



**Implementación de una red de control horizontal y vertical entorno al puente ESPE-Playa Chica,  
mediante observaciones topográficas convencionales y GNSS, para generar un programa de control de  
deformaciones.**

Carrera Andrango, Johana Alejandra

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil

Msc. Sinda Gonzáles, Izar

6 de abril del 2021



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Carrera Alejandra Tesis .pdf (D100624942)  
**Submitted:** 4/5/2021 2:51:00 AM  
**Submitted By:** iisinde@espe.edu.ec  
**Significance:** 1 %

Sources included in the report:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8666/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instances where selected sources appear:

4



Firmado electrónicamente por:  
IZAR SINDE  
GONZALEZ



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación: "Implementación de una red de control horizontal y vertical entorno al puente ESPE-Playa Chica, mediante observaciones topográficas convencionales y GNSS, para generar un programa de control de deformaciones"; fue realizado por la señorita Carrera Andrango, Johana Alejandra el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolqui, 28 de marzo 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por  
ISAR SINDE  
GONZALES

---

**Msc. Sinda Gonzáles, Izar**

C.C:1756491278



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, Carrera Andrango, Johana Alejandra con cédula de ciudadanía n° 1726664632, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Implementación de una red de control horizontal y vertical entorno al puente ESPE-Playa Chica, mediante observaciones topográficas convencionales y GNSS, para generar un programa de control de deformaciones" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 26 de marzo 2021

Firma:

Carrera Andrango Johana Alejandra

C.C:1726664632



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Carrera Andrango, Johana Alejandra** con cédula de ciudadanía n° 1726664632, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Implementación de una red de control horizontal y vertical entorno al puente ESPE-Playa Chica, mediante observaciones topográficas convencionales y GNSS, para generar un programa de control de deformaciones"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolqui, 26 de marzo 2021

Firma:

**Carrera Andrango Johana Alejandra**

C.C:1726664632

### **Dedicatoria**

A mi querida universidad, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por brindarme todas las facilidades para ejecutar con éxito el desarrollo de mi proyecto, y en especial al Msc. Izar Sinde, quien aceptó y dirigió el presente trabajo de integración curricular.

Carrera Alejandra

## **Agradecimiento**

A Dios por guiarme y llenarme de sabiduría en cada etapa académica y personal, por el inmenso amor que me tiene y las muchas bendiciones que ha traído a mi vida.

A mis padres Antonio y Yolanda, a quienes admiró por enseñarme a vivir con independencia, amor y responsabilidad, quienes con su sacrificio y amor me han permitido lograr cada una de mis metas.

A mi novio y amigos que durante mi etapa universitaria han compartido junto a mí, momentos de alegría, tristeza y sueños cumplidos.

Alejandra Carrera

## Índice

Resumen .....	12
Abstract .....	13
Generalidades .....	14
Planteamiento del Problema .....	14
Macro .....	14
Meso .....	14
Micro .....	15
Antecedentes .....	16
Justificación e importancia .....	16
Objetivos .....	17
Objetivo General .....	17
Objetivos Específicos .....	17
Bases Teóricas .....	19
Generalidades Puentes .....	19
Historia de los Puentes .....	19
Tipos de Puentes .....	20
Puentes de Mampostería .....	20
Puentes de Madera .....	20
Puentes de Hormigón Armado. ....	21
Puentes de Hormigón Preesforzado .....	22
Puentes de Acero .....	22
Componentes de los Puentes .....	23
Superestructura. ....	23
Subestructura .....	25
Tipos de Cargas en Puentes .....	26
Deflexiones y Contra flechas en puentes .....	27
Cálculo de deflexiones dependiendo del tiempo. ....	28
Topografía .....	29
Que es la Topografía .....	29
División básica de la Topografía .....	29
Levantamiento Topográfico Convencional .....	30



Trabajo de Campo.....	31
Norma ISO 17123 Incertidumbre del instrumento topográfico .....	32
ISO 17123-2 Incertidumbre para niveles .....	32
ISO 17123-3 Incertidumbre para Teodolitos Ángulos Verticales.....	33
Método de Posicionamiento con GPS Diferencial .....	35
Definición .....	35
Red Geodésica. ....	35
Definición .....	35
Importancia.....	36
Calidad en el diseño de una red geodésica.....	36
Tipos de Solución de una Red Geodésica. ....	37
Ajuste de Redes Geodésicas. ....	37
Proceso para ajuste de redes geodésicas .....	37
Método de Mínimos Cuadrados (MMCC).....	38
Metodología.....	40
Descripción del Área de estudio .....	40
Caracterización del Puente .....	40
Norma ISO 17123-3/ Teodolitos, determinación de precisión dirección vertical. ....	41
Norma ISO 17123-2 Niveles .....	43
Posicionamiento con GPS Diferencial .....	46
Densificación de la Red Geodésica. ....	48
Resultados.....	50
Norma ISO 17123-3/ Teodolitos, determinación de precisión dirección vertical. ....	50
Norma ISO 17123-2 Niveles .....	52
Posicionamiento con GPS Diferencial .....	54
Densificación de la Red Geodésica. ....	57
Ajuste de la red geodésica auxiliar por mínimos cuadrados. ....	70
Deformaciones determinadas en el puente. ....	89
Conclusiones y Recomendaciones .....	92
Bibliografía .....	94
Anexos.....	96

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Libreta de campo para ensayo ISO 17123-3 para ángulos verticales .....	50
<b>Tabla 2.</b> Tabla de cálculos y resultados del ensayo ISO 17123-3 para ángulos verticales.....	51
<b>Tabla 3.</b> Libreta de campo para ensayo ISO 17123-2.....	52
<b>Tabla 4.</b> Residuales obtenidos por el método del punto medio .....	53
<b>Tabla 4.</b> Residuales obtenidos por el método del punto extremo .....	53
<b>Tabla 5.</b> Resultados obtenidos del método del ensayo ISO 17123-2.....	54
<b>Tabla 6.</b> Coordenada en para el procesamiento de la Red Geodésica. ....	56
<b>Tabla 7.</b> Lecturas de espalda y frente para los puntos de la red auxiliar. ....	58
<b>Tabla 8.</b> Estación 1 desniveles sin carga .....	60
<b>Tabla 9.</b> Estación 2 desniveles sin carga .....	61
<b>Tabla 10.</b> Estación 3 desniveles sin carga .....	62
<b>Tabla 11.</b> Estación 3 desniveles sin carga .....	63
<b>Tabla 12.</b> Estación 1 desniveles con carga.....	65
<b>Tabla 13.</b> Estación 2 desniveles con carga.....	66
<b>Tabla 14.</b> Estación 3 desniveles con carga.....	67
<b>Tabla 15.</b> Estación 4 desniveles con carga.....	68
<b>Tabla 19.</b> Datos de Desnivel para el cálculo de la red auxiliar.....	70
<b>Tabla 20.</b> Cotas de los puntos principales de la red auxiliar.....	72
<b>Tabla 21.</b> Tabla de coordenadas de la red auxiliar. ....	73
<b>Tabla 22.</b> Desniveles de estación 1 y 2 .....	74
<b>Tabla 23.</b> Desniveles de estación 3 y 4 .....	75
<b>Tabla 24.</b> Coordenadas de la red geodésica sin carga.....	80
<b>Tabla 25.</b> Tabla de coordenadas de la red auxiliar. ....	81
<b>Tabla 26.</b> Desniveles de estación 1 y 2 con carga.....	81
<b>Tabla 27.</b> Desniveles de estación 3 y 4 con carga.....	82
<b>Tabla 28.</b> Coordenadas de la red geodésica sin carga.....	87
<b>Tabla 29.</b> Coordenadas de la red geodésica sin carga.....	89
<b>Tabla 30.</b> Coordenadas de la red geodésica sin carga.....	90

## Índice de figuras

Figura 1.Un árbol caído fueron los primeros inicios de un puente. ....	19
Figura 2.Puente en arco de piedra ubicado en el río Machangara-Centro de Quito .....	20
Figura 3.Puente de Madera utilizado para carga vehicular liviana.....	21
Figura 4.Puente de Hormigón Armado construido en Paraguarí .....	21
Figura 5.Puente con Vigas de Hormigón Postensado .....	22
Figura 6.Puente con vigas metálicas y Tablero de Hormigón Armado. ....	22
Figura 7.Losa de tablero apoyada sobre vigas.....	23
Figura 8.Vigas longitudinales pretensadas .....	23
Figura 9.Puente de Williamsburg Pasamanos.....	24
Figura 10.Capac de rodadura de hormigón. ....	24
Figura 11.Estribos de un puente en construcción .....	25
Figura 12.Pilas intermedias de un Puente. ....	25
Figura 13.Carga muerta presente en puentes. ....	26
Figura 14.Carga Viva en un Puente .....	27
Figura 15.Nivel Óptico Automático para topografía.....	31
Figura 16.Ubicación del Proyecto. ....	40
Figura 17.Puente ESPE-Playa Chica con tablero de hormigón armado y vigas pretensadas.....	41
Figura 18.Configuración del ensayo ISO 17123-3 .....	34
Figura 19.Fachada de la edificación para ensayo ISO 17213-3 de ángulos verticales. ....	42
Figura 20.Croquis del ensayo ISO 17123 para niveles .....	44
Figura 21.Programa Convert to RINEX.....	54
Figura 22.Transformación de fichero T02 a Bloc de notas. ....	55
Figura 23.Datos de Cota obtenido mediante programa PPP Canadá.....	55
Figura 24.Altura Geoidal obtenida en el portal IGM .....	56
Figura 25.Colocación de la Antena receptora móvil.....	57
Figura 26.Ubicación de los puntos de la red auxiliar .....	58
Figura 27.Croquis de red principal sin carga.....	59
Figura 28.Croquis de red principal con carga .....	64
Figura 29.Colocación de la carga sobre el puente ESPE-Playa Chica .....	69
Figura 30.Croquis de apoyo para el ajuste de mininos cuadrados de los desniveles.....	70
Figura 31.Croquis de apoyo para ajuste de mininos cuadrados de las observaciones sin carg.....	75
Figura 32.Croquis de apoyo para ajuste de mininos cuadrados de las observaciones con carga.83	
Figura 33.Deformaciones determinadas en el puente sentido ESPE-Playa Chica .....	91
Figura 34.Deformaciones determinadas en el puente sentido Playa Chica- ESPE .....	91

## Resumen

El presente proyecto de investigación está enmarcado dentro del área geoespacial. Por su introducción en diferentes campos de la Ingeniería Civil ha permitido un mayor desarrollo tecnológico en el ámbito vial, estructural, hidráulico y de proyectos. En el presente Proyecto se busca evidenciar el beneficio tecnológico geoespacial dentro de dos principales ramas de la Ingeniería Civil (Vial y Estructural). Se plantea un objetivo general y cuatro específicos en los cuales se implementará una red de control geodésica ubicada en el puente “ESPE-Playa Chica”, mediante observaciones topográficas convencionales y GNSS, para la generación de un programa de control de deformaciones. Para su cumplimiento se realizará una investigación bibliográfica que permita determinar los parámetros de deformación admisibles para un puente con las mismas características que el puente en estudio, también se llevará a cabo la ejecución de una red de control. La misma que será ajustada mediante mínimos cuadrados. También se incluyen la generación de un reporte técnico que contienen la comparación de los resultados de la medición con y sin carga vehicular, con esto se pretende obtener un reporte de control de deformación del puente ESPE-Playa Chica.

Palabras Clave:

- ◆ **GEOESPACIAL**
- ◆ **GNSS**
- ◆ **PUENTE**
- ◆ **DEFORMACIÓN**

### **Abstract**

This research project is framed within the geospatial area. Due to its introduction in different fields of Civil Engineering, it has allowed greater technological development in the road, structural, hydraulic and project fields. This Project seeks to demonstrate the geospatial technological benefit within two main branches of Civil Engineering (Road and Structural). A general objective and four specific one are proposed in which a geodetic control network located in the bridge "ESPE-Playa Chica" will be implemented, by means of conventional topographic observations and GNSS, for the generation of a deformation control program. To comply with it, a bibliographic investigation will be carried out to determine the admissible deformation parameters for a bridge with the same characteristic as the bridge under study, and a control network will also be carried out. The same that will be adjusted by means of least squares. It also include the generation of a technical report that contains the comparison of the measurement result with and without vehicular load, with this it is intended to obtain a deformation control report of the ESPE-Playa Chica bridge.

Key Words:

- **GEOSPATIAL**
- **GNSS**
- **BRIDGE**
- **DEFORMACIÓN**

## Generalidades

### Planteamiento del Problema

#### *Macro*

Generalmente se construye y diseña un puente para que tengan una vida útil de 50 años pero durante el uso y la falta de monitoreo adecuado se ve afectado ese tiempo de vida, dentro de la construcción de un puente se ha dejado de lado el monitoreo y mantenimiento de esta estructura, ya que al ser más compleja la estructura y la geotecnia se suelen dejar en el olvido el monitoreo, tanto en su etapa de construcción como en su etapa de servicio posteriormente.

Valiéndose de las herramientas y métodos que ofrece la tecnología geoespacial se ha visto la necesidad de adoptar esta metodología en beneficio de varias ramas de la ingeniería civil como: vial, hidráulica y estructural, en lo que se refiere a la parte estructural de un puente mediante observaciones topográficas y con ayuda de una carga mediante la comparación se puede obtener deformaciones dentro de un puente que sería una forma de monitorear la estructura y alargar su vida útil.

#### *Meso*

Hay que reconocer que en nuestro país y en países latinoamericanos no se tiene el hábito de realizar monitoreo de puentes durante su etapa de servicio, en la actualidad no se han desarrollado políticas o manuales de monitoreo por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, ni mucho menos por gobiernos seccionales, para el caso de puentes con un alto nivel de complejidad o importancia, el presente proyecto no pretende realizar un manual para Monitoreo de puentes si no demostrar como la tecnología geoespacial permite determinar las

deformaciones ocasionadas por el puente expuesto a una sobrecarga, mediante observaciones topográficas ajustadas mediante mínimos cuadrados.

### ***Micro***

En nuestro país el monitoreo de puentes generalmente está asociado a aspectos cosméticos más que al aseguramiento del tiempo de vida útil del puente ya que quienes diseñan y construyen puentes, tienen una responsabilidad técnica legal alrededor de 10 años a partir de la entrega del puente, para implementar la cultura del monitoreo de puentes mediante observaciones topográficas se desarrolla el siguiente trabajo en el puente “ESPE-Playa Chica”, ubicado en Av. General Rumiñahui, Salgolquí, provincia de Pichincha a 3 minutos de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE.

## **Antecedentes**

La tecnología geoespacial dentro de sus ramas más importantes como es la topografía es la encargada de representar de forma detallada la superficie de un terreno, pero no solo se limita a describir la forma si no también la elevación de dicha superficie.

La topografía es fundamental en la realización de obras de ingeniería y se debe realizar enfocada en tres puntos: Responsabilidad, velocidad y sencillez, hablamos de responsabilidad en la ejecución de la obra al momento de ser ubicada ya que una mala ubicación puede llevar a una mala realización de la obra, en lo referente a velocidad una adecuada y eficiente utilización de equipos topográficos hace eficiente la obra en su complemento y sencillez debido a que las medidas y croquis deben ser fáciles de comprender ya que puede ser motivo de errores.

Dentro de las observaciones topográficas hay que tener en cuenta que existen varias fuentes de errores como: errores en la medida de ángulos y distancia, selección inadecuada de estaciones lo que provoca malas condiciones de observación, desorden en libretas de campo que se vuelven poco legibles.

En la actualidad se ha desarrollado diferentes métodos que nos permiten corregir malas observaciones como es el uso de mínimos cuadrados para el ajuste de redes geodésicas.

## **Justificación e importancia**

Los puentes son estructuras muy complejas y en nuestro país no se tiene la cultura del monitoreo adecuado tanto en su etapa de construcción como en la de servicio, el presente trabajo busca incentivar a los profesionales de la ingeniería civil encargados del diseño y construcción de puentes a implementar el uso de tecnologías geoespaciales como un medio alternativo para determinación de deformaciones en etapa de servicio como una forma de



mantenimiento y monitoreo, ya que en la actualidad este procedimiento está orientado más a la parte cosmética.

Dentro de las observaciones topográficas se presentan innumerables errores como: fallas humanas, limitaciones del instrumento a utilizarse o condiciones externas al trabajo realizado en campo, estos errores muchas veces son inevitables pero muchas veces si pueden ser corregidos mediante métodos estadísticos como son mínimos cuadrados, por lo tanto cada observación realizada estará acompañada irremediablemente por un rango de error que determina la calidad de los resultados pero que pueden ser corregidos el método anteriormente mencionado.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Implementar una Red de Control Geodésica ubicada en el puente “ESPE-Playa Chica”, mediante observaciones topográficas convencionales y GNSS, para la generación de un programa de control de deformaciones

### ***Objetivos Específicos***

- ◆ Realizar una investigación bibliográfica de los parámetros normativos de deformación admisibles de un puente con las características al puente “ESPE-Playa Chica.”
- ◆ Materializar una Red de Control (horizontal y vertical entorno al puente mediante mínimos cuadrados.
- ◆ Realizar medidas de ángulos y distancias desde la red hacia los puntos de control en el Puente.

- ♦ Comparar los resultados de la medición con y sin carga vehicular para la generación de un reporte técnico.

## Bases Teóricas

### Generalidades Puentes

#### *Historia de los Puentes*

Los puentes probablemente son un ejemplo del ingenio de la humanidad a lo largo del tiempo, se dice que el primer puente fue un árbol caído y partió de la necesidad de vencer obstáculos topográficos, pero rápidamente ese tronco caído se convirtió en dos lo que facilitó el uso al ser humano.

#### **Figura 1.**

*Un árbol caído fueron los primeros inicios de un puente.*



*Nota:* El gráfico muestra el origen de un puente. Tomado de: (CurioSfera, 2020)

**Puente.** Es la realización de la plataforma del camino cuando este despega del suelo, generalmente se utiliza este término para representar a las estructuras viales, que permiten cruzar obstáculos naturales como quebradas, canales, ríos, etc. (Elivo & Eligio, 2014).

### ***Tipos de Puentes.***

Los Puentes se clasifican de la siguiente manera:

**Puentes de Mampostería.** Son los puentes más antiguos de la historia, generalmente se encuentran puentes de forma de arco de material de piedra que aprovechando su estupenda geometría trabajan fundamentalmente a compresión y eliminan totalmente el efecto de flexión (Romo, 2018), vencen luces de hasta 10 m.

### **Figura 2.**

*Puente en arco de piedra ubicado en el río Machangara-Centro de Quito*



*Nota:* El grafico muestra un ejemplo de puente de mampostería en arco ubicado en el Rio Machangara en el centro de la ciudad de Quito. Tomado de: (Romo, 2018)

**Puentes de Madera.** Los puentes de madera se usan para luces de hasta 20 m para vehículos livianos una de las ventajas de construir este tipo de puentes es la parte económica ya que reduce costos significativamente.

**Figura 3.**

*Puente de Madera utilizado para carga vehicular liviana*



*Nota:* La figura representa un puente de madera uno de los más económicos constructivamente. Tomado de: (Dupi, 2021)

**Puentes de Hormigón Armado.** En Ecuador este tipo de puentes se han utilizado para luces de hasta 25 m, debido al costo y peso no puede exceder esta luz, convirtiéndose en una gran desventaja constructiva los encofrados ya que no pueden aportar cualquier forma (Romo, 2018).

**Figura 4.**

*Puente de Hormigón Armado construido en Paraguarí*



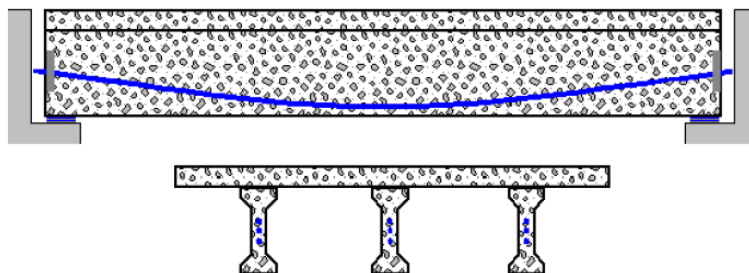
*Nota:* La figura muestra un puente de Hormigón construido en Paraguarí en el año 2020.

Tomado de: (Paraguay, 2020)

**Puentes de Hormigón Preesforzado.** Este tipo de puentes pueden ser pretensados o potensados y pueden ser construidos en luces de hasta 45 m, generalmente son construidos en base a dos tecnologías que son la fundición y el tensado (Romo, 2018).

**Figura 5.**

*Puente con Vigas de Hormigón Postensado*

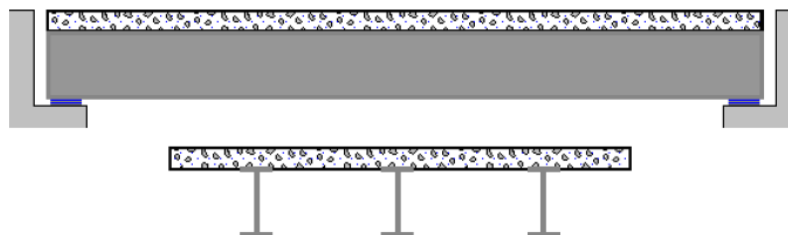


*Nota:* La figura presenta un puente con vigas de Hormigón Postensado. Tomado de:  
(Romo, 2018)

**Puentes de Acero.** Estos puentes han permitido alcázar luces de hasta 70 m, pero constructivamente resultan más costosos debido a la utilización de materiales importados y la necesidad de realizar constante mantenimiento, pero a la larga resultan rápidamente constructivos.

**Figura 6.**

*Puente con vigas metálicas y Tablero de Hormigón Armado.*



*Nota:* El Grafico muestra la representación de un puente metálico con Tablero de Hormigón Armado. Tomado de: (Romo, 2018)

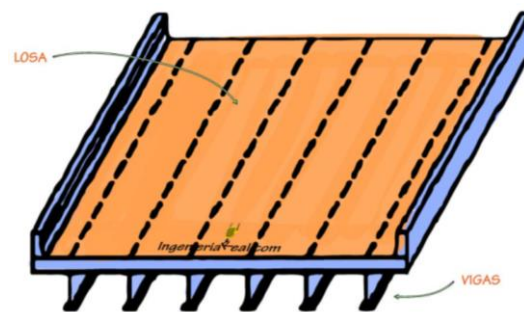
### **Componentes de los Puentes**

**Superestructura.** Es la parte del puente donde circula la carga vehicular y peatonal y se compone de

- ♣ **Losa de tablero.** Sitio donde actúan los vehículos directamente.

#### **Figura 7.**

*Losa de tablero apoyada sobre vigas*



*Nota:* La figura muestra una losa de tablero apoyada en vigas metálicas. Tomado de: (Pinto, 2012)

- ♣ **Vigas longitudinales y transversales.** Las vigas longitudinales son las principales y reciben la carga que es transmitida por la losa y estos son transmitidos a las pilas, las vigas longitudinales suelen ser continuas o simplemente apoyadas (Romo, 2018).

#### **Figura 8.**

*Vigas longitudinales pretensadas*



*Nota:* La figura describe la colocación de vigas longitudinales pretensadas en el puente Bahía-San Vicente. Tomado de: (Romo, 2018)

- ◆ **Aceras y pasamanos.** Este tipo de estructura permite la circulación peatonal a través del puente

**Figura 9**

*Puente de Williamsburg Pasamanos*



*Nota:* El gráfico muestra los pasamanos de un puente ubicado en Williamsburg. Tomado de:  
(Lopez, 2020)

- ◆ **Capa de rodadura.** Generalmente la capa de rodadura puede ser de asfalto o de hormigón armado, la capa de rodadura asfáltica requiere de contante mantenimiento debido al desgaste, mientras que la capa de hormigón proporciona un sobre-espesor a la losa.

**Figura 10.**

*Capa de rodadura de hormigón.*



*Nota:* El presente gráfico muestra la capa de rodadura de hormigón mientras es colocado sobre el tablero del puente. Tomado de: (Gil, 2018)



**Subestructura.** Es la parte del puente que se encarga de enviar o transmitir la carga desde la superestructura hacia el suelo y está compuesta por:

- ◆ **Estribos.** Tienen diferentes configuraciones y se ubican tanto al final como el inicio del puente. (Romo, 2018)

**Figura 11.**

*Estribos de un puente en construcción*

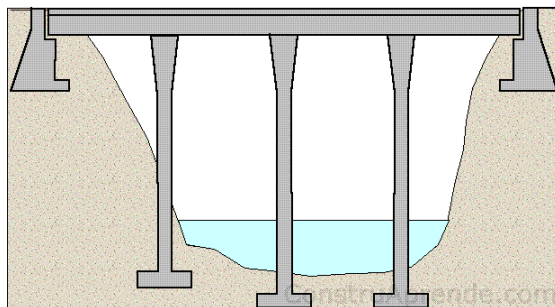


*Nota:* La figura muestra los estribos en construcción de un puente en Madrid-España. Tomado por: (Mohr, 2017)

- ◆ **Pilas.** Se encuentran ubicados en medio del puente y permiten la disminución de las luces del puente, permitiendo así la reducción del costo del puente.

**Figura 12**

*Pilas intermedias de un Puente.*



*Nota:* La imagen muestra la ubicación de pilas intermedias dentro de la construcción de un puente. Tomado de: (López, 2012)

### ***Tipos de Cargas en Puentes***

- ◆ **Carga Muerta.** Esta carga está constituida por en el peso propio de la estructura, incluyendo el peso de la capa de rodadura, pasamanos e instalaciones.

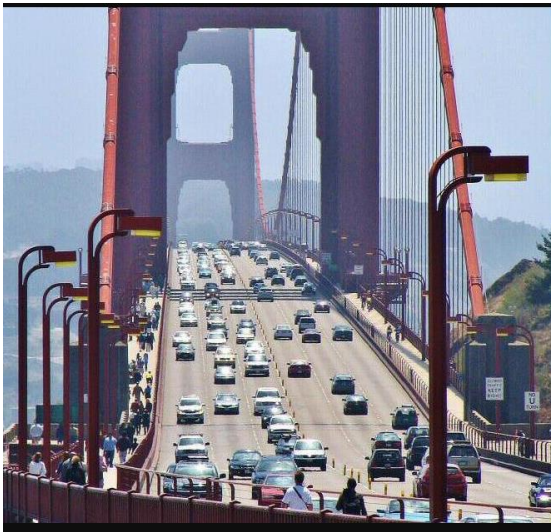
#### **Figura 13.**

*Carga muerta presente en puentes.*



*Nota:* La imagen ilustra las partes que conforma la carga permanente de un puente como es la capa de rodadura, pasamanos e instalaciones. Tomado de: (Lobo & Mora.Greivin, 2020).

- ◆ **Carga Viva.** Es el peso de la carga móvil y corresponde a camiones y carros en circulación, también forma parte de esta carga la presencia de peatones.

**Figura 14***Carga Viva en un Puente*

*Nota:* Carga vehicular en el Puente colgante Golden Gate en la Bahía- San Francisco. Tomado de:  
(Sarralde, 2019)

- ◆ **Carga Sísmica.** Modelada como equivalente estático y como efecto dinámico. (Romo, 2018).
- ◆ **Carga de Viento.** Modelada como equivalente estático en ciertos tipos de puentes y como efecto dinámico en otros tipos de puentes. (Romo, 2018).

***Deflexiones y Contra flechas en puentes.***

En Ecuador actualmente no existe un código de diseño para puentes, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas acogió el código AASHTON LRFD el mismo que determina las cargas actuantes sobre el puente, como un apoyo adicional de basa en la Norma Ecuatoriana de Vialidad (NEVI 2012) como un complemento de diseño.

El cálculo de deflexiones en hormigón debe ser analizado considerando la figuración por flexión y de igual forma el módulo de elasticidad de los diferentes materiales. Las deformaciones permanentes deberán ser reflejadas a largo plazo debido a los materiales empleados.

La contra flecha debe ser equivalente a las deformaciones a corto y largo plazo por carga muerta. La ecuación de la contra flecha usualmente se toma en como una parábola en puentes con vigas simplemente apoyadas. (Romo, 2018).

***Cálculo de deflexiones dependiendo del tiempo.***

- ◆ **Miembros no pre esforzados.** A menos que los valores se consigan mediante un análisis más difícil, la deflexión dependiente del tiempo, resulta del flujo plástico y retracción en miembros a flexión, debe determinarse multiplicando la deflexión inmediata causada por la carga sostenida por el factor  $\lambda_{\Delta}$  (ACI, 2014)

$$\lambda_{\Delta} = \frac{\xi}{1+50 \rho'} \quad (1)$$

Donde:

- ◆  $\rho'$ : cuantía de armado a compresión
- ◆  $\xi$ : factor dependiente del tiempo

**Tabla 1.**

*Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas.*

Duración de la carga sostenida, meses	Factor dependiente de tiempo $\xi$
<b>3</b>	1.0
<b>6</b>	1.2
<b>12</b>	1.4
<b>60 o más</b>	2.0

*Nota:* Esta tabla muestra los factores dependientes del tiempo para cargas sostenidas para miembros no pre esforzado. Tomado de: (ACI, 2014)

- ✦ **Miembros pre esforzados.** La deflexión adicional dependiente del tiempo en miembros de hormigón pres forzado debe calcularse tanto para el concreto como para el acero bajo carga permanente.

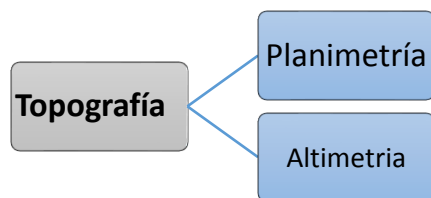
## Topografía

### *Que es la Topografía*

Conjunto de instrumentos y métodos indispensables para representar un terreno con todos sus detalles sean estos naturales o artificiales sobre un plano horizontal.

### *División básica de la Topografía*

La topografía se divide en dos grandes ramas:



- ◆ **Planimetría.** Es la parte encargada de la proyección del terreno sobre un plano imaginario horizontal.
- ◆ **Altimetría.** Es la parte encargada de tomar en cuenta la proyección de la superficie terrestre sobre un plano vertical tomando en cuenta las diferencias de nivel entre diferentes puntos del terreno.

### ***Levantamiento Topográfico Convencional***

En este tipo de levantamientos se colocan los equipos topográficos en un punto cualquiera P, el cual es ubicado de forma adecuada y visible desde donde se inicia el levantamiento, desde este punto deben ser visibles 2 o más puntos a observar con coordenadas conocidas, las coordenadas de P se determinan de la siguiente forma:

- ◆ Inicialmente se mide los ángulos y distancias a dos o más puntos con coordenadas conocidas
- ◆ A partir de las coordenadas conocidas se calculan las demás coordenadas de los otros puntos observados.

Este método es muy útil donde su precisión depende únicamente de las coordenadas de los puntos conocidos, así como la precisión en la medida de ángulos y distancias.

**Figura 15.**

*Nivel Óptico Automático para topografía*



*Nota:* La Ilustración muestra el uso de un Nivel óptico automático topográfico en obras de ingeniería civil. Tomado de: (Herramientas, 2012)

### **Trabajo de Campo**

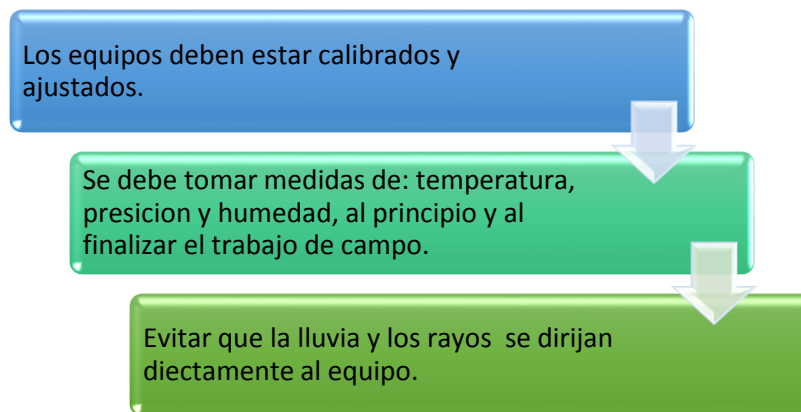
La Ubicación de las diferentes estaciones debe hacerse con mucha precaución ya que debe ser visibles todos los puntos a observar y abarcar grandes zonas, no hay que olvidar que debe medirse la altura del instrumento en cada estación nueva, es necesario de igual forma realizar un gráfico donde se indique la nomenclatura utilizada para cada punto que se ha observado y su orden ya que servirá de mucha ayuda al momento de procesar la información obtenida en campo.

## Norma ISO 17123 Incertidumbre del instrumento topográfico

Esta norma es considerada como uno de los primeros pasos en el cálculo de incertidumbres de la medida y dependen de:

- ◆ Reproducibilidad
- ◆ Repetitividad
- ◆ Inclusión de todas las posibles fuentes de error.

Antes de empezar con las mediciones los equipos deben estar:



### ISO 17123-2 Incertidumbre para niveles

#### Objetivo:

- ◆ Obtener una estimación de la precisión del nivel.
- ◆ Comprobar si :  $S_{NIV} < S_{ISO463-1}$  ,  $S_{NIV} < Tolerancia$
- ◆ Obtener la precisión de un anillo de nivelación de 1 Km de longitud.

**Método empleado:** Método punto medio-Punto extremo.

#### Configuración del Ensayo:

- ◆ 20 Lecturas de punto medio intercambiando miras
- ◆ 20 lecturas de punto medio



Cálculo:

- ◆ Desviación típica (Punto medio)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j}{v}}; v = 2(20 - 1) = 38 \quad (2)$$

- ◆ Desviación típica (anillo de nivelación en 1 km)

$$S_{ISO-LEV} = \frac{s}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1000}{60}} = s(2.89) \quad (3)$$

***ISO 17123-3 Incertidumbre para Teodolitos Ángulos Verticales.***

**Objetivo:**

- ◆ Obtener las precisiones angulares verticales
- ◆ Comprobar el error de eclímetro.

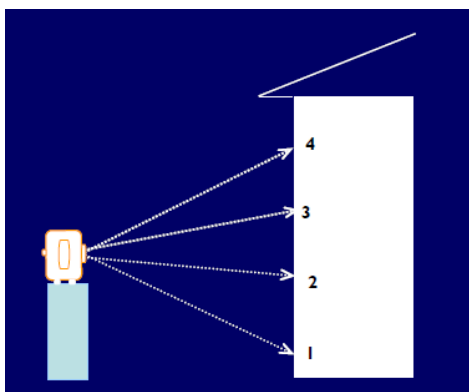
**Método empleado:** Vuelta de horizonte sobre 4 referencias.

**Configuración del Ensayo:**

- ◆ Número de puntos= 4(k)
- ◆ Grupo de observaciones(n)= 3(j)
- ◆ Series(m)= 1 ensayo simple, 4 ensayo completo(i)

**Figura 16.**

Configuración del ensayo ISO 17123-3



*Nota:* La ilustración muestra la configuración que se utiliza en ensayos ISO 17123-3 para ángulos verticales. Tomado de: (Arcos, 2017)

#### Cálculo:

- ◆ Cálculo de los valores medios de las lecturas obtenidas

$$x'_{jk} = \frac{x'_{j,k,l} - x'_{j,k,l} + 400}{2} \quad (4)$$

- ◆ Valores medios de los ángulos verticales

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; j = 1, 2, 3; k = 1 \dots 4 \quad (5)$$

- ◆ Residuales

$$r_{jk} = x'_{j,k} - \bar{x}_k; j = 1, 2, 3; k = 1 \dots 4 \quad (6)$$

- ◆ Desviación típica experimental observado en ambas posiciones

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}; v_i = (3 - 1) \cdot 4 = 8 \quad (7)$$

- ◆ Grados de libertad del procedimiento

## **Método de Posicionamiento con GPS Diferencial**

### ***Definición***

Este tipo de métodos de posicionamiento por satélite permiten conocer la posición de una antena receptora dentro de un sistema de referencia determinado con gran precisión, basándose en medidas de distancia entre la antena receptora donde se quiere determinar la posición y un conjunto de satélites de posición ya conocida previamente. (Yague, 2010)

Los receptores GPS establecen la distancia entre su antena y las antenas transmisoras de los satélites de los que recogen señales, sin embargo no están exentas de errores que suelen ser transmitidas a las posiciones calculadas de las estaciones desconocidas, una forma de disminuir estos errores es alargando el tiempo de medición de los GPS.

### **Red Geodésica.**

### ***Definición***

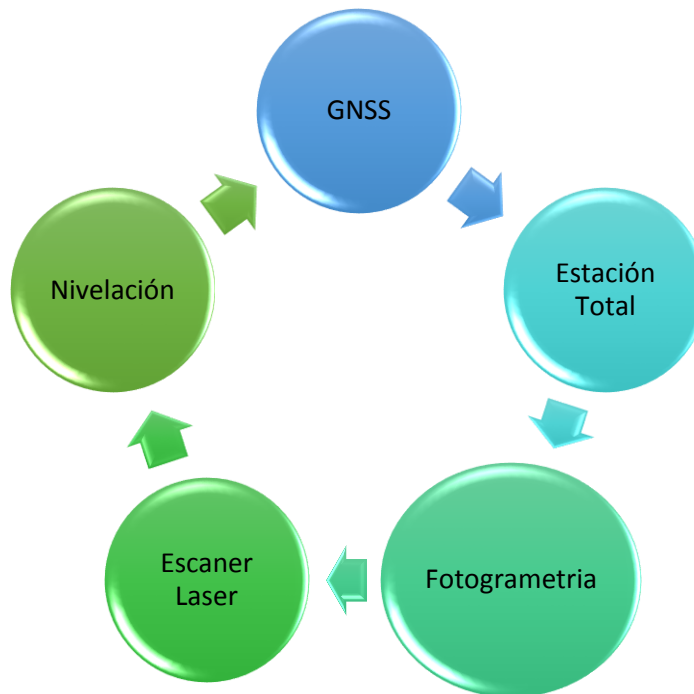
Es un conjunto de puntos materializados sobre el terreno donde se determinan su posición, mediante receptores GPS, a partir de coordenadas conocidas.

La materialización de las coordenadas puede ser a través de monumentación o mediante equipos de medición como:

- ♣ GNSS
- ♣ SLR
- ♣ VLB

### **Importancia**

Permite que todos los proyectos topográficos estén unidos a un único sistema de referencia geográfica (UTM, WGS84), esto quiere decir que permite conocer las coordenadas de un determinado punto de observación mediante:



### **Calidad en el diseño de una red geodésica.**

Su calidad se divide básicamente en tres aspectos:

- ◆ **Economía.** Es el costo de todo el proceso incluyendo la medición, observaciones y cálculo.
- ◆ **Precisión.** Se puede evaluar a través de las matrices de varianza y covarianza.
- ◆ **Fiabilidad.** Capacidad de la red para captar posibles errores de medición.

### ***Tipos de Solución de una Red Geodésica.***

#### **Red Ligada**

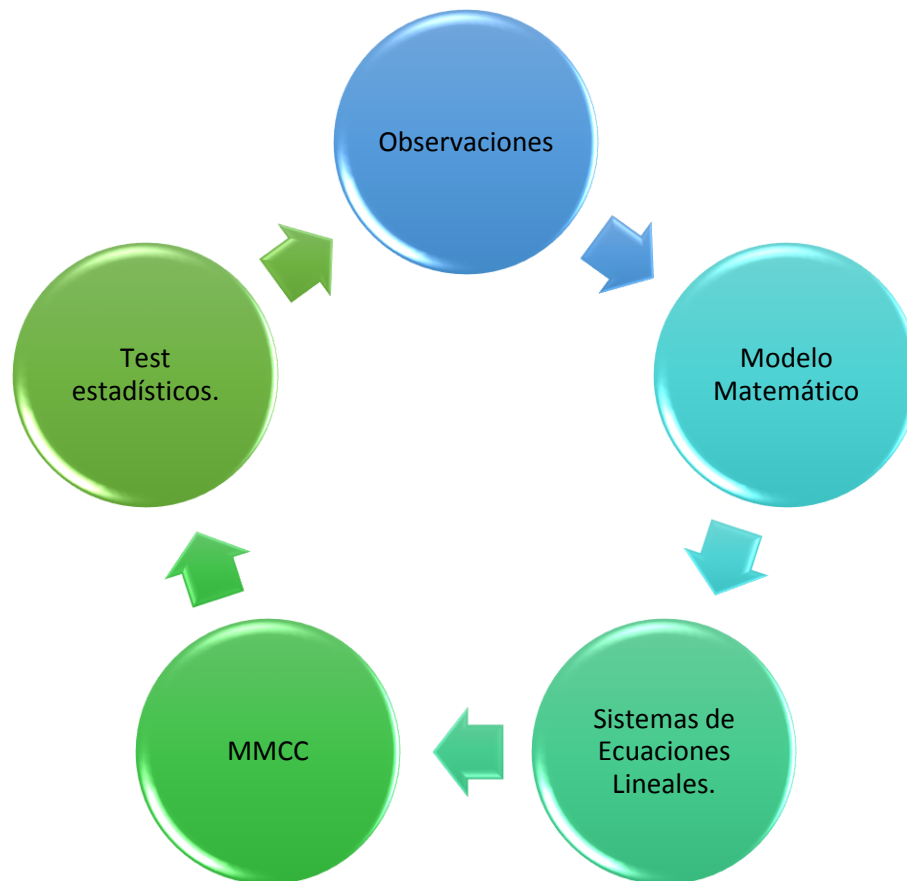
- ◆ Permite obtener los resultados que se le entregan al usuario
- ◆ Los puntos de referencia son definidos por la coordenadas de los puntos fijos
- ◆ La cantidad de puntos fijos deben ser suficientes para poder definir un sistema de referencia.
- ◆ Los residuales contienen a arte de los errores cometidos en las mediciones el error de las coordenadas de los puntos de referencia.

#### **Red Libre**

- ◆ No se establece puntos fijos por lo que los puntos puede ser separados por el ajuste y permite analizar los errores de las mediciones.
- ◆ Se eliminan errores muy grotescos lo que permite depurar la red
- ◆ Permite apreciar la precisión alcanzable en coordenadas.

### **Ajuste de Redes Geodésicas.**

#### ***Proceso para ajuste de redes geodésicas***



### ***Método de Mínimos Cuadrados (MMCC)***

#### **Introducción**

La compensación por mínimos cuadrados resulta imprescindible cuando se realizan trabajos de topografía ya que ofrece la máxima precisión y sobre todo fiabilidad. (Garrido, 2014)

Este método es muy útil cuando se ha cometido grandes errores en las mediciones ya que permite detectar observaciones grotescas y mejorar la precisión de las observaciones, además permite hacer mínima la suma de los cuadrados de los residuos, esto es lo que se llama mínimos cuadrados.

#### **Elementos de los Mínimos Cuadrados**

- ◆ Modelo Matemático

- ◆ Modelo Estadístico
- ◆ Condicionamiento de mínimo
- ◆ Hipótesis estadística.

### **Matriz de Modelo funcional A (mxn)**

A partir del modelo es decir de una o unas coordenadas aproximadas de partida se forma la matriz de diseño A con las siguientes características:

- ◆ Se forma a partir de coordenadas aproximadas
- ◆ m=Numero de ecuaciones de las observaciones tomadas
- ◆ n=Numero de incógnitas a determinar en el ajuste.
- ◆ gdl=m-n

### **Estimación de parámetros**

- ◆ Vector de incógnitas:  $X = (A^T \cdot A)^{-1} A^T \cdot L$  (8)

- ◆ Vector de residuos:  $V = A \cdot X - L$  (9)

- ◆ Estimador de varianza  $Va = \frac{V^T \cdot V}{gdl}$  (10)

## Metodología

### ***Descripción del Área de estudio***

La Zona de estudio se encuentra en la Av. General Rumiñahui, ubicado en Salgolquí, provincia de Pichincha a 3 minutos de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE como se observa en la Figura 1, en el denominado Puente ESPE-Playa Chica

### **Figura 17**

*Ubicación del Proyecto.*



*Nota:* La grafica muestra la ubicación donde se va desarrollar el proyecto.

### ***Caracterización del Puente***

El Puente que cruza el Hipermarket cuenta con tableros de vigas cajón de hormigón armado en los accesos, y su cruce sobre la Autopista General Rumiñahui es un tablero con losa de hormigón armado y vigas pretensadas como se muestra en la figura 17.



**Figura 18.**

*Puente ESPE-Playa Chica con tablero de hormigón armado y vigas pretensadas.*



*Nota:* La figura muestra las vigas pretensadas del tablero del puente con losa de hormigón armado.

***Norma ISO 17123-3/ Teodolitos, determinación de precisión dirección vertical.***

### **Introducción**

Para la comprobación de la precisión en la dirección vertical se realizó el ensayo ISO 17123-3 con la apoyo de un edificio ubicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (ver figura 2),

Realizando inicialmente una aclimatación del equipo a temperatura ambiente durante al menos 15 minutos, la estación total fue ubicada a una distancia de 50 m de la edificación.

Una vez realizada la aclimatación se anotan los ángulos verticales medidos con la estación total en puntos de fácil localización sobre la edificación, esto se hace desde el punto más alto hacia el

punto más bajo en círculos directo y de abajo hasta arriba en círculo inverso de la edificación, este procedimiento se lleva a cabo 3 veces, como lo muestra la libreta de campo.

Para una mejor precisión del método se fija el tornillo en dirección vertical y luego el horizontal.

Se obtuvo una desviación estándar lo que permite obtener la precisión angular en los ángulos verticales de la estación total

### **Figura 19.**

*Fachada de la edificación para ensayo ISO 17213-3 de ángulos verticales.*



*Nota:* EL grafico muestra la ubicación de los puntos tomados para el ensayo ISO 17213-3 de ángulos verticales.

### **Procedimiento**

1. Inicialmente para la quinta columna se calcula la media de cada visual en sentido directo e inverso respectivamente.

2. Luego en la sexta columna se suman las lecturas de círculo directo e inverso, restar 400, y dividir para 2. Este resultado es el error que se produce en cada visual, de esa forma la media de estos errores es el error del equipo topográfico.
3. Posteriormente se realiza una media de cada visual desde el mismo punto de visualización, obteniendo residuos por medio de la diferencia de cada una de las visuales.
4. Finalmente se obtiene una desviación típica elevando al cuadrado todos los residuos y sumándolos, dicha suma se divide para los grados de libertad del ensayo (en este caso 8) y se obtiene la raíz cuadrada.

### ***Norma ISO 17123-2 Niveles***

#### **Introducción**

Para la realización del ensayo 17123-2 para equipos de nivelación se llevó a cabo en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la gasolinera, mediante el cual se verifica el estado de los equipos topográficos usados para el presente proyecto el cual es necesario para la realización de la nivelación geométrica de la red geodésica principal.

Se colocó un auxiliar de campo a una distancia de 20 m para la lectura de espaldas y 20 m para la lectura de frente con una distancia entre miras de 40 m, durante el mismo se realizó varias mediciones con el nivel que se detallan a continuación y a través de las cuales se obtendrá el error del equipo en la medición de 20 m de diferentes visuales.

A pesar que la distancia estipulada en la norma es de 60 m, se realizó una adaptación para las condiciones del presente proyecto, como observación importante se debe verificar la longitud que realmente marcan las miras con ayuda de un flexómetro

**Figura 20**

*Croquis del ensayo ISO 17123 para niveles*



**Nota:** EL grafico representa el croquis donde se realizó el ensayo ISO 17123 para niveles ubicado en la gasolinera de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

El método empleado se denomina punto medio- punto extremo, para esto se obtuvo las lecturas de espalda y frente con la estación en medio de estos dos puntos aproximadamente es decir aplicando el método del punto medio obteniendo un promedio de 5 estaciones diferentes ubicadas aproximadamente a 20 m de cada vista topográfica.

Posteriormente aplicando la misma metodología para tomar lecturas pero esta vez colocando el nivel a una distancia de 13 m aproximadamente de una de las estaciones.

### **Procedimiento**

1. Inicialmente se calcula las diferencias entre lectura de frente menos la de espaldas, es decir la diferencia de nivel entre los dos puntos donde se ubicaron las miras (A y B).
2. Se calculó los promedios de las diferencias de nivel de todas las 10 estaciones.

3. La diferencia de nivel encontrada entre los dos métodos da una idea de la incertidumbre del equipo, esta diferencia debe compararse con una tolerancia, calculada como 2,5 veces la desviación estándar de las diferencias obtenidas por el método del punto medio.
4. Para la determinación de la desviación estándar, los residuos de cada estación se calcula como la diferencia entre cada media de los desniveles, una vez realizado esto los residuos se elevan al cuadrado y se suman.
5. Finalmente se hizo la raíz cuadrada de dicha suma y se dividió por los grados de libertad de la prueba que son

## ***Posicionamiento con GPS Diferencial***

### **Objetivos:**

#### **Generales**

- ✦ Determinar las coordenadas principales ubicada en el Puente ESPE-Playa Chica para la generación de la red geodésica mediante la utilización del GPS diferencial

#### **Específicos**

- ✦ Aplicar el programa Convert to RINEX para la generación de las coordenadas

#### **Equipo de topografía/ GPS**

- ✦ GPS doble frecuencia Trimble R8s

#### **Accesorios**

- ✦ 1 trípode
- ✦ 1 bípode
- ✦ 1 base nivelante
- ✦ 1 bastón de aluminio
- ✦ 2 antenas GPS D.F
- ✦ 1 colectora GPS
- ✦ 1 Cable de comunicación
- ✦ 1 cable baja datos
- ✦ 1 Adaptador receptor
- ✦ 2 cargadores de batería
- ✦ 1 cargador de colectora
- ✦ 2 Ext.Ant.GPS (0.25 m)
- ✦ 1 estuche colectora

- ◆ 2 maletas de transporte
- ◆ 4 baterías internas.

### **Procedimiento**

- 1.- Inicialmente se coloca la base fija en un punto visible al sentido ESPE-Playa chica que pueda servir para realizar las observaciones de las cuatro dianas.
- 2.- La base móvil se coloca en el sentido Playa Chica-ESPE cerca al Hypermarket donde se observara las dianas del otro sentido del puente.
- 3.- Se inicia la base fija cuidando que las antenas receptoras estén encendidas
- 4.- El tiempo de medición de las antenas es de 3 horas
- 5.- Se anota la altura del GPS (desde la base hasta la muesca señalada) y se anota la hora de inicio de la medición que fue 10:20 y se finalizó 13:20
- 6.- Tras la medición los datos obtenidos deben ser procesados previamente con un software específico.

### ***Densificación de la Red Geodésica.***

#### **Objetivos:**

##### **Generales**

- ✦ Determinar la red geodésica ubicada en ESPE-Playa Chica mediante tecnología geoespacial.

##### **Específicos**

- ✦ Deificar la red secundaria mediante el uso del nivel de ingeniero a partir de la coordenada obtenida con el GPS diferencia
- ✦ Densificar la red principal sobre el puente con al menos 4 puntos mediante dianas con carga y sin carga.

##### **Equipo de topografía/ GPS**

- ✦ Estación Total Trimble M3
- ✦ Nivel Aut. Ingeniero Sokkia C310

##### **Accesorios**

- ✦ 1 trípode
- ✦ 1 bípode
- ✦ 1 mira
- ✦ 1 bastón de aluminio
- ✦ 1 prisma
- ✦ 2 maletas de transporte
- ✦ 2 baterías Trimble.



### **Procedimiento**

- 1.- Inicialmente se coloca el nivel de Ingeniero en el punto con coordenadas ya conocidas denominadas P1 desde donde se toma medidas de espalda y frente hacia los puntos P2,P3,P4.
- 2.- Con ayuda de una libreta de campo y un croquis se procede a la toma de datos ver figura 22.
- 3.- Se debe colocar la mira en la mitad del punto P1 y P2 para tomar las medidas de espalda y frente
- 4.- Una vez densificada la red secundaria se procede a colocar las dianas reflectoras sobre el puente ubicando 4 dianas en el sentido ESPE-Playa Chica y en el otro sentido de circulación
- 5.- Se coloca la estación total en el punto P1 y se mide el Angulo y distancia inclinada para posteriormente determinar el desnivel hacia los puntos donde se ubicó las dianas reflectoras.
- 6.- Con ayuda de una libreta de campo se toma medidas de ángulos y distancias desde los 4 puntos ya densificados con el nivel (P1, P2, P3, P4)
- 7.- se realiza el mismo procedimiento ubicando 2 volquetas de 8 m<sup>3</sup> llenas de material suelto en la mitad del puente donde se tomaran de nuevo medidas de ángulos y distancias
- 8.- Seguidamente se procesa los datos obtenidos en campo para determinar el desnivel y comparar el resultado obtenidos con carga y sin carga vehicular.

## Resultados

**Norma ISO 17123-3/ Teodolitos, determinación de precisión dirección vertical.**

### Libreta de Campo

**Tabla 1**

*Libreta de campo para ensayo ISO 17123-3 para ángulos verticales*

<b>CUADERNO DE CAMPO</b>			
<b>Operador</b>	Carrera Alejandra	<b>Número de serie</b>	132438
<b>Equipo</b>	Estación Total Trimble M3	<b>Clima</b>	Soleado
<b>Temperatura</b>	21°C	<b>Hora</b>	12:30
<b>Provincia</b>	Pichincha	<b>Día</b>	12-mar-21
<b>Cantón</b>	Rumiñahui		
<b>Estación</b>	Punto visado	<b>CD</b>	<b>CI</b>
<b>N °1</b>	1	73,8436	326,1454
	2	79,4600	320,5309
	3	86,5211	313,4697
	4	90,5477	309,4423
<b>N° 2</b>	1	73,8472	326,1477
	2	79,4511	320,5234
	3	86,4967	313,4425
	4	90,5447	309,4401
<b>N °3</b>	1	73,8427	326,1467
	2	79,4583	320,5298
	3	86,5231	313,4689
	4	90,5469	309,4423

*Nota:* La tabla indica los diferentes ángulos de observaciones realizados en los cuatro puntos de la fachada.

Tabla 2.

Tabla de cálculos y resultados del ensayo ISO 17123-3 para ángulos verticales

Estación	Punto	Circulo Directo	Circulo Inverso	Media Posición	$\delta$	Media	r	$r^2$
<b>N 1</b>	1	73,8436	326,1454	73,8491	-	73,8490	2	2
					0,0055			
	2	79,4600	320,5309	79,4646	-	79,4642	3	11
					0,0046			
	3	86,5211	313,4697	86,5257	-	86,5266	-9	87
					0,0046			
	4	90,5477	309,4423	90,5527	-	90,5524	3	7
					0,0050			
								0
<b>N 2</b>	1	73,8472	326,1477	73,8498	-		8	64
					0,0026			
	2	79,4511	320,5234	79,4639	-		-4	13
					0,0128			
	3	86,4967	313,4425	86,5271	-		5	22
					0,0304			
	4	90,5447	309,4401	90,5523	-		-1	2
					0,0076			
<b>N 3</b>	1	73,8427	326,1467	73,8480	-		-10	90
					0,0053			
	2	79,4583	320,5298	79,4643	-		0	0
					0,0059			
	3	86,5231	313,4689	86,5271	-		5	22
					0,0040			
	4	90,5469	309,4423	90,5523	-		-1	2
					0,0054			
				$\delta =$	-		$\sum r^2$	322
					0,0078		<b>s=</b>	6,3

Nota: La tabla representan los diferentes cálculos realizados para determinar la desviación estándar del equipo topográfico.

**Norma ISO 17123-2 Niveles**

Libreta de campo.

Tabla 3

Libreta de campo para ensayo ISO 17123-2

<b>CUADERNO DE CAMPO</b>			
<b>Operador</b>	Carrera Alejandra	<b>Número de serie</b>	355488
<b>Equipo</b>	Nivel de ingeniero -Sokkia	<b>Clima</b>	Frio
<b>Temperatura</b>	11 C	<b>Hora</b>	8:30
<b>Provincia</b>	Pichincha	<b>Día</b>	10-mar-21
<b>Parroquia</b>	Rumiñahui		
<b>Punto de estación</b>	<b>Método Empleado</b>	<b>Lecturas</b>	
		<b>Espalda</b>	<b>Frente</b>
<b>Estación N°1</b>	Punto Medio	1,228	1,577
<b>Estación N°2</b>	Punto Medio	1,378	1,789
<b>Estación N°3</b>	Punto Medio	1,298	1,623
<b>Estación N°4</b>	Punto Medio	1,256	1,619
<b>Estación N°5</b>	Punto Medio	1,387	1,765
<b>Estación N°6</b>	Punto Extremo	1,471	1,876
<b>Estación N°7</b>	Punto Extremo	1,578	1,854
<b>Estación N°8</b>	Punto Extremo	1,472	1,848
<b>Estación N°9</b>	Punto Extremo	1,456	1,867
<b>Estación N°10</b>	Punto Extremo	1,532	1,866

*Nota:* La tabla muestra las lecturas tomadas con el nivel de espalda y de frente aplicando el método de punto medio punto extremo.

Tabla 4.

*Residuales obtenidos por el método del punto medio*

Punto de estación	Método Empleado	Lecturas		Desnivel	Residuos	r <sup>2</sup>
		Espalda	Frente			
Estación N°1	Punto Medio	1,173	1,65	-0,477	5,400	29,160
Estación N°2	Punto Medio	1,17	1,6455	-0,476	3,900	15,210
Estación N°3	Punto Medio	1,113	1,5837	-0,471	-0,900	0,810
Estación N°4	Punto Medio	1,203	1,6742	-0,471	-0,400	0,160
Estación N°5	Punto Medio	1,165	1,6397	-0,475	3,100	9,610
Estación N°6	Punto Medio	1,161	1,63	-0,469	-2,600	6,760
Estación N°7	Punto Medio	1,205	1,6682	-0,463	-8,400	70,560
Estación N°8	Punto Medio	1,081	1,5462	-0,465	-6,400	40,960
Estación N°9	Punto Medio	1,196	1,6725	-0,477	4,900	24,010
Estación N°10	Punto Medio	1,171	1,644	-0,473	1,400	1,960

*Nota:* La tabla representa los residuales obtenidos de las 10 primeras estaciones

correspondientes al método del punto medio. Tomado de: Fuente propia.

Tabla 5

*Residuales obtenidos por el método del punto extremo*

Punto de estación	Método Empleado	Lecturas		Desnivel	Residuos	r <sup>2</sup>
		Espalda	Frente			
Estación N°11	Punto Extremo	1,460	1,934	-0,474	5,525	30,526
Estación N°12	Punto Extremo	1,473	1,93925	-0,466	-2,225	4,951
Estación N°13	Punto Extremo	1,469	1,935	-0,466	-2,475	6,126
Estación N°14	Punto Extremo	1,483	1,94375	-0,461	-7,725	59,676
Estación N°15	Punto Extremo	1,477	1,95375	-0,477	8,275	68,476
Estación N°16	Punto Extremo	1,490	1,9565	-0,467	-1,975	3,901
Estación N°17	Punto Extremo	1,462	1,93625	-0,474	5,775	33,351
Estación N°18	Punto Extremo	1,493	1,95225	-0,459	-9,225	85,101
Estación N°19	Punto Extremo	1,502	1,975	-0,473	4,525	20,476
Estación N°20	Punto Extremo	1,500	1,968	-0,468	-0,475	0,226

*Nota:* La tabla representa los residuales obtenidos de las 10 últimas estaciones

correspondientes al método del punto extremo. Tomado de: Fuente propia.

Tabla 6

Resultados obtenidos del método del ensayo ISO 17123-2

Punto Medio					
Diferencia Media	-0,365	d1-d2(mm)	-4,8	Diferencia Media	-0,360
A-B:				A-B:	
s1(mm)	9,130	−4,8  < 9,130 → <b>OK</b>		s1(mm)	9,010

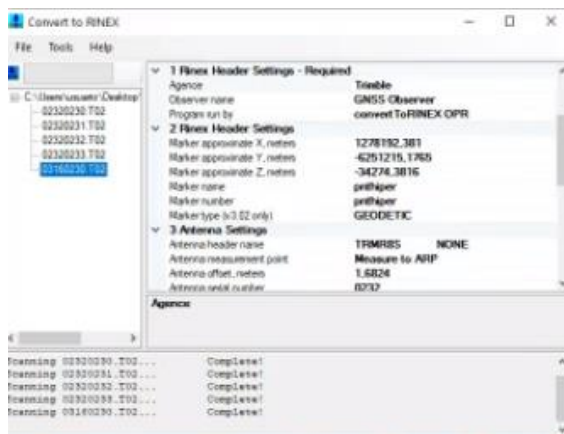
*Nota:* La tabla muestra lo resultados obtenidos del método punto medio punto extremo para el ensayo ISO 17123-2. Tomado de: Fuente propia.

### Posicionamiento con GPS Diferencial

- Los ficheros otorgados por el GPS son T02 que son propios de Trimble y para transformarlos usamos el programa Convert to RINEX que nos proporciona los ficheros en bloc de notas.

Figura 21.

Programa Convert to RINEX



*Nota:* La imagen presenta el programa Convert to RINEX usado para la transformación de ficheros T02 que nos da el GPS.

- A continuación se presenta el formato en que transforma el programa Convert to RINEX de T02 a bloc notas.

**Figura 22.**

*Transformación de fichero T02 a Bloc de notas.*

```

OBSERVACION DATA Mixed(MIXED) RINEX VERSION / TYPE
cnvtToRINEX 3.14.0 convertToRINEX OPR 20210128 231254 UTC PGM / RUN BY / DATE
-----
0232 MARKER NAME
0232 MARKER NUMBER
GNS5 Observer Trimble OBSERVER / AGENCY
5744R00232 TRIMBLE R8S REC # / TYPE / VERS
0316 TRMR8S NONE ANT # / TYPE
1278341.6851 -6251193.3357 -34320.1407 APPROX POSITION XYZ
1.4850 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N
1 1 0 WAVELENGTH FACT L1/2
7 C1 C2 C5 L1 L2 L5 P2 # / TYPES OF OBSERV
1.000 INTERVAL
2021 1 23 14 47 29.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS
0 2021 1 23 14 48 11.0000000 GPS TIME OF LAST OBS
0 RCV CLOCK OFFS APPL
18 LEAP SECONDS
16 # OF SATELLITES
G10 43 43 43 43 86 43 43 PRN / # OF OBS
G18 23 20 20 20 40 20 20 PRN / # OF OBS
G20 43 0 0 43 43 0 43 PRN / # OF OBS
G23 43 43 43 43 86 43 43 PRN / # OF OBS
G25 35 35 35 35 70 35 35 PRN / # OF OBS
G26 29 29 29 29 58 29 29 PRN / # OF OBS
G31 35 35 0 35 70 0 35 PRN / # OF OBS
G32 43 43 43 43 86 43 43 PRN / # OF OBS
R01 14 14 0 14 28 0 14 PRN / # OF OBS
R02 30 30 0 30 56 0 30 PRN / # OF OBS
R08 43 43 0 43 86 0 43 PRN / # OF OBS
R12 43 43 0 43 86 0 43 PRN / # OF OBS

```

*Nota:* La imagen muestra el fichero transformado de T02 en bloc notas.

- A continuación se transforma ese fichero en una coordenada que sirva, para eso se dirige a la página de PPP Canadá (Precise Point Positioning), lo que procesa el punto y se envía al correo que asignamos en formato pdf que sería una cota elipsoidal.

**Figura 23.**

*Datos de Cota obtenido mediante programa PPP Canadá.*

**Ell. Height**  
 2509.129 m  
 0.031 m  
 2508.123 m  
 1.007 m

*Nota:* La imagen representa la cota elipsoidal obtenida mediante el programa PP Canadá.

- Para encontrar la cota nivelada se dirige a la página del IGM, donde se coloca las coordenadas para obtener la altura geoidal 27.725

**Figura 24.**

*Altura Geoidal obtenida en el portal IGM*

---

Ejemplo: 0°29'30.14520"

Latitud     °  '  " .  "   

Longitud    °  '  " .  "

---

**Altura Geoidal: 27.725**

*Nota:* La figura presenta la altura geoidal encontrada mediante el portal del IGM

- Resto la altura geoidal de la cota elipsoidal y como resultado se obtiene la coordenada en Z.

**Tabla 2.**

*Coordenada en para el procesamiento de la Red Geodésica.*

Coordenada elipsoidal	Altura geoidal	Coordenada Z
2509,129	27,725	<b>2481,404</b>

*Nota:* La tabla presenta el resultado obtenido de la resta de la altura geoidal de la coordenada elipsoidal y obtener la coordenada de partida para generar la red geodésica



**Figura 25.**

*Colocación de la Antena receptora móvil.*



*Nota:* La imagen muestra la colocación de la antena móvil ubicada cerca del Hypermarket.

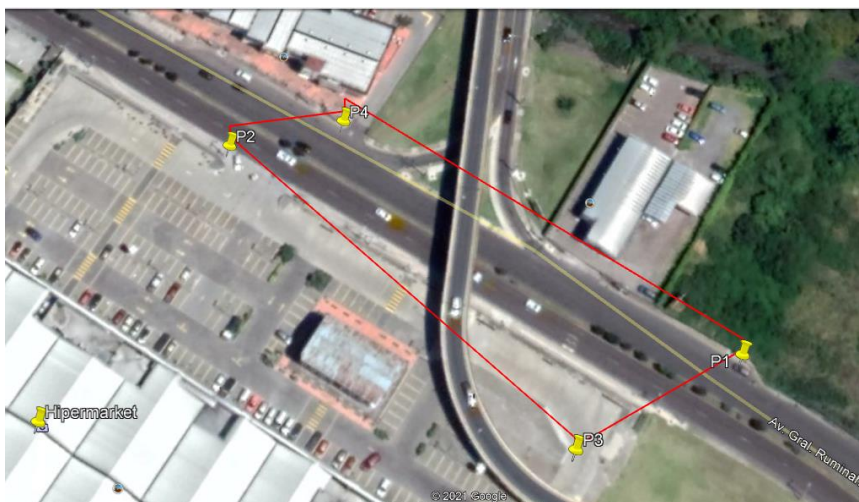
***Densificación de la Red Geodésica.***

**Resultados:**

- ◆ Croquis de la red auxiliar

**Figura 26.**

*Ubicación de los puntos de la red auxiliar*



*Nota:* La imagen muestra la ubicación de los cuatro puntos que forma la red geodésica auxiliar como apoyo para la densificación de la red principal.

♦ **Lecturas obtenidas con el nivel de ingeniero.**

**Tabla 3.**

*Lecturas de espalda y frente para los puntos de la red auxiliar.*

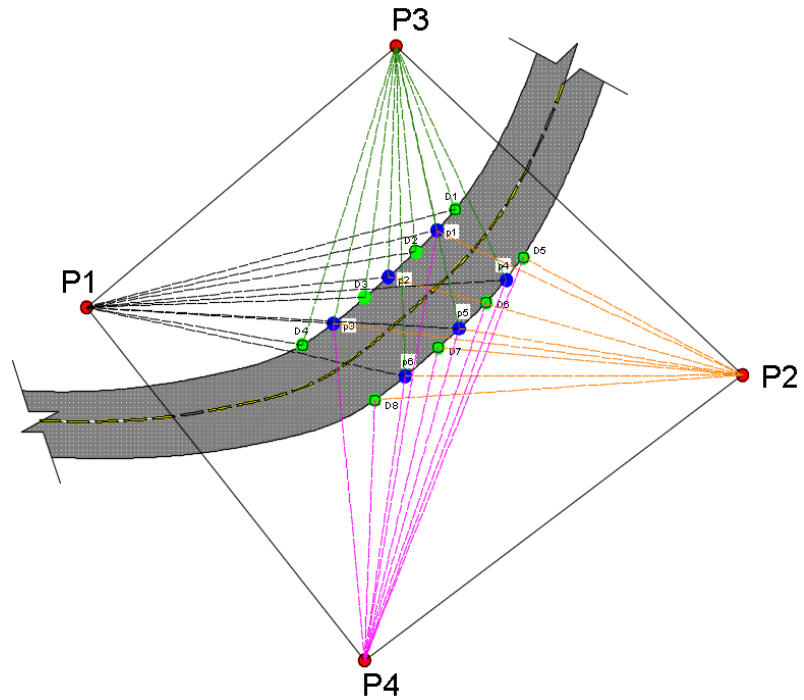
Tramo	LECTURA		
	Espalda	frente	desnivel (m)
1_2	0,497	1,955	-1,458
3_2	1,131	3,012	-1,881
3_4	0,997	2,76	-1,763
3_1	0,526	0,954	0,428
2_4	1,613	1,489	0,124

*Nota:* La tabla muestra el cálculo del desnivel obtenido en cada observación para el ajuste de la red principal.

♣ Croquis de las Observaciones realizadas hacia el puente sin carga

Figura 27.

*Croquis de red principal sin carga*



*Nota:* La figura muestra el croquis de la red principal con las diferentes observaciones que se realizaron con la estación total sin carga. Tomado de: Fuente propia

♣ Desniveles de las observaciones tomadas sin carga

**Estación 1****Tabla 4.***Estación 1 desniveles sin carga*

<b>MEDICIONES SIN CARGA</b>							
<b>Estación</b>	<b>Observación</b>	<b>m(altura)</b>	<b>Cenital</b>	<b>Promedio</b>	<b>D_inclinada</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desnivel</b>
<b>1</b>	D1	<b>0</b>	85°36'48"	85°36'49"	77,554	77,554	7,49
<b>1,557</b>	D1'	<b>0</b>	85°36'47"		77,554		
	D1''	<b>0</b>	85°36'51"		77,553		
	P1	<b>1,8</b>	84°09'24"	84°09'27"	77,928	77,929	7,69
	P1'	<b>1,8</b>	84°09'28"		77,930		
	P1''	<b>1,8</b>	84°09'29"		77,929		
	D2	<b>0</b>	85°26'34"	85°26'31"	75,363	75,364	7,55
	D2'	<b>0</b>	85°26'31"		75,364		
	D2''	<b>0</b>	85°26'28"		75,364		
	P2	<b>1,8</b>	84°02'02"	84°02'03"	76,717	76,717	7,73
	P2'	<b>1,8</b>	84°02'07"		76,717		
	P2''	<b>1,8</b>	84°02'01"		76,718		
	D3	<b>0</b>	85°08'33"	85°08'31"	73,208	73,208	7,76
	D3'	<b>0</b>	85°08'32"		73,207		
	D3''	<b>0</b>	85°08'27"		73,208		
	P3	<b>1,8</b>	83°41'37"	83°41'42"	73,613	73,613	7,84
	P3'	<b>1,8</b>	83°41'41"		73,614		
	P3''	<b>1,8</b>	83°41'47"		73,613		
	D4	<b>0</b>	85°10'08"	85°10'09"	71,867	71,866	7,61
	D4'	<b>0</b>	85°10'12"		71,866		
	D4''	<b>0</b>	85°10'08"		71,866		
	P4	<b>1,9</b>	84°00'48"	84°00'57"	78,581	78,581	7,85
	P4'	<b>1,9</b>	84°00'57"		78,581		
	P4''	<b>1,9</b>	84°01'07"		78,580		
	P5	<b>1,9</b>	84°10'19"	84°10'27"	80,172	80,173	7,79
	P5'	<b>1,9</b>	84°10'29"		80,174		
	P5''	<b>1,9</b>	84°10'34"		80,174		
	P6	<b>1,9</b>	84°25'01"	84°24'56"	82,585	82,585	7,69
	P6'	<b>1,9</b>	84°24'54"		82,585		
	P6''	<b>1,9</b>	84°24'53"		82,585		

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 1 hacia el puente.

**Estación 2****Tabla 5.***Estación 2 desniveles sin carga*

<b>MEDICIONES SIN CARGA</b>							
<b>Estación</b>	<b>Observación</b>	<b>m(altura)</b>	<b>Cenital</b>	<b>Promedio</b>	<b>D_inclinada</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desnivel</b>
<b>2</b>	D5	<b>0</b>	83°46'43"	83°46'43"	69,691	69,691	9,11
<b>1,561</b>	D5'	<b>0</b>	83°46'40"		69,691		
	D5''	<b>0</b>	83°46'46"		69,691		
	P4	<b>1,8</b>	---	----	----	---	---
	P4'	<b>1,8</b>	---		----		
	P4''	<b>1,8</b>	---		----		
	D6	<b>0</b>	---	----	----	---	---
	D6'	<b>0</b>	---		----		
	D6''	<b>0</b>	---		----		
	P5	<b>1,8</b>	81°47'14"	81°47'04"	66,466	66,466	9,26
	P5'	<b>1,8</b>	81°46'53"		66,465		
	P5''	<b>1,8</b>	81°47'05"		66,466		
	D7	<b>0</b>	83°22'44"	83°22'47"	64,231	64,231	8,97
	D7'	<b>0</b>	83°22'51"		64,231		
	D7''	<b>0</b>	83°22'47"		64,231		
	P6	<b>1,8</b>	81°38'05"	81°38'04"	64,606	64,605	9,16
	P6'	<b>1,8</b>	81°38'04"		64,604		
	P6''	<b>1,8</b>	81°38'02"		64,605		
	D8	<b>0</b>	83°22'37"	83°22'31"	62,811	62,810	8,81
	D8'	<b>0</b>	83°22'32"		62,810		
	D8''	<b>0</b>	83°22'23"		62,810		
	P1	<b>1,8</b>	82°13'29"	82°13'33"	69,483	69,482	9,16
	P1'	<b>1,8</b>	82°13'36"		69,482		
	P1''	<b>1,8</b>	82°13'35"		69,482		
	P2	<b>1,8</b>	82°16'22"	82°16'18"	70,146	70,146	9,19
	P2'	<b>1,8</b>	82°16'13"		70,145		
	P2''	<b>1,8</b>	82°16'20"		70,146		

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 2 hacia el puente.

**Estación 3****Tabla 6***Estación 3 desniveles sin carga*

<b>MEDICIONES SIN CARGA</b>							
<b>Estación</b>	<b>Observación</b>	<b>m(altura)</b>	<b>Cenital</b>	<b>Promedio</b>	<b>D_inclinada</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desnivel</b>
<b>3</b> <b>1,562</b>	D1	<b>0</b>	85°20'53"	85°20'48"	67,755	67,755	7,06
	D1'	<b>0</b>	85°20'48"		67,755		
	D1''	<b>0</b>	85°20'43"		67,755		
	P1	<b>1,8</b>	83°34'17"	83°34'24"	67,030	67,029	7,26
	P1'	<b>1,8</b>	83°34'28"	67,028			
	P1''	<b>1,8</b>	83°34'27"	67,028			
	D2	<b>0</b>	84°56'01"	84°55'57"	62,887	62,887	7,11
	D2'	<b>0</b>	84°55'53"	62,887			
	D2''	<b>0</b>	84°55'57"	62,887			
	P2	<b>1,8</b>	83°16'36"	83°16'42"	64,439	64,440	7,30
	P2'	<b>1,8</b>	83°16'45"	64,440			
	P2''	<b>1,8</b>	83°16'46"	64,440			
	D3	<b>0</b>	84°11'14"	84°11'19"	56,935	56,934	7,32
	D3'	<b>0</b>	84°11'31"	56,934			
	D3''	<b>0</b>	84°11'11"	56,933			
	P3	<b>1,8</b>	82°02'52"	82°02'53"	55,309	55,309	7,41
	P3'	<b>1,8</b>	82°02'55"	55,309			
	P3''	<b>1,8</b>	82°02'51"	55,310			
	D4	<b>0</b>	83°43'50"	83°43'53"	51,442	51,442	7,17
	D4'	<b>0</b>	83°43'53"	51,443			
	D4''	<b>0</b>	83°43'56"	51,442			
	P4	<b>1,9</b>	82°28'47"	82°28'46"	59,278	59,278	7,42
	P4'	<b>1,9</b>	82°28'42"	59,277			
	P4''	<b>1,9</b>	82°28'49"	59,280			
	P5	<b>1,9</b>	83°13'09"	83°13'16"	64,395	64,394	7,26
	P5'	<b>1,9</b>	83°13'20"	64,394			
	P5''	<b>1,9</b>	83°13'19"	64,394			
	P6	<b>1,9</b>	83°52'20"	83°52'44"	70,256	70,256	7,15
	P6'	<b>1,9</b>	83°52'24"	70,257			
	P6''	<b>1,9</b>	83°53'28"	70,255			

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 3 hacia el puente.

**Estación 4****Tabla 7***Estación 3 desniveles sin carga*

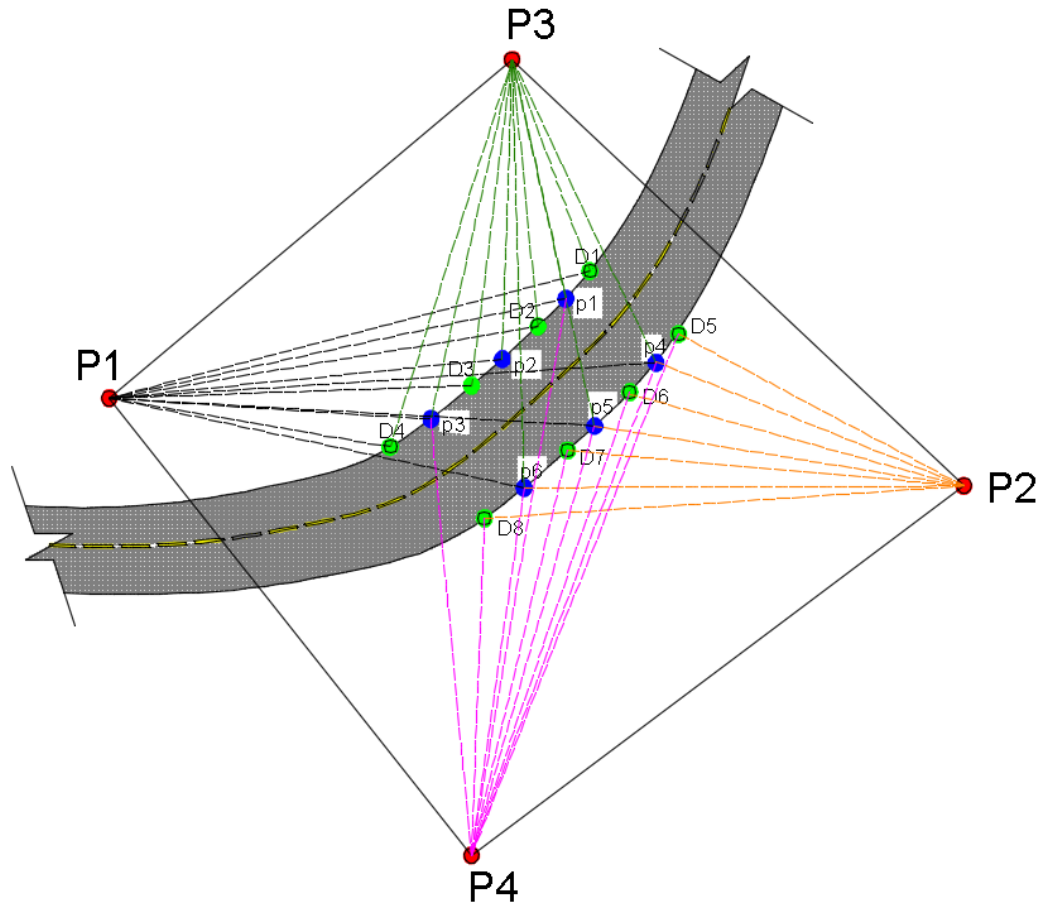
<b>MEDICIONES SIN CARGA</b>							
<b>Estación</b>	<b>Observación</b>	<b>m(altura)</b>	<b>Cenital</b>	<b>Promedio</b>	<b>D_inclinada</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desnivel</b>
<b>4</b>	D5	<b>0</b>	81°48'51"	81°48'53"	52,425	52,425	8,99
<b>1,526</b>	D5'	<b>0</b>	81°48'50"		52,427		
	D5''	<b>0</b>	81°48'58"		52,424		
	P4	<b>1,8</b>	79°08'06"	79°08'10"	50,251	50,251	9,20
	P4'	<b>1,8</b>	79°08'08"		50,251		
	P4''	<b>1,8</b>	79°08'15"		50,251		
	D6	<b>0</b>	80°48'58"	80°48'57"	46,395	46,395	8,93
	D6'	<b>0</b>	80°48'59"		46,395		
	D6''	<b>0</b>	80°48'53"		46,395		
	P5	<b>1,8</b>	77°49'40"	77°49'49"	44,679	44,679	9,14
	P5'	<b>1,8</b>	77°49'55"		44,679		
	P5''	<b>1,8</b>	77°49'52"		44,680		
	D7	<b>0</b>	78°36'02"	78°36'03"	36,215	36,215	8,68
	D7'	<b>0</b>	78°36'03"		36,215		
	D7''	<b>0</b>	78°36'05"		36,215		
	P6	<b>1,8</b>	76°24'51"	76°24'54"	39,700	39,700	9,05
	P6'	<b>1,8</b>	76°25'04"		39,700		
	P6''	<b>1,8</b>	76°24'48"		39,700		
	D8	<b>0</b>	78°36'05"	78°35'54"	36,214	36,215	8,69
	D8'	<b>0</b>	78°35'58"		36,218		
	D8''	<b>0</b>	78°35'39"		36,214		
	P1	<b>1,8</b>	77°44'00"	77°43'53"	43,835	43,834	9,04
	P1'	<b>1,8</b>	77°43'48"		43,833		
	P1''	<b>1,8</b>	77°43'52"		43,834		
	P2		---	---	---	---	---
	P2'		---		---		
	P2''		---		---		
	P3	<b>1,8</b>	79°52'00"	79°52'01"	53,782	53,782	9,19
	P3'	<b>1,8</b>	79°51'53"		53,781		
	P3''	<b>1,8</b>	79°52'11"		53,782		

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 4 hacia el puente sin carga.

♣ Croquis de las Observaciones realizadas hacia el puente con carga

Figura 28.

*Croquis de red principal con carga*



*Nota:* La figura muestra el croquis de la red principal con las diferentes observaciones que se realizaron con la estación total con carga.

♣ Desniveles de las observaciones tomadas con carga



## Estación 1

Tabla 8.

Estación 1 desniveles con carga

MEDICIONES CON CARGA							
Estación	Observación	m(altura)	Cenital	Promedio	D_inclinada	Promedio	Desnivel
<b>1</b>	D1	0	85°40'26"	85°40'26"	77,549	77,549	7,49
<b>1,636</b>	D1'	0	85°40'26"		77,549		
	D1''	0	85°40'27"		77,549		
	P1	1,8	84°17'55"	84°18'02"	78,477	78,477	7,63
	P1'	1,8	84°18'11"		78,477		
	P1''	1,8	84°18'00"		78,476		
	D2	0	85°30'20"	85°30'20"	75,359	75,359	7,54
	D2'	0	85°30'19"		75,359		
	D2''	0	85°30'21"		75,359		
	P2	1,8	84°06'14"	84°06'07"	76,703	76,703	7,72
	P2'	1,8	84°06'04"		76,703		
	P2''	1,8	84°06'03"		76,704		
	D3	0	85°12'28"	85°12'27"	73,200	73,200	7,75
	D3'	0	85°12'25"		73,201		
	D3''	0	85°12'28"		73,200		
	P3	1,8	83°45'56"	83°45'57"	73,615	73,615	7,83
	P3'	1,8	83°45'57"		73,616		
	P3''	1,8	83°45'57"		73,615		
	D4	0	85°14'02"	85°14'04"	71,859	71,859	7,61
	D4'	0	85°14'05"		71,858		
	D4''	0	85°14'04"		71,859		

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 1 hacia el puente con carga.

## Estación 2

Tabla 9.

Estación 2 desniveles con carga

MEDICIONES CON CARGA							
Estación	Observación	m(alura)	Cenital	Promedio	D_inclinada	Promedio	Desnivel
<b>2</b>	D5	0	83°52'32"	83°52'32"	69,680	69,680	9,11
<b>1,678</b>	D5'	0	83°52'28"		69,680		
	D5''	0	83°52'35"		69,680		
	P4	1,8	---	----	----	---	----
	P4'	1,8	---		----		
	P4''	1,8	---		----		
	D6	0	---	----	----	---	---
	D6'	0	---		----		
	D6''	0	---		----		
	P5	1,8	81°53'22"	81°53'21"	66,459	66,459	9,25
	P5'	1,8	81°53'22"		66,458		
	P5''	1,8	81°53'19"		66,459		
	D7	0	83°29'11"	83°29'13"	64,219	64,219	8,96
	D7'	0	83°29'12"		64,219		
	D7''	0	83°29'15"		64,220		
	P6	1,8	81°44'11"	81°44'22"	64,574	64,575	9,16
	P6'	1,8	81°44'37"		64,575		
	P6''	1,8	81°44'18"		64,576		
	D8	0	83°28'53"	83°28'53"	62,798	62,798	8,81
	D8'	0	83°28'53"		62,797		
	D8''	0	83°28'53"		62,798		

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 2 hacia el puente con carga.

## Estación 3

Tabla 10.

Estación 3 desniveles con carga

MEDICIONES CON CARGA							
Estación	Observación	m(altura)	Cenital	Promedio	D_inclinada	Promedio	Desnivel
<b>3</b> <b>1,636</b>	D1	0	85°23'20"	85°23'23"	67,751	67,750	7,08
	D1'	0	85°23'21"		67,750		
	D1''	0	85°23'27"		67,750		
	P1	1,8	83°37'22"	83°37'27"	67,011	67,011	7,28
	P1'	1,8	83°37'25"		67,011		
	P1''	1,8	83°37'35"		67,012		
	D2	0	84°58'58"	84°58'58"	62,880	62,880	7,14
	D2'	0	84°59'00"		62,880		
	D2''	0	84°58'57"		62,879		
	P2	1,8	83°20'17"	83°20'10"	64,436	64,437	7,31
	P2'	1,8	83°20'09"		64,437		
	P2''	1,8	83°20'04"		64,437		
	D3	0	84°14'31"	84°14'34"	56,928	56,928	7,35
	D3'	0	84°14'39"		56,928		
	D3''	0	84°14'33"		56,927		
	P3	1,8	82°06'09"	82°06'11"	55,303	55,303	7,43
	P3'	1,8	82°06'16"		55,304		
	P3''	1,8	82°06'08"		55,303		
	D4	0	83°47'17"	83°47'17"	51,435	51,435	7,20
	D4'	0	83°47'18"		51,436		
	D4''	0	83°47'15"		51,435		

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 3 hacia el puente con carga.

## Estación 4

Tabla 11.

Estación 4 desniveles con carga

MEDICIONES CON CARGA							
Estación	Observación	m(altura)	Cenital	Promedio	D_inclinada	Promedio	Desnivel
<b>4</b>	D5	<b>0</b>	81°56'15"	81°56'15"	52,410	52,410	8,99
<b>1,637</b>	D5'	<b>0</b>	81°56'17"		52,410		
	D5''	<b>0</b>	81°56'14"		52,411		
	P4	<b>1,8</b>	79°15'17"	79°15'29"	50,221	50,221	9,20
	P4'	<b>1,8</b>	79°15'38"		50,222		
	P4''	<b>1,8</b>	79°15'32"		50,219		
	D6	<b>0</b>	80°57'23"	80°57'20"	46,376	46,376	8,93
	D6'	<b>0</b>	80°57'15"		46,377		
	D6''	<b>0</b>	80°57'22"		46,375		
	P5	<b>1,8</b>	77°58'29"	77°58'32"	44,644	44,643	9,14
	P5'	<b>1,8</b>	77°58'35"		44,643		
	P5''	<b>1,8</b>	77°58'32"		44,642		
	D7	<b>0</b>	79°51'13"	79°51'16"	40,880	40,879	8,84
	D7'	<b>0</b>	79°51'14"		40,878		
	D7''	<b>0</b>	79°51'20"		40,878		
	P6	<b>1,8</b>	76°35'07"	76°35'17"	39,657	39,657	9,04
	P6'	<b>1,8</b>	76°35'19"		39,658		
	P6''	<b>1,8</b>	76°35'26"		39,657		
	D8	<b>0</b>	78°46'26"	78°46'24"	36,196	36,196	8,68
	D8'	<b>0</b>	78°46'23"		36,196		
	D8''	<b>0</b>	78°46'22"		36,196		

*Nota:* La tabla representa las diferentes observaciones realizadas desde la estación 4 hacia el puente con carga.

**Figura 29**

*Colocación de la carga sobre el puente ESPE-Playa Chica*



*Nota:* La imagen presenta la colocación de dos volquetas de 8 m<sup>3</sup> cargadas de lastre usadas para el cálculo de deformaciones.

**Ajuste de la red geodésica auxiliar por mínimos cuadrados.**

Calculo de la red de nivelación Auxiliar mediante ajuste de mínimos cuadrados

**Datos:**

$$ZP1 = 2481,404$$

**Tabla 12.**

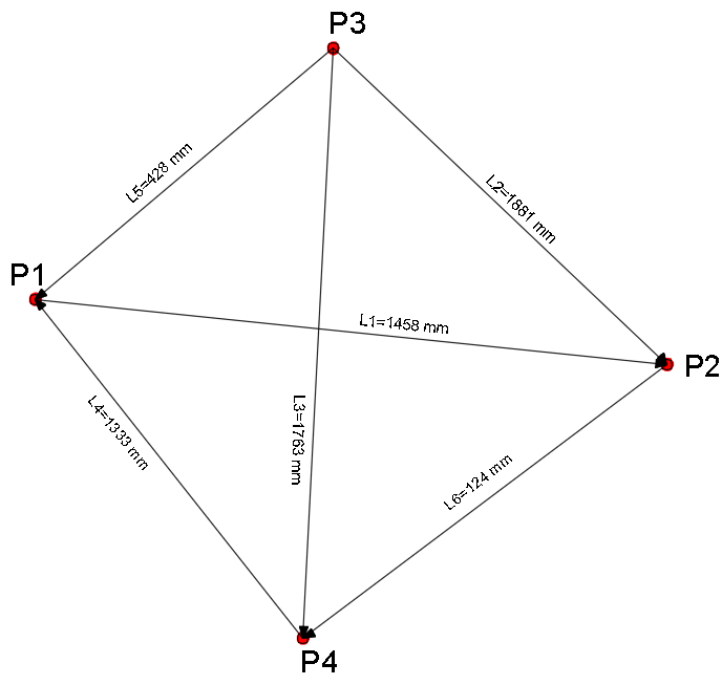
*Datos de Desnivel para el cálculo de la red auxiliar.*

Parámetro	Desnivel(m)
L1	1,458
L2	1,881
L3	1,763
L5	0,428
L6	0,124

*Nota:* La presente tabla indica los desniveles obtenido para el ajuste de la red auxiliar.

**Figura 30**

*Croquis de apoyo para el ajuste de mininos cuadrados de los desniveles.*



*Nota:* El gráfico muestra un esquema de apoyo para el ajuste de la red auxiliar.

## Grados de Libertad

- ◆ Grados de Libertad

$$G.L = m - n \quad (11)$$

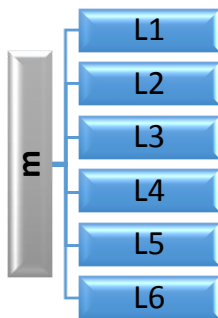
Donde:

$m = \text{número de observaciones}$

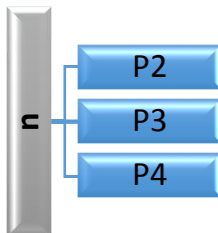
$n = \text{número de incógnitas}$

$G.L = \text{Grados de libertad}$

- ◆ Número de Observaciones



- ◆ Numero de incógnitas



$$G.L = 6 - 3 = 3$$

**Ecuaciones para Resolver el Sistema**

$$ZP2 - ZP1 = L1 \rightarrow ZP2 = L1 + ZP1$$

$$ZP2 - ZP3 = L2$$

$$ZP4 - ZP3 = L3$$

$$ZP1 - ZP3 = L5 \rightarrow ZP3 = ZP1 - L5$$

$$ZP4 - ZP2 = L6$$

### Matriz de Modelo Funcional (A)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

### Matriz de Incógnitas (L)

$$L = \begin{pmatrix} 2479,946 \\ -1,881 \\ -1,763 \\ 2481,832 \\ 0,124 \end{pmatrix}$$

### Matriz Normal (X)

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} * A^T \cdot L$$

$$X = \begin{pmatrix} 2479,947 \\ 2481,831 \\ 2480,069 \end{pmatrix}$$

**Tabla 13**

*Cotas de los puntos principales de la red auxiliar*

Punto	Cota	Unidad
P1	2481,404	m
P2	2479,947	m
P3	2481,831	m
P4	2480,069	m

*Nota:* La tabla presenta las coordenadas de los puntos de la red auxiliar que permitirán encontrar las coordenadas de la red principal.



**Matriz Residual (V)**

$$V = A \cdot X - L \quad (12)$$

$$V = \begin{pmatrix} 0.011 \\ -0.0027 \\ 0.0016 \\ -0.0011 \\ -0.0016 \end{pmatrix}$$

**Matriz Varianza Posteriori (Va)**

$$Va = (0.0000515)$$

**Calculo de la red de nivelación Principal mediante ajuste de mínimos cuadrados sin carga****Datos:****Tabla 14.**

*Tabla de coordenadas de la red auxiliar.*

<b>Punto</b>	<b>Cota</b>	<b>Unidad</b>
<b>P1</b>	2481,404	m
<b>P2</b>	2479,947	m
<b>P3</b>	2481,831	m
<b>P4</b>	2480,069	m

*Nota:* La tabla presenta las coordenadas de la red auxiliar las cuales permiten el cálculo de la red principal del puente.

**Tabla 15.***Desniveles de estación 1 y 2*

<b>Parámetro</b>	<b>Desnivel (m)</b>
<b>ZP1=2481,404 (m)</b>	
<b>L1</b>	7,49
<b>L2</b>	7,69
<b>L3</b>	7,55
<b>L4</b>	7,73
<b>L5</b>	7,76
<b>L6</b>	7,89
<b>L7</b>	7,61
<b>L8</b>	7,85
<b>L9</b>	7,79
<b>L10</b>	7,69
<b>ZP2= 2479,947 (m)</b>	
<b>L11</b>	9,11
<b>L12</b>	9,26
<b>L13</b>	8,97
<b>L14</b>	9,16
<b>L15</b>	8,81
<b>L16</b>	9,16
<b>L17</b>	9,19

*Nota:* La tabla presenta los desniveles obtenidos de las observaciones sin carga de la estación 1 y 2.

**Tabla 16***Desniveles de estación 3 y 4*

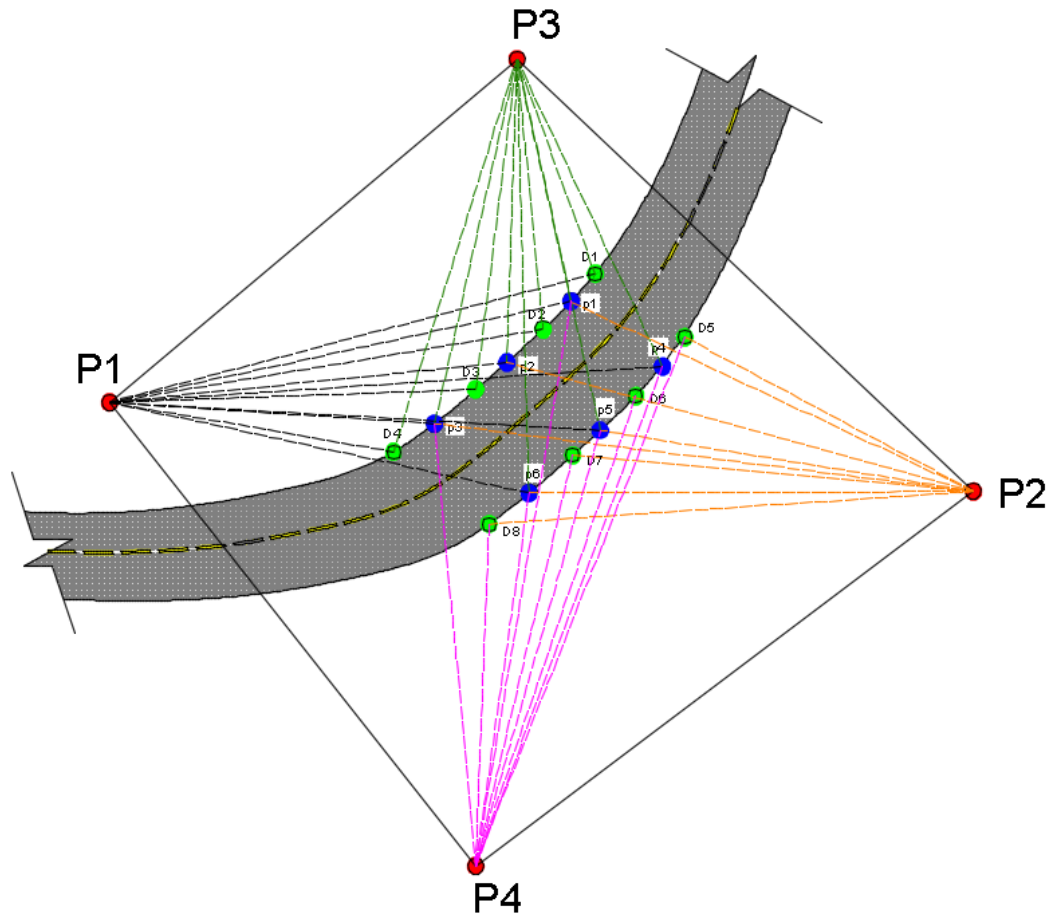
<b>Parámetro</b>	<b>Desnivel (m)</b>
<b>ZP3= 2481,831(m)</b>	
<b>L18</b>	7,06
<b>L19</b>	7,26
<b>L20</b>	7,11
<b>L21</b>	7,30
<b>L22</b>	7,32
<b>L23</b>	7,41
<b>L24</b>	7,17
<b>L25</b>	7,42
<b>L26</b>	7,20
<b>L27</b>	7,15
<b>ZP4=2480,069(m)</b>	
<b>L28</b>	8,99
<b>L29</b>	9,20
<b>L30</b>	8,93
<b>L31</b>	9,14
<b>L32</b>	8,68
<b>L33</b>	9,05
<b>L34</b>	8,69
<b>L35</b>	9,04
<b>L36</b>	9,19

*Nota:* La tabla presenta los desniveles obtenidos de las observaciones sin carga de la estación 3 y 4.

*Croquis de apoyo para el ajuste de mininos cuadrados de las observaciones sin carga.*

**Figura 31**

*Croquis de apoyo para el ajuste de mininos cuadrados de las observaciones sin carga.*



*Nota:* Observaciones realizadas sin carga desde la estación 1, 2,3, 4.

### Grados de Libertad

◆ Grados de Libertad

$$G.L = m - n \quad (11)$$

Donde:

$m$  = número de observaciones

$n$  = número de incógnitas

$G.L$  = Grados de libertad

$$G.L = 29 - 14 = 15$$

**Ecuaciones para Resolver el Sistema**

$$\begin{aligned}L1 - ZP1 &= 7,49 \\L2 - ZP1 &= 7,69 \\L3 - ZP1 &= 7,55 \\L4 - ZP1 &= 7,73 \\L5 - ZP1 &= 7,76 \\L6 - ZP1 &= 7,84 \\L8 - ZP1 &= 7,85 \\L9 - ZP1 &= 7,79 \\L10 - ZP1 &= 7,69\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L14 - ZP2 &= 9,16 \\L15 - ZP2 &= 8,81 \\L16 - ZP2 &= 9,16 \\L17 - ZP2 &= 9,19\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L18 - ZP3 &= 7,06 \\L19 - ZP3 &= 7,26 \\L20 - ZP3 &= 7,11 \\L21 - ZP3 &= 7,30 \\L22 - ZP3 &= 7,32 \\L23 - ZP3 &= 7,41 \\L24 - ZP3 &= 7,17 \\L25 - ZP3 &= 7,42 \\L26 - ZP3 &= 7,26 \\L27 - ZP3 &= 7,15\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L28 - ZP4 &= 8,99 \\L29 - ZP4 &= 9,20 \\L30 - ZP4 &= 8,93 \\L31 - ZP4 &= 9,14 \\L32 - ZP4 &= 8,68 \\L33 - ZP4 &= 9,05\end{aligned}$$

**Matriz de Modelo Funcional (A)**



$$L = \begin{pmatrix} 2488,894 \\ 24489,094 \\ 2488,954 \\ 2489,134 \\ 2489,164 \\ 2489,244 \\ 2489,254 \\ 2489,194 \\ 2489,094 \\ 2489,070 \\ 2489,137 \\ 2488,891 \\ 2489,091 \\ 2488,941 \\ 2489,131 \\ 2489,151 \\ 2489,241 \\ 2489,001 \\ 2489,251 \\ 2489,091 \\ 2488,981 \\ 2489,059 \\ 2489,269 \\ 2488,999 \\ 2489,209 \\ 2488,749 \\ 2489,119 \\ 2489,109 \\ 2489,259 \end{pmatrix}$$

### Matriz Normal (X)

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} * A^T \cdot L$$

$$X = \begin{pmatrix} 2488,9925 \\ 2489,0725 \\ 2489,0425 \\ 2489,0587 \\ 2489,2025 \\ 2489,1680 \\ 2489,2510 \\ 2489,1815 \\ 2489,0910 \\ 2489,0590 \\ 2489,1480 \\ 2488,7490 \\ 2489,1265 \\ 2489,1070 \end{pmatrix}$$

Tabla 17

*Coordenadas de la red geodésica sin carga*

<b>Coordenadas sin carga</b>		
<b>Punto</b>	<b>Cota</b>	<b>Unidad</b>
<b>D1</b>	2488,9925	m
<b>P1</b>	2489,0725	m
<b>D2</b>	2489,0425	m
<b>P2</b>	2489,0587	m
<b>D3</b>	2489,2025	m
<b>P3</b>	2489,1680	m
<b>D4</b>	2489,2510	m
<b>D5</b>	2489,1815	m
<b>P4</b>	2489,0910	m
<b>D6</b>	2489,0590	m
<b>P5</b>	2489,1480	m
<b>D7</b>	2488,7490	m
<b>P6</b>	2489,1265	m
<b>D8</b>	2489,1070	m

### Matriz Residual (V)

$$V = A \cdot X - L$$

(12)

$$V = \begin{pmatrix} 0,0985 \\ -0,0238 \\ 0,0885 \\ -0,0753 \\ 0,0385 \\ -0,0760 \\ -0,1060 \\ -0,0675 \\ 0,0875 \\ 0 \\ -0,0668 \\ 0,1677 \\ -0,0985 \\ 0,1292 \\ -0,0885 \\ -0,0923 \\ -0,0385 \\ 0,1670 \\ 0 \\ 0 \\ 0,1670 \\ 0,0675 \\ -0,0875 \\ 0,0600 \\ -0,0610 \\ 0 \\ -0,0600 \\ -0,0388 \\ -0,0910 \end{pmatrix}$$



**Matriz Varianza Posteriori (Va)**

$$Va = (0.0147)$$

**Calculo de la red de nivelación Principal mediante ajuste de mínimos cuadrados con carga****Datos:****Tabla 18.**

*Tabla de coordenadas de la red auxiliar.*

<b>Punto</b>	<b>Cota</b>	<b>Unidad</b>
<b>P1</b>	2481,404	m
<b>P2</b>	2479,947	m
<b>P3</b>	2481,831	m
<b>P4</b>	2480,069	m

*Nota:* La tabla presenta las coordenadas de la red auxiliar las cuales permiten el cálculo de la red principal del puente.

**Tabla 19.**

*Desniveles de estación 1 y 2 con carga*

<b>Parámetro</b>	<b>Desnivel (m)</b>
<b>ZP1=2481,404 (m)</b>	
<b>L1</b>	7,49
<b>L2</b>	7,63
<b>L3</b>	7,54
<b>L4</b>	7,72
<b>L5</b>	7,75
<b>L6</b>	7,83
<b>L7</b>	7,61
<b>ZP2= 2479,947 (m)</b>	
<b>L8</b>	9,04
<b>L9</b>	9,25
<b>L10</b>	8,96
<b>L11</b>	9,16
<b>L12</b>	8,81

*Nota:* La tabla presenta los desniveles obtenidos de las observaciones sin carga de la estación 1 y 2.

**Tabla 20**

*Desniveles de estación 3 y 4 con carga*

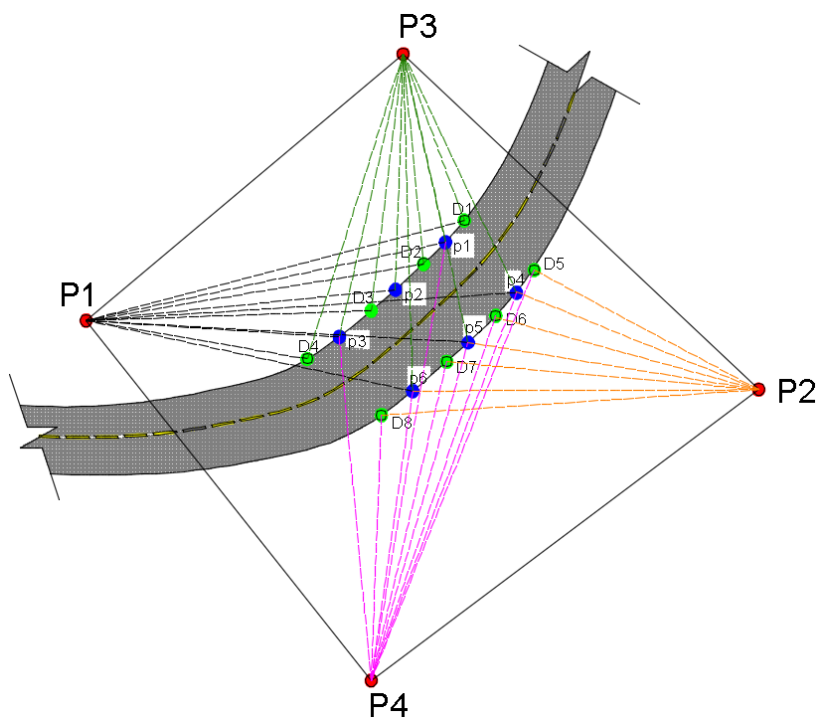
<b>Parámetro</b>	<b>Desnivel (m)</b>
<b>ZP3= 2481,831(m)</b>	
<b>L13</b>	7,08
<b>L14</b>	7,28
<b>L15</b>	7,14
<b>L16</b>	7,31
<b>L17</b>	7,35
<b>L18</b>	7,43
<b>L19</b>	7,20
<b>ZP4=2480,069(m)</b>	
<b>L20</b>	8,99
<b>L21</b>	9,20
<b>L22</b>	8,93
<b>L23</b>	9,14
<b>L24</b>	8,84
<b>L25</b>	9,04
<b>L26</b>	8,68

*Nota:* La tabla presenta los desniveles obtenidos de las observaciones sin carga de la estación 3 y 4.

Croquis de apoyo para el ajuste de mininos cuadrados de las observaciones con carga.

Figura 32.

Croquis de apoyo para el ajuste de mininos cuadrados de las observaciones con carga.



Nota: Observaciones realizadas con carga desde la estación 1, 2, 3, 4.

### Grados de Libertad

◆ Grados de Libertad

$$G.L = m - n$$

(12)

Donde:

$m$  = número de observaciones

$n$  = número de incógnitas

$G.L = \text{Grados de libertad}$

$$G.L = 24 - 14 = 12$$

### **Ecuaciones para Resolver el Sistema**

$$L1 - ZP1 = 7,49$$

$$L2 - ZP1 = 7,63$$

$$L3 - ZP1 = 7,54$$

$$L4 - ZP1 = 7,72$$

$$L5 - ZP1 = 7,75$$

$$L6 - ZP1 = 7,83$$

$$L8 - ZP1 = 7,61$$

$$L9 - ZP2 = 9,04$$

$$L10 - ZP2 = 9,25$$

$$L11 - ZP2 = 8,96$$

$$L12 - ZP2 = 9,16$$

$$L13 - ZP2 = 8,81$$

$$L14 - ZP3 = 7,08$$

$$L15 - ZP3 = 7,28$$

$$L16 - ZP3 = 7,14$$

$$L17 - ZP3 = 7,31$$

$$L18 - ZP3 = 7,35$$

$$L19 - ZP3 = 7,43$$

$$L20 - ZP3 = 7,20$$

$$L21 - ZP4 = 8,99$$

$$L22 - ZP4 = 9,20$$

$$L23 - ZP4 = 8,93$$

$$L24 - ZP4 = 9,14$$

$$L25 - ZP4 = 8,84$$

$$L26 - ZP4 = 9,04$$

$$L27 - ZP4 = 8,68$$

### **Matriz de Modelo Funcional (A)**



$$L = \begin{pmatrix} 2488,894 \\ 2489,034 \\ 2488,944 \\ 2489,124 \\ 2489,154 \\ 2489,234 \\ 2489,014 \\ 2489,057 \\ 2489,197 \\ 2488,970 \\ 2489,107 \\ 2488,754 \\ 2488,911 \\ 2489,111 \\ 2488,971 \\ 2489,141 \\ 2489,181 \\ 2489,261 \\ 2489,031 \\ 2489,059 \\ 2489,269 \\ 2488,999 \\ 2489,209 \\ 2488,909 \\ 2489,109 \\ 2488,749 \end{pmatrix}$$

### Matriz Normal (X)

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} * A^T \cdot L$$

$$X = \begin{pmatrix} 2488,9912 \\ 2489,0703 \\ 2489,0388 \\ 2489,0553 \\ 2489,1999 \\ 2489,1664 \\ 2489,2499 \\ 2489,1798 \\ 2489,00889 \\ 2489,0557 \\ 2489,1459 \\ 2488,7471 \\ 2489,1250 \\ 2489,1061 \end{pmatrix}$$

Tabla 21.

*Coordenadas de la red geodésica sin carga*

<b>Coordenadas con carga</b>		
<b>Punto</b>	<b>Cota</b>	<b>Unidad</b>
<b>D1</b>	2488,9912	m
<b>P1</b>	2489,0703	m
<b>D2</b>	2489,0388	m
<b>P2</b>	2489,0553	m
<b>D3</b>	2489,1999	m
<b>P3</b>	2489,1664	m
<b>D4</b>	2489,2499	m
<b>D5</b>	2489,1798	m
<b>P4</b>	2489,0889	m
<b>D6</b>	2489,0557	m
<b>P5</b>	2489,1459	m
<b>D7</b>	2488,7471	m
<b>P6</b>	2489,1250	m
<b>D8</b>	2489,1061	m

*Nota:* La tabla muestra las coordenadas del puente sometido a carga.

#### **Matriz Residual (V)**

$$V = A \cdot X - L$$

(12)

$$V = \begin{pmatrix} 0,0085 \\ 0,0385 \\ 0,0135 \\ 0,0085 \\ 0,0135 \\ 0,0135 \\ 0,0085 \\ 0 \\ 0,0060 \\ 0,0010 \\ 0,0010 \\ -0,0040 \\ -0,0085 \\ -0,0358 \\ -0,0135 \\ -0,0085 \\ -0,0385 \\ -0,0135 \\ -0,0135 \\ -0,0085 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,0600 \\ 0 \\ 0 \\ 0,0040 \end{pmatrix}$$

**Matriz Varianza Posteriori (Va)**

$$Va = (0.000383)$$



**Deformaciones determinadas en el puente.****Tabla 22.***Coordenadas de la red geodésica sin carga*

<b>Coordenadas con carga</b>		
<b>Punto</b>	<b>Cota</b>	<b>Unidad</b>
<b>D1</b>	2488,9912	m
<b>P1</b>	2489,0703	m
<b>D2</b>	2489,0388	m
<b>P2</b>	2489,0553	m
<b>D3</b>	2489,1999	m
<b>P3</b>	2489,1664	m
<b>D4</b>	2489,2499	m
<b>D5</b>	2489,1798	m
<b>P4</b>	2489,0889	m
<b>D6</b>	2489,0557	m
<b>P5</b>	2489,1459	m
<b>D7</b>	2488,7471	m
<b>P6</b>	2489,1250	m
<b>D8</b>	2489,1061	m

*Nota:* La tabla muestra las coordenadas del puente sometido a carga.

**Tabla 23***Coordenadas de la red geodésica sin carga*

<b>Coordenadas sin carga</b>		
<b>Punto</b>	<b>Cota</b>	<b>Unidad</b>
<b>D1</b>	2488,9925	m
<b>P1</b>	2489,0725	m
<b>D2</b>	2489,0425	m
<b>P2</b>	2489,0587	m
<b>D3</b>	2489,2025	m
<b>P3</b>	2489,1680	m
<b>D4</b>	2489,2510	m
<b>D5</b>	2489,1815	m
<b>P4</b>	2489,0910	m
<b>D6</b>	2489,0590	m
<b>P5</b>	2489,1480	m
<b>D7</b>	2488,7490	m
<b>P6</b>	2489,1265	m
<b>D8</b>	2489,1070	m

*Nota:* La tabla muestra las coordenadas del puente sin carga.

**Tabla 24***Deformaciones determinadas en el puente*

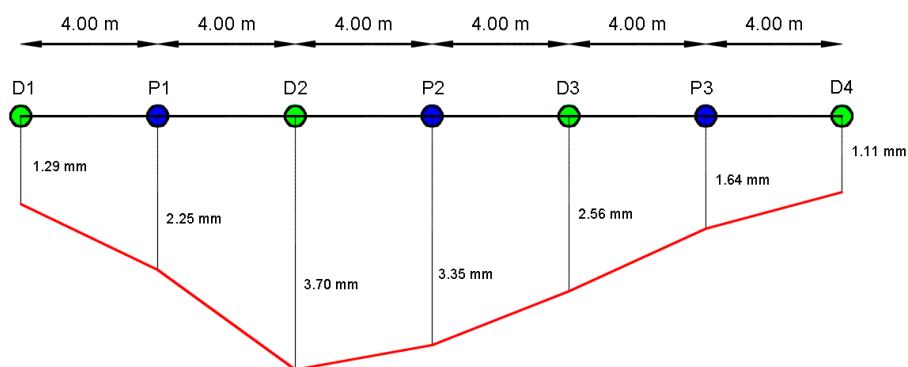
<b>Punto</b>	<b>Deformación</b>	<b>Unidad</b>
<b>D1</b>	-1,290	mm
<b>p1</b>	-2,250	mm
<b>D2</b>	-3,700	mm
<b>p2</b>	-3,346	mm
<b>D3</b>	-2,564	mm
<b>p3</b>	-1,642	mm
<b>D4</b>	-1,110	mm
<b>D5</b>	-1,656	mm
<b>p4</b>	-2,110	mm
<b>D6</b>	-3,310	mm
<b>p5</b>	-2,057	mm
<b>D7</b>	-1,876	mm
<b>p6</b>	-1,512	mm
<b>D8</b>	-0,864	mm

*Nota:* La tabla muestra las deformaciones presentadas sobre el puente ESPE-Playa Chica.

**Figura 33**

Deformaciones determinadas en el puente sentido ESPE-Playa Chica

## Sentido ESPE-Playa Chica

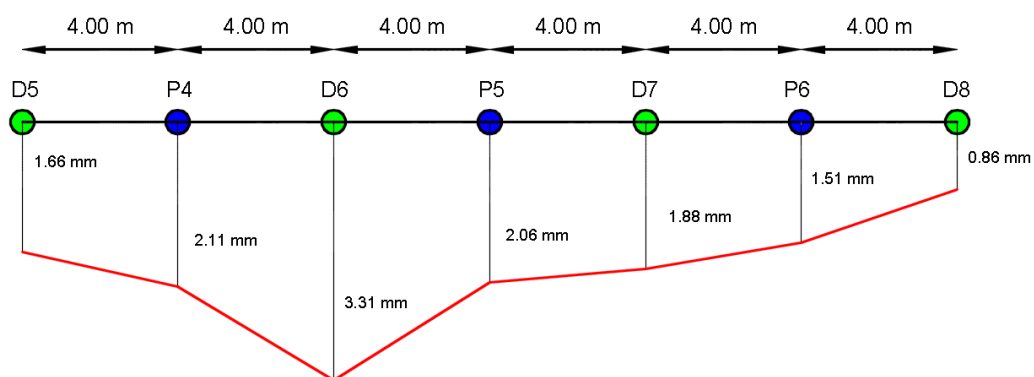


*Nota:* Las gráfica representa las deformaciones en mm determinadas en el puente en sentido ESPE-Playa Chica.

**Figura 34**

Deformaciones determinadas en el puente sentido Playa Chica- ESPE

## Sentido Playa Chica-ESPE



*Nota:* Las gráfica representa las deformaciones en mm determinadas en el puente en sentido Playa Chica- ESPE.

## Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

- ◆ El ensayo ISO 17213-3 de ángulos verticales tuvo una desviación estándar del equipo en la medición de ángulos verticales de 6,3 cc, cifra que se encuentra por debajo de la apreciación del equipo, lo que se puede concluir que el dispositivo no se encuentra defectuoso en las condiciones que se llevaron a cabo en el trabajo de campo.
- ◆ El resultado del método del punto medio punto extremo para equipos topográficos con el nivel de ingeniero dio como resultado 4,8 mm, valor menor a la tolerancia 9,130 mm con lo que se comprueba que el nivel se encuentra en un estado adecuado para realizar las medidas requeridas para el presente proyecto.
- ◆ La coordenada obtenida mediante el GPS diferencial para iniciar el ajuste de la red es de: ZP1= 2481,404 m, dato que servirá de partida para el cálculo de la red principal.
- ◆ Las coordenadas obtenidas del ajuste de la red geodésica auxiliar dio como resultado: ZP1= 2481,404 m, ZP2= 2479,947 m, ZP3= 2481,831 m, ZP4= 2480,069 m
- ◆ Mediante el cálculo de residuales se obtuvo un error promedio en las observaciones con carga vehicular de 1 cm aproximadamente y sin carga vehicular de 7 cm aproximadamente lo que indica que las observaciones realizadas con carga fueron realizadas de una forma más precisa.
- ◆ La varianza posteriori para la red auxiliar nos da como resultado: 0,000005125 un valor menor a la unidad lo que nos indica que la red fue observada y ajustada correctamente.

- ◆ La varianza posteriori para la red geodésica principal sin carga nos da como resultado: 0,0147 un valor menor a la unidad lo que nos indica que la red fue observada y ajustada correctamente.
- ◆ La varianza posteriori para la red geodésica principal con carga nos da como resultado: 0,000383 un valor menor a la unidad lo que nos indica que la red fue observada y ajustada correctamente.
- ◆ La deformación obtenida en el puente con una carga de aproximadamente 24 toneladas incluida 2 volquetas llenas de lastre es de 2 mm en promedio.

### **Recomendaciones**

- ◆ Realizar la calibración de los equipos topográficos a emplearse en el proyecto para una mejor precisión de las observaciones realizadas.
- ◆ No utilizar los equipos en condiciones climáticas desfavorables puede ocasionar el daño de los equipos y errores en la medición de las observaciones.
- ◆ Realizar observaciones con tres volquetas para obtener un monitoreo más real de las deformaciones en el puente.
- ◆ Ampliar el proyecto a diferentes puentes del país como un mecanismo de monitoreo de deformaciones
- ◆ Se debe realizar una prueba de hipótesis para verificar los resultados obtenidos en la varianza posteriori.

## Bibliografía

- ACI, 3.-1. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. Estados Unidos : American Concrete Institute Always advancing.
- Arcos, A. (2017). *Norma ISO 17123 Incertidumbre del instrumento topográfico*.
- CurioSfera, H. (2 de Noviembre de 2020). *Historia de los puentes-Origen y evolución*. Obtenido de Historia de los puentes-Origen y evolución: <https://curiosfera-historia.com/historia-de-los-puentes-origen-inventor/>
- Dupi, P. (2021). *Puentes de Madera* . Obtenido de <https://www.dupiprefabricats.com/puentes-de-madera>
- Elivo, F., & Eligio, M. (Diciembre de 2014). *TOPOGRAFIA DE PUENTES Y TÚNELES*. Obtenido de <https://repositorio.unphu.edu.do/bitstream/handle/123456789/831/Topografi%CC%81a%20de%20puentes%20y%20tuneles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garrido, N. (15 de Septiembre de 2014). *Minimos Cuadrados y su aplicación para Topografía*. Obtenido de <https://nagarvil.webs.upv.es/minimos-cuadrados-topografia/>
- Gil, F. (10 de Agosto de 2018). *CAMPUS ULTRA*. Obtenido de <https://campusultra.com/aula-virtual/sistema-de-capa-de-rodadura-y-de-impermeabilizacion-liquida-y-continua-de-alta-tecnologia-para-puentes-y-carreteras-puma/>
- Herramientas, M. (18 de Julio de 2012). *DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS* . Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/nivel-de-topografia>
- Lobo, S., & Mora.Greivin. (8 de Mayo de 2020). *moviliblog*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/transporte/es/>
- López, P. (8 de Septiembre de 2012). *Constru Aprende.com*. Obtenido de <http://www.construaprende.com/docs/caminos/348-puentes-y-viaductos#gsc.tab=0>
- Lopez, T. (2020). *freepng.es*. Obtenido de <https://www.freepng.es/png-nfkd0u/>
- Mohr, M. (11 de Diciembre de 2017). *Momentos de Mohr*. Obtenido de <https://momentosdemohr.blogspot.com/2017/>
- Paraguay, C. (31 de Agosto de 2020). *CONSTRUCCIONES PARAGUAY.com* . Obtenido de <http://www.construccionesparaguay.com/noticias/ver/1904>
- Pinto, A. (2012). *Ingenieria Real*. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/tipos-de-puentes/>
- Romo, M. (Agosto de 2018). *PUENTES Y VIADUCTOS-CAPÍTULO I:GENERALIDADES*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326995778\\_PUENTES\\_Y\\_VIADUCTOS\\_-\\_CAPITULO\\_I\\_GENERALIDADES](https://www.researchgate.net/publication/326995778_PUENTES_Y_VIADUCTOS_-_CAPITULO_I_GENERALIDADES)

- Sarralde, J. (18 de Junio de 2019). *Consejos para organizar una ruta por la Costa Oeste* .  
Obtenido de <https://guias-viajar.com/estados-unidos/planes-viajes-rutas/6-consejos-planificar-una-ruta-por-la-costa-oeste/>
- Yague, S. (2010). MEDICIÓN Y CÁLCULO DE UNA RED GEODÉSICA EN EL PARC MEDITERRANI DE LA TECNOLOGIA. En S. Yague, *MEDICIÓN Y CÁLCULO DE UNA RED GEODÉSICA EN EL PARC MEDITERRANI DE LA TECNOLOGIA* (págs. 35-40). Catalunya.

**Anexos**