modo de refuerzo en la obra falsa.
Columna	Elemento estructural vertical con una relación entre altura y dimensión menor lateral mayor a 3 usado principalmente para resistir carga axial de compresión.
Concreto	Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua; con o sin aditivos.
Concreto armado	Concreto combinado con refuerzo estructural para poder lograr un equilibrio de esfuerzos de tensión y compresión.
Confluir	Unirse en un punto dos o más quebradas, ríos, caminos, carreteras o vías.

Curado	Proceso en el cual se mantiene la humedad de concreto mientras ocurre el fraguado por medio de agua o acelerantes químicos. Los acelerantes químicos son, generalmente, un compuesto de sal de calcio modificada.
Desencofrante	Sustancia aplicada en la formaleta antes de la fundición, su principal objetivo es evitar que el concreto se adhiera con la formaleta. Los desencofrantes más utilizados son aceite quemado o algún reactivo que contenga ácidos grasos.
Encofrado	Es el sistema de moldes temporales o permanentes que se utilizan para dar forma al hormigón u otros materiales similares antes de fraguar.
Lechada	Mezcla pobre de agua y cemento.
Mampostería	Sistema constructivo tradicional compuesto por bloques de barro cocido o de mezcla de arenas y cemento, piedras naturales sin labrar o ligeramente labradas llamadas mampuestos. Los elementos de mampostería tan solo proporcionan una cierta resistencia a la compresión, por lo que suelen conformar elementos verticales continuos, como muros y paredes.
Muro	Elemento, generalmente vertical, empelado para encerrar o separar espacios.

Muro prefabricado	Es un muro usualmente fabricado en planta, que posteriormente se transporta a la obra para su instalación.
Rebaba	Restos de concreto situados fuera del elemento estructural, generalmente, entre las uniones de formaleta.
Refuerzo estructural	Refuerzo de acero armado, utilizado en un elemento estructural.
Segregación	Es la separación de los materiales que constituyen una mezcla de concreto, produciendo una mezcla poco homogénea.
Traviesas	Son elementos colocados en la formaleta para evitar que se abra al momento de la fundición.
Viga	Es un elemento estructural horizontal soportado en sus extremos y que trabaja principalmente a flexión. La longitud es la dimensión predominante.
Voladizo	Es un elemento estructural que se caracteriza por estar apoyado en uno solo de sus extremos mediante un empotramiento.

RESUMEN

Es preciso hablar de innovación en los términos de ingeniería civil en referencia al alcance que un profesional de la rama logra obtener; ya no se puede determinar o intuir que un ingeniero civil solo cumple un proceso constructivo para desarrollar cualquier proyecto.

Al analizar un proyecto específico dentro del margen económico, social, político y cultural, se tienen diferentes herramientas para poder lograr el éxito de la obra a ejecutar y del desarrollo sostenible de una comunidad hacia su municipio e incluso departamento, hablando específicamente de una estructura político-geográfica de Guatemala.

Es por eso que surge la necesidad de beneficiar todos los aspectos que conlleva la ejecución de un proyecto de la ingeniería civil como una súper estructura, dado que es una obra de comunicación importante, en la cual se deben tomar en cuenta todos los actores.

El Estado representado como fuente de financiamiento para la ejecución del proyecto requiere herramientas para la toma de decisiones en cuanto a los proyectos que necesita una comunidad, en este caso particular en la construcción de un puente. Si la herramienta es un análisis comparativo de costos y tiempos de ejecución para la construcción de estribos, el Estado puede seleccionar la opción que beneficie de la mejor manera a sus intereses, la que representará un ahorro de recursos económicos que se podrán utilizar en otros proyectos. También se beneficia al contratista porque representa una forma proactiva, duradera y rápida de ejecutar un proyecto.

OBJETIVOS

General

Comparar los costos de construcción entre dos sistemas estructurales para estribos de puentes cortos: muros por gravedad y muros en voladizo, así como hacer un análisis de tiempos de ejecución.

Específicos

1. Investigar la facilidad de recursos para la construcción de muros por gravedad y voladizo.
2. Definir las ventajas y desventajas entre ambos sistemas.
3. Analizar el recurso humano y de maquinaria a contratar.
4. Establecer cuál de los dos métodos es más efectivo en relación al costo y tiempo de ejecución.
5. Determinar si existen casos especiales en los que un sistema no pueda sustituir al otro.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas y topográficas de Guatemala obligan a la construcción de un sinnúmero de puentes y obras de drenaje mayores, debido a la gran cantidad de ríos que nacen, se forman y confluyen en cualquiera de las tres vertientes del país. Se hace de vital importancia dichas construcciones para mantener comunicadas a todas las comunidades y de esta forma fomentar su desarrollo económico.

Analizar los costos de construcción de estribos de puentes representa un aspecto muy importante para su selección según el presupuesto, las condiciones de la región geográfica del proyecto y las necesidades de la población a beneficiar.

En el presente trabajo de graduación se presentan las ventajas y desventajas de los muros en estribos de puentes por gravedad de concreto ciclópeo y en voladizo de mixto de concreto armado y concreto ciclópeo, algunos de sus aspectos de diseño y el proceso constructivo.

El análisis realizado se basa en un proyecto real, tomando como referencia los precios de materiales actuales, mano de obra y tiempos de ejecución promedio para cada una de las opciones, lo cual, permitirá una correcta integración de costos.

Al realizar la comparación de resultados se demuestra qué sistema se acopla mejor a las necesidades del proyecto, otorgando así una herramienta de análisis para profesionales y estudiantes del área de la ingeniería civil.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Generalidades

Los puentes son estructuras de paso que permiten salvar un accidente geográfico: río, quebrada, lago, cañón; o bien algún tipo de obstáculo físico: carretera, línea férrea o canalización.

Los puentes pueden construirse de diversos materiales: madera, piedra, acero, concreto armado, según lo dicte el diseño.

Desde tiempos antiguos, los puentes se diseñan y construyen con los materiales disponibles en la localidad.

Se considera que el primer método de construcción de un puente fue colocando un tronco apoyado en las orillas de un río, una quebrada o cualquier accidente geográfico para así poder atravesarlo.

Conforme el hombre evolucionó con sus procesos constructivos, así mejoró el diseño de sus puentes.

1.2 Tipos de puentes

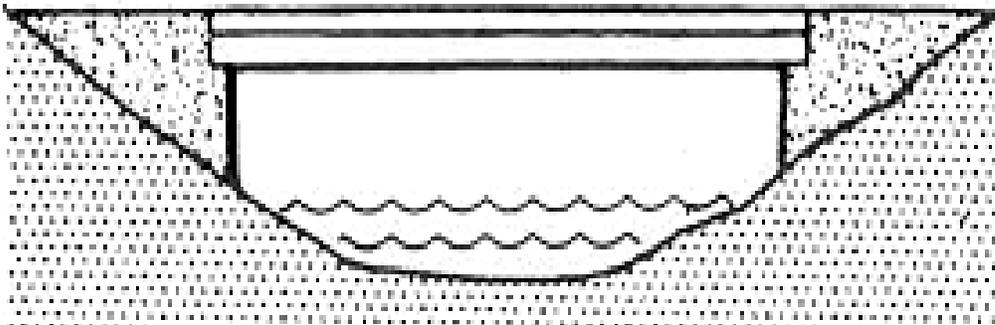
Los puentes se clasifican según su estructura en: puentes fijos y puentes móviles.

1.2.1 Puentes fijos

Existen cinco tipos principales de puentes fijos: puente viga, puente en ménsula, puente en arco, puente colgante y puente atirantado; los cuales se definen a continuación:

- Puente viga: es el puente que soporta su vano por medio de elementos estructurales horizontales denominados vigas. De este tipo de puente se derivan los puentes más básicos, pues consiste en un elemento estructural en que su longitud predomina sobre las demás dimensiones simplemente apoyado en sus extremos.

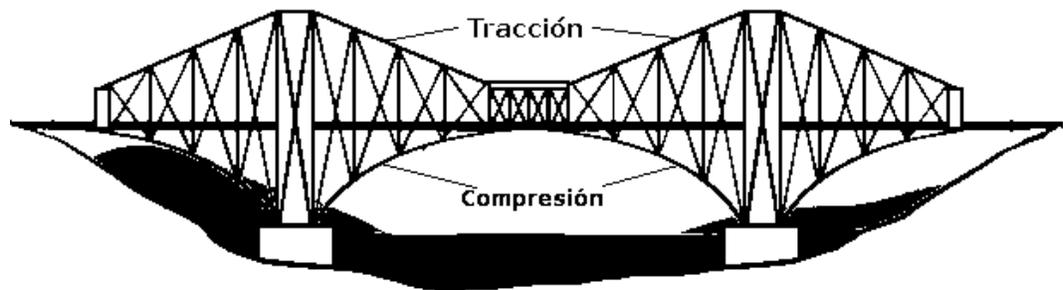
Figura 1. **Puente viga**



Fuente: <http://puentes.galeon.com/tipos/pontsvigas.htm>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente en ménsula: es el puente en el que sus vigas principales trabajan en sistema voladizo. Se construye por el método de volados sucesivos, el cual consiste en construir la superestructura a partir de los pilares o pilotes agregando tramos parciales los cuales se sostienen en el anterior.

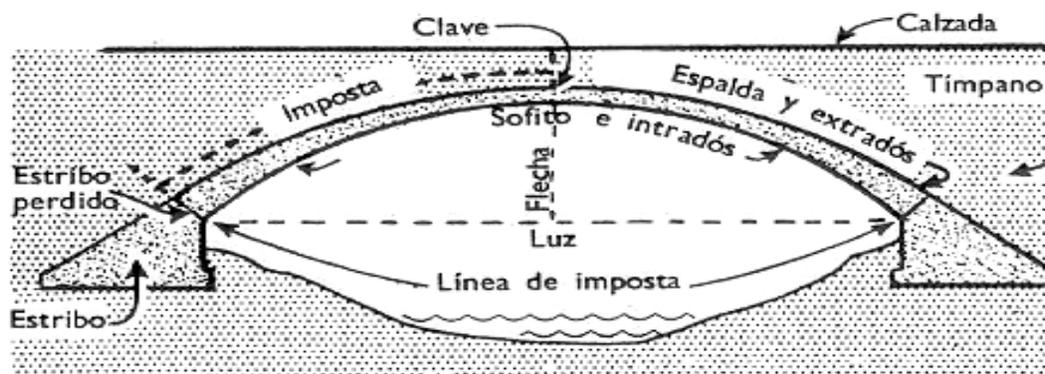
Figura 2. **Puente en ménsula**



Fuente: <http://pelandintecno.blogspot.com/2013/02/salvando-obstaculos-tipos-de-puente.html>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente en arco: es un puente que soporta su vano con una curvatura que transmite las cargas a los extremos.

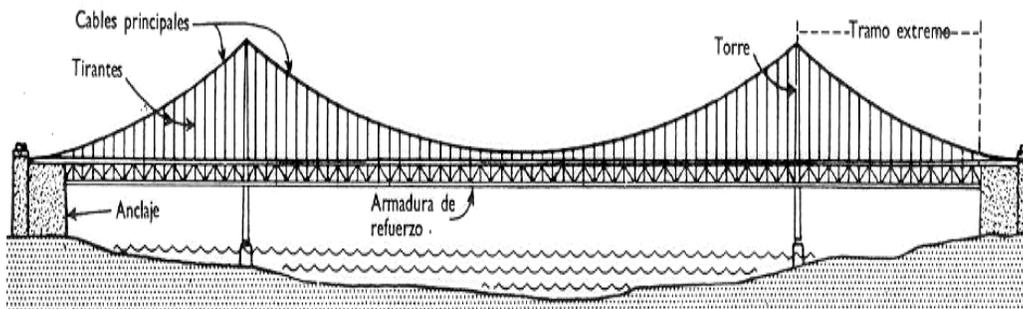
Figura 3. **Puente en arco**



Fuente: <http://puentes.galeon.com/tipos/pontsarcos.htm>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente colgante: es aquel puente que está sostenido por un arco invertido formado por numerosos cables de acero del que se suspende la losa estructural mediante tirantes verticales.

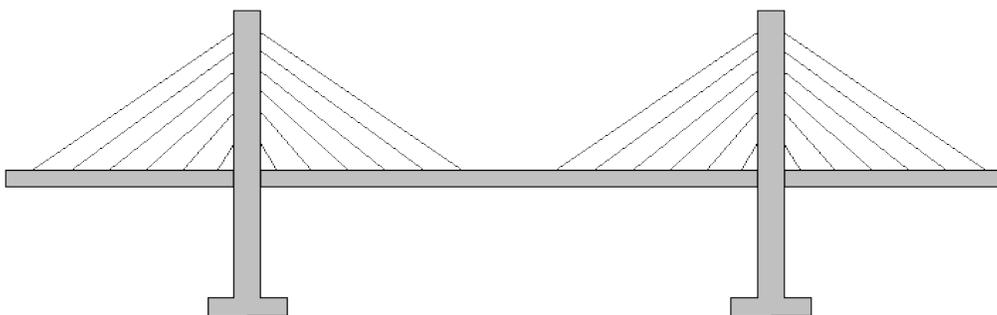
Figura 4. **Puente colgante**



Fuente: <http://puentes.galeon.com/tipos/imgtipos/pontsc5.gif>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- **Puente atirantado:** es aquel cuya losa está suspendida de uno o varios pilotes centrales mediante tirantes. A diferencia del puente colgante, el puente atirantado no posee cables principales sostenidos entre pilas, sino directamente sostienen la losa estructural.

Figura 5. **Puente atirantado**



Fuente: <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/memoria/memoria11/puentes/Image487.gif>.

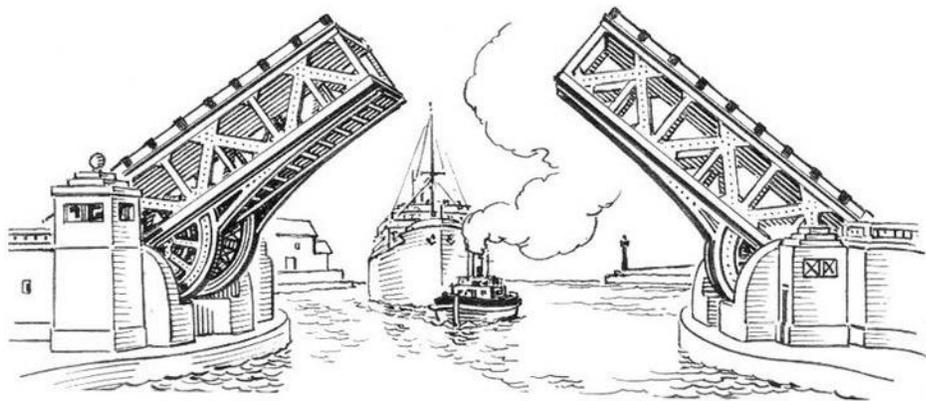
Consulta: 11 de abril de 2016.

1.2.2 Puentes móviles

Por su parte, los puentes móviles pueden ser de 6 tipos: puente basculante, puente giratorio, puente deslizante, puente de elevación vertical, puente transbordador y puente de paneles armables.

- Puente basculante: posee un eje horizontal en la línea de apoyo, dentro de esta clasificación también se encuentran los puentes levadizos, con la diferencia de que los puentes levadizos poseen una sola pieza, mientras que los basculantes constan de dos.

Figura 6. **Puente basculante**



Fuente: [http:// www.educima.com/dibujo-para-colorear-puente-levadizo-i18893.html](http://www.educima.com/dibujo-para-colorear-puente-levadizo-i18893.html). Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente giratorio: tiene dos posibilidades de apertura, puede girar dos secciones iguales usando un eje vertical en los extremos de la losa o girar una sola sección a través de un eje central.

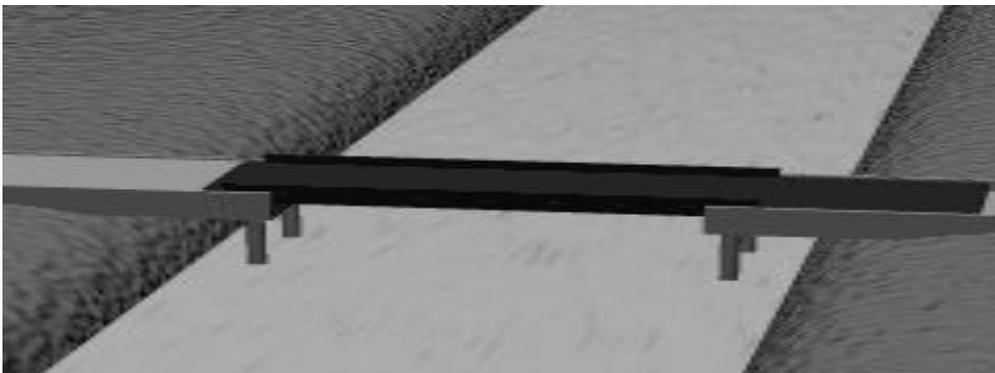
Figura 7. **Puente giratorio**



Fuente: <http://www.waagner-biro.com/en/divisions/bridge-construction/references/reference/prai-river-swing-bridge>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente deslizante: es un puente cuya losa se desplaza en sentido horizontal entre un apoyo y otro. Se retira en el sentido horizontal para dar paso a los navíos.

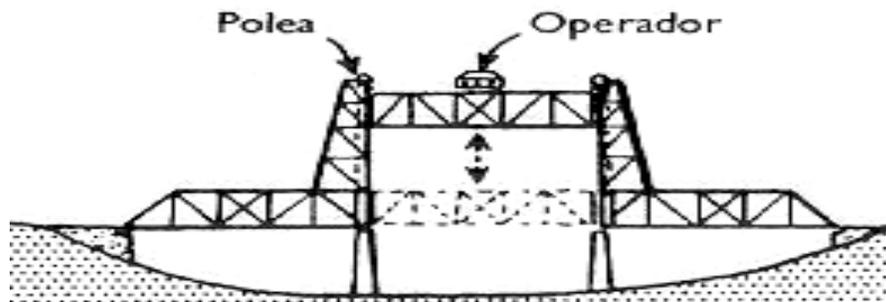
Figura 8. **Puente deslizante**



Fuente: <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%207-%20PUENTES.pdf>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente de elevación vertical: es un tablero simplemente apoyado, en el cual los apoyos pueden elevarse según lo requiera la cota de navegación.

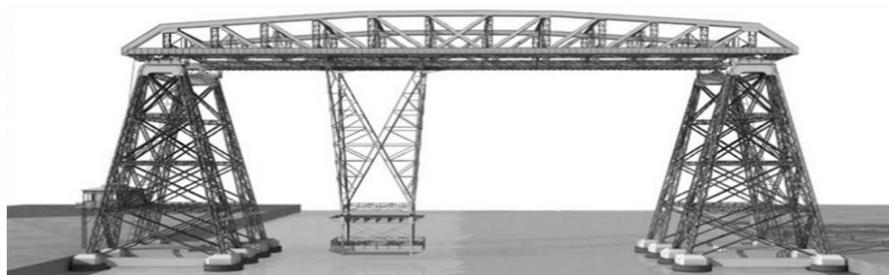
Figura 9. **Puente de elevación vertical**



Fuente: <http://puentes.galeon.com/tipos/pontselevacion.htm>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente transbordador: es una especie de vagón colgante que se desliza sobre un cuerpo de agua. Puede estar sujeto a cordones o a un transportador físico y se desplaza de un extremo a otro.

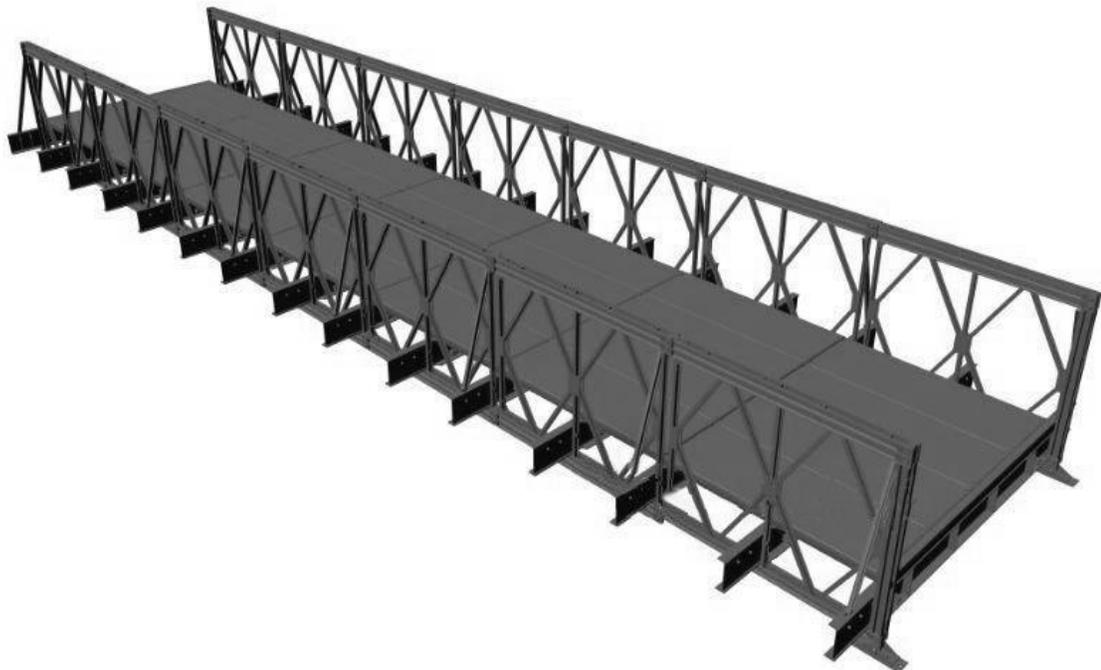
Figura 10. **Puente transbordador**



Fuente: <http://transbordador-avellaneda.blogspot.com/2010/09/historia-aspectos-tecnicos.html>. Consulta: 11 de abril de 2016.

- Puente de paneles armables: mejor conocido como puente Bailey, es un puente prefabricado, capaz de ser construido en varias configuraciones para satisfacer requisitos de luz y carga mediante el uso de herramientas básicas. Sus elementos son estandarizados y completamente intercambiables. Ligero y fácil de transportar, fue diseñado durante y para ser utilizado durante la Segunda Guerra Mundial por el funcionario británico Donald Bailey. Actualmente, se utilizan como puentes de emergencia temporales.

Figura 11. **Puente de paneles armables**



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/16377093/Puente-modular-Bailey.html>. Consulta: 11 de abril de 2016.

1.3 Partes de un puente

Los puentes fundamentalmente constan de dos partes: la subestructura y la superestructura.

La subestructura es el conjunto de elementos estructurales que soportan a la superestructura, es decir, la subestructura son las bases del puente. La subestructura se diseña desde la cimentación, la cual tiene una cota inferior al lecho del río.

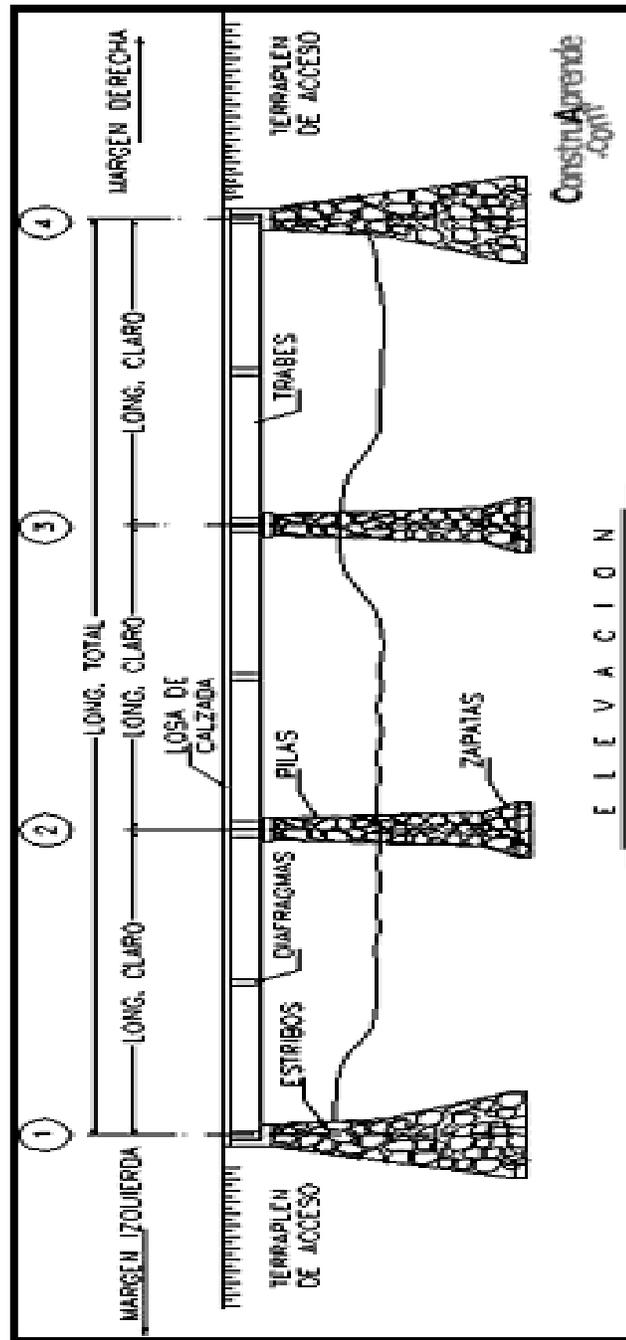
Entre los elementos de la subestructura se encuentran las zapatas, los estribos, generalmente muros de contención a los extremos del puente; y las pilas, columnas intermedias entre los apoyos.

La superestructura es la parte superior del puente. Se distinguen entre las partes principales las vigas, losa, diafragmas, acera, capa de rodadura, barandal, postes y aceras.

La parte media que separa a la subestructura de la superestructura son los apoyos, los cuales son piezas de neopreno generalmente. Los apoyos dividen la subestructura de la superestructura.

Los apoyos absorben la carga dinámica del puente sin dañar la subestructura. Los apoyos se deben de diseñar para que tengan una durabilidad acorde al ciclo de vida de la estructura en la que actúan. Ver figura 12.

Figura 12. Partes constructivas de un puente



Fuente: http://branco-tarifonsy297.blogspot.com/2011/11/partes-constructivas-puentes_11.html?m=1. Consulta: 13 de abril de 2016.

1.4 Consideraciones de diseño de puentes

En el presente trabajo se estudian principalmente las consideraciones de diseño de puentes de concreto armado, debido a que en Guatemala el porcentaje mayoritario de los puentes se diseñan y construyen de este material. En este tipo de estructuras lo principal es la concepción y el cálculo. Según su proceso constructivo, los puentes de concreto armado se clasifican en:

- Puentes de concreto contruidos *in situ*: son puentes de luces pequeñas con losas situadas a poca altura sobre un terreno accesible y considerablemente horizontal, lo cual permite construir la superestructura sobre una obra falsa; es decir, una estructura temporal construida usualmente con parales o andamios que soportan el encofrado y posteriormente la fundición y tiempo de fraguado. Este sistema constructivo permite crear estructuras integrales, que tienen mejor comportamiento a lo largo del tiempo. Sin embargo, las condiciones necesarias para ejecutar este sistema no siempre son las adecuadas, por ejemplo, en un cruce de caminos donde detener el tráfico ocasionaría un impacto negativo en la población aledaña. Por definición, este sistema constructivo es el más simple. Ver figura 13.

Figura 13. **Ejemplo de encofrado, armadura y fundición de puente**



Fuente: elaboración propia.

- Puentes con vigas de concreto prefabricadas: en muchos casos, no se cuenta con las condiciones necesarias para la construcción *in situ*, lo cual hace necesaria la prefabricación. Las construcciones prefabricadas presentan muchas ventajas, por ejemplo: se reducen los tiempos de ejecución, ya que hace posible que las vigas se prefabriquen mientras se construye la subestructura; el concreto presenta mejores características mecánicas debido a su producción semiindustrial; se evita el tensionamiento prematuro en concreto joven; se limita la retracción al producirse previo a su colocación y aumenta el rendimiento de la mano de obra al establecerse un ritmo de construcción. Entre las desventajas se encuentra la dificultad para transportar vigas de grandes longitudes, e incluso vigas de menor tamaño donde los caminos no permitan la circulación de cabezales con plataforma; además, del tallado de las conexiones entre elementos. Se debe de tomar en cuenta que se necesita equipo como grúas industriales para izar las vigas considerando su peso.
- Puentes con vigas presforzadas: el concreto es muy resistente a compresión, pero débil bajo esfuerzos de tensión, por lo que es necesario modificarlo para poder aprovecharlo como un material estructural en elementos sometidos a flexión. "El presforzado puede ser ejecutado de dos maneras básicas: La primera se denomina pretensado, y consiste en sujetar firmemente los alambres o cables a base de apoyos sólidamente anclados al terreno o a la formaleta donde se vaciará el concreto"¹. La armadura se tensa con gatos hidráulicos y se le sujeta con anclajes provisionales a los apoyos. Se procede a vaciar el concreto sobre estas armaduras a tracción y se deja fraguar. Al soltar los anclajes de las armaduras, esta tracción se transfiere al concreto por adherencia y efecto de cuña en los extremos libres, quedando así comprimida la viga.

¹ HARMSEN, Teodoro E. *Diseño de estructuras de concreto armado*. p. 588.

Ver figura 14. La segunda manera se denomina postensado y consiste en colocar en los encofrados los cables protegidos por elementos aisladores, ductos que impidan la adherencia del concreto con los cables; estos ductos son usualmente de lámina metálica o PVC y juntamente con el cable quedan empotrados en el concreto, pero de manera tal que el cable es corredizo dentro del ducto. Una vez que el concreto ha fraguado se aplica el gato hidráulico que debe dar la tensión a los cables y se sujetan mediante un anclaje mecánico que impide su regreso, dejando en forma permanente un estado de coacción en la viga. Para finalizar, regularmente se aplica un mortero de arena y cemento dentro de los ductos para conseguir la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo y así conseguir un adecuado comportamiento a la rotura.

Figura 14. **Colocación de viga pretensada para puente**



Fuente: <http://i1.ytimg.com/vi/Y0fulpWayF8/maxresdefault.jpg>. Consulta: 13 de abril de 2016.

1.5 Definición de estribo de puente

Los estribos constituyen los apoyos extremos de un puente y se identifican como el acceso al puente. Además, sirven como muro de contención y elementos de protección de los accesos contra la socavación de las corrientes de agua. Los estribos se proyectan para resistir el empuje de tierras de los approaches, la carga muerta de la superestructura, la carga viva sobre cualquier parte de la superestructura, las fuerzas por viento, las fuerzas longitudinales (en el caso de que los apoyos sean fijos) y las fuerzas cortantes que se desarrollan en los apoyos.

Su función principal es transmitir todas las cargas a la cimentación. Los estribos pueden tomar formas muy variadas y construirse de materiales como mampostería de piedra, concreto ciclópeo, concreto simple o concreto armado.

Un estribo consta esencialmente de un muro frontal o cuerpo y muros laterales o aletones, cada uno con su cimentación correspondiente. Los aletones pueden ser inclinados respecto al camino o ser paralelos a este. Su unión con el cuerpo del estribo puede ser articulada o monolítica.

El proyectar los aletones inclinados respecto a la dirección del cauce ayuda a encauzar el paso de la corriente bajo el puente evitando turbulencias que provoquen socavaciones en el lecho y márgenes.

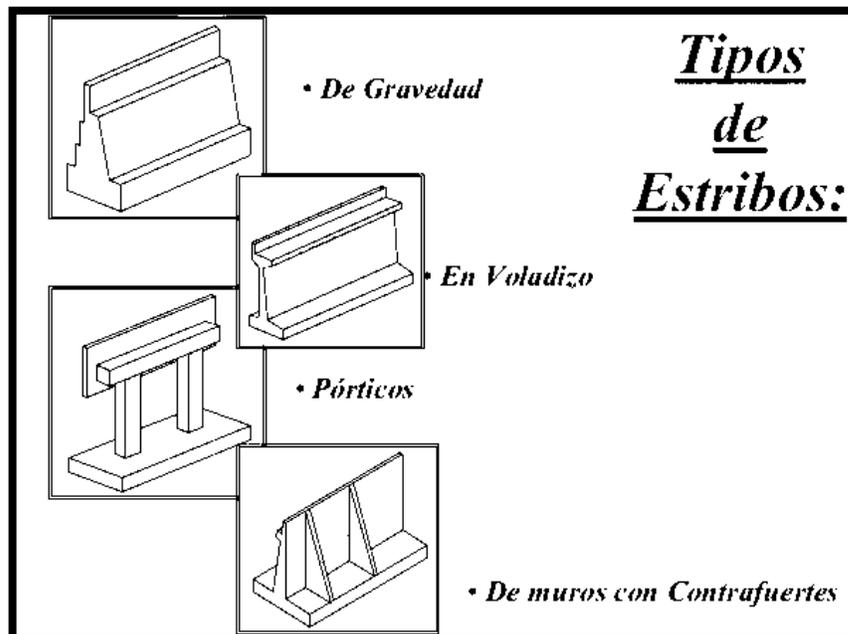
El proyecto de la forma y dimensiones del estribo dependerá de la calidad del suelo de cimentación y de la sección transversal de los terraplenes de acceso. Debe estudiarse cuidadosamente las condiciones de estabilidad del terraplén de acceso y del suelo que lo soporta, bajo distintos estados de sobrecarga y para diferentes profundidades del nivel freático.

1.6 Tipos de estribos

Los tipos de estribo de puentes más utilizados son:

- Estribo de muro de gravedad
- Estribo de muro en voladizo
- Estribo de muro de pórticos
- Estribo de muro de contención con contrafuertes

Figura 15. Ejemplos de estribos para puentes



Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-yyyiwoCvxxY/TebLBYqZWnl/AAAAAAAAABFs/KilC2uTKvM0/s1600/3.gif)

[yyyiwoCvxxY/TebLBYqZWnl/AAAAAAAAABFs/KilC2uTKvM0/s1600/3.gif](http://2.bp.blogspot.com/-yyyiwoCvxxY/TebLBYqZWnl/AAAAAAAAABFs/KilC2uTKvM0/s1600/3.gif). Consulta: 13 de abril de 2016.

1.7 Consideraciones de diseño de estribos de puente

Para el diseño del estribo se toman las siguientes consideraciones:

- Realizar un estudio geotécnico para obtener el valor soporte.
- Realizar un análisis de la cuenca y de la creciente máxima hidrológica según el período de diseño elegido.
- Seleccionar las dimensiones tentativas del muro de contención que funcionará como estribo. Luego se debe analizar su estabilidad frente a las cargas que lo afectan respecto a volteo, deslizamiento, presiones sobre el terreno y resistencia como estructura.
- En el caso de que el análisis anterior indique que la estructura no es satisfactoria, se modifican las dimensiones y se efectúan nuevos tanteos hasta lograr que la estructura sea capaz de resistir las cargas que lo afectan.
- Para la ubicación del estribo se tomará en cuenta la simetría del puente respecto a su eje transversal.
- Las condiciones geológicas del subsuelo pueden también determinar la selección de la ubicación del estribo.
- El peligro de socavación, así como las luces exigidas en el caso de ríos de amplio cauce también influyen de manera importante ya que la cota de cimentación debe de estar siempre por debajo del cauce.

La función esencial de un estribo es transmitir las cargas de la superestructura al suelo, así como resistir los empujes de tierras; el valor relativo de estas cargas, así como su condición, determinará la forma del estribo.

En general, se tendrá un muro de contención con elementos de apoyo en su parte superior y muros laterales, formando un ángulo con el cuerpo del estribo.

Para el cálculo de un estribo la resistencia de material y del terreno, las cargas a considerar son:

- Carga permanente de la superestructura (carga muerta).
- Carga viva. La cual estará definida por la carga viva de diseño de la carretera en la que se encuentra el puente según el tipo de vehículo que transitará en ella. La AASHTO, en sus normas de diseño de carretera, considera el camión más pesado el que tiene un peso total de 36 toneladas americanas, denominado HS20.
- Carga de frenaje y fricción (cargas de impacto).
- Carga de viento normal y tangencial.
- Cargas o empujes de tierras.
- Carga sísmica.

- Otras como esfuerzo de contracción del concreto, fuerzas por cambio de temperatura, acortamiento por compresión del acero, presión de la corriente de agua o hielo.

1.8 Sistemas constructivos

El diseño del estribo define el sistema constructivo. El diseño dictará la necesidad de fundiciones con concreto premezclado, fundiciones *in situ* y/o la utilización de elementos prefabricados como por ejemplo pilotes pretensados.

2. MUROS POR GRAVEDAD

2.1 Definición de muros por gravedad

Los muros de contención por gravedad son aquellos que resisten los empujes mediante su propio peso, regularmente son económicos para una altura menor de 4.5 metros sobre la cota de cimentación. En cuanto a su sección transversal, estos muros adoptan diferentes formas y normalmente carecen de cimiento diferenciado, aunque pueden tenerlo. La estabilidad de este tipo de muros se logra solo con el peso propio y del suelo sobre el cual descansa; por lo cual requiere de grandes dimensiones dependiendo de las cargas que lo afecten.

2.2 Consideraciones de diseño

La presión del terreno sobre un muro está fuertemente condicionada por la deformabilidad del muro, entendiendo que la deformación no solo se refiere a la que el muro experimenta como pieza, usualmente de concreto ciclópeo, sino también la que el muro produce en el terreno de cimentación.

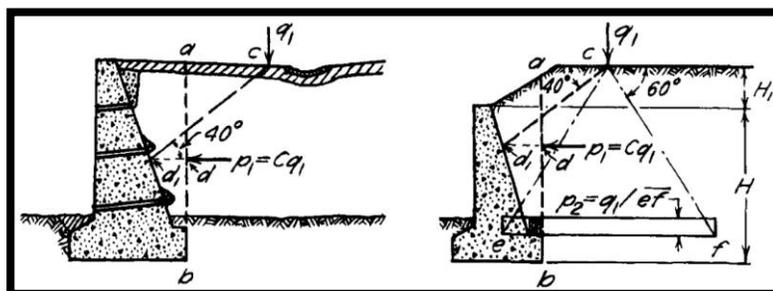
El diseño del muro debe lograr que las deformaciones sean prácticamente nulas para que se logre el caso de empuje al reposo.

Si el muro se desplaza, permitiendo la expansión lateral del suelo, se produce un fallo por corte del suelo y la cuña de rotura avanza hacia el muro y desciende. El empuje se reduce desde el valor del empuje al reposo hasta el denominado valor de empuje activo que es el mínimo valor posible del empuje.

El método de diseño consiste en tanteos sucesivos de las dimensiones del muro, teniendo los datos de cohesión, presión normal del terreno sobre el muro y el ángulo de fricción entre el terreno y el muro. Cuando los muros de gravedad se utilizan como estribos de puentes, como en el análisis del presente trabajo de graduación, se deben conocer las cargas del diseño del puente. Para diseñar se contemplan una serie de factores de seguridad debido a las incertidumbres que se producen debido a la complejidad del comportamiento del suelo y el conocimiento incompleto de las condiciones del subsuelo.

El objetivo final de los factores de seguridad es evitar la falla de los elementos diseñados y construidos así como tender a su optimización. Se define el factor de seguridad -Fs-, como la relación entre la resistencia -R- y la demanda -D-, los cuales para cimentaciones están estrechamente relacionados con los esfuerzos cortantes, puesto que estos esfuerzos son los que realmente producen la falla. No se profundizará en el diseño y dimensionamiento de muros por gravedad debido a que no es relevante en el presente trabajo de graduación.

Figura 16. **Distribución de carga del suelo inferior hacia el muro por gravedad**



Fuente: TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph B.; GHOLAMREZA, Mesri. *Soil mechanics in engineering practice*. p. 338.

2.3 Materiales

Los muros por gravedad, por ser estructuras voluminosas, se construyen por lo general de concreto ciclópeo, el cual es una mezcla uniforme de concreto y piedra bola en proporción 60-40 respectivamente; de mampostería de piedra, la cual es una mezcla de piedra bola erigida una sobre otra unida con mortero de cemento y arena. Su ventaja fundamental es que no van armados, con lo cual el renglón de acero de refuerzo se elimina de los costos. Los muros por gravedad también pueden ser conformados por gaviones.

Para este último material se tiene la limitante de la altura del muro, pues si bien se especifica una altura máxima para muros de gravedad de 4,50 metros, los gaviones se diseñan para una altura máxima de 4,00 metros. Otra condicionante de los muros de gaviones es el recurso de su material fundamental, la piedra bola, que para los casos donde el muro de contención no se construye en las cercanías de un río que provea este material, el presupuesto puede verse afectado por los costos de transporte.

2.4 Proceso constructivo

El proceso constructivo de un muro de gravedad inicia con la excavación, por el volumen que representan los muros de gravedad, es necesario un amplio movimiento de tierra, así como una óptima limpieza general del terreno previo a iniciar propiamente los trabajos de construcción. Es importante mencionar que al hacer cortes de terreno, el material resultante aumenta hasta en un 60 % como consecuencia de la pérdida de la compactación natural, lo cual deberá tomarse en cuenta al contemplar el transporte de material sobrante hacia el botadero asignado.

Se recomienda, cuando el presupuesto lo permite, contemplar una fundición de concreto pobre, unos 20 centímetros por debajo de la cota de cimentación con el objeto de que el terreno de cimentación no se empape con las posibles lluvias o pérdida humedad, la cual es necesaria para el correcto fraguado en época seca. Esta fundición debe realizarse inmediatamente después de terminada la excavación. Dentro de la fundición de la base, debe colocarse la armadura del diente y fundirlo, en caso de que exista en el diseño. El diente es una estructura de concreto armado, similar a una viga, que se incrusta en el suelo, debajo del estribo para prevenir el volteo y contrarrestar el deslizamiento del muro.

El encofrado es el siguiente paso en la construcción de los muros de gravedad; para obtener un resultado de la calidad esperada, se sugiere la aplicación de desencofrante al estribo, el cual se aplica a la formaleta previa la fundición y la cual debe de estar bien apuntalada y con sus respectivas traviesas para resistir la presión del volumen del concreto. En lo posible, se debe de tratar de fundir la totalidad del estribo en el menor tiempo posible para evitar las juntas frías. Cuando el material elegido para la construcción del muro de gravedad sea concreto ciclópeo, se recomienda preparar la mezcla de concreto en mezcladora, verterlo dentro de la formaleta para luego sumergir o ahogar la piedra bola; así se asegura la resistencia requerida.

2.5 Mano de obra

Para los trabajos habituales de construcción como fundiciones, encofrados, excavaciones, entre otros, es recomendable contar con un grupo de obreros conformado por un maestro de obra, preferiblemente con experiencia en fundición de muros de contención o fundiciones masivas, y una

cuadrilla de albañiles y ayudantes, todos ellos dirigidos y supervisados por el ingeniero residente.

2.6 Equipo requerido

Previo a realizar cualquier excavación para la construcción de muros de gravedad, debe de posicionarse. Para esta tarea es necesario equipo topográfico para hacer el trazado total del puente, según el alineamiento de la carretera y el diseño en planos.

Para los trabajos de excavación se requiere de retroexcavadora y/o excavadora y camiones de volteo para sacar el material sobrante hacia el botadero designado por la autoridad superior.

Para la fundición, según la envergadura de la obra y el tipo de muro por gravedad a construir, se requerirá una planta de concreto premezclado, camiones mezcladores o mezcladoras para fundiciones *in situ*, así como vibradores de concreto para evitar la segregación.

2.7 Ventajas y desventajas

La mayor ventaja de los muros de gravedad es la simpleza de su construcción, ya que, al no poseer armadura de refuerzo, se puede proceder a la fundición una vez terminadas las excavaciones necesarias y el encofrado. La mano de obra no necesita ser calificada y para la fundición puede contratarse una mayor cantidad de ayudantes que de albañiles, pues no requiere de mayores conocimientos constructivos más que de fundición en masa.

Su mayor desventaja es el volumen que ocupan estos muros, ya que al resistir cargas mediante su propio peso, y lograr así su estabilidad, requieren de mucho espacio para la base de cimentación y estos requerimientos no en todos los proyectos se pueden satisfacer. Derivado de lo anterior también es necesario bastante trabajo de movimientos de tierras, lo cual produce desventajas económicas si no se tiene el botadero a una distancia cercana.

2.8 Ejemplos de muros por gravedad en estribos de puentes en Guatemala

Figura 17. Puente en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Puente en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Puente en aldea Casa Blanca, municipio de Santa María Chiquimula, departamento de Totonicapán



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Puente Periférico-Naranjo, municipio de Guatemala, departamento de Guatemala**



Fuente: <http://img530.imageshack.us/img530/9064/dsc00636a1a.jpg>. Consulta: 13 de abril de 2016.

3. MUROS EN VOLADIZO

3.1 Definición de muros en voladizo

Los muros en voladizo son los de empleo más común; como su nombre lo indica trabajan como una viga en voladizo, de manera vertical, empotrada en una zapata inferior. Son muros de concreto reforzado o mixto de concreto armado y concreto ciclópeo; y a diferencia de los muros de gravedad, estos sí poseen un cimiento diferenciado. Este tipo de muro es económico hasta alturas aproximadas de ocho metros. Puede ser construido de muchas formas, siendo la más usual para estos muros la T invertida.

3.2 Consideraciones de diseño

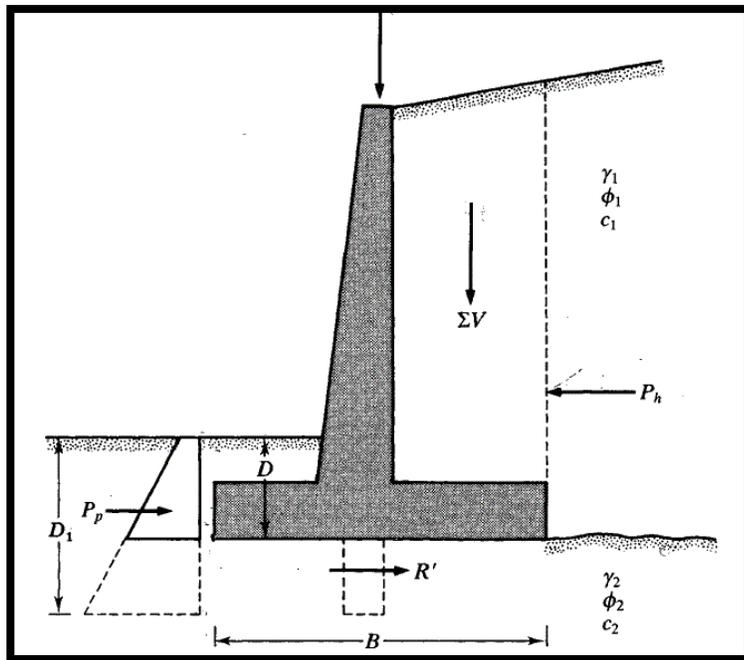
Para diseñar apropiadamente los muros de contención en voladizo, se deben conocer los parámetros básicos del suelo donde se cimente; es decir, el peso específico o volumétrico, el ángulo de fricción y la cohesión del suelo retenido detrás del muro y del suelo debajo de la zapata. Conocer las propiedades del suelo detrás del muro permite determinar la distribución de la presión lateral necesaria para el diseño. Además de las condiciones del suelo, se necesitan las cargas de diseño de la carretera donde se encuentra el puente, y por lo tanto, donde se construirán los muros en voladizo para los estribos, las cargas previamente se utilizaron en el diseño del pavimento y dependen del tráfico al que estará expuesta la carretera.

Existen dos fases en el diseño de un muro en voladizo: primero, conocida la presión lateral de la tierra, la estructura en su conjunto se revisa por

estabilidad que incluye la revisión de posibles fallas por volteo, deslizamiento y capacidad de carga; en segundo lugar, cada componente de la estructura se revisa por resistencia adecuada y se determina el esfuerzo de acero de cada componente. Los muros en voladizo, por llevar su armadura de acero de refuerzo, son relativamente flexibles y soportan una buena cantidad de desplazamientos verticales y horizontales sin mayor daño a la estructura.

De igual forma que los muros por gravedad, para diseñar muros en voladizo se utiliza una serie de factores de seguridad que magnifican las cargas a modo de que las probabilidades de falla disminuyan de manera drástica incluso en las condiciones más críticas.

Figura 21. **Distribución de cargas del suelo hacia el muro en voladizo**



Fuente: DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentación*. p. 399.

3.3 Materiales

Regularmente, para la construcción de la zapata del muro en voladizo, se utiliza concreto de resistencia 4 000 PSI y se recomienda fundir con concreto premezclado en planta por razones de resistencia y procesos de calidad del concreto. De no ser así, es imperante fundir con mezcladora y utilizar cemento portland, agregados limpios y secos, y en la medida de lo posible, agua potable para así no modificar el diseño de mezcla. Se requiere de acero legítimo, de resistencia a la fluencia de 40 000 PSI, también llamado de grado 40, aunque, en ocasiones, el diseño puede requerir acero de resistencia a la fluencia de 60 000 PSI, conocido como de grado 60. Se utilizará el diámetro de varilla según el diseño en planos.

Para el cuerpo del muro, se utilizarán materiales de la mejor calidad disponible en el lugar, de ser concreto armado, de la misma manera que la zapata, la mejor opción para la fundición es el concreto premezclado en planta y acero legítimo del grado y diámetro requerido en el diseño en planos.

3.4 Proceso constructivo

El primer paso en la construcción de muro en voladizo es la excavación, la cual es menor comparada con la excavación necesaria para los muros de gravedad y, dependiendo del tamaño del muro, podrá hacerse manualmente, con retroexcavadora o con maquinaria similar.

En los muros en voladizo es importante la fundición con concreto pobre para proteger la fundición del cimient, como se veía en el capítulo anterior con los muros por gravedad; esto debido a que los muros en voladizo presentan un cimient diferenciado; la zapata, que lleva una armadura de acero de refuerzo,

que debe protegerse de las condiciones de humedad que puede contener el suelo en época lluviosa lo cual podría generar corrosión, debilitando la resistencia del acero.

Paralelo a la excavación se trabaja dicha armadura de zapata, cortando las varillas longitudinales y transversales a la medida indicada en una o dos camas de refuerzo según el diseño de la cimentación en planos. Debe cuidarse que la armadura, así como el acero de refuerzo en general, antes de su fundición no se encuentre a la intemperie, almacenándola en un lugar seguro y seco, o bien, construyendo una bodega adecuada para su almacenamiento.

Es importante hacer una cuantificación precisa de los materiales para la fundición cuando esta se haga en obra, y tener el acero de refuerzo para fundir la zapata completa, cuidando de dejar las puntas de acero de refuerzo libres para la adherencia con el estribo. Para la fundición del cuerpo del estribo, primero se debe construir el encofrado y aplicar desencofrante a la formaleta, paso seguido a comenzar la fundición y vibrando el concreto para evitar la segregación, ayudando a disminuir el aire atrapado y la rebaba. Luego de remover la formaleta, en los casos donde sea necesario, se harán tallados y acabados finales requeridos o con fines estéticos.

3.5 Mano de obra

En la construcción de muros de contención en voladizo se necesita contar con personal calificado, con experiencia y amplio conocimiento en armado de refuerzo estructural. El equipo de trabajo debe estar conformado por el ingeniero residente que se encargará de dirigir y supervisar la construcción del proyecto, teniendo especial cuidado en el armado de refuerzo estructural, verificando sus separaciones y recubrimientos.

El maestro de obra debe contar con la experiencia anteriormente descrita para dirigir a la cuadrilla de albañiles y ayudantes de tal forma que el proyecto sea realizado de acuerdo a las especificaciones técnicas y el diseño en planos.

3.6 Equipo requerido

Según lo descrito en el capítulo anterior, se requiere de un estudio topográfico para el correcto posicionamiento de los estribos según el alineamiento horizontal y vertical. Por lo tanto, se requiere de equipo topográfico para hacer el trazo general del proyecto según lo especificado en planos. Paso seguido se utilizará el mismo equipo para el movimiento de tierra descrito para excavaciones de muros por gravedad.

Para la fundición se aconseja contratar una planta de concreto premezclado que requerirá de camiones mezcladores y bombas para la disposición del concreto en obra. Esto es importante para fundiciones masivas, puesto que se asegura la calidad del concreto mezclado en planta bajo procesos industriales. Para proyectos de menor envergadura la fundición se puede realizar con mezcladoras de concreto de 1 a 2 sacos de capacidad. Es de vital importancia vibrar el concreto con vibradores, ya sean de baterías recargables o accionados con motor de gasolina, para evitar la segregación del concreto y logrando que el aire contenido sea expulsado, así como que el concreto llene todos los espacios entre la formaleta y el acero de refuerzo.

3.7 Ventajas y desventajas

Entre las ventajas que representa la construcción de muros de contención en voladizo se encuentra que el volumen que representa es poco comparado con el volumen necesario para construir un muro de contención por gravedad,

ventaja claramente importante cuando las condiciones de la localidad no permiten extenderse de manera amplia hacia los costados de la carretera.

Las desventajas están representadas en la complejidad de su construcción, ya que requiere de experiencia en armaduras de refuerzo y su especial cuidado, respetando separaciones y recubrimientos establecidos en el diseño en planos. Por lo tanto, es importante contar con una exhaustiva supervisión previa a la fundición.

3.8 Ejemplos de muros en voladizo en estribos de puentes en Guatemala

Figura 22. Puente en aldea Saquitacaj, municipio de San José Poaquil, departamento de Chimaltenango



Fuente: elaboración propia

Figura 23. **Puente en aldea Ojercaibal, municipio de San José Poaquil, departamento de Chimaltenango**



Fuente: elaboración propia.

4. INTEGRACIÓN DE COSTOS

4.1 Costos directos

El costo directo es la suma de los costos de materiales, mano de obra, incluyendo prestaciones de ley, equipos, herramientas y todos los elementos requeridos para la ejecución de una obra.

Los costos directos son todos aquellos gastos que se pueden aplicar a una partida de costos unitarios determinada.

4.1.1 Costos de materiales

Las cantidades de materiales se establecen de acuerdo a condiciones pre-establecidas físicas o geométricas dadas de acuerdo al estudio técnico previo del proyecto.

Estas cantidades serán componentes de un costo unitario según los precios base del mercado.

Mientras se lleva a cabo el proyecto, es probable que los precios de los materiales sufran variaciones y de ser muy significativa la variación, deberá hacerse un nuevo análisis y valorar sus consecuencias que podrían conllevar a un ajuste presupuestario.

El costo unitario de los materiales debe incluir el costo de traslado, así como la carga y descarga.

4.1.2 Costo de mano de obra

Guatemala cuenta con la disponibilidad del recurso humano, es un país altamente competitivo para procesos intensos de mano de obra. Guatemala es el país con mayor población económicamente activa de la región centroamericana, según estudios del Banco Mundial.²

Los salarios en Guatemala varían de manera constante de acuerdo a los cambios en los precios de la canasta básica. En el ámbito de la construcción guatemalteca, se utilizan dos formas de pago de mano de obra: pago por día y pago por trato o a destajo; el ingeniero encargado elegirá la forma de pago que más le convenga.

Toda empresa ejecutora establecida legalmente en Guatemala, está obligada a pagar las prestaciones de ley, según los artículos 101 al 106 de la *Constitución Política de la República de Guatemala* y desarrollada por el *Código de Trabajo*.

El artículo 102 de la *Constitución Política de la República de Guatemala* establece en su literal i que es derecho del trabajador a quince días hábiles de vacaciones anuales pagadas después de cada año de servicio continuo. En la literal j se establece que es obligación del empleador otorgar cada año un aguinaldo no menor del ciento por ciento del salario mensual a los trabajadores que hubieren laborado durante un año ininterrumpido y anterior a la fecha del otorgamiento.

² Base de Datos del Banco Mundial, para el período comprendido entre 2011-2015.
<http://datos.bancomundial.org/indicador/SL.TLF.TOTL.IN/countries?display=map>. Consulta: 22 de diciembre de 2015.

El aguinaldo está regido por su propia ley, desarrollada mediante el decreto 76-78 del Congreso de la República de Guatemala. En el artículo 2 de este decreto se indica que el aguinaldo deberá pagarse el cincuenta por ciento en la primera quincena del mes de diciembre y el cincuenta por ciento restante en la segunda quincena de enero siguiente.

Existe otra prestación laboral obligatoria regida por el decreto 42-92 del Congreso de la República de Guatemala la *Ley de bonificación anual para trabajadores del sector privado y público*; esta bonificación se llama comúnmente bono 14 y el patrono está obligada a pagarla durante la primera quincena del mes de julio de cada año y será equivalente al cien por ciento del salario devengado por el trabajador en un mes; para los trabajadores que hubieren laborado al servicio del patrono durante un año ininterrumpido y anterior a la fecha de pago. Si la duración de la relación laboral fuere menor de un año, la prestación será proporcional al tiempo laborado.

El *Código de Trabajo* en su artículo 82 determina que, al finalizar la relación contractual entre el patrono y el trabajador, por causa injustificada o por alguna de las causas enumeradas en el artículo 79 de este mismo instrumento, el patrono está obligado a pagar una indemnización por tiempo servido equivalente a un mes de salario por cada año de servicios continuos y si los servicios no alcanzan a un año, en forma proporcional al plazo trabajado.

También, en el artículo 84 del *Código de Trabajo*, se establece que en los contratos de plazo fijo y para ejecución de obra determinada, cada una de las partes puede ponerle término, sin justa causa, antes del advenimiento del plazo o de la conclusión de la obra pagando a la otra los daños y perjuicios correspondientes.

Sin embargo, si la terminación prematura del contrato ha sido decretada por el patrono, los daños y perjuicios que este debe pagar al trabajador, no pueden ser inferiores a un día de salario por cada mes de trabajo continuo, ejecutado o fracción de tiempo menor si no se ha ajustado a dicho término.

También como empresa ejecutora, se está obligado a pagar una cuota patronal sobre el total de los salarios pagados, sin incluir bonificaciones incentivo, equivalente al 12,67 %, integrada de la siguiente manera: 10,67 % para el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social -IGSS-, 1,00 % para el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad -INTECAP- y 1,00 % para el Instituto de Recreación de los Trabajadores -IRTRA-. De igual forma al empleado se le descuenta de su salario la cuota laboral del 4,83 % sin incluir la bonificación incentiva. Porcentajes según el Código de Trabajo vigente.

4.2 Costos fijos de la empresa ejecutora

4.2.1 Salarios

En la integración del precio unitario deben incluirse los salarios del personal administrativo de la empresa constructora.

4.2.2 Costos indirectos

Los costos indirectos son todos aquellos que no pueden aplicarse a una partida de costos unitarios determinada. Se deben calcular minuciosamente dichos costos ya que de ser un porcentaje bajo podría no sufragar adecuadamente todas las obligaciones incluidas en estos; un porcentaje alto podría no ser competitivo en los procedimientos de contratación pública o

privada. A continuación, se describen los rubros que se incluyen en el porcentaje de los costos indirectos.

4.2.2.1. Gastos técnicos

En estos se incluirá el salario del ingeniero residente y del encargado de obra. Además, incluye las construcciones provisionales: bodega, letrina y oficina en obra. En el caso de que no exista un renglón específico para los trabajos enumerados previamente.

4.2.2.2. Gastos administrativos

En estos se incluyen los siguientes rubros:

- Gastos de documentos de presentación: incluyen la compra de bases, impresiones, útiles y encerres.
- Gastos de visita de obra: incluyen pasajes, viáticos, hospedajes.
- Gastos de contratación: incluyen pago a notarios por redacción de contratos o legalización de documentos y firmas.
- Gastos de licitaciones no otorgadas: se absorben en las obras ejecutadas.
- Licencias de construcción: se tramitan de acuerdo al tipo de proyecto y según la Institución que lo destine.

4.2.2.3. Costos de financiamiento

Cuando se requiera de financiamiento bancario para la ejecución del proyecto, se deberá agregar un porcentaje que cubra los intereses generados.

4.2.2.4. Utilidad

La utilidad es el margen de ganancia que se obtiene al realizar el proyecto. Es la diferencia positiva resultante al descontar todos los egresos de los ingresos.

4.2.2.5. Impuestos

En Guatemala se debe realizar un pago por concepto de impuestos equivalente a:

- Impuesto al valor agregado -IVA-, 12 %: según la *Ley del impuesto al valor agregado*, decreto número 27-92 del Congreso de la República de Guatemala y sus reformas.
- Impuesto sobre la renta -ISR-, 7 %: según la *Ley del impuesto sobre la renta*, decreto número 26-92 del Congreso de la República de Guatemala y sus reformas. El porcentaje fue aumentado al 7 % por el decreto 10-2012 y reformado nuevamente mediante el decreto 19-2013 del Congreso de la República de Guatemala para el régimen general, entrando en vigor a partir del año 2 014.

4.2.2.6. Timbre de ingeniería

Se creó según el decreto No. 22-75 del Congreso de la República de Guatemala de fecha 9 de abril de 1975, con el fin primordial del Colegio de Ingenieros de Guatemala de mantener el decoro en el ejercicio de la profesión universitaria, incrementar el sentido de solidaridad entre sus miembros, velar por los intereses profesionales del colegio, defender y proteger el ejercicio de la profesión en todas sus ramas, propiciando el bienestar de sus colegiados. El timbre de ingeniería se fija de la siguiente manera:

- El cinco por millar (5 o/oo) sobre el monto de los honorarios que perciba el ingeniero en proyectos, peritajes, avalúos, contratos de servicio de asesoría, consultoría, construcción, supervisión de obra y en general, todo trabajo que requiera la participación o contribución de un miembro de Colegio de Ingenieros de Guatemala.
- Las empresas individuales o jurídicas cuando se realicen obras que requiera licencia municipal u otra licencia pagarán el uno por millar (1 o/oo) sobre el valor de los trabajos de construcción.
- Las empresas individuales o jurídicas que presten servicio de consultoría asesoría y supervisión o realicen obras públicas por contrato con el Estado o con sus instituciones o bien que construyan obras públicas o privadas que por cualquier circunstancia estén exoneradas del pago de licencia municipal u otra licencia, o esta no sea necesaria cubrirán el uno por millar (1 o/oo) sobre el monto del contrato correspondiente.

4.2.2.7. Fianzas

En la ejecución de proyectos, específicamente con el Estado de Guatemala, se garantiza la obra por medio de seguros de caución o fianzas. Los cinco tipos de fianzas otorgadas en los proyectos de obra civil según la *Ley de contrataciones del Estado* decreto 57-92 del Congreso de la República de Guatemala son los siguientes:

- Fianza de sostenimiento de oferta: por un valor no menor del 1 % ni mayor del 5 % del valor de la oferta; tendrá una vigencia de hasta 120 días, según artículo 64 de la *Ley de contrataciones del Estado*, decreto 57-92 del Congreso de la República de Guatemala.
- Fianza de cumplimiento de contrato: por un valor del 10 % al 20 % del monto del contrato respectivo; se mantendrá vigente hasta que la entidad interesada extienda la constancia de haber recibido la fianza de conservación de obra, según los artículos 38 y 39 del *Reglamento de la ley de contrataciones del Estado*, acuerdo gubernativo No. 1056-92.
- Fianza de correcta inversión del anticipo: por un valor del 100 % del monto del anticipo otorgado, según artículo 66 de la *Ley de contrataciones del Estado*, decreto 57-92 del Congreso de la República de Guatemala.
- Fianza de conservación de obra: por un equivalente al 15 % del valor original del contrato; tendrá una vigencia de 18 meses a partir de la fecha de recepción de la obra, según artículo 67 de la *Ley de contrataciones del Estado*, decreto 57-92 del Congreso de la República de Guatemala.

- Fianza de saldos deudores: por el 5 % del valor original del contrato; estará vigente hasta que sea aprobada la liquidación del contrato.

4.2.2.8. Imprevistos

Se refiere a un porcentaje entre el 1 % y el 5 % que cubrirá los costos de cualquier gasto no calculado en el presupuesto que pueda surgir durante la ejecución de la obra.

5. PROYECTO EVALUADO

5.1 Ubicación geográfica

El proyecto evaluado para el presente trabajo de graduación es el Puente Saquitacaj y se encuentra ubicado en la aldea Saquitacaj, en el municipio de San José Poaquil, departamento de Chimaltenango, Guatemala. Las coordenadas geográficas aproximadas del puente construido son: latitud $14^{\circ}50'17.76''N$ y longitud $90^{\circ}54'47.67''O$.

Figura 24. Ubicación geográfica puente Saquitacaj



Fuente: Hoja Cartográfica 2060 IV Joyabaj del Instituto Geográfico Nacional de Guatemala.

El punto se encuentra alrededor de dos kilómetros al norte de la cabecera municipal de San José Poaquil, sobre la ruta del Camino Rural CH-32. El puente se construyó sobre la quebrada Saquitacaj, la cual nace a una altura de 2 300 metros sobre el nivel del mar y confluye con el río Teculcheyá, que a su vez confluye con el río Quixayá, el cual forma parte de los afluentes de la cuenca alta del río Motagua, el cual pertenece a la vertiente del Atlántico.

El proyecto colinda al norte con el municipio de Joyabaj, departamento de El Quiché; al este con el municipio de San Martín Jilotepeque, departamento de Chimaltenango; al sur con el municipio de San Juan Comalapa, departamento de Chimaltenango; y al oeste con los municipios de Tecpán y Santa Apolonia, del departamento de Chimaltenango. La cabecera municipal de San José Poaquil se encuentra a 47 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango, y a 101 kilómetros de la ciudad de Guatemala.

Se accede al proyecto por vía terrestre de la Carretera Interamericana (CA1 Occidente) y se cruza en el kilómetro 86 hacia Santa Apolonia para tomar el Camino Rural CHI-32 hasta llegar a San José Poaquil. A partir de ese punto, se recorre hacia el norte hacia la Aldea Saquitacaj, aproximadamente a 2 kilómetros se encuentra el proyecto sobre la ruta que lleva a San Juan Comalapa.

5.2 Marco de referencia

En el año 2 010 la tormenta tropical Agatha golpeó al país, haciendo estragos en la infraestructura vial y sus obras de drenaje, las cuales no fueron diseñadas para catástrofes como esta, producto del cambio climático extremo que se sufre a nivel mundial.

Las estructuras de drenaje para ese momento fueron diseñadas para ser capaces de evacuar volúmenes que regularmente obedecen a periodos de vida útil de 20 años. El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-, en su informe de intensidad de lluvias para el año 2 010 consideró que la precipitación que descargó la tormenta tropical Agatha en Guatemala no se veía desde hacía 60 años.

El puente existente en el lugar del proyecto colapsó en su cimentación, ya que el efecto climático de la tormenta hizo que el río arrastrara rocas, árboles y lodo. El puente tenía una altura muy baja sobre el lecho del río y muy poco ancho, lo que causó que el material y lodo provenientes de aguas arriba no logaran pasar sobre el cauce, causando daños a la estructura y a la carretera de terracería donde se encuentra el proyecto.

5.3 Planteamiento y análisis de la problemática

El proyecto posee interacción en las 30 comunidades que conviven en el interior del municipio: 24 caseríos, 5 aldeas y 1 pueblo; los cuales se intercomunican por una red de caminos existentes. El proyecto fue de vital importancia para beneficio de estas comunidades, fortaleciendo los lazos comunitarios e implementando las condiciones para transportar los diferentes productos agrícolas que se cultivan y cosechan en el área.

El proyecto mejoró los tiempos de recorrido y los costos de operación de los vehículos, además de impulsar el área de influencia hacia mejores condiciones de circulación. También se mejoraron las condiciones de seguridad vial, disminuyendo drásticamente los accidentes de tránsito, atropellamiento de peatones y animales domésticos.

El proyecto puente Saquitacaj requirió de un extenso análisis de diseño y estudio de preinversión. Para el diseño se hicieron estudios topográficos, geotécnicos, hidráulicos, socioeconómicos, entre otros. Para el presente trabajo de graduación no se adentrará en detalle sobre estos análisis y estudios, anotando únicamente que con los datos obtenidos se procedió a calcular el movimiento de tierras según el alineamiento vertical y horizontal con el objetivo de cuantificar el volumen de tierras a mover y los materiales a utilizar para la selección del tipo de estribo de puente.

6. CUANTIFICACIÓN Y COSTO DE MUROS POR GRAVEDAD Y MUROS EN VOLADIZO PARA ESTRIBO DE PUENTES

6.1 Ámbito general

En este capítulo se muestra la cuantificación, costos de materiales y mano de obra de los trabajos que requiere la construcción de un muro de gravedad de concreto ciclópeo y un muro en voladizo de mixto de concreto reforzado y concreto ciclópeo utilizados para estribos de puentes.

Cada tabla de precio unitario inicia con el nombre del renglón a cuantificar, la cantidad total en la unidad de medida correspondiente, el precio unitario y un apartado para los datos generales del proyecto. Posee tres apartados más con los detalles de descripción del renglón, cantidad, unidad de medida correspondiente, precio unitario y precio total para materiales, mano de obra y maquinaria, equipo y/o fletes. Por último, se encuentra el apartado de costos indirectos en el cual se describen los rubros detallados de cada costo indirecto.

Para una mejor comprensión de los renglones de trabajo se debe tomar en cuenta lo expuesto en el capítulo anterior, donde se explicó que el proyecto se encuentra a una distancia aproximada de 50 kilómetros respecto a la cabecera municipal de Chimaltenango, lugar de referencia para la compra de materiales y punto de partida de todos los fletes.

Tabla I. **Tabla de precio unitario, modelo y renglones de trabajo requeridos**

RENGLÓN:	PRECIO UNITARIO:	OBRA: MURO DE GRAVEDAD		
CANTIDAD:		LOCALIZACION: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO		
UNIDAD DE MEDIDA:		FECHA: 2 016		
DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
			Q	-
			Q	-
			Q	-
TOTAL MATERIALES:			Q	-
MANO DE OBRA:				
			Q	-
TOTAL MANO DE OBRA:			Q	-
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
			Q	-
COSTO TOTAL MAQUINARIA:			Q	-
COSTO TOTAL DIRECTO:			Q	-
IMPREVISTOS (5 %):			Q	-
ADMINISTRACIÓN (10 %):			Q	-
UTILIDAD (10 %):			Q	-
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)			Q	-
ISR (7 %)			Q	-
IVA (12 %):			Q	-
COSTO TOTAL INDIRECTO:			Q	-
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:			Q	-
PRECIO UNITARIO:				

Fuente: elaboración propia.

6.2 Cuantificación y costo de muros por gravedad

Tabla II. Integración de precio unitario renglón de limpieza y preparación del terreno

RENGLÓN: LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO			OBRA: MURO DE GRAVEDAD
CANTIDAD: 60			LOCALIZACIÓN: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M2	PRECIO UNITARIO:	Q 210,24	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
Herramienta varia para chapeo y destronque	1,00	global	Q 1 000,00	Q 1 000,00
TOTAL MATERIALES:				Q 1 000,00
MANO DE OBRA:				
Ayudante	6,00	jornal	Q 90,00	Q 540,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 540,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Bulldozer (incluye piloto)	16,00	horas	Q 350,00	Q 5 600,00
Movilización y desmovilización	100,00	km	Q 15,00	Q 1 500,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 7 100,00
COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 8 640,00
IMPREVISTOS (5 %):				Q 432,00
ADMINISTRACIÓN (10 %):				Q 864,00
UTILIDAD (10 %):				Q 864,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)				Q 172,80
ISR (7 %)				Q 604,80
IVA (12 %):				Q 1 036,80
COSTO TOTAL INDIRECTO:				Q 3 974,40
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 12 614,40
PRECIO UNITARIO:				Q 210,24

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Integración de precio unitario renglón de replanteo topográfico

REGLÓN: REPLANTEO TOPOGRÁFICO		OBRA: MURO DE GRAVEDAD
CANTIDAD: 1		LOCALIZACIÓN: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: SERVICIO	PRECIO UNITARIO: Q 3 066,00	FECHA: 2 016

DESCRIPCION:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
--------------	----------	--------	----------	---------

MATERIALES:				
Estacas y material para trazo	1,00	global	Q 100,00	Q 100,00
				Q -
				Q -
TOTAL MATERIALES:				Q 100,00

MANO DE OBRA:				
Topógrafo y cadenero	1,00	día	Q 500,00	Q 500,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 500,00

MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Equipo topográfico	1,00	día	Q 1 500,00	Q 1 500,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 1 500,00

COSTO TOTAL DIRECTO:	Q 2 100,00
----------------------	------------

IMPREVISTOS (5 %):	Q 105,00
ADMINISTRACIÓN (10 %):	Q 210,00
UTILIDAD (10 %):	Q 210,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)	Q 42,00
ISR (7 %)	Q 147,00
IVA (12 %):	Q 252,00
COSTO TOTAL INDIRECTO:	Q 966,00
COSTO TOTAL DEL REGLÓN:	Q 3 066,00
PRECIO UNITARIO:	Q 3 066,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Integración de precio unitario renglón de excavación

REGLÓN: EXCAVACIÓN		OBRA: MURO DE GRAVEDAD
CANTIDAD: 250		LOCALIZACION: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M3	PRECIO UNITARIO: Q 78,37	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
			Q	-
			Q	-
			Q	-
TOTAL MATERIALES:			Q	-
MANO DE OBRA:				
Ayudante	8,00	jornal	Q 90,00	Q 720,00
TOTAL MANO DE OBRA:			Q	720,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Retroexcavadora (incluye piloto)	32,00	horas	Q 350,00	Q 11 200,00
Movilización y desmovilización	100,00	km	Q 15,00	Q 1 500,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:			Q	12 700,00
COSTO TOTAL DIRECTO:			Q	13 420,00
IMPREVISTOS (5 %):			Q	671,00
ADMINISTRACIÓN (10 %):			Q	1 342,00
UTILIDAD (10 %):			Q	1 342,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)			Q	268,40
ISR (7 %)			Q	939,40
IVA (12 %):			Q	1 610,40
COSTO TOTAL INDIRECTO:			Q	6 173,20
COSTO TOTAL DEL REGLÓN:			Q	19 593,20
PRECIO UNITARIO:			Q	78,37

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Integración de precio unitario renglón de diente

RENGLÓN: DIENTE		OBRA: MURO DE GRAVEDAD
CANTIDAD: 2,5		LOCALIZACION: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M3	PRECIO UNITARIO: Q 3 244,12	FECHA: 2 016

DESCRIPCION:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
--------------	----------	--------	----------	---------

MATERIALES:				
Cemento	30,00		Q 76,00	Q 2 280,00
Arena de río	2,00		Q 135,00	Q 270,00
Piedrín lavado de 1/2"	2,00		Q 225,00	Q 450,00
Acero de refuerzo No. 3 grado 60	10,00		Q 20,00	Q 200,00
Acero de refuerzo No. 4 grado 60	30,00		Q 36,00	Q 1 080,00
TOTAL MATERIALES:				Q 4 280,00

MANO DE OBRA:				
Encofrado, armado y fundido	2,50	m3	Q 250,00	Q 625,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 625,00

MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Flete (camión de estacas capacidad de 8 m3)	50,00	km	Q 13,00	Q 650,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 650,00

COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 5 555,00
----------------------	--	--	--	------------

IMPREVISTOS (5 %):				Q 277,75
ADMINISTRACIÓN (10 %):				Q 555,50
UTILIDAD (10 %):				Q 555,50
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)				Q 111,10
ISR (7 %)				Q 388,85
IVA (12 %):				Q 666,60
COSTO TOTAL INDIRECTO:				Q 2 555,30
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 8 110,30
PRECIO UNITARIO:				Q 3 244,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Integración de precio unitario renglón de muro de gravedad

RENGLÓN: MURO DE GRAVEDAD		OBRA: MURO DE GRAVEDAD
CANTIDAD: 97		LOCALIZACION: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M3	PRECIO UNITARIO: Q 2 043,92	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
laboratorio	65,00	m3	Q 1 350,00	Q 87 750,00
Piedra bola	60,00	m3	Q 250,00	Q 15 000,00
Tabla y parales	160,00	pie-tabla	Q 12,00	Q 1 920,00
Clavo, alambre y herramienta	1,00	global	Q 750,00	Q 750,00
TOTAL MATERIALES:				Q 105 420,00
MANO DE OBRA:				
Encofrado, armado y fundido	97,00	m3	Q 125,00	Q 12 125,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 12 125,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Flete (camión de volteo capacidad de 10 m3)	300,00	km	Q 15,00	Q 4 500,00
Camión mezclador (mixer capacidad de 6m3)	550,00	km	Q 25,00	Q 13 750,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 18 250,00
COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 135 795,00
IMPREVISTOS (5 %):				Q 6 789,75
ADMINISTRACIÓN (10 %):				Q 13 579,50
UTILIDAD (10 %):				Q 13 579,50
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)				Q 2 715,90
ISR (7 %)				Q 9 505,65
IVA (12 %):				Q 16 295,40
COSTO TOTAL INDIRECTO:				Q 62 465,70
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 198 260,70
PRECIO UNITARIO:				Q 2 043,92

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Integración de precio unitario renglón de acabados finales

RENGLÓN: ACABADOS FINALES		OBRA: MURO DE GRAVEDAD
CANTIDAD: 76		LOCALIZACION: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M2	PRECIO UNITARIO: Q 288,16	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
Cemento	40,00	sacos	Q 76,00	Q 3 040,00
Arena cernida	27,00	m3	Q 150,00	Q 4 050,00
Aditivos varios según demanda del proyecto	1,00	global	Q 750,00	Q 750,00
TOTAL MATERIALES:			Q	7 840,00
MANO DE OBRA:				
Acabados finales	76,00	m2	Q 60,00	Q 4 560,00
TOTAL MANO DE OBRA:			Q	4 560,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Flete (camión de estacas capacidad de 8 m3)	200,00	km	Q 13,00	Q 2 600,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:			Q	2 600,00
COSTO TOTAL DIRECTO:			Q	15 000,00
IMPREVISTOS (5 %):			Q	750,00
ADMINISTRACIÓN (10 %):			Q	1 500,00
UTILIDAD (10 %):			Q	1 500,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)			Q	300,00
ISR (7 %)			Q	1 050,00
IVA (12 %):			Q	1 800,00
COSTO TOTAL INDIRECTO:			Q	6 900,00
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:			Q	21 900,00
PRECIO UNITARIO:			Q	288,16

Fuente: elaboración propia.

6.3 Cuantificación y costo de muros en voladizo

Tabla VIII. Integración de precio unitario renglón de limpieza y preparación del terreno

RENLÓN: LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO				OBRA: MURO EN VOLADIZO
CANTIDAD: 48				LOCALIZACIÓN: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M2	PRECIO UNITARIO:	Q	213,27	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
Herramienta varia para chapeo y destronque	1,00	global	Q 1 000,00	Q 1 000,00
TOTAL MATERIALES:				Q 1 000,00
MANO DE OBRA:				
Ayudante	4,00	jornal	Q 90,00	Q 360,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 360,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Bulldozer (incluye piloto)	12,00	horas	Q 350,00	Q 4 200,00
Movilización y desmovilización	100,00	km	Q 15,00	Q 1 500,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 5 700,00
COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 7 060,00
IMPREVISTOS (5 %):				Q 353,00
ADMINISTRACIÓN (10 %):				Q 706,00
UTILIDAD (10 %):				Q 706,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)				Q 141,20
ISR (7 %)				Q 423,60
IVA (12 %):				Q 847,20
COSTO TOTAL INDIRECTO:				Q 3 177,00
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 10 237,00
PRECIO UNITARIO:				Q 213,27

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Integración de precio unitario renglón de replanteo topográfico

RENGLÓN: REPLANTEO TOPOGRÁFICO		OBRA: MURO EN VOLADIZO
CANTIDAD: 1		LOCALIZACIÓN: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: SERVICIO	PRECIO UNITARIO: Q 3 045,00	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
Estacas y material para trazo	1,00	global	Q 100,00	Q 100,00
				Q -
				Q -
TOTAL MATERIALES:				Q 100,00
MANO DE OBRA:				
Topógrafo y cadenero	1,00	día	Q 500,00	Q 500,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 500,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Equipo topográfico	1,00	día	Q 1 500,00	Q 1 500,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 1 500,00
COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 2 100,00
IMPREVISTOS (5 %):				Q 105,00
ADMINISTRACIÓN (10 %):				Q 210,00
UTILIDAD (10 %):				Q 210,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)				Q 42,00
ISR (7 %)				Q 126,00
IVA (12 %):				Q 252,00
COSTO TOTAL INDIRECTO:				Q 945,00
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 3 045,00
PRECIO UNITARIO:				Q 3 045,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Integración de precio unitario renglón de excavación

REGLÓN: EXCAVACIÓN		OBRA: MURO EN VOLADIZO
CANTIDAD: 180		LOCALIZACION: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M3	PRECIO UNITARIO: Q 82,65	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
				Q -
				Q -
				Q -
TOTAL MATERIALES:				Q -
MANO DE OBRA:				
Ayudante	4,00	jornal	Q 90,00	Q 360,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 360,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Retroexcavadora (incluye piloto)	24,00	horas	Q 350,00	Q 8 400,00
Movilización y desmovilización	100,00	km	Q 15,00	Q 1 500,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 9 900,00
COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 10 260,00
IMPREVISTOS (5 %):				Q 513,00
ADMINISTRACIÓN (10 %):				Q 1 026,00
UTILIDAD (10 %):				Q 1 026,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)				Q 205,20
ISR (7 %)				Q 615,60
IVA (12 %):				Q 1 231,20
COSTO TOTAL INDIRECTO:				Q 4 617,00
COSTO TOTAL DEL REGLÓN:				Q 14 877,00
PRECIO UNITARIO:				Q 82,65

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Integración de precio unitario renglón de zapata

RENGLÓN: ZAPATA		OBRA: MURO EN VOLADIZO
CANTIDAD: 23,5		LOCALIZACION: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M3	PRECIO UNITARIO: Q 3 823,31	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
--------------	----------	--------	----------	---------

MATERIALES:				
Concreto premezclado + bombeo + laboratorio	24,00	m3	Q 1 350,00	Q 32 400,00
Acero de refuerzo No. 5 Grado 60	154,00	varilla	Q 60,00	Q 9 240,00
Acero de refuerzo No. 4 Grado 60	174,00	varilla	Q 36,00	Q 6 264,00
Acero de refuerzo No. 3 Grado 60	8,00	varilla	Q 20,00	Q 160,00
Alambre, clavos y otros	1,00	global	Q 1 200,00	Q 1 200,00
TOTAL MATERIALES:				Q 49 264,00

MANO DE OBRA:				
Armado y fundido	23,50	m3	Q 300,00	Q 7 050,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 7 050,00

MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Flete (camión de estacas capacidad de 8 m3)	50,00	km	Q 13,00	Q 650,00
Camión mezclador (mixer capacidad de 6m3)	200,00	km	Q 25,00	Q 5 000,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 5 650,00

COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 61 964,00
-----------------------------	--	--	--	-------------

IMPREVISTOS (5 %):	Q 3 098,20
ADMINISTRACIÓN (10 %):	Q 6 196,40
UTILIDAD (10 %):	Q 6 196,40
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)	Q 1 239,28
ISR (7 %)	Q 3 717,84
IVA (12 %):	Q 7 435,68
COSTO TOTAL INDIRECTO:	Q 27 883,80
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:	Q 89 847,80
PRECIO UNITARIO:	Q 3 823,31

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Integración de precio unitario renglón de muro de estribo en voladizo

RENGLÓN: MURO EN VOLADIZO		OBRA: MURO EN VOLADIZO
CANTIDAD: 45		LOCALIZACIÓN: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M3	PRECIO UNITARIO: Q 2 090,90	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
--------------	----------	--------	----------	---------

MATERIALES:				
Concreto premezclado + bombeo + laboratorio	27,00	m3	Q 1 350,00	Q 36 450,00
Piedra Bola	20,00	m3	Q 250,00	Q 5 000,00
Tabla y parales	120,00	pie-tabla	Q 12,00	Q 1 440,00
Clavo, alambre y otros	1,00	global	Q 750,00	Q 750,00
TOTAL MATERIALES:				Q 43 640,00

MANO DE OBRA:				
Encofrado, armado y fundido	45,00	m3	Q 300,00	Q 13 500,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 13 500,00

MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Flete (camión de volteo capacidad de 10 m3)	100,00	km	Q 15,00	Q 1 500,00
Camión mezclador (mixer capacidad de 6m3)	250,00	km	Q 25,00	Q 6 250,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 7 750,00

COSTO TOTAL DIRECTO:	Q 64 890,00
----------------------	-------------

IMPREVISTOS (5 %):	Q 3 244,50
ADMINISTRACIÓN (10 %):	Q 6 489,00
UTILIDAD (10 %):	Q 6 489,00
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)	Q 1 297,80
ISR (7 %)	Q 3 893,40
IVA (12 %):	Q 7 786,80
COSTO TOTAL INDIRECTO:	Q 29 200,50
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:	Q 94 090,50
PRECIO UNITARIO:	Q 2 090,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Integración de precio unitario renglón de acabados finales

RENGLÓN: ACABADOS FINALES		OBRA: MURO EN VOLADIZO
CANTIDAD: 46		LOCALIZACIÓN: ALDEA SAQUITACAJ, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO
UNIDAD DE MEDIDA: M2	PRECIO UNITARIO: Q 282,37	FECHA: 2 016

DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	DIRECTO
MATERIALES:				
Cemento	23,00	sacos	Q 76,00	Q 1 748,00
Arena cernida	16,00	m3	Q 150,00	Q 2 400,00
Aditivos varios según demanda del proyecto	1,00	global	Q 750,00	Q 750,00
TOTAL MATERIALES:				Q 4 898,00
MANO DE OBRA:				
Acabados finales	46,00	m2	Q 60,00	Q 2 760,00
TOTAL MANO DE OBRA:				Q 2 760,00
MAQUINARIA, EQUIPO Y/O FLETES:				
Flete (camión de estacas capacidad de 8 m3)	100,00	km	Q 13,00	Q 1 300,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA:				Q 1 300,00
COSTO TOTAL DIRECTO:				Q 8 958,00
IMPREVISTOS (5 %):				Q 447,90
ADMINISTRACIÓN (10 %):				Q 895,80
UTILIDAD (10 %):				Q 895,80
FIANZAS Y TIMBRE DE INGENIERÍA (2 %)				Q 179,16
ISR (7 %)				Q 537,48
IVA (12 %):				Q 1 074,96
COSTO TOTAL INDIRECTO:				Q 4 031,10
COSTO TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 12 989,10
PRECIO UNITARIO:				Q 282,37

Fuente: elaboración propia.

7. TIEMPOS DE EJECUCIÓN

7.1 Definiciones

En la planificación y programación de la obra se definió un calendario de actividades, con los métodos CPM y GANTT, con el fin de optimizar los tiempos de ejecución, definir responsabilidades y asignar los recursos necesarios.

Es importante, para tener un control de obra y una eficiente administración del proyecto, que se siga un programa, el cual será la referencia de cómo se ha de proceder durante la ejecución de la obra.

La programación es la determinación de los tiempos para las operaciones que abarcan el proyecto, la suma de los tiempos constituye el tiempo total de determinación. Un programa consiste en determinar la duración de cada actividad y estimar la duración total del proyecto. Además, la estimación de los tiempos puede determinarse con base en tres factores: la experiencia, la cantidad de trabajo a realizar y la disposición de materiales.

La planeación incluye las siguientes actividades:

- Definir con claridad el objetivo del proyecto
- Dividir y subdividir el alcance del proyecto
- Definir actividades específicas para realizar cada lote de trabajo

- Presentar gráficamente las actividades bajo un diagrama
- Hacer un estimado del tiempo y duración de cada actividad
- Hacer un estimado de costos por cada actividad
- Calcular el programa y el presupuesto del proyecto

El proceso constructivo de cualquier obra es importante pues determina cómo se pone en práctica lo planeado para el proyecto. Se basa en las especificaciones y el programa contemplado para el proyecto, lleva un orden y secuencia de tal manera que cada actividad debe realizarse en el tiempo establecido y con los recursos necesarios.

7.2 Diagrama de Gantt

El diagrama de barras, comúnmente conocido como diagrama de Gantt, se utiliza principalmente para representar los tiempos de actividades en un proyecto. Es una de las representaciones gráficas más utilizadas en la ingeniería civil. El diagrama de Gantt muestra fechas del comienzo y la terminación de cada renglón de trabajo, indica cuáles se pueden traslapar y qué renglones deben terminarse para que pueda iniciar el subsecuente.

Para la culminación exitosa de una construcción es necesario plantearse bases sólidas en un proyecto, lo cual lleva a tomar decisiones, correcciones a lo planeado e inclusive el replanteamiento del proyecto. Por tanto, es importante resaltar las diferentes actividades y partes en que se divide.

7.3 Ruta crítica o CPM

La ruta técnica es una técnica para planeación y dirección de todo tipo de proyecto, es muy adecuado para la industria de la construcción, puesto que brinda un enfoque mucho más preciso y útil.

El diagrama CPM muestra con claridad los procesos cuyos tiempos de terminación son responsables de la determinación de la duración total del proyecto, estas operaciones críticas deben mantenerse puntuales continuamente.

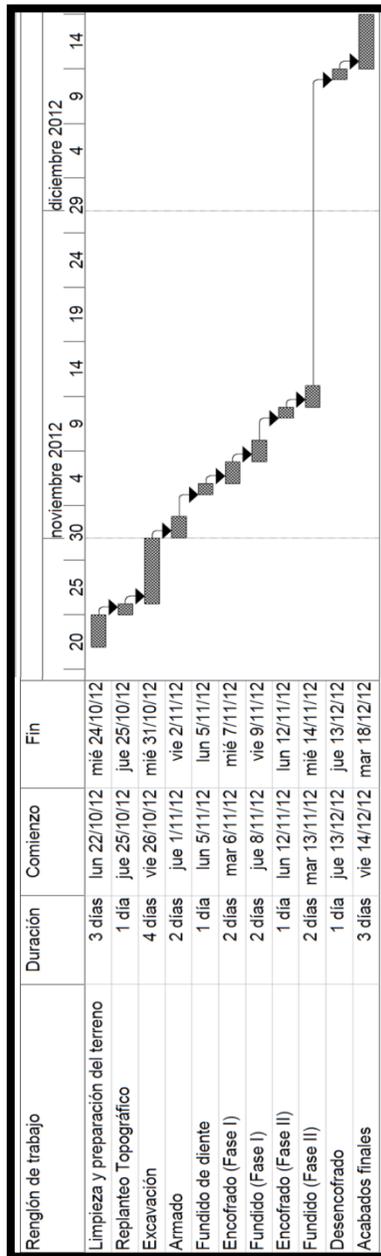
“En su conjunto forman un camino conectado de operaciones a lo largo de la red; esta es la ruta crítica a lo largo del proyecto. La ruta crítica es la trayectoria que necesita el mayor tiempo para recorrer la red, es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulado”³.

Las unidades de la duración de las actividades de un proyecto pueden ser horas, días, semanas, meses, año; la unidad que se elija deberá ser la misma para todas y cada una de las actividades en el diagrama.

³ ANTILL, James; WOODHEAD, Ronald. *Método de la ruta crítica y su aplicación en la construcción*. P. 19.

7.4 Sistema de Gantt para muros por gravedad

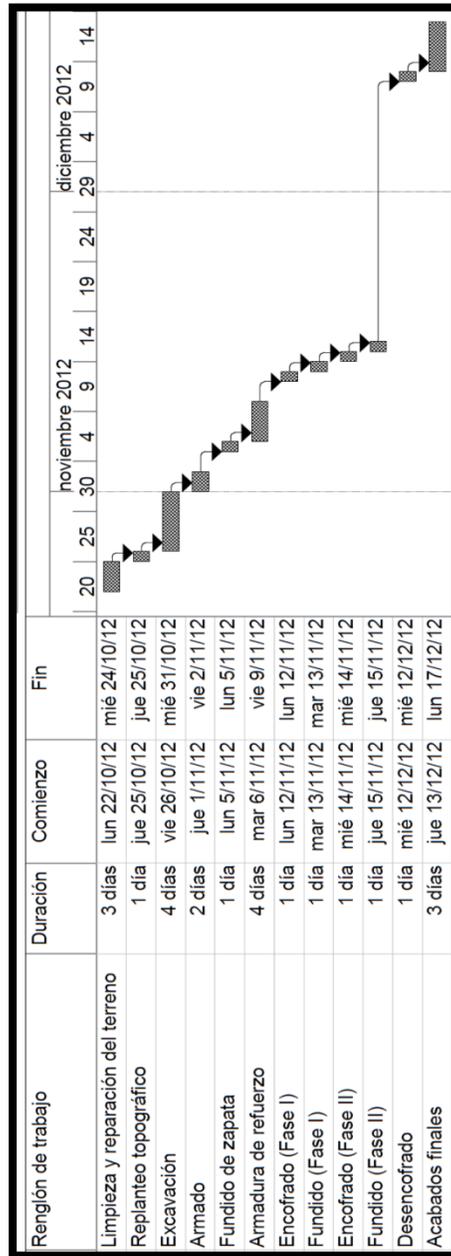
Figura 25. Cronograma de trabajo para muros por gravedad



Fuente: elaboración propia.

7.5 Sistema Gantt para muros en voladizo

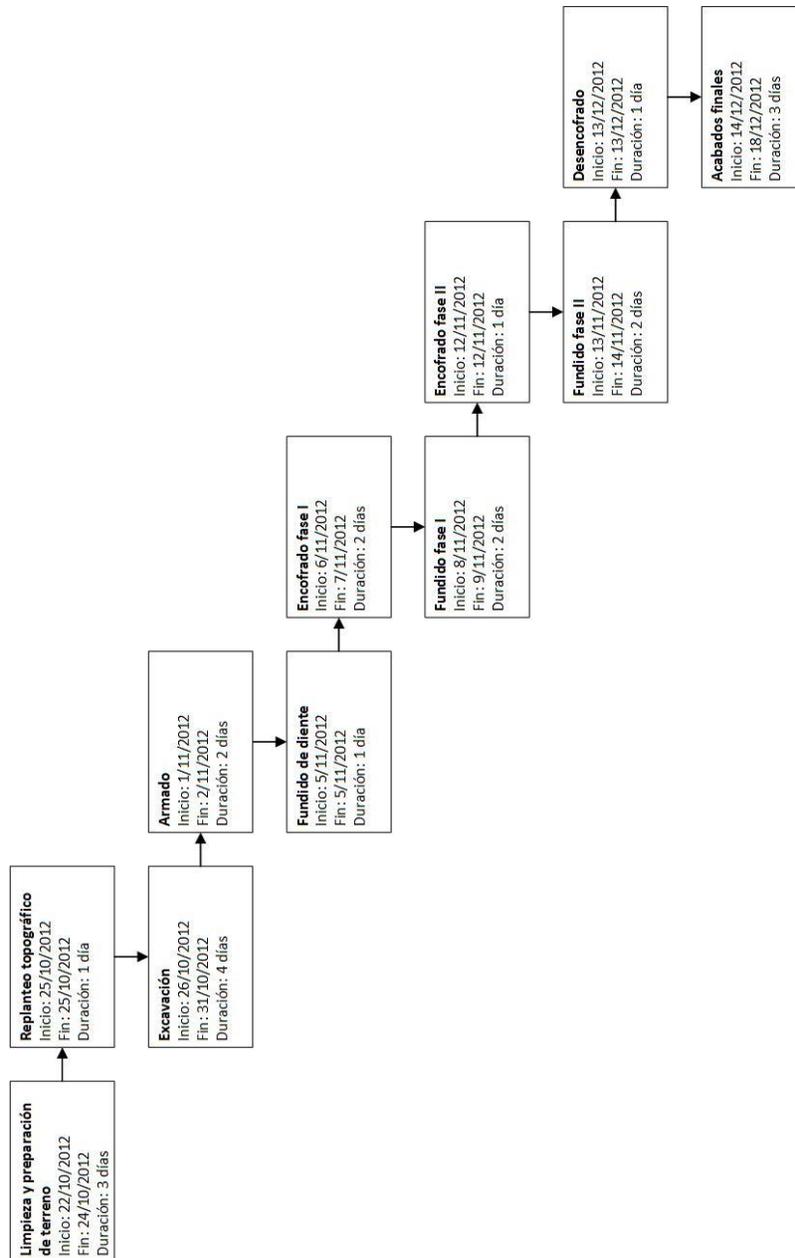
Figura 26. Cronograma de trabajo para muros de voladizo



Fuente: elaboración propia.

7.6 Sistema CPM muros por gravedad

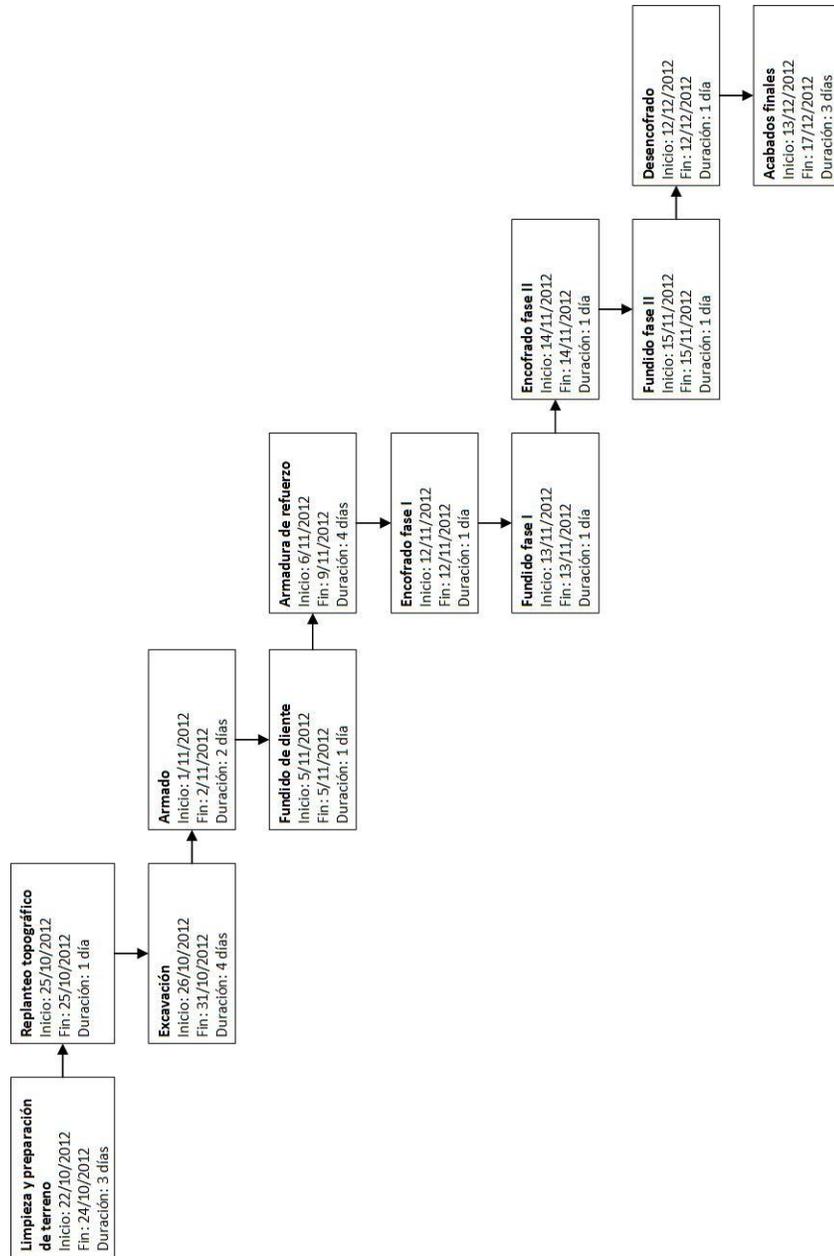
Figura 27. CPM para muros por gravedad



Fuente: elaboración propia.

7.7 Sistema CPM muros en voladizo

Figura 28. CPM para muros en voladizo



Fuente: elaboración propia.

8. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN

A continuación, se presenta un resumen en forma tabulada de la totalidad de los renglones para estribo de puente tanto por muro por gravedad como por muro en voladizo.

Tabla XIV. **Resumen de renglones del muro por gravedad**

Octubre 2 016.

RENGLÓN	CANT.	UNIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO	60,00	M2	Q210,24	Q12 614,40
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	1,00	SERVICIO	Q3 066,00	Q3 066,00
EXCAVACIÓN	250,00	M3	Q78,37	Q19 592,50
DIENTE	2,50	M3	Q3 244,12	Q8 110,30
MURO DE GRAVEDAD	97,00	M3	Q2 043,92	Q198 260,24
ACABADOS FINALES	76,00	M2	Q288,16	Q21 900,16
TOTAL				Q263 543,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Resumen de renglones del muro en voladizo**

Octubre 2 016.

RENGLÓN	CANT.	UNIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO	48,00	M2	Q213,27	Q10 236,96
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	1,00	SERVICIO	Q3 045,00	Q3 045,00
EXCAVACIÓN	180,00	M3	Q82,65	Q14 877,00
ZAPATA	23,50	M3	Q3 823,31	Q89 847,79
MURO EN VOLADIZO	45,00	M3	Q2 090,90	Q94 090,50
ACABADOS FINALES	46,00	M2	Q282,37	Q12 989,02
TOTAL				Q225 086,27

Fuente: elaboración propia.

Las tablas reflejan que para este proyecto el costo del estribo en muro de gravedad es un 17,09 % más alto en referencia al muro en voladizo. Evaluando los costos directos de cada estribo se obtiene la siguiente tabla comparativa:

Tabla XVI. **Comparación de costos directos entre ambos tipos de estribo**

TIPO DE ESTRIBO	TOTAL MATERIALES	TOTAL MANO DE OBRA	TOTAL MAQUINARIA , EQUIPO Y/O FLETES
MURO DE GRAVEDAD	Q118 640,00	Q19 070,00	Q42 800,00
MURO EN VOLADIZO	Q98 902,00	Q24 530,00	Q31 800,00

Fuente: elaboración propia.

Los muros por gravedad obligan al constructor a comprar cantidades considerables de material, lo que resulta en un elevado costo de fletes. De igual forma, el movimiento de tierras es mayor al de los muros en voladizo que también se traduce en fletes hacia el botadero con camiones de volteo y renta de maquinaria para el corte durante mayor tiempo.

La gran cantidad de acero que requiere el muro en voladizo eleva los precios unitarios, pues el acero requerido normalmente para estas obras debe tener una resistencia a la fluencia hasta los 60 000 PSI, conocido comercialmente como acero de grado 60; siendo el más comercial y económico el utilizado para construcciones menores, denominado de grado 40, lo que significa que tiene una resistencia a la fluencia hasta los 40 000 PSI. La armadura requiere ser fundida con concreto de resistencia mínima de 4 000 PSI, lo cual requiere de una menor relación agua-cemento, aumentando la cantidad de cemento utilizado en la fundición.

La variación en el volumen de trabajo para la mano de obra atiende a que los muros de gravedad necesitan un mayor despliegue de fuerzas laborales.

Sin embargo, la diferencia de los precios totales no se hace mayor pues el muro en voladizo requiere de mano de obra especializada para la construcción de la armadura y el fundido de concreto de mayor resistencia para la zapata, resultando en un mayor valor del rubro para este tipo de muro de contención.

Los tiempos de ejecución son muy similares, las diferencias por volumen de trabajo de los muros por gravedad se nivelan con los tiempos que requiere la elaboración de la armadura de acero de refuerzo en el muro de voladizo. Sin embargo, la diferencia de un día menos de trabajo en los muros de voladizo representa un ahorro en salarios, viáticos, combustibles y gastos administrativos.

El proyecto elegido para el presente trabajo de graduación perteneció al programa gubernamental llamado "Programa de desarrollo desde lo rural - PDER-" dirigido por el extinto Fondo Nacional Para la Paz -FONAPAZ-. El tipo de estribo elegido para la ejecución del proyecto fue mediante un muro de contención en voladizo de mixto de concreto armado y concreto ciclópeo que posee una zapata con diente (ver anexos), habiendo analizado que era un 8.28 % más económico y que tenía menor impacto en la comunidad, ya que por cuestiones de propiedades de terceros se tenía muy poco espacio para el alineamiento horizontal del puente y, por consiguiente, para la construcción de los estribos. El proyecto fue ejecutado por la empresa C.R. Construcciones y se finalizó exitosamente a inicios del año 2 013. Para objeto de este trabajo de graduación se actualizaron los valores a octubre de 2 016.

CONCLUSIONES

1. El análisis comparativo de costos refleja una variación del 17,09 % en cuanto al costo total del proyecto. El costo menor pertenece a los muros en voladizo de mixto de concreto reforzado y concreto ciclópeo, convirtiéndolos así en la mejor opción para la construcción de estribos en puentes.
2. Los muros por gravedad son estructuras voluminosas que soportan las cargas que lo afectan mediante su propio peso. Requieren de un gran despliegue de fuerzas de trabajo, fundición masiva, gran movimiento de tierras y un banco de materiales cercano, que por lo general será de piedra bola. Su construcción no requiere de mano de obra especializada.
3. Los muros en voladizo resisten las cargas que lo afectan de la misma manera que lo hace una viga empotrada en voladizo. Requieren de mano de obra especializada en armaduras de acero de refuerzo a gran escala.
4. El tiempo de ejecución del muro en voladizo es un día menor en referencia al muro de gravedad.
5. En los casos en que el puente, objeto del proyecto, se encuentre sobre un río de gran caudal, teniendo así el material piedra bola al alcance, los materiales y fletes disminuirán en sus costos totales, convirtiendo al muro de gravedad en el método más efectivo para la construcción de los estribos del puente, siempre y cuando el área del proyecto permita su construcción.

RECOMENDACIONES

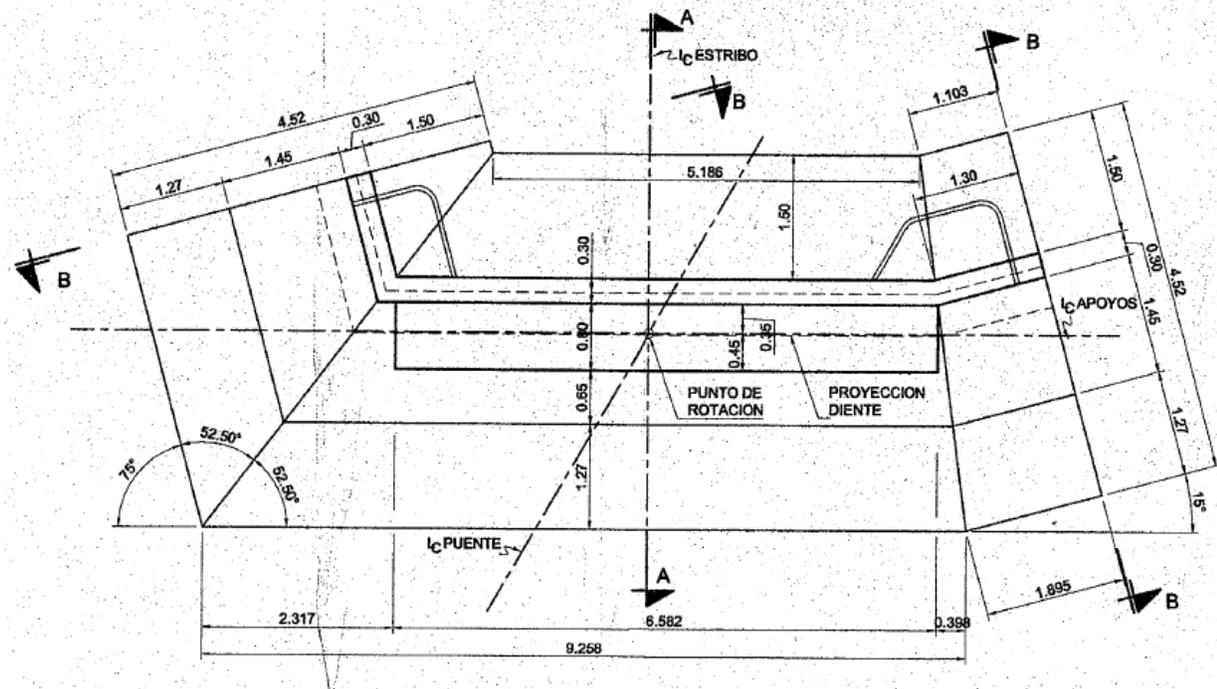
1. Dada la necesidad que tiene el Estado en ejecutar proyectos de infraestructura en beneficio de la población, se le sugiere la elección del muro en voladizo de mixto de concreto reforzado y concreto ciclópeo como método de construcción de los estribos de un puente, ya que requiere de menor empleo del recurso económico y tiempo de construcción.
2. El diseñador debe realizar los estudios pertinentes previos al diseño y ejecución de un puente: estudios hidrológicos, geológicos y topográficos como mínimo.
3. La entidad contratante seleccionará el sistema constructivo de acuerdo al estudio de preinversión del proyecto. En este estudio, realizado por el diseñador, se analizará la localización del proyecto y se tendrá con certeza el valor de los materiales y el costo que representa la movilización y desmovilización, aspectos de gran importancia para la selección del tipo de estribo.
4. El ejecutor realizará, preferiblemente, todas las fundiciones con concreto premezclado y utilizando aditivos para así, asegurar la resistencia y óptimo fraguado.
5. El ejecutor debe seguir responsablemente los pasos del diseño, especificaciones técnicas y sistema constructivo elegido para la construcción del estribo de puente por la entidad contratante, lo cual garantizará la calidad del muro y su periodo de vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANTILL, James; WOODHEAD, Ronald. *Método de la ruta crítica y su aplicación en la construcción*. México: Limusa Noriega Editores, 1 995. 315 p.
2. BLANCO, Antonio. *Conferencia sobre muros de contención*. [En línea]. http://abbings.com/descargas/muros_contencion.pdf. [Consulta 12 de mayo de 2 016].
3. BRAJA M. Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5ª ed. México: Editorial Thomson, 2 006. 743 p.
4. CALAVERA, J. *Muros de contención y muros de sótano*. 2ª ed. España: Editorial Intemac, 1 989. 283 p.
5. CASTILLO ARISTONDO, Rodolfo. *Costos directos e indirectos en construcción*. Perú: Fondo Editorial Capeco, 1 984. 344 p.
6. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed. México: Editorial Limusa, 2 004. 650 p.

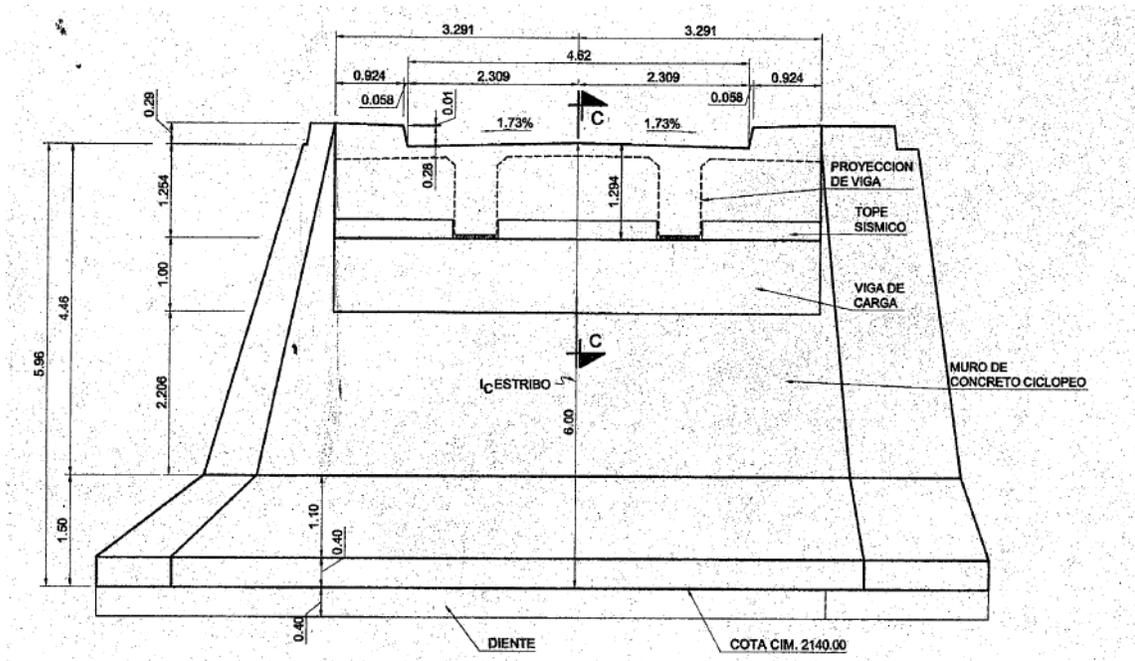
ANEXOS

Anexo1. Planta de estribo con muro por gravedad



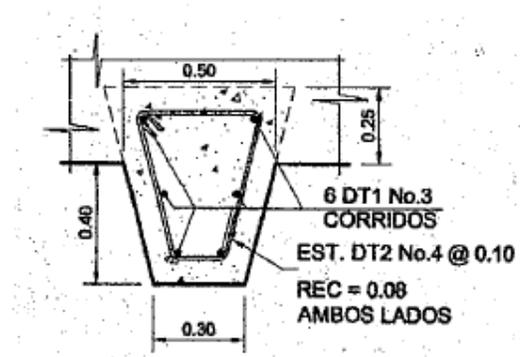
Fuente: Programa de Desarrollo desde lo Rural –PDER-. Proyecto: construcción de puente vehicular en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango.

Anexo 2. Elevación de estribo con muro por gravedad



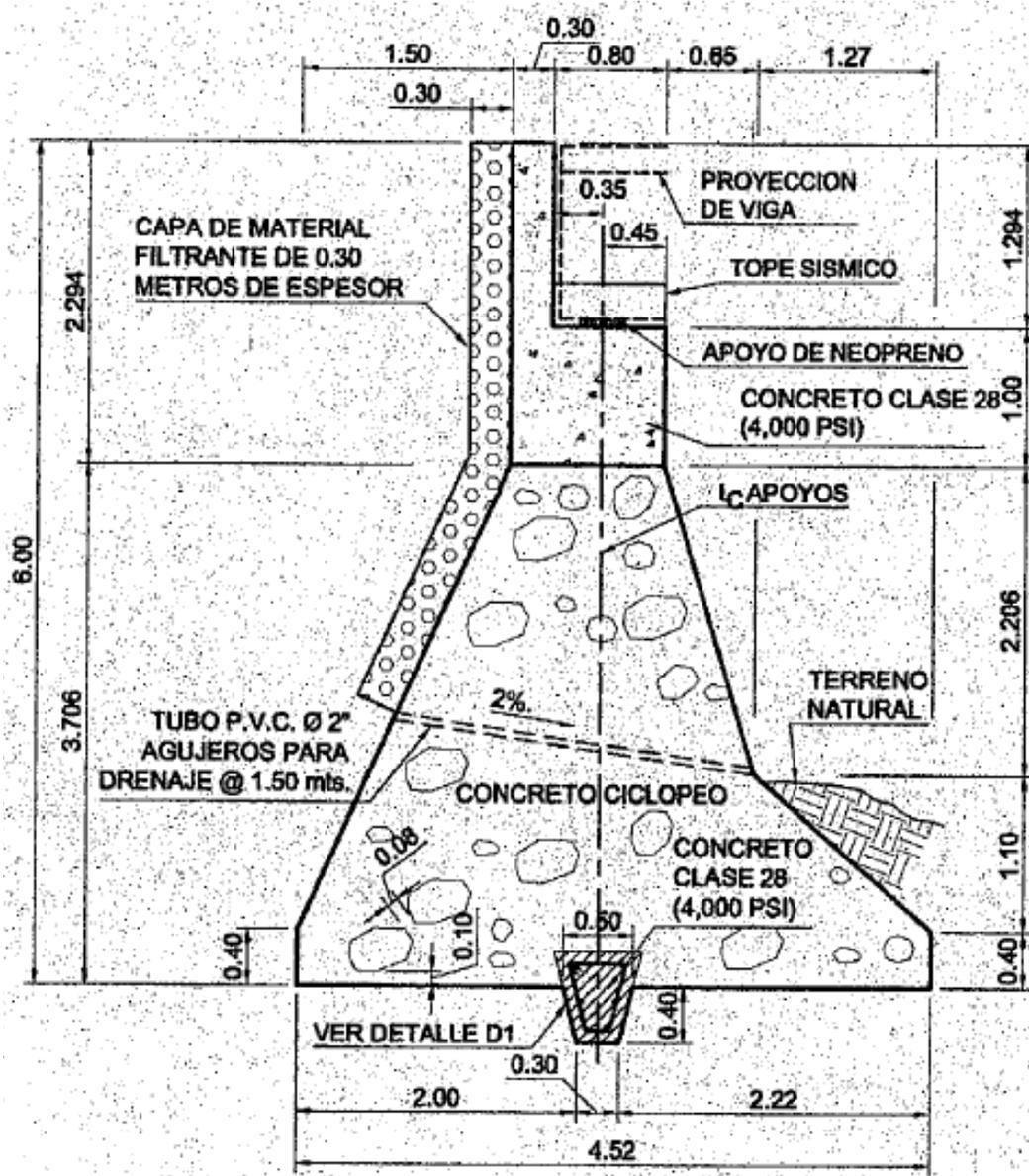
Fuente: Programa de Desarrollo desde lo Rural –PDER-. Proyecto: construcción de puente vehicular en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango.

Anexo3. Detalle de diente en muro de estribo por gravedad



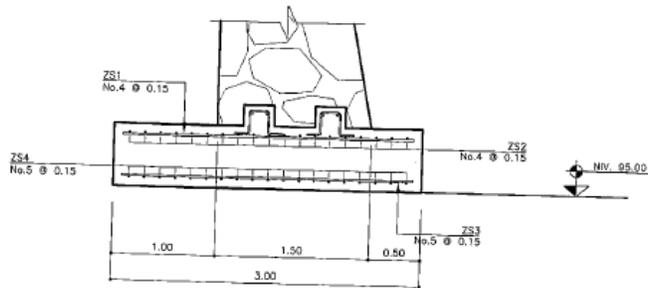
Fuente: Programa de Desarrollo desde lo Rural –PDER-. Proyecto: construcción de puente vehicular en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango.

Anexo 4. Sección de estribo con muro por gravedad



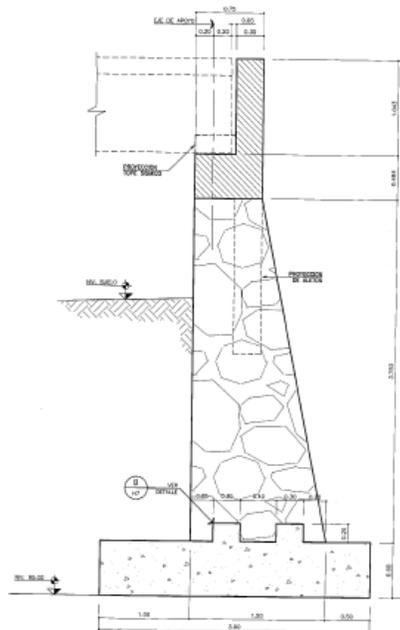
Fuente: Programa de Desarrollo desde lo Rural –PDER-. Proyecto: construcción de puente vehicular en caserío Los Encuentritos, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango.

Anexo 7. Sección frontal de zapata de estribo con muro en voladizo



Fuente: Programa de Desarrollo desde lo Rural –PDER-. Proyecto: reconstrucción de puente vehicular en aldea Saquitacaj, municipio de San José Poaquil, departamento de Chimaltenango.

Anexo 8. Sección de estribo con muro en voladizo



Fuente: Programa de Desarrollo desde lo Rural –PDER-. Proyecto: reconstrucción de puente vehicular en aldea Saquitacaj, municipio de San José Poaquil, departamento de Chimaltenango.

