

**APOYO EN LA CONSTRUCCIÓN DE SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE  
MATA DE CACAO DE LA VIA SUSTITUTIVA BUCARAMANGA  
BARRANCABERMEJA**

**PRESENTADO POR**

**MELISSA VANESSA MEJÍA CARRILLO**

**ID: 000168715**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO**

**BUCARAMANGA**

**2015**

**APOYO EN LA CONSTRUCCIÓN DE SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE  
MATA DE CACAO DE LA VIA SUSTITUTIVA BUCARAMANGA  
BARRANCABERMEJA**

**MELISSA VANESSA MEJÍA CARRILLO**

**ID: 000168715**

**SUPERVISOR DE LA EMPRESA:**

**ING. DIANA QUIROGA PEREAÑEZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO**

**BUCARAMANGA**

**2015**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado 1

---

Jurado 2

Bucaramanga, 19 de enero de 2015.

*Dedico este proyecto a cada una de las personas  
que incondicionalmente me brindaron  
su apoyo durante este proceso.*

*A mi madre, Lucy Carrillo Paredes  
y a mis tías Janeth Carrillo y María Ángela Carrillo;  
ya que gracias a ellas  
he podido caminar hacia mis sueños y metas*

*A mis hermanos Juliana, Nathalia y Alejandro  
quienes me alientan en todo momento y  
como fieles seguidores, siempre me motivan y me apoyan.*

***Melissa Vanessa Mejía Carrillo***

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme regalado tantas bendiciones como es el de tener una familia unida, amable y muy divertida, porque ellos son el motor de mi vida que con sus consejos sabios me van guiando para enfrentar cualquier situación de dificultad.

Gracias le doy a mi familia por apoyarme cuando mas lo necesito por comprenderme y darme la fuerza para seguir adelante con mis metas.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por abrirme sus puertas y en especial a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por enseñarme e instruirme con sus conocimientos hasta el final, aportando cada uno un granito de arena a mi formación y en especial al Ing. Ph.D Gustavo Andrés Ospina.

Finalmente a la empresa ISAGEN S.A. E.P.S y en especial al equipo de OBRAS CIVILES Y EQUIPOS PROYECTO SOGAMOSO quienes me acogieron y me brindaron su apoyo, a los Ingenieros Diana Quiroga y Hedmer Berrio por tener esa disposición de escucha y orientarme para así poder resolver mis inquietudes.

## I. TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO .....	xi
GENERAL ABSTRACT OF DEGREE WORK.....	xii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. ESTADO DEL ARTE .....	5
3.1 ISAGEN S.A E.S.P. ....	5
3.2 PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO .....	6
3.2.1 LOCALIZACIÓN.....	6
3.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	6
3.3 GRUPO I: VÍA BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE CAPITANCITOS Y LINDEROS .....	7
4. MARCO TEÓRICO.....	9
4.1 PUENTE .....	9
4.1.1 CLASIFICACIÓN POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	9
4.2 PUENTE MATA DE CACAO.....	14
4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTRUCTURA .....	15
4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA .....	15
4.2.3 PARTICULARIDADES DEL PUENTE .....	19
4.2.4 FUNCIONAMIENTO .....	19
4.2.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUPERESTRUCTURA ..	20

4.2.5.1	MONTAJE DEL CARRO DE AVANCE .....	20
5.	RECURSOS DISPONIBLES .....	41
5.1	Recursos humanos .....	41
5.2	Recursos institucionales .....	41
5.3	Materiales .....	42
6.	ACTIVIDADES .....	43
7.	DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO CUMPLIDO A LA FECHA .....	44
7.1	SEGUIMIENTO A LA PROGRAMACIÓN DE OBRA, PROCESO CONSTRUCTIVO Y ACTIVIDADES DIARIAS DEL PUENTE MATA DE CACAO	44
7.2	REVISIÓN DIARIA DE LA DOCUMENTACIÓN .....	44
7.2.1	NOTAS DE CAMPO .....	44
7.2.2	COMUNICACIONES.....	45
7.2.3	PLANOS .....	45
7.3	TENER CONTACTO FRECUENTE CON LA INTERVENTORÍA DEL PROYECTO PARA RETROALIMENTARME SOBRE EL DESARROLLO DE PRUEBAS Y ENSAYOS.....	45
7.4	VISITA SEMANAL A LA OBRA .....	46
7.5	APOYO AL SUPERVISOR Y COORDINADOR DEL PROYECTO.....	46
7.5.1	SEÑALIZACIÓN.....	46
7.5.2	MÓDULO DE ELASTICIDAD .....	48
7.5.3	ENSAYO DEL IRI .....	48
7.5.4	ENSAYO DEL PÉNDULO BRITANICO .....	49
7.5.5	TENSIONAMIENTO.....	51
7.5.6	DESPLAZAMIENTO DEL CARRO DE AVANCE.....	51
8.	APORTE AL CONOCIMIENTO .....	52
8.1	APORTE A LA EMPRESA.....	52
8.2	APORTE AL CONOCIMIENTO .....	52
9.	CONCLUSIONES.....	54
10.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	55
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	56

## II. LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
FIGURA 1. PERFIL LONGITUDINAL DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA MATA DE CACAO .....	14
FIGURA 2. PLANTA DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA MATA DE CACAO.	15
FIGURA 3. FUNCIONAMIENTO DEL PUENTE MATA DE CACAO.....	20
FIGURA 4 .DEFLEXIÓN .....	29
FIGURA 5. NUEVA COTA DE CONSTRUCCIÓN .....	30
FIGURA 6. CABLE.....	31
FIGURA 7. REPRESENTACIÓN DE ANCLAJE EN PLANOS.....	31
FIGURA 8. ORDEN DEL TENSIONAMIENTO .....	32
FIGURA 9. ELONGACIÓN .....	36
FIGURA 10. TACHAS REFLECTIVAS .....	47
FIGURA 11. MEDICIÓN DEL IRI .....	49
FIGURA 12. PÉNDULO BRITÁNICO.....	50



### III. LISTA DE IMÁGENES

	PÁG.
IMAGEN 1. VÍA SUSTITUTIVA BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA.....	2
IMAGEN 2. PUENTE EN MADERA.....	10
IMAGEN 3. PUENTE EN MAMPOSTERIA.....	10
IMAGEN 4. PUENTE METÁLICO.....	11
IMAGEN 5. PUENTE EN HORMIGON ARMADO.....	11
IMAGEN 6. PUENTE EN HORMIGON POSTENSADO.....	12
IMAGEN 7. VISTA FRONTAL DEL CARRO DE AVANCE.....	21
IMAGEN 8. VISTA LATERAL DEL CARRO DE AVANCE.....	21
IMAGEN 9. VISTA INFERIOR DEL CARRO DE AVANCE.....	22
IMAGEN 10. VISTA SUPERIOR DEL CARRO DE AVANCE.....	22
IMAGEN 11. VISTA DENTRO DE LA VIGA CAJÓN DEL CARRO DE AVANCE..	23
IMAGEN 12. ACERO DE REFUERZO.....	24
IMAGEN 13. HUMECTACIÓN DE AGREGADOS POR ASPERSIÓN.....	25
IMAGEN 14. TOLVAS VOLUMÉTRICAS.....	25
IMAGEN 15. SILOS.....	26
IMAGEN 16. ADICIÓN DE AGRAGADOS PÉTREOS.....	26
IMAGEN 17. ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.....	27
IMAGEN 18. PROCESO DE VIBRADO DEL CONCRETO.....	28
IMAGEN 19. PROCEDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DEL GATO HIDRÁULICO .....	33
IMAGEN 20. BOMBA HIDRÁULICA.....	33
IMAGEN 21. GATO HIDRÁULICO.....	34
IMAGEN 22. ELONGACIÓN DEL CABLE.....	35
IMAGEN 23. CELDA DE CARGA.....	37
IMAGEN 24. BLOQUEO DEL CARRO DE AVANCE.....	38
IMAGEN 25. DESPLAZAMIENTO DEL CARRO DE AVANCE.....	39
IMAGEN 26. TOTALMENTE DESPLAZADO DEL CARRO DE AVANCE.....	39

#### IV. LISTA DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	55

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** APOYO EN LA CONSTRUCCIÓN DE SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE MATA DE CACAO DE LA VIA SUSTITUTIVA BUCARAMANGA BARRANCABERMEJA

**AUTOR(ES):** Melissa Vanessa Mejía Carrillo

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Gustavo Andrés Ospina

### **RESUMEN**

El trabajo de grado que se presenta a continuación, contiene las actividades desarrolladas por el practicante durante un periodo de seis meses, en la empresa ISAGEN S.A.E.S.P, relacionadas con el Proyecto "APOYO EN LA CONSTRUCCIÓN DE SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE MATA DE CACAO DE LA VIA SUSTITUTIVA BUCARAMANGA BARRANCABERMEJA", con el fin de apoyar el seguimiento y avance de la construcción de la superestructura del puente Mata de cacao, de igual manera apoyar al coordinador con temas como la señalización, estabilización de taludes, presupuestos etc., relacionados con la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja. Para dar cumplimiento a los objetivos trazados en este proyecto, se llevó el seguimiento los cuales se ven reflejados en la descripción del proceso constructivo de la superestructura e informes que se le entregaban al coordinador.

### **PALABRAS CLAVES:**

Puentes, Método de Voladizos sucesivos, concreto pretensado, procesos constructivos

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** SUPPORT ACTIVITIES IN THE CONSTRUCTION OF BRIDGE SUPERSTRUCTURE MATA DE COACOOAO ALONG THE OF BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA REPLACEMENT HIGHWAY

**AUTHOR(S):** Melissa Vanessa Mejía Carrillo

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Gustavo Andrés Ospina

### **ABSTRACT**

The degree work presented here contains the activities carried out by the author during a six month-internship at ISAGEN S.A.E.S.P. entitled \"SUPPORT ACTIVITIES IN THE CONSTRUCTION OF BRIDGE SUPERSTRUCTURE MATA DE CACAO ALONG THE BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA REPLACEMENT HIGHWAY\", describing the follow-up to the construction of the mentioned bridge superstructure. Also, the document reports support activities during placement of safety signals, slope stabilization, budgets, etc., all related to this construction project. To fulfill the objectives in this project, official follow-up reports and details on the superstructure construction process are described inside the content of this document.

### **KEYWORDS:**

Bridges, successive cantilevers technique, prestressed concrete, construction processes

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## 1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, comprende un conjunto de obras que se encuentran localizadas en el departamento de Santander, en el cañón donde el río Sogamoso cruza la Serranía de La Paz, 75 km aguas arriba de su desembocadura en el río Magdalena y 62 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha. La presa y el embalse se localizan en jurisdicción de los municipios de Girón, Betulia, Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucurí.

El Proyecto consiste en el aprovechamiento del caudal del río Sogamoso mediante la construcción de una presa. A partir de los estudios se estableció una capacidad instalada de 820 MW con lo cual se produce una energía media anual de 5.056 GWh.

Aparte de las obras principales del Proyecto, ISAGEN debe construir las obras necesarias para reponer la infraestructura que se ve afectada con el desarrollo del mismo como la Vía Bucaramanga - Barrancabermeja, tramo comprendido entre Capitancitos y Linderos dentro de la cual se encuentra la construcción del puente Mata de Cacao como se relaciona en la IMAGEN 1.

El desarrollo de la práctica empresarial iniciada el día 16 de julio de 2014, tiene como alcance acompañar los trabajos de la Vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja y en especial la construcción del puente Mata de Cacao en la zona de la quebrada Mata de Cacao el cual presenta fenómenos de remoción en masa en los coluviones existentes, a continuación en este informe se exponen las actividades realizadas por el autor durante los seis meses de trabajo como practicante de la empresa ISAGEN, haciendo seguimiento a la construcción del

tramo de vía antes mencionado, a la programación, actividades diarias y procesos constructivos del puente Mata de Cacao.

**IMAGEN 1. VÍA SUSTITUTIVA BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA**



Fuente: Tomado de google earth.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Acompañar los trabajos que se desarrollan en la construcción de la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja y en especial Puente Mata de Cacao que actualmente se construye sobre esta vía, realizando seguimiento a la programación de obra, actividades diarias y procesos constructivos, asimismo realizar la revisión de las actas mensuales de obra y las cantidades de obras finales para liquidación del contrato, teniendo como base las especificaciones técnicas, planos, notas de campo y correspondencia cruzada entre la interventoría, la asesoría y el contratista, para el buen desarrollo del mismo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Ejecutar un seguimiento a la programación, actividades diarias y procesos constructivos del Puente Mata de Cacao.
- Revisar la correspondencia cruzada entre la interventoría, la asesoría, el contratista y la gerencia del proyecto.
- Estudiar y analizar los planos, específicamente técnicas, programación de obra y notas de campo de la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja y en especial del puente Mata de Cacao.
- Realizar semanalmente una visita a la obra de la cual se presentara un informe con el resumen de las actividades que se ejecutan y las que están inactivas.
- Brindar apoyo al supervisor y coordinador del proyecto.

- Revisar las actas mensuales de obra y elaborar cuadros resúmenes que ayuden a realizar la liquidación del contrato de la Vía Sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja.



### 3. ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 ISAGEN S.A E.S.P.<sup>1</sup>

ISAGEN S.A E.S.P es una empresa de servicios públicos mixta de carácter comercial y del orden nacional que se enfoca en la construcción de proyectos de generación, producción y comercialización de energía con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes y crear valor empresarial.

Poseen y operan seis centrales de generación. El 86.43% de su capacidad es hidráulica en cinco centrales y 13.57% es térmica lo que brinda una flexibilidad operacional en condiciones hidrológicas adversas.

ISAGEN es la tercera generadora más grande de Colombia, lo cual se consolida como agente fundamental en el desarrollo de la industrial de energía del país.

Las centrales Hidroeléctricas San Carlos, Jaguas y Calderas están ubicadas en el departamento de Antioquia, la Central Miel I en el departamento de Caldas y la Central Rio Amoyá en el departamento del Tolima, la central Termoeléctrica Termocentro se encuentran en el departamento de Santander.

---

<sup>1</sup> ISAGEN S.A. E.S.P. Energía productiva. Información disponible en el sitio web de la empresa, misión y visión. Disponible en: <http://www.isagen.com.co/nuestra-empresa/gestion-de-proyectos/ejecucion-proyectos-de-generacion/proyecto-sogamoso/> (Citado el 4 de agosto 2014)

## **3.2 PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO**

### **3.2.1 LOCALIZACIÓN**

La presa y el embalse están en jurisdicción de los municipios Girón, Betulia, Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucuri, que junto con los municipios de Barrancabermeja, Puerto Wilches y Sabana de torres, ubicados aguas abajo del sitio de presa, conforman el área de influencia del proyecto.

### **3.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

El proyecto consiste en la utilización de las aguas del río Sogamoso en la generación de energía eléctrica mediante la construcción de una empresa y una casa de máquinas con tres unidades de generación. Con 820 MW de capacidad instalada y una generación media anual de 5.056 GWh -año, será una de las cinco centrales más grandes del país que incrementara nuestra producción de energía en un 50% y pondrá al servicio de los colombianos el 10% de la energía que consume el país en un año.

El proyecto cuenta con la construcción de seis obras principales:

- **TÚNELES VIALES:** debido a la interferencia de la vía Bucaramanga-Barrancabermeja con la presa fue necesario la construcción de dos túneles viales, uno de 1 kilómetro y otro de 250 metros de longitud.
- **EMBALSE:** el embalse almacena el agua que se utiliza para la generación de energía eléctrica. Ocupará un área aproximada de 7000 hectáreas y tendrá un volumen de 4.800 millones de m<sup>3</sup> de agua almacenada.

- **PRESA:** la presa del tipo de grava con cara de concreto, tiene 190 metros de altura y 345 metros de ancho en su parte más alta. El volumen de los rellenos para su construcción es de 8.5 millones.
- **SALIDA DE DESCARGA Y RESTITUCIÓN:** el túnel de descarga y restitución devuelve al río Sogamoso la totalidad del agua después de ser utilizada para la generación de energía eléctrica, inmediatamente agua debajo de la presa.
- **ACCESO A LA CENTRAL SUBTERRÁNEA:** el acceso a la central subterránea se hace de un túnel de 340 metros de longitud. Así se aloja las tres unidades de generación que se encargan de producir la energía eléctrica.
- **VERTEDERO:** el vertedero es una estructura que sirve para evacuar las excesos de agua cuando se presenten crecientes que superen la capacidad de almacenamiento del embalse. El canal de vertedero tiene 72 metros de ancho, 354 metros de longitud y finaliza en un deflector tipo salto de esquí. Para descargar el agua de manera controlada cuenta con 4 compuertas radiales de 15 metros de ancho y 20 metros de alto.

Sin embargo, el desarrollo del plan de trabajo expuesto en el presente documento tendrá únicamente como alcance el seguimiento a las obras complementarias de la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja y en especial a la construcción del Puente Mata de Cacao que se encuentra en ejecución sobre el corredor de esta vía.

### **3.3 GRUPO I: VÍA BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE CAPITANCITOS Y LINDEROS**

Como parte del proyecto hidroeléctrico Sogamoso se encuentra la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja que tiene como fin reemplazar el tramo de la vía nacional que será inundado por la construcción del embalse, tiene una longitud de

11.5 Km, disminuyendo la longitud de la vía nacional en 3 Km además cuenta con 6 puentes que hasta el momento se han construido 5 de ellos como son: Santa María ramal I, Santa María ramal II, NN III, NN IV y Caño seco, los cuales se construyen en vigas pos-tensadas, adicionalmente está en ejecución el puente Mata de Cacao en dovelas sucesivas, que tiene una longitud total de 300 m y una luz máxima de 180 m.

Para la construcción de la vía sustitutiva y del puente Mata de Cacao se realizar el seguimiento a los procesos constructivos, para determinar los sobre costos con el presupuesto e impactos en el programa de obra y así presentar a la gerencia información rápida que permita tomar decisiones a tiempo con los problemas que se alcancen a detectar.

Para la presentación de los informes es necesario considerar que cuando se va a realizar la ejecución de una actividad tanto en las obras de la vía como del puente, se debe llevar a cabo el procedimiento que se describe a continuación: 1. Se visita la obra el día de la ejecución de la prueba o proceso constructivo. 2. Estando en la obra se hace un registro fotográfico de todo el proceso a seguir, tomando atenta nota de cuidados, pasos y recomendaciones. 3. Luego de recopilar toda la información, se realiza una presentación describiendo de forma corta y completa los pasos, las recomendaciones y los cuidados que se deben seguir durante la ejecución de los trabajos.

Para tener un buen informe de avance de las obras se debe estar informado previamente por las comunicaciones, notas de campo e informes de la interventoría.

## 4. MARCO TEÓRICO

A continuación se definirá que es un puente con su respectiva clasificación y después se procede a presentar el puente Mata de Cacao y sus proceso constructivos.

### 4.1 PUENTE<sup>2</sup>

Un puente es una estructura que proporciona una vía de paso sobre el agua, una carretera o un valle. Los puentes suelen apoyar un camino, una carretera o una vía férrea, pero también pueden sostener tuberías y líneas de distribución de energía. Los que soportan un canal o conductos de agua se llaman acueductos. Los puentes construidos sobre terreno seco o un valle se suelen llamar viaductos; se llaman pasos elevados los puentes que cruzan autopistas y las vías de tren.

Los puentes pueden ser clasificados de varias maneras dependiendo del objeto de esta clasificación.

#### 4.1.1 CLASIFICACIÓN POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Puentes de madera (IMAGEN 2), mampostería (IMAGEN 3), metálicos (IMAGEN 4), hormigón armado (IMAGEN 5), y hormigón pretensado, hormigón pos tensado (IMAGEN 6).

---

<sup>2</sup> MONTERO, Samuel. Ingeniería de puentes. Bucaramanga (Biblioteca Alejandría) ISBN 978-958-8506-07-4: Ediciones Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.

## IMAGEN 2. PUENTE EN MADERA



Fuente: <http://blog.parquelineal.es/2009/07/los-puentes-del-peimansur/>

## IMAGEN 3. PUENTE EN MAMPOSTERIA



Fuente: <http://2000porcorreo.wikispaces.com/Principales+restos+romanos>

#### IMAGEN 4. PUENTE METÁLICO



Fuente:

[http://leonsurdigital.com/not/1243/puentes metalicos en villafer y valderas/](http://leonsurdigital.com/not/1243/puentes-metalicos-en-villafer-y-valderas/)

#### IMAGEN 5. PUENTE EN HORMIGON ARMADO



Fuente: <http://www.archiexpo.es/prod/cornish-concrete-products/puentes-prefabricados-hormigon-armado-69765-999389.html>

## IMAGEN 6. PUENTE EN HORMIGÓN POSTENSADO



Fuente: Autor.

### 4.1.1.1 HORMIGÓN SIMPLE<sup>3</sup>

El hormigón es una piedra artificial formada al mezclar apropiadamente cuatro componentes básicos: cemento, arena, grava y agua. El hormigón es un material sumamente resistente a la compresión, pero extremadamente frágil y débil a solicitaciones de tracción.

---

<sup>3</sup> Fundamentos de hormigón simple. Disponible en: < <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon01.htm>> (Citado el 19 de noviembre 2014).



#### **4.1.1.2 HORMIGÓN ARMADO O REFORZADO<sup>4</sup>**

Es una combinación entre el acero y el hormigón, adecuado especialmente para resistir esfuerzos de flexión. El hormigón es adecuado para resistir compresiones y el acero para resistir tracción.

#### **4.1.1.3 HORMIGÓN PRETENSADO<sup>5</sup>**

El hormigón pretensado contra resta el momento flector en el centro de la luz, en una viga se pone un tendón de acero por el interior del hormigón, al que se le da una pretensión inicial que será transmitida al hormigón.

#### **4.1.1.4 HORMIGÓN POS TENSADO<sup>6</sup>**

Al Contrario al pretensado el postensado es un método de presforzado en el cual el tendón que va dentro de unos conductos es tensado después de que el concreto ha fraguado. Así el presfuerzo es casi siempre ejecutado externamente contra el concreto endurecido, y los tendones se anclan contra el concreto inmediatamente después del presforzado.

---

<sup>4</sup> Puentes en hormigón armado. Disponible en: < <http://puentes.galeon.com/tipos/pontshormigonarm.htm>> (Citado el 19 de noviembre 2014).

<sup>5</sup> Hormigón pretensado. ¿Qué es el hormigón pretensado? Disponible en: < [http://www.uned.es/dpto-icf/ampl\\_e\\_h\\_a\\_pretensado/images/Introduccion\\_al\\_hormigon\\_pretensado.pdf](http://www.uned.es/dpto-icf/ampl_e_h_a_pretensado/images/Introduccion_al_hormigon_pretensado.pdf)> (Citado el 19 de noviembre 2014).

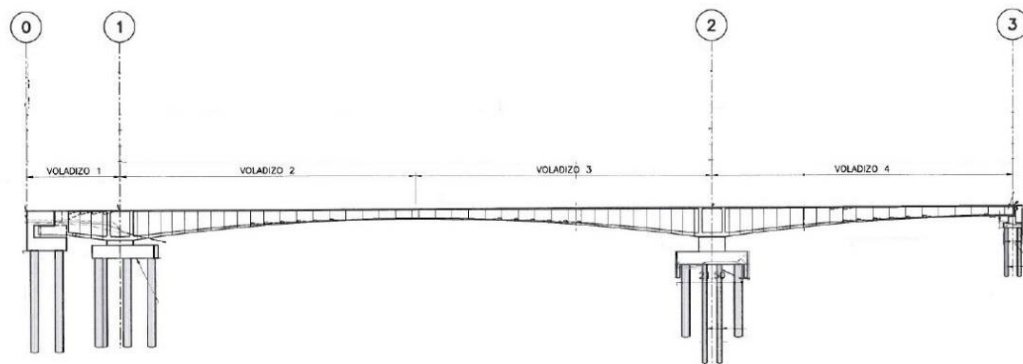
<sup>6</sup> Concreto postensado. El postensado Disponible en: < [faumateriales.files.wordpress.com/2008/09/concreto-postensado.pptx](http://faumateriales.files.wordpress.com/2008/09/concreto-postensado.pptx)> (Citado el 19 de noviembre 2014).

## 4.2 PUENTE MATA DE CACAO<sup>7</sup>

El puente está localizado en la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja del PR20- PR31 en el paso sobre la quebrada Mata de Cacao y tiene una longitud de 300 metros, la superestructura es en viga cajón en concreto pos tensado y consta de 3 luces continuas entre los ejes 0 y 3 con un sistema de voladizos sucesivos fundidos in situ de 28,41 m, 180 m y 91,284 m tiene juntas de dilatación en los apoyos de los ejes 0 y 3.

El puente se apoya en el eje 0, dado eje 1, dado eje 2 y estribo eje 3 como se muestra en la FIGURA 1

**FIGURA 1. PERFIL LONGITUDINAL DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA MATA DE CACAO**



Fuente: Tomado del plano del proyecto.

<sup>7</sup> ISAGEN S.A. E.S.P. Energía productiva. Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: Ediciones INGETEC ingeniería & diseños S.A, 2014, Pág. 10-15.

#### 4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTRUCTURA

La subestructura del puente se compone de los pilotes, la columna maciza o dado.

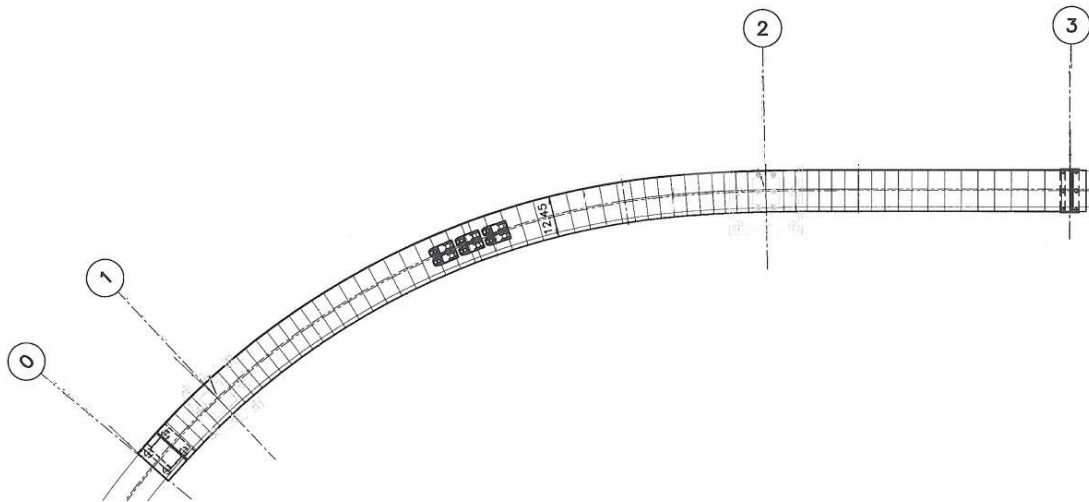
#### 4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA

La superestructura del puente consta de las dovelas base y el conjunto de dovelas de cada voladizo.

Las cargas del puente se van transmitiendo desde la capa de rodadura hasta la dovela base y después se transmiten a la columna maciza y finalmente a los pilotes.

El puente tiene en planta un trazado curvo entre los ejes 0 y 2 y un trazado recto desde el eje 2 al eje 3 como se puede ver en la FIGURA 2.

**FIGURA 2. PLANTA DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA MATA DE CACAO.**



Fuente: Tomado del plano del proyecto.

El ancho total del tablero es de 12.45m, el cual incluye dos carriles de 3.65m de ancho cada uno y bermas a cada lado de 1.8 m en total tiene una corona de vía de 10,9 m y un andén al lado derecho para uso peatonal de 1.00m, dos barreras laterales de tráfico tipo parapeto y una baranda peatonal en acero estructural. La sección transversal del puente tiene bombeo.

#### **4.2.2.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO**

Uno de los sistemas constructivos para puentes es el sistema por dovelas sucesivas prefabricada y fundida en sitio que consiste en la construcción equilibrada a un lado y el otro de cada pila de tramos de tableros llamado dovelas, este sistema ha eliminado la necesidad de utilizar obra falsa costosa, lo que antes convertía a los puentes de concreto antieconómicos, en zonas como altos valles o canales navegables.

##### **4.2.2.1.1 SISTEMA POR DOVELAS SUCESIVAS PREFABRICADAS<sup>8</sup>**

El sistema constructivo de dovelas prefabricadas consiste en la división del tablero en elementos obtenidos al cortarle por planos perpendiculares a su eje, en el que cada elemento tiene la sección transversal completa del tablero. Los elementos con un peso habitualmente entre 50 y 100 T se prefabrican en las cercanías de la obra y se montan con ayuda de cimbras especializadas.

---

<sup>8</sup> Construcción de viaductos de dovelas prefabricadas. Disponible en: <  
[http://www.fccco.com/construccion/wcm/idc/groups/public/documents/document/mdaw/mdm1/~edisp/ucm\\_048123.pdf](http://www.fccco.com/construccion/wcm/idc/groups/public/documents/document/mdaw/mdm1/~edisp/ucm_048123.pdf)>  
(Citado el 19 de noviembre 2014).

La principal peculiaridad del método consiste en que en las juntas entre dovelas no se deja conexión de armadura pasiva por lo que la continuidad del tablero se consigue únicamente mediante el pretensado, lográndose un montaje de elementos sencillo que permite una gran rapidez de montaje, que da lugar a algunos condicionantes característicos del sistema. Las juntas entre dovelas pueden ser, en seco o con resina epoxi.

#### **4.2.2.1.2 SISTEMA POR DOVELAS SUCESIVAS “IN SITU”<sup>8</sup>**

La industrialización de tableros hormigonados in situ, se basa en la repetición de procesos de fabricación de elementos iguales y la utilización de medios auxiliares que optimicen los rendimientos, como la utilización de cimbras, encofrados fijos o trasladables.

Para construir estas dovelas se utilizan carros de avance que se apoyan en la parte ya construida.

La construcción del puente se hace mediante el sistema de voladizos sucesivos con dovelas fundidas in situ, en total se construirán cuatro 4 voladizos; el voladizo 1 de 28.41m de longitud compuesto por cuatro 4 dovelas (3 dovelas de 3.50m y 1 dovela de 4.00m); los voladizos 2, 3 con longitud 90m conformados por veinte 20 dovelas (3 dovelas de 3.50m, 7 dovelas de 4.00m, 9 dovelas de 5.00m y 1 dovela de cierre de 1.06m); el voladizo 4 entre los ejes 2 y 3 tiene una longitud de 91.27m con veinte dovelas 20 (3 dovelas de 3.50m, 7 dovelas de 4.00m, 9 dovelas de 5.00m y 1 dovela maciza de 2.65m).

#### **4.2.2.3 DURACIÓN DE LA CONTRUCCIÓN DE LAS DOVELAS**

Según la longitud de la dovela se tienen unas duraciones en campo como se describe a continuación:

- ✓ Dovelas con 5 m de longitud tienen una duración de construcción de 5 días de los cuales demora 3 días para instalar acero, 12 horas realizando el vaciado y 28 horas para cumplir la resistencia y tensionar.
- ✓ Dovelas con 4 m de longitud tienen una duración de construcción de 4 días de los cuales demora 2 días para instalar acero, 10 horas realizando el vaciado y 28 horas para cumplir la resistencia y tensionar.
- ✓ Dovelas de 3,5 m tiene una duración de construcción de 2 a 3 días de los cuales demora 1 día para instalar acero, 8 horas realizando el vaciado y 24 horas para cumplir la resistencia y tensionar.

#### **4.2.2.3 VIGA CAJÓN**

Las vigas cajón son en concreto postensado en las cuales se realiza un tensionamiento para contra restar el momento flector producido por los esfuerzos y consiste en introducir unos cables compuestos por torones en un ducto de acero galvanizado que van distribuidos en el puentes en la parte superior de las dovelas y en la parte inferior a partir de la mitad de los voladizos 3-4 los cuales cumplen la función de amarrar la sección.

## **4.2.3 PARTICULARIDADES DEL PUENTE**

### **4.2.2.4 CONTRAPESO**

El voladizo 1 tiene una luz menor que la luz del voladizo 2 por tanto las cargas quedan descompensadas, entonces para mantener el equilibrio de la superestructura en el eje 0 se diseñó un contrapeso especial con el fin de restringir el levantamiento del voladizo 1 (ubicado entre los ejes 0 y 1) bajo el peso descompensado del voladizo 2.

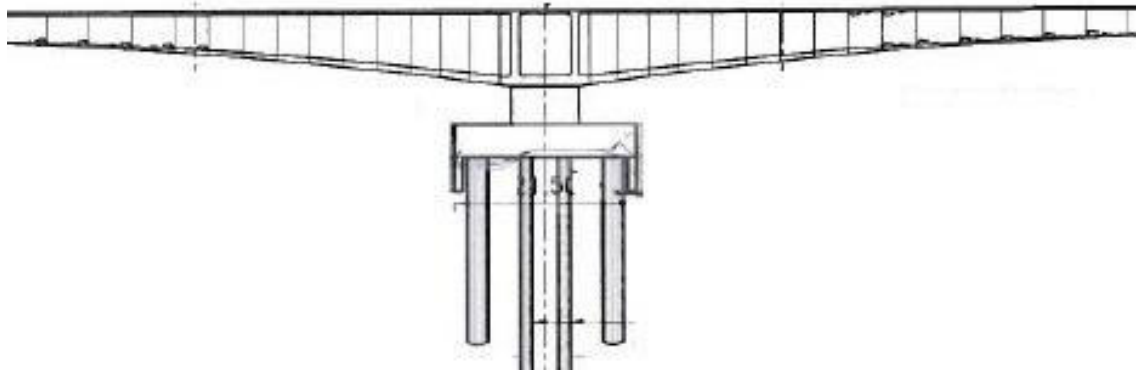
### **4.2.2.5 CURVO**

Se construye curvo el puente porque el diseño geométrico lo requiere.

## **4.2.4 FUNCIONAMIENTO**

El sistema constructivo por dovelas sucesivas in situ funciona en equilibrio y se procede de la siguiente manera: teniendo construida la dovela base o sobre cimbra se inicia el montaje del carro de avance para construir la dovela 1 de los dos voladizos de manera simultánea para que los voladizos queden compensados y que las cargas sean homogéneas como se muestra en la FIGURA 3.

**FIGURA 3. FUNCIONAMIENTO DEL PUENTE MATA DE CACAO**



Fuente: Tomado y modificado del plano del proyecto.

## **4.2.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUPERESTRUCTURA**

### **4.2.5.1 MONTAJE DEL CARRO DE AVANCE**

El orden para realizar el montaje del carro de avance es el siguiente:

- ✓ Viga riel, pisarieles y patines.
- ✓ Rombo.
- ✓ Viga superior delantera y trasera.
- ✓ Vigas inferiores delanteras y traseras.
- ✓ Vigas de carga y caminadero.
- ✓ Rodillos superiores, barras de carga.
- ✓ Arriostramiento en el rombo.
- ✓ Vigas alero y vigas túnel.
- ✓ Montaje de formaleta.



A continuación se relacionan las partes del carro de avance:

En la vista frontal en la IMAGEN 7 se puede observar las siguientes partes: Barra de carga, rombo, viga superior delantera, viga alero, viga túnel, formaleta y vigas inferiores de carga.

### IMAGEN 7. VISTA FRONTAL DEL CARRO DE AVANCE



Fuente: Autor.

En la vista lateral en la IMAGEN 8 tiene los siguientes elementos: Gato de bloqueo, riel, viga alero, viga inferior trasera, viga inferior delantera.

### IMAGEN 8. VISTA LATERAL DEL CARRO DE AVANCE



Fuente: Autor.

En la vista inferior en la IMAGEN 9 tiene los siguientes elementos: vigas de caminadero y vigas de carga.

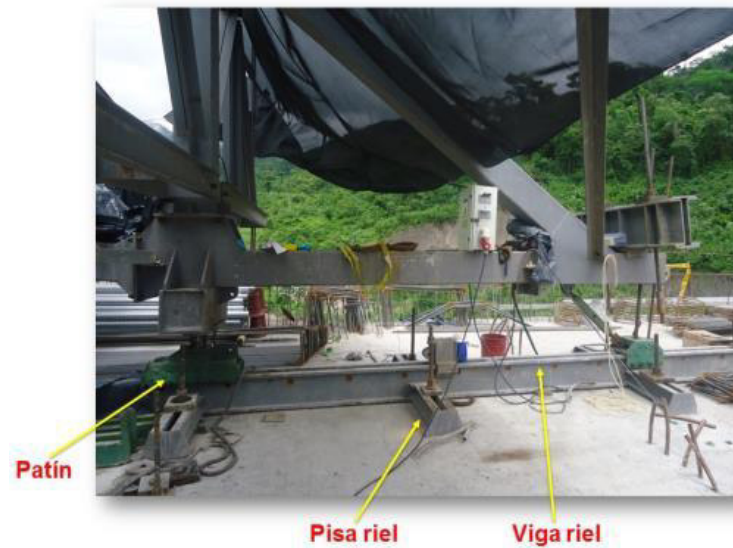
**IMAGEN 9. VISTA INFERIOR DEL CARRO DE AVANCE**



Fuente: Autor.

En la vista inferior en la IMAGEN 10 tiene los siguientes elementos: Patín, pisa riel y viga riel.

**IMAGEN 10. VISTA SUPERIOR DEL CARRO DE AVANCE**



Fuente: Autor.

En la vista dentro de la viga cajón en la IMAGEN 11 tiene los siguientes elementos: Vigas túnel, formaleta, y rodillo fijo.

#### **IMAGEN 11. VISTA DENTRO DE LA VIGA CAJÓN DEL CARRO DE AVANCE**



Fuente: Autor.

#### **4.2.5.1 ARMADO DE ACERO Y COLOCACIÓN DE DUCTOS**

El acero tiene una cartilla de despiece que indica el diámetro, el esquema, la longitud, la cantidad de acero, el peso y las observaciones de la ubicación para facilitar la instalación, cabe resaltar que los ductos son fabricados en aluminio.

Para instalar el acero de refuerzo y los ductos se nivela la formaleta, después de instalado se nivela de nuevo la formaleta para finalmente ajustarla.

En obra para dar continuidad a las barras y los ductos se realiza en el taller una plantilla o tapas frontales de continuidad.

A continuación se ilustra la colocación de acero y de ductos y como se ilustra en la IMAGEN 12.

### **IMAGEN 12. ACERO DE REFUERZO**



Fuente: Autor.

#### **4.2.5.3 PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE CONCRETO**

La planta de concreto cuenta: con silos, tolvas, tanques de almacenamiento de aditivos y de hielo, además de una pila para que los cilindros fragüen para posteriormente fallarlos a compresión y verificar su resistencia.

Para la producción del concreto es importante mantener los agregados con la humedad óptima como se ilustra en la IMAGEN 13.

### **IMAGEN 13. HUMECTACIÓN DE AGREGADOS POR ASPERSIÓN**



Fuente: Autor.

Alimentar las tolvas de grava y arena con el retro cargador como se ilustra en la siguiente IMAGEN 14.

### **IMAGEN 14. TOLVAS VOLUMÉTRICAS**



Fuente: Autor.

Los silos son un depósito de almacenamiento que deben estar llenos de ceniza y de cemento como se muestra en la siguiente IMAGEN 15.

### **IMAGEN 15. SILOS**



Fuente: Autor.

Para empezar a realizar la mezcla de concreto se vierte en la mixer hielo debido al clima cálido, y desde la cabina son controladas las compuertas de las tolvas y la adición de los aditivos; los cuales son suministrados de acuerdo al diseño de mezcla como se muestra en la IMAGEN 16.

### **IMAGEN 16. ADICIÓN DE AGRAGADOS PÉTREOS**



Fuente: Autor.

Después de cargar la mixer con la mezcla se obtiene una muestra para medir la temperatura y el asentamiento como se muestra en la siguiente IMAGEN 17.

#### **IMAGEN 17. ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**



Fuente: Autor.

#### **4.2.5.4 FUNDIDA**

Para realizar la fundida de las dovelas debe estar instalado el acero de refuerzo, estar ajustada la formaleta, además tener una planta para el suministro de la mezcla y la bomba de concreto, también se debe prever cualquier falla en los equipos por tanto se debe tener un repuesto de cada cosa para continuar el proceso.

Para la dovelas con mayor altura se instalan vibradores laterales en la formaleta y adicionalmente se vibra con guaya como se muestra en la siguiente IMAGEN 18.

## IMAGEN 18. PROCESO DE VIBRADO DEL CONCRETO



Fuente: Autor.

En el proceso del vaciado para sitios en alturas o que se encuentre lejos de la disposición de la mixer se conecta una tubería de bombeo, se le coloca un codo, y finalmente una manguera.

El hormigonado se debe iniciar con un clima estable sin lluvia y en caso que se llegue presentar una precipitación, se protege con plástico en la zona en donde se está llevando acabo.

### 4.2.5.4.1 MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad determina la rigidez de una sección, esta es analizada para el cálculo de la deflexión.

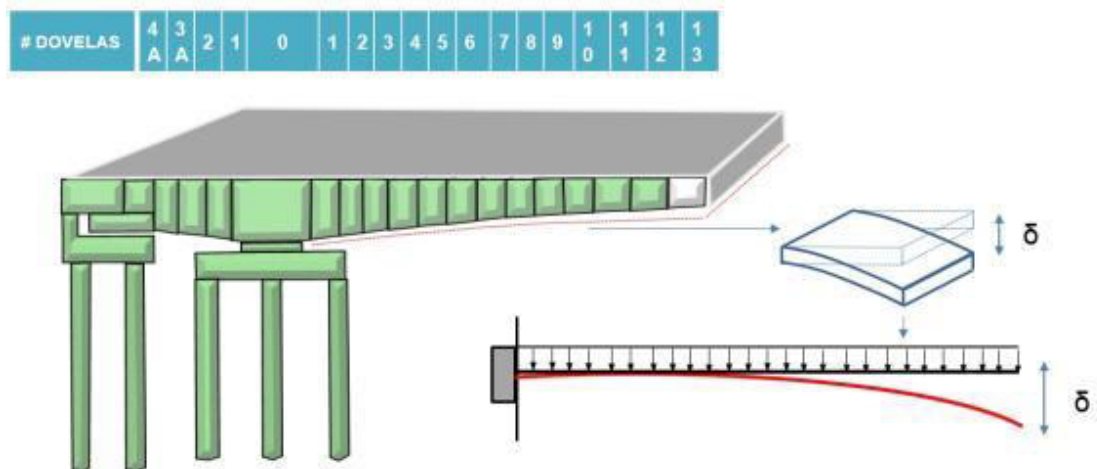


La deflexión está incluida en las cotas de construcción iniciales y se calcula en función de la carga de servicio ( $W$  viva +  $W$  muerta), longitud, módulo de elasticidad y el momento de inercia.

$$\delta = \frac{\omega L^4}{8EI}$$

Desde la dovela 1 se empieza a presentar deflexiones muy pequeñas pero a medida que se avanza incrementa la longitud y la sección se vuelve más esbelta como se muestra en la FIGURA 4, por tanto presentan mayores deflexiones y esto se va detectando mediante los controles topográficos.

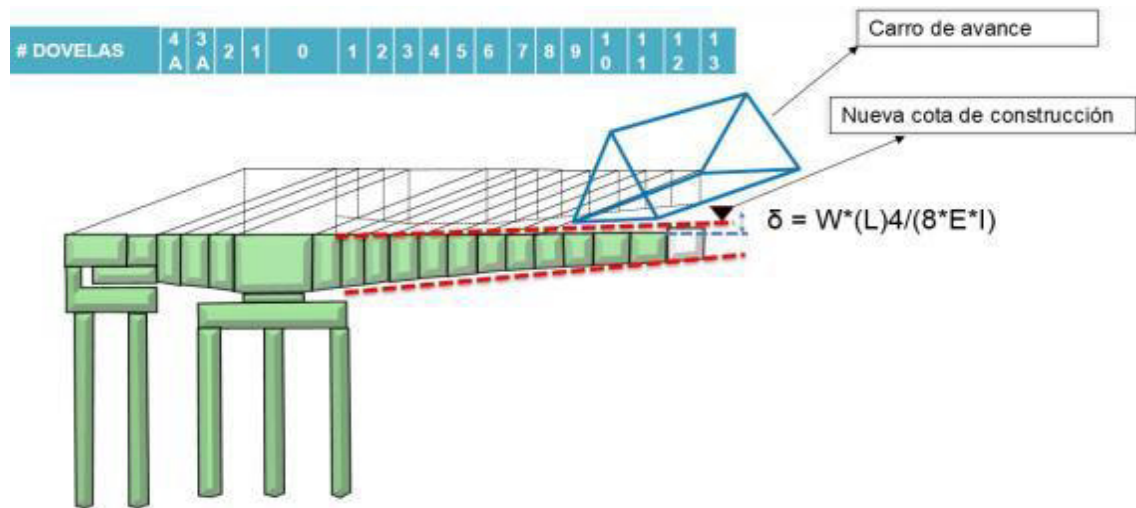
**FIGURA 4 .DEFLEXIÓN**



Fuente: Autor.

Si por decisiones en campo se tuviera que cambiar la mezcla sin alterar la resistencia del concreto, cambiaría el módulo de elasticidad, por tanto se recalcula la deflexión y es incluida en las nuevas cotas de construcción, posteriormente se procede en obra a ubicar el carro de avance en la nueva cota de construcción como se muestra en la FIGURA 5.

**FIGURA 5. NUEVA COTA DE CONSTRUCCIÓN**



Fuente: Autor.

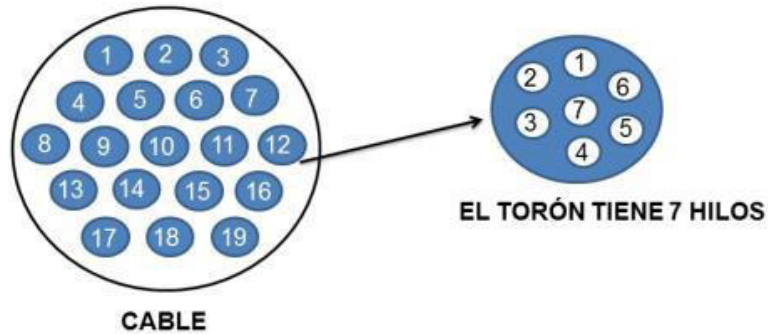
#### 4.2.5.5 TENSIONAMIENTO

En primer lugar se expondrán algunas definiciones para continuar con el procedimiento del tensionamiento y finalmente mostrar un método para comprobar la carga en el gato hidráulico.

##### 4.2.5.5.1 DEFINICIONES

- ✓ **CABLE:** El cable está compuesto por 19 torones y cada torón con 7 hilos como se muestra en la FIGURA 6, en el caso del cable # 49 tiene: 5/8" de diámetro, una longitud de 71,56 m y una elongación de diseño de 47,2 cm.

**FIGURA 6. CABLE.**



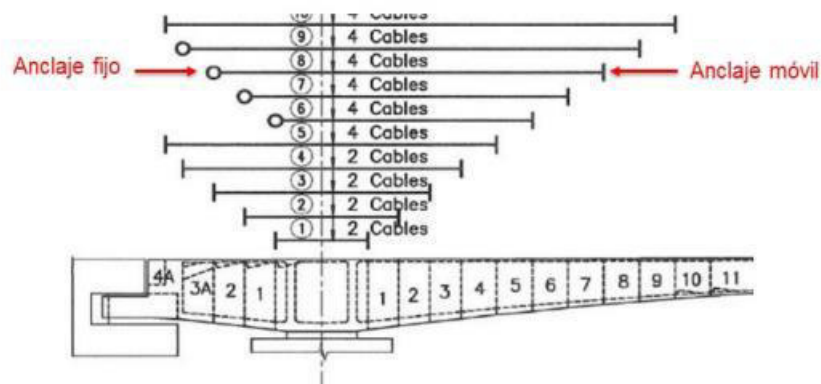
Fuente: Autor.

✓ **TIPOS DE ANCLAJE**

- **ANCLAJE FIJO:** Es el encargado de desarrollar la fuerza de reacción ubicado en el lado opuesto en donde se va a generar la tensión.
- **ANCLAJE MOVIL:** Es en donde se aplica la fuerza de tensión.

La representación de un anclaje fijo y móvil en planos se muestra en la FIGURA 7.

**FIGURA 7. REPRESENTACIÓN DE ANCLAJE EN PLANOS**

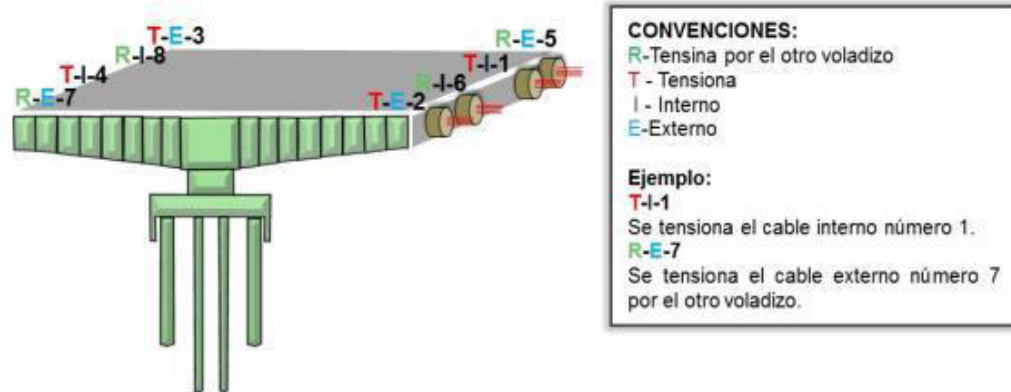


Fuente: Tomado del plano del proyecto.

#### 4.2.5.5.2 PROCEDIMIENTO PARA EJECUTAR EL TENSIONAMIENTO

El tensionamiento consiste en aplicar una tensión en el cable generando un esfuerzo. En el caso de la La dovela 8 tiene 4 cables # 49 por cada voladizo, se realiza el tensionamiento de los cables intercalados y en el orden como se muestra en la FIGURA 8; para mantener el equilibrio y no generar esfuerzos en un solo punto de tal manera que no se deforme la dovela.

**FIGURA 8. ORDEN DEL TENSIONAMIENTO**



Fuente: Autor.

#### ✓ INSTALACIÓN DEL GATO HIDRAULICO

Para la instalación del gato hidráulico se procede de la siguiente manera como se muestra en la IMAGEN 19:

## IMAGEN 19. PROCEDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DEL GATO HIDRÁULICO



Fuente: Autor.

### ✓ PRESIÓN

Por medio de la bomba hidráulica se aplica presión al gato hidráulico como se ilustra a continuación en la IMAGEN 20-IMAGEN 21:

### IMAGEN 20. BOMBA HIDRÁULICA



Fuente: Autor.

## IMAGEN 21. GATO HIDRÁULICO



Fuente: Autor.

Para saber cuánta presión se aplica, se convierte la carga de diseño de 389,5 toneladas en 3818,62 KN, posteriormente se ingresa a la tabla de calibración del GATO/BOMBA/MANÓMETRO y se observa la presión a aplicar de 7480 psi y se aproxima a 7500 PSI porque la lectura en el manómetro es cada 100 PSI, esta presión es aplicada aplicada cada 500 PSI hasta llegar a los 7500 PSI que representa la tensión de diseño

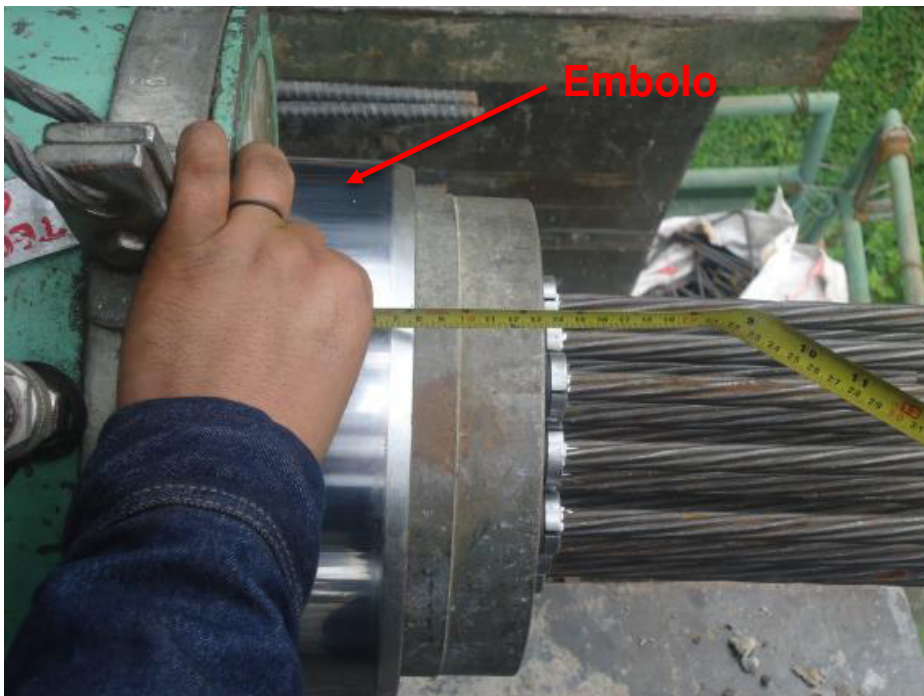
Quien ejecuta el tensionamiento debe tener en cuenta la importancia de la calibración del conjunto Gato/Bomba/Manómetro, que si cambia alguno de estos equipos cambia el resultado de la tabla de calibración.

### ✓ **ELONGACIÓN**

Cada vez que se aplica 500 PSI se mide con un flexómetro la elongación del embolo que va saliendo del gato hidráulico como se muestra en la

IMAGEN 22.

**IMAGEN 22. ELONGACIÓN DEL CABLE**



Fuente: Autor.

La presión a aplicar es limitada por la elongación del embolo que tiene 19 cm, por esta razón el tensionamiento se realiza por etapas, volviendo el embolo del gato al estado inicial y se re acomodan las cuñas del disco final para seguir aplicando presión.

Se debe tener en cuenta que las cuñas del anclaje mantiene la presión aplicada.

## ✓ PERDIDAS EN EL GATO

Es la elongación del cable en la zona donde está el gato se le denomina pérdidas en el gato y se calcula de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{P * L}{EA}$$

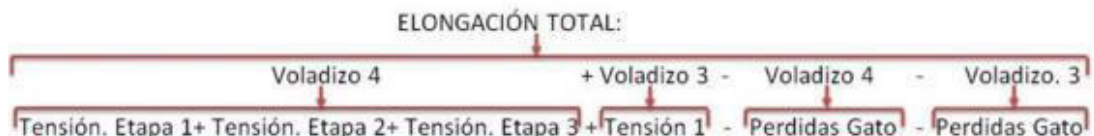
P: carga, L: longitud del gato, A: área del torón, E: módulo elástico del torón.

Estas pérdidas se deben restar porque la elongación del cable va de anclaje a anclaje.

## ✓ CÁLCULOS

La elongación se calcula como se muestra en la FIGURA 9, primero se suman las elongaciones de las tres etapas del cable #49 desde el voladizo 4 hasta el voladizo 3 y se restan las pérdidas en el gato

**FIGURA 9. ELONGACIÓN**



Fuente: Autor.

El total de la elongación son medidos desde 500 PSI hasta 7500 PSI es decir corresponde a la presión de 7000 PSI.

Para hallar la elongación a los 7500 PSI se procede de la siguiente manera:

7000 PSI ----- Medida Cm tomada a los 7000 PSI

7500 PSI ----- X= Medida en campo Cm



Con la elongación hallada en campo a los 7500 PSI se halla el porcentaje de elongación respecto a la de diseño:

$$\%E = \frac{\text{Elongación campo}}{\text{Elongación diseño}} * 100$$

Finalmente en el tensionamiento se debe chequear en campo que se aplique la carga de diseño y en función de esta se verifica la elongación del cable.

### ✓ MÉTODO PARA COMPROBAR LA CARGA EN EL GATO HIDRÁULICO

La celda de carga como se ilustra en la IMAGEN 23, es uno de los métodos para verificar la carga en el gato hidráulico, esta se coloca antes del gato hidráulico para verificar la calibración del mismo, la presión que se lee en la bomba se convierte en KN y debe ser la misma lectura en la celda de carga en KN.

**IMAGEN 23. CELDA DE CARGA**



Fuente: Autor.

## ✓ DESPLAZAMIENTO DEL CARRO DE AVANCE

- Se bloquea el carro de avance con cuatro gatos de 80 toneladas, para mover los rieles y los rodillos de las vigas túnel y alero, los rieles se fijan con un pisa rieles como se relaciona en la IMAGEN 24.

**IMAGEN 24. BLOQUEO DEL CARRO DE AVANCE**



Fuente: Autor.

- Se retiran los gatos de bloqueo y se instala un gato a cada lado del rombo, a este gato se le coloca un anclaje que sirve de soporte mientras se ejerce la presión, luego con la bomba hidráulica.
- Se genera una presión al gato y con el embolo empuja el patín y se desplaza el carro de avance en su totalidad por medio de los rieles como se muestra en la IMAGEN 25.

## IMAGEN 25. DESPLAZAMIENTO DEL CARRO DE AVANCE



Fuente: Autor.

El desplazamiento se realiza por etapas desplazando el anclaje del gato porque está limitado a la longitud del embolo del gato de 1 m y la distancia a desplazar es de 4 a 5 m.

- Finalmente el carro de avance queda desplazado en su totalidad como se muestra en la IMAGEN 26, para posteriormente instalar refuerzo, ductos, realizar el vaciado y tensionar.

## IMAGEN 26. TOTALMENTE DESPLAZADO DEL CARRO DE AVANCE



Fuente: Autor.

✓ **TENSIONAMIENTO DE CABLES DE CONTINUIDAD**

El tensionamiento de continuidad se realiza después de unir los Voladizos para contrarrestar la flexión generando un momento positivo.

✓ **DESMONTE DEL CARRO DE AVANCE**

Para unir el puente con la dovela de cierre no se desmontan los carros hasta que se funda la dovela.

✓ **CONSTRUCCIÓN DE MUROS PARAPETO Y COLOCACIÓN DE BARANDAS.**

✓ **INSTALACIÓN DE JUEGAS DE DILATACIÓN.**

✓ **PRUEBA DE CARGA.**

✓ **CAPA DE RODADURA**

## **5. RECURSOS DISPONIBLES**

### **5.1 Recursos humanos**

Para realizar las actividades dentro de la compañía cuento con: el acompañamiento de los ingenieros de frente de la interventoría que son las personas que me informan cuando se va a realizar algún procedimiento en el puente, con los inspectores de la vía y del puente ellos me brindan información de procedimientos adicionales que sirven como complemento a los informes y también me avisa cuando se vaya a realizar un proceso constructivo definido en planos que sea importante describir, con el apoyo de mis jefes los cuales realizan las correcciones y comentarios adicionales a la versión final del informe antes de ser enviado a los demás ingenieros de ISAGEN, con los ingenieros de la asesoría quienes me brindan información adicional en caso de necesitarla.

### **5.2 Recursos institucionales**

INGETEC, es la empresa que presta el servicio de asesoría al proyecto, por lo tanto ellos son los encargados de enviar a ISAGEN información como: planos, comunicaciones y notas de campo con definición de tratamientos, soluciones, ensayos o procesos constructivos; por pertenecer a ISAGEN. Como practicante puedo tener acceso a toda esta información y utilizarla para incluirla dentro de los informes.

Consortio INTEGRAL VQ, es la empresa que da el apoyo de interventoría al proyecto, ellos envían solicitudes de actividades que se deben realizar en el puente, proporcionan también la información de resultados de ensayos realizados

e información de avance en las actividades, cuento también con acceso a esta información en caso de necesitarla para complementar los informes que produzca.

ISAGEN, cuento con las instalaciones del campamento El Cedral y los recursos dispuesto allí para hacer los informes y reunir toda la información, me brindan el transporte hasta el sitio en obra donde se realizarán las actividades, además me dotan de todo el equipo de protección personal para poder estar en la obra haciendo el registro de la información.

### **5.3 Materiales**

Cámara fotográfica, para hacer un registro fotográfico de las actividades que se ejecutan en la obra.

Computador, para almacenar la información y procesaría.

Equipo de protección personal, para poder estar en obra y realizar el seguimiento de cada actividad que lo requiera.

Transporte, para poder transportarme hasta el sitio de la obra.

Todos los recursos anteriores son suplidos por ISAGEN, la empresa me proporciona todo esto para mis tareas cotidianas como practicante y puedo hacer uso de los mismos para desarrollar adecuadamente el proyecto de grado.

## 6. ACTIVIDADES

- ✓ Hacer seguimiento a la programación de obra, proceso constructivo y actividades diarias del puente Mata de Cacao, para tener un control del avance del programa versus lo ejecutado.
- ✓ Revisión diaria de la documentación que llega a la obra con el fin de conocer toda la información de los trabajos de obra y el desarrollo del contrato como:
  - Notas de campo
  - Comunicaciones
  - Informes diarios
  - Planos
  - Correos electrónicos
- ✓ Tener contacto frecuente con la interventoría y la asesoría del proyecto para retroalimentarme sobre el desarrollo de pruebas y ensayos, procedimientos constructivos y fechas de ejecución de cada una de estas actividades.
- ✓ Ejecutar una visita semanal a la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja y en especial al Puente Mata de Cacao, realizando el seguimiento a cada uno de los frentes de trabajo y posteriormente elaborar un informe con la respectiva descripción y registro fotográfico de lo observado en la visita de obra.

## **7. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO CUMPLIDO A LA FECHA**

### **7.1 SEGUIMIENTO A LA PROGRAMACIÓN DE OBRA, PROCESO CONSTRUCTIVO Y ACTIVIDADES DIARIAS DEL PUENTE MATA DE CACAO**

El seguimiento del puente Mata de Cacao se desarrolla realizando una visita semanal, registrando las actividades que día a día se van ejecutando y con esta duración real se hace un paralelo con la duración teórica que se encuentra en la programación avalada y vigente.

### **7.2 REVISIÓN DIARIA DE LA DOCUMENTACIÓN**

#### **7.2.1 NOTAS DE CAMPO**

La nota de campo es una instrucción rápida para definir un tema técnico de los procedimientos a realizar en obra y se procede de la siguiente manera:

- ✓ Se lee la nota de campo identificando la instrucción técnica.
- ✓ se redacta una breve explicación por correo electrónico al tutor y coordinador.
- ✓ La información se guarda en el servidor y se archiva.



## **7.2.2 COMUNICACIONES**

Las comunicaciones cruzadas entre la interventoría el contratista, INGETEC (diseños) e ISAGEN llegan al correo y se debe hacer un seguimiento:

- ✓ Leer la información para estar enterada de las autorizaciones contractuales y procedimientos constructivos.
- ✓ Después se guardan en el servidor de la empresa.

## **7.2.3 PLANOS**

Estos planos llegan a ISAGEN remitidos por INGETEC (diseños) y se procede de la siguiente manera:

- ✓ Se revisan los planos si hay cambios o si son nuevos.
- ✓ De acuerdo al paso anterior se le comunica al tutor para compartirle los cambios o el motivo por el cual llegaron los planos.
- ✓ Finalmente se envía una carta a la interventoría remitiendo los planos para que le comuniquen al contratista los trabajos que debe realizar.
- ✓ Luego se archiva en la carpeta y en el listado maestro de planos.

## **7.3 TENER CONTACTO FRECUENTE CON LA INTERVENTORÍA DEL PROYECTO PARA RETROALIMENTARME SOBRE EL DESARROLLO DE PRUEBAS Y ENSAYOS**

Semanalmente se realiza una visita a la interventoría para tener conocimiento sobre los trabajos en ejecución y el procedimiento que se está llevando acabo,

adicionalmente estar informada sobre los controles de tensionamiento de cables del puente Mata de Cacao; con esta información y los planos se procede a la verificación del cumplimiento de las especificaciones requeridas.

## **7.4 VISITA SEMANAL A LA OBRA**

Semanalmente se realiza una visita a la obra para inspeccionar los frentes activos e inactivos, cuando un trabajo falta por ejecutar se conoce debido al seguimiento de las notas de campo y comunicaciones cruzadas.

Durante el recorrido se toman registros fotográficos y la descripción de lo que se está ejecutando para así generar un informe que deberá ser presentado al coordinador y tutor.

## **7.5 APOYO AL SUPERVISOR Y COORDINADOR DEL PROYECTO**

Apoyar las actividades que me encomiende el coordinador como el tutor por ejemplo en este periodo de tiempo fue este caso:

### **7.5.1 SEÑALIZACIÓN<sup>9</sup>**

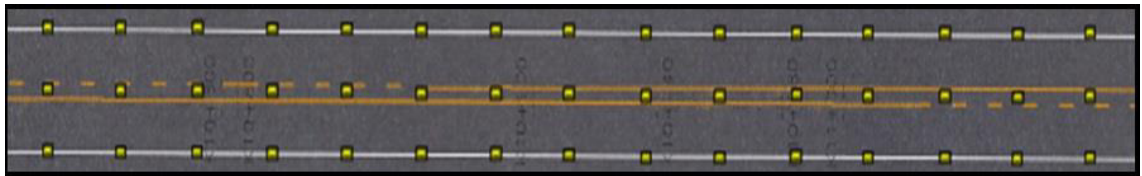
Como apoyo al supervisor se realizó el cálculo del número de tachas para la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja que se desarrolló de la siguiente manera:

---

<sup>9</sup> INSTITUTO NACIONAL DE INVIAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras. Bogotá. República de Colombia ministerio de transportes, 2007.

- ✓ Se efectuó la interpretación del manual del INVIAS 2007, en las especificaciones generales de construcción de carreteras en el artículo “701-07 tachas” en donde se encuentran las indicaciones en cuanto a la distancia que se debe tener en la colocación de las tachas dependiendo de la metodología, si es “continua” o “tres bolillos”.
- ✓ Se generó una representación gráfica de la distribución de las tachas en la vía como se muestra en la FIGURA 10.

**FIGURA 10. TACHAS REFLECTIVAS**



Fuente: Autor.

- ✓ De acuerdo a la norma se realizó una hoja de cálculo en Excel para saber el número de tachas en la vía, realizando dicho formato se tomó la decisión de tener en cuenta los siguientes parámetros:
  - Calcular las tachas por línea central y laterales.
  - Separar los tramos rectos de las curvas.
  - Teniendo el número de tachas se envió el informe al coordinador y al supervisor para ser tenido en cuenta en sus decisiones.

## 7.5.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD

Se efectuó una investigación para saber cómo afecta el módulo de elasticidad de la mezcla de concreto en la deflexión de la estructura y se desarrolló de la siguiente manera:

- ✓ se recurrió al ingeniero de puentes de la interventoría y el director de obra del puente los cuales compartieron la explicación del tema.
- ✓ Se realizó un informe para explicar cómo afecta el módulo de elasticidad de la mezcla de concreto en la deflexión de la estructura además se aclaró que se debe tener en cuenta en las cotas de construcción del puente.
- ✓ Finalmente el informe fue enviado al supervisor y coordinador para conocimiento de los mismos.

## 7.5.3 ENSAYO DEL IRI<sup>10</sup>

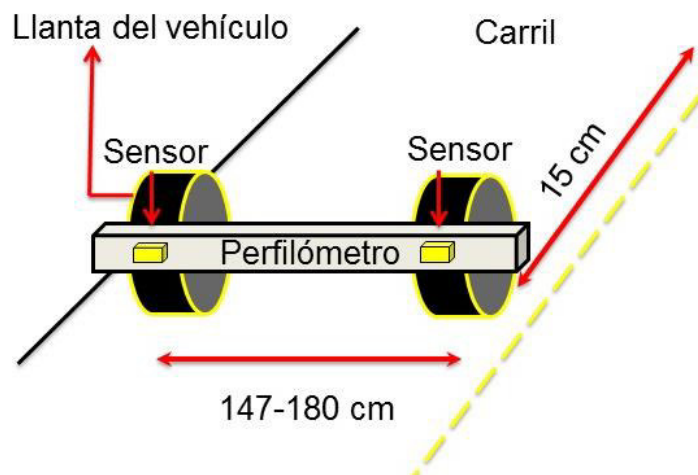
Como apoyo al supervisor se realizó un informe al ensayo del índice de rugosidad que mide el confort la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja y se desarrolló de la siguiente manera:

- ✓ Se efectuó la interpretación de la norma INVIAS 2007, en las especificaciones generales de construcción de carreteras en el artículo “790-07 índice de rugosidad internacional” en donde se encuentran las indicaciones en la medición como se muestra en la FIGURA 11.

---

<sup>10</sup> INSTITUTO NACIONAL DE INVIAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras. Bogotá. República de Colombia ministerio de transportes, 2007.

**FIGURA 11. MEDICIÓN DEL IRI**



Fuente: Autor.

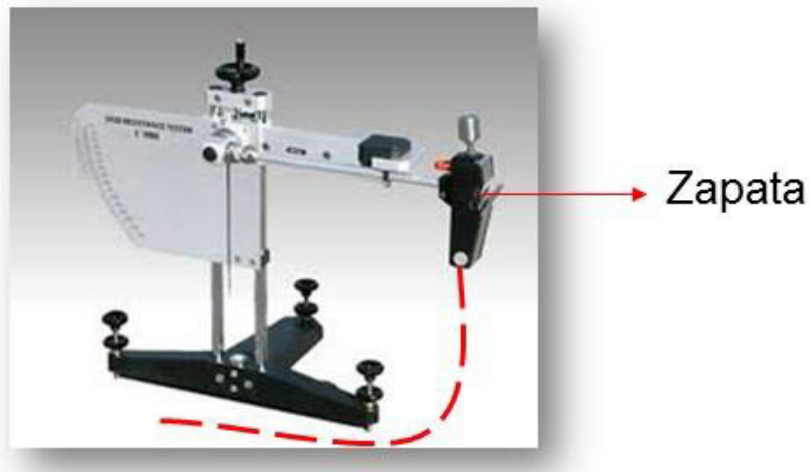
- ✓ Se realizó un informe con el procedimiento que se debe ejecutar en la medición del índice de rugosidad de la vía para chequear que la empresa que realizó el ensayo haya procedido de acuerdo a la norma.
- ✓ Posteriormente se realizó un análisis a los resultados presentados por el laboratorio y se hizo un chequeo en base a los valores admisibles de la norma y también se adjuntó en el informe.
- ✓ Teniendo el procedimiento y el análisis del ensayo se envió el informe al coordinador y al supervisor dando conocimiento del procedimiento y los resultados finales.

#### **7.5.4 ENSAYO DEL PÉNDULO BRITÁNICO**

Se realizó un informe del ensayo del coeficiente de resistencia al desplazamiento usando el péndulo británico como se muestra en la FIGURA 12.

Este ensayo mide la resistencia al deslizamiento y la seguridad de la vía Bucaramanga –Barrancabermeja y se desarrolló como se relaciona:

**FIGURA 12. PÉNDULO BRITÁNICO.**



Fuente: Autor.

- ✓ Se realizó la interpretación a la norma INVIAS 2007, en las especificaciones generales de construcción de carreteras en el artículo “792-07 Coeficiente de resistencia al deslizamiento usando el péndulo británico” en la cual indican el procedimiento para realizar dicho ensayo.
- ✓ Se generó un informe con el procedimiento del ensayo y luego chequear que la empresa que lo procedió se haya basado en la norma.
- ✓ Se realizó un análisis con los resultados emitidos por el laboratorio y después se chequearon los valores admisibles en la norma y se anexaron en el informe.
- ✓ Teniendo el procedimiento y el análisis del ensayo se envió el informe al coordinador y al supervisor dando conocimiento del procedimiento y los resultados finales.

### **7.5.5 TENSIONAMIENTO**

Se formalizó un informe con el procedimiento que se lleva a cabo en el tensionamiento de los cables del puente y se procedió de la siguiente manera:

- ✓ Se ejecutaron varias visitas al puente para observar el procedimiento y tomar registros fotográficos.
- ✓ Después se discutió sobre el tema con el supervisor y el Ingeniero de puentes de la interventoría para despejar dudas.
- ✓ Se estudiaron los planos de tensionamiento de cables del puente para saber si era un anclaje móvil o fijo y saber el número del cable que pertenecía a cada dovela.
- ✓ Se analizó como se halla las elongaciones y la presión a ejercer en el gato hidráulico.
- ✓ Se observó en campo un método de verificación de la presión en el gato hidráulico.
- ✓ Se plasmó la información en una presentación como informe del tema.
- ✓ Finalmente la presentación del informe fue enviado al coordinador y supervisor que queda como memoria para ellos y la empresa.

### **7.5.6 DESPLAZAMIENTO DEL CARRO DE AVANCE**

Se realizó un informe con el procedimiento para el desplazamiento del carro de avance y se desarrolló de la siguiente manera:

- ✓ Se ejecutaron varias visitas al puente para observar el procedimiento y tomar registros fotográficos.
- ✓ Después se discutió sobre el tema con el supervisor y el director de obra del puente para despejar dudas.
- ✓ Se plasmó la información en una presentación como informe del tema.
- ✓ Finalmente la presentación del informe fue enviado al coordinador y supervisor que queda como memoria para ellos y la empresa.

## **8. APORTE AL CONOCIMIENTO**

### **8.1 APORTE A LA EMPRESA**

Se ha realizado el acompañamiento en obra, la asistencia en las tareas que se ejecutan y se ha venido elaborando presentaciones de los procedimientos de construcción de la superestructura y ensayos que se le realizan a la vía, que serán entregados a cada uno de los integrantes del grupo y de igual manera quedan como memorias para la empresa.

### **8.2 APORTE AL CONOCIMIENTO**

Durante la práctica he afianzado conceptos adquiridos en la universidad con el empalme de la práctica; en primer lugar he aprendido los procesos constructivos de la superestructura del puente, el control de programación del mismo, las duraciones de construcción, la interpretación de planos, el manejo y cuidados que se le deben dar a los materiales para la mezcla de concreto en la planta.

En la vía he aprendido a interpretar los ensayos de la norma INVIAS y como se efectúan en campo, interpretación de resultados de laboratorio, el tema de señalización tanto horizontal como vertical de la vía, como son los tramos de adelantamiento, el análisis de la cantidad y distribución de las tachas, remoción de tierra, funcionamiento de maquinaria, tratamiento de taludes, obras de drenajes y manejo de aguas, construcción de presupuesto de obra, la interpretación de las cantidades de obra en las actas, la parte contractual de la obra, la interacción que hay entre la gerencia con la interventoría y el contratista, la importancia de dejar todo por escrito.



Se ha hecho una adopción del lenguaje técnico e ingenieril necesario para la adecuada comunicación entre profesionales afines a la Ingeniería Civil.

## 9. CONCLUSIONES

Se ejecutó un seguimiento a la programación de las actividades diarias y los procesos constructivos de la súper estructura y se pudo definir un rendimiento por dovelas.

Se revisó la correspondencia cruzada entre la interventoría, la asesoría, el contratista y la gerencia del proyecto para saber cómo iba la ejecución en obra y los procedimientos a autorizar y el estado de la parte contractual.

Se estudió y analizó los planos especificaciones técnicas lo cual se ve reflejado en el procedimiento constructivo que se describió paso a paso de la súper estructura.

Se realizó semanalmente un informe de los trabajos que se ejecutaron en obra de la vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja.

Se brindó apoyo al supervisor realizando el análisis de las normas y especificaciones al IRI, Péndulo británico, señalización y construcción de presupuestos.

## 10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se describe a continuación el cronograma de actividades a desarrollar durante la práctica empresarial de la estudiante Melissa V. Mejía Carrillo (Tabla 1).

**Tabla 1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.**

N°	ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
1.	Hacer seguimiento a la programación de obra, proceso constructivo y actividades diarias del puente Mata de Cacao, para tener un control del avance del programa versus lo ejecutado.						
2.	Revisión diaria de la documentación que llegue a la obra con el fin de conocer toda la información de los trabajos de obra y el desarrollo del contrato como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notas de campo</li> <li>• Comunicaciones</li> <li>• Informes diarios</li> <li>• Planos</li> <li>• Correos electrónicos</li> </ul>						
3.	Tener contacto frecuente con la interventoría del proyecto para retroalimentarme sobre el desarrollo de pruebas y ensayos, procedimientos constructivos y fechas de ejecución de cada una de estas actividades.						
4.	Ejecutar una visita semanal a la Vía sustitutiva Bucaramanga-Barrancabermeja y en especial al puente Mata de Cacao, realizando el seguimiento a cada uno de los frentes de trabajo y posteriormente elaborar un informe con la respectiva descripción y registro fotográfico de lo observado en la visita de obra.						

**Fuente:** Autor.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ISAGEN S.A. E.S.P. Energía productiva. Nuestra empresa, misión y visión. Disponible en: <<http://www.isagen.com.co/nuestra-empresa/gestion-de-proyectos/ejecucion-proyectos-de-generacion/proyecto-sogamoso/>> (Citado el 4 de agosto 2014)
2. MONTERO, Samuel. Ingeniería de puentes. Bucaramanga (Biblioteca Alejandría) ISBN 978-958-8506-07-4: Ediciones Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.
3. Fundamentos de hormigón simple. Disponible en: <<http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon01.htm>> (Citado el 19 de noviembre 2014).
4. Puentes en hormigón armado. Disponible en: <<http://puentes.galeon.com/tipos/pontshormigonarm.htm>> (Citado el 19 de noviembre 2014).
5. Hormigón pretensado. ¿Qué es el hormigón pretensado? Disponible en: <[http://www.uned.es/dpto-icf/ampl\\_e\\_h\\_a\\_pretensado/images/Introduccion\\_al\\_hormigon\\_pretensado.pdf](http://www.uned.es/dpto-icf/ampl_e_h_a_pretensado/images/Introduccion_al_hormigon_pretensado.pdf)> (Citado el 19 de noviembre 2014).
6. Concreto postensado. El postensado Disponible en: <[faumateriales.files.wordpress.com/2008/09/concreto-postensado.pptx](http://faumateriales.files.wordpress.com/2008/09/concreto-postensado.pptx)> (Citado el 19 de noviembre 2014).
7. ISAGEN S.A. E.S.P. Energía productiva. Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: Ediciones INGETEC ingeniería & diseños S.A, 2014, Pág. 10-15.
8. Construcción de viaductos de dovelas prefabricadas. Disponible en: <[http://www.fccco.com/construccion/wcm/idc/groups/public/documents/document/mdaw/mdm1/~edisp/ucm\\_048123.pdf](http://www.fccco.com/construccion/wcm/idc/groups/public/documents/document/mdaw/mdm1/~edisp/ucm_048123.pdf)> (Citado el 19 de noviembre 2014).

9. INSTITUTO NACIONAL DE INVIAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras. Bogotá. República de Colombia ministerio de transportes, 2007.