



**Universidad Autónoma del Estado
de Baja California**
Facultad de Ingeniería

Tesis para Licenciatura:

*“NIVELACIÓN DIFERENCIAL DOBLE CON MEDICIONES DIGITALES
APLICADA EN LA RESTAURACIÓN RIPARIA DEL RÍO COLORADO:
PRESA MORELOS - VADO CARRANZA”*

Nombre de Tesista:

Ana Isabel Canchola López

Director de Tesis:

Dr. Jorge Ramírez Hernández

Mexicali, Baja California a 2 de Diciembre del 2016

Contenido

Índice de Figuras	2
Índice de Tablas.....	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO	Error! Bookmark not defined.
2.1 Área de Estudio	7
2.2 Condiciones regionales.	9
METODOLOGÍA	11
3.1. Nivelación doble con mediciones digitales.....	12
3.2. Elevación de puntos de liga y mojonearas.....	14
3.3. Desviación estándar de nivelación.	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1. Niveles asociados a banco de nivel Presa Derivadora Morelos.....	17
4.2. Mapa de ubicación de línea base y mojonearas.....	23
4.3. Desviación estándar	25
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXO I	29
ANEXO II	31

Índice de Figuras

FIGURA 1. CUENCA DEL RC, TRIBUTARIOS Y PRINCIPALES RESERVORIOS.....	5
FIGURA 2. ÁREA DE ESTUDIO COMPRENDIDA ENTRE LA PRESA DERIVADORA MORELOS Y EL VADO CARRANZA.....	8
FIGURA 3. VEGETACIÓN QUE SE ENCUENTRA EN LA ZONA DE ESTUDIO: A) SE OBSERVAN ARBOLES DE PINO SALADO Y SAUCE; Y B) SE OBSERVA CHAMIZOS.	9
FIGURA 4. AVES PLAYERAS QUE SE PUEDE ENCONTRAR EN LA ZONA DE ESTUDIO: A) LIMOSA HAEMASTICA Y TRINGA SEMIPALMATA Y CALIDRIS CANUTUS Y APHRIZA VERGATA (CARMONA, 2014).....	10
FIGURA 5. EQUIPO UTILIZADO: A) NIVEL DIGITAL LEICA DNA03 EN TRIPIE DE MADERA, B) MIRA INVAR (ESTADAL).	11
FIGURA 6. MÉTODO EFFE-EFFE.....	12
FIGURA 7. ADQUISICIÓN DE MEDICIONES DIGITALES EN BANCO DE NIVEL DE PRESA MORELOS: A) POSICIÓN DE BASE Y B) POSICIÓN DE ESTADAL (ADQUIRIDA POR HÉCTOR).	13
FIGURA 8. UBICACIÓN DE MOJONERAS Y BANCO DE NIVEL INICIAL.....	23
FIGURA 9. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PUNTOS DE REFERENCIA EN LA LÍNEA BASE DE NIVELACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	24
FIGURA 10. GRÁFICA DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR (M/KM)(ANEXO II).	25
FIGURA 11. GRÁFICA DE PERFIL DE LA LÍNEA BASE DE NIVELACIÓN (M/M)(ANEXO II).	26

Índice de Tablas

TABLA 1. DATOS DEL BANCO DE NIVEL UBICADO EN PRESA MORELOS, COORDENADAS X Y Y EN SISTEMA UTM WGS84 ZONA 11 NORTE Y COORDENADA VERTICAL (Z) EN NAD88.	13
TABLA 2. COORDENADAS UTM WGS84 DE LAS MOJONERAS.....	18
TABLA 3. EQUIPO TOPOGRÁFICO Y SU PRECISIÓN VERTICAL REPORTADA POR EL FABRICANTE.	18
TABLA 4. NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PRESA MORELOS HASTA EL VADO CARRANZA.	19

INTRODUCCIÓN

El río desértico más grande del hemisferio occidental, el Río Colorado (RC), nace en las montañas de Colorado y Wyoming, baja por los estados de Utah, Nuevo México, Arizona, Nevada y California, en los Estados Unidos y continua su recorrido hasta México por los estados de Sonora y Baja California (Figura 1) ([Cortez, 1999](#)), tiene una extensión longitudinal aproximada de 2,300 km y llegó a formar un pródigo delta que desemboca en el Golfo de California. Los usos principales del agua proveniente del RC son el agrícola, urbano y el industrial ([Zamora-Arroyo, 2005](#)).

La construcción de infraestructuras hidráulicas para el control, derivación y almacenamiento de flujos del RC se inició bajo la premisa de tener un mejor aprovechamiento del agua para fomentar el desarrollo agrícola y urbano del árido suroeste de los Estados Unidos y México. El RC tiene alrededor de 25 presas de almacenamiento de las cuales destacan la presa Hoover y Glenn Canyon; y más de 80 derivaciones que desvían el agua del RC hacia distritos de riego y ciudades como San Diego, Los Ángeles, Tucson en Estados Unidos y Mexicali, Tecate, Tijuana y Ensenada en Baja California. Así como a San Luis Río Colorado en Sonora, destacando la Presa Derivadora Morelos siendo esta la última desviación que recibe el 90% del volumen de agua asignado a México ([Hinojosa-Huerta, 2005](#)).

De acuerdo al Tratado de Distribución de Aguas Internacionales en México y Estados Unidos, en 1944 se establece que México debe tener un volumen anual garantizado de $1,850 \times 10^6 \text{ m}^3$. De este volumen asignado a México, el 83% se usa en Baja California y el 17% restante en Sonora. La distribución por uso del agua en México es la siguiente: 85% del volumen de agua es destinado a la agricultura del Valle de Mexicali, y el resto es distribuido para usos urbanos e industriales en las ciudades de Tijuana, Tecate, Ensenada en Baja California y San Luis Río Colorado en Sonora ([Luecke, 1999](#)).

Más del 80% del volumen anual del RC es utilizado en distritos de riego que alimentan a más de 1.5 millones de hectáreas de cultivos en el sur de Estados Unidos y el Noroeste de México, el resto del volumen es utilizado para proveer agua y energía eléctrica a los más de 30 millones de usuarios que viven cerca de la cuenca RC ([Luecke, 1999](#)).

A lo largo del recorrido del RC por Estados Unidos y México se podían observar extensos bosques de sauces y álamos, ciénegas y otros ecosistemas costeros que mantenían una gran abundancia y diversidad de animales y plantas. En la actualidad solo cuenta con el 10% de su área y se encuentra rodeado por cerca de 200 mil ha de tierras de cultivo del Valle de Mexicali. Aproximadamente el 90% de la superficie del delta se perdió en 65 años a consecuencia de la distribución del agua para satisfacer a la población de Estados Unidos

y México. Sin embargo, el delta es la desembocadura de un río en la que los aluviones se acumulan en el lugar de contacto con el mar, formando un avance de la tierra sobre este. (S.L., 2009) Por lo tanto el delta cumple con una función muy importante que es la de albergar especies de aves residentes y migratorias que se refugian y alimentan en la zona. (Zamora-Arroyo, 2005).

La serie de presas aguas arriba han provocado que el río ya no fluya libremente logrando romper el ecosistema continuo, lo cual, se ha visto reflejado en las grandes afectaciones ambientales a lo largo del cauce del RC (Hinojosa-Huerta, 2005). Para reducir los impactos negativos provocados por la reducción de agua en el delta se logró un acuerdo binacional en el 2012, para derivar flujos ambientales llamado Acta 319 del Tratado de Distribución de Aguas Internacionales entre México y Estados Unidos donde se incluyó la participación de organizaciones de la sociedad civil. En este acuerdo se prevé un programa piloto de 5 años para descargar 195 hm^3 en dos eventos, uno denominado flujo pulso y otro flujo base, el primero para mimetizar las descargas naturales de primavera que se presentaban en el río durante el periodo de floración de la vegetación riparia; y el segundo para mantener las condiciones hidrológicas propicias para el establecimiento de la vegetación nativa (Ramírez-Hernández, 2014).

Es importante preservar la vegetación nativa de nuestro estado, porque permite mantener la estabilidad en el ecosistema; la vegetación es el alimento de insectos y de animales nativos del lugar (Ramírez-Hernández, 2014).

Los flujos ambientales como el del año 2014 permitirán la generación y mantenimiento de la vegetación riparia que aún existe y con ello la conservación del hábitat (Ramírez-Hernández, 2014).

La descarga de los flujos ambientales requirió, además del monitoreo de la vegetación, evaluar el avance del agua superficial y subterránea desde la zona de descarga (Presa Morelos) hasta el vado de la colonia Carranza (Vado Carranza). Para lo cual fue necesario medir en diferentes puntos del cauce el caudal que pasó por esos puntos y la elevación del tirante de agua en el mismo. A su vez, también requirió la medición de las variaciones del nivel piezométrico a todo lo largo del corredor ripario (Ramírez-Hernández, 2014).

Todas las mediciones hidrológicas requirieron contar con un nivel de referencia único que permitiera compararlas. Dado que las variaciones en elevación a lo largo del río son muy pequeñas, por la baja pendiente (cm/km) y en el acuífero las variaciones en elevación por la recarga de los flujos ambientales siguen el mismo orden. Fue necesario contar con un levantamiento topográfico de alta precisión que permitiera establecer una línea base de referencia y correlacionar (ligar) todas las elevación de las estructuras en el cauce del RC y

los brocales de los piezómetros de observación con la elevación de un banco único, en este caso el localizado en la Presa Morelos.

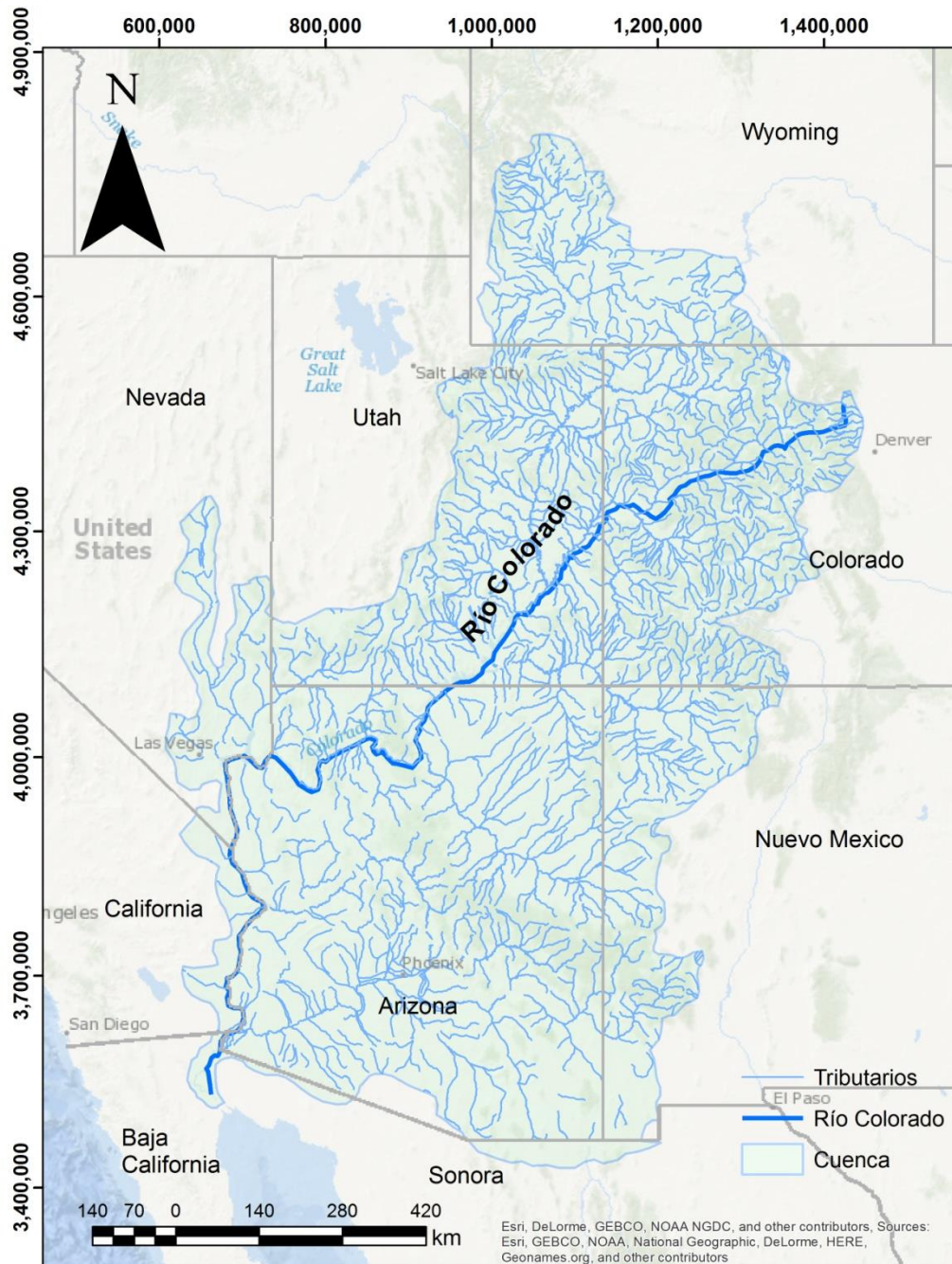


Figura 1. Cuenca del RC, tributarios y principales reservorios.

OBJETIVO

Objetivo General:

Reducir y analizar los datos de la nivelación diferencial doble con nivel digital en línea base para aplicar en las variaciones de la elevación del agua subterránea y superficial en el corredor ripario del RC desde la Presa Derivadora Morelos hasta el Vado Carranza.

Particulares:

1. Realizar la reducción de los datos obtenidos en las mediciones digitales.
2. Determinar elevaciones de puntos de liga y mojoneas en línea base.
3. Calcular la desviación estándar por kilómetro nivelado.
4. Determinar rutas de nivelación para monitoreo de agua subterránea y superficial.

Metas:

1. Reducir y analizar de mediciones digitales.
2. Asociar los puntos de liga de la línea base y mojoneas.
3. Obtener y analizar la desviación estándar por kilómetro de nivelación.

2.1 Área de Estudio

Baja California se ubica en el extremo noroeste de México, entre las coordenadas 29.9500 N, -115.1166 O, con una superficie continental de 71.576 km² BC, es decir, el 3.57% de México. La entidad limita al oeste con el Océano Pacífico; al este con el Golfo de California, con Sonora y el río Colorado, en México y Arizona, en Estados Unidos; al sur con Baja California Sur y al norte con California, en Estados Unidos ([GobBC, 20015](#)). El área de estudio se ubica en el estado de Baja California en el municipio de Mexicali, cercas de la localidad conocida como los Algodones por el Lindero Internacional Norte se encuentra la Presa Dervadora Morelos, que en conjunto con San Luis Rio Colorado en Sonora, por medio del Canal Sánchez Mejorada, en el Lindero Internacional Sur, se recibió agua.

Por lo tanto el área de estudio comprende desde la Presa Derivadora Morelos (32.7054 N, -114.7290 O), hasta el vado Carranza (32.9649 N, -115.1595 O) (Figura 2), a 12 km aguas abajo del puente del ferrocarril Mexicali-Puerto Peñasco. El trazo total del cauce del RC en el territorio mexicano es de aproximadamente 160 km de longitud, el área de estudio comprende 91 km de dicha longitud, aunque la línea base de referencia tuvo una longitud de 110 km. La extensión de la zona inundable del río, referida como corredor ripario está acotada por bordos de contención en cada una de las márgenes que impiden la migración del cauce durante descargas extraordinarias.

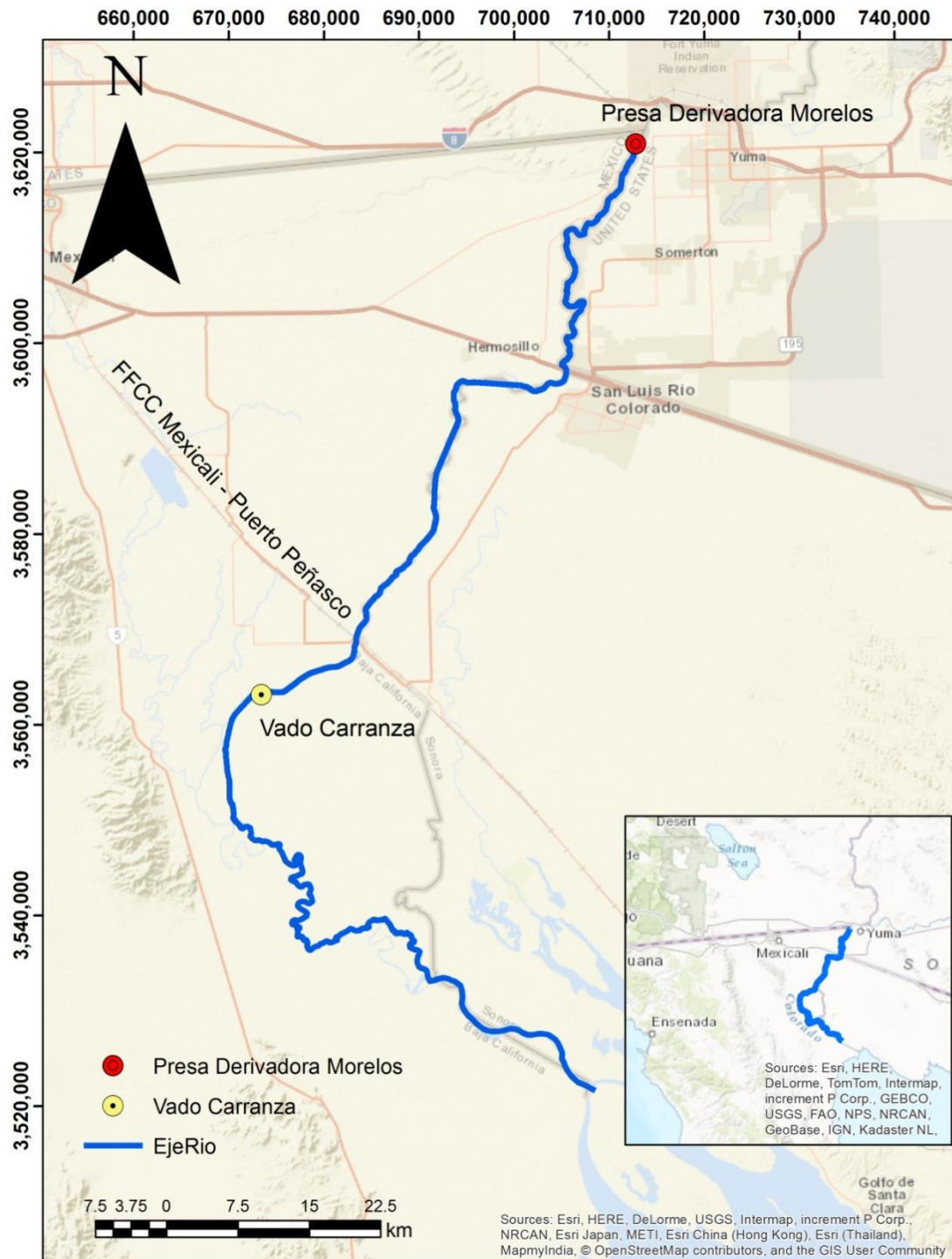


Figura 2. Área de estudio comprendida entre la Presa Derivadora Morelos y el Vado Carranza.

2.2 Condiciones regionales.

La cuenca del RC contiene una variedad de zonas climáticas que van desde las características alpinas hasta las zonas desérticas (Hinojosa-Huerta, 2005) la región fronteriza (California, Arizona, Baja California y Sonora) que es atravesada por el RC se considera una de las más áridas del mundo, con temperaturas mínimas de 0 a 16°C, medias entre los 20°C y máximas de hasta 52°C, la precipitación en la zona es muy baja se registra una precipitación anual de 264 mm en comparación con la media nacional de México que oscila entre los 772 mm (García, 2004).

En el Delta del RC se puede encontrar vegetación como son: chamizos, yerba resina, rosal, alfombrilla, pepinillo, vara prieta, chamizo colorado, brasillo, salvia, encinillo, hierba de oro y gramíneas. También se encuentran arboles como el sauce de canal (*Baccharis salicifolia*), sauce (*Salix gooddingii*), álamo (*Populus fremontii*) y el carrizo (*Phragmites australis*) (Figura 3) (Zamora-Arroyo, 2005). Otras especies como el pino salado (*Tamarix ramosissima*) es una especie intrusiva invasiva que se pretende erradicar en las zonas de restauración de vegetación nativa, la cual es de tipo freatofita ya que depende del nivel del agua del subsuelo (Cota, 2009).



a)



b)

Figura 3. Vegetación que se encuentra en la zona de estudio: a) Se observan arboles de pino salado y sauce; y b) Se observa chamizos.

También existen animales que se encuentran en la zona del RC como son la iguana de desierto, víboras, lagartijas y camaleones; así como las especies que emigran, se tienen contabilizadas un total de 36 especies de aves playeras, alberga a más de 160,000 aves

playeras al año, donde la mayor parte son playeros pequeños (80%), seguidos de especies grandes (15%) y medianas (5%) (Figura 4) (Cota, 2009).



a)



b)

Figura 4. Aves Playeras que se puede encontrar en la zona de estudio: a) *Limosa haemastica* y *Tringa semipalmata* y *Calidris canutus* y *Aphriza vergata* (Carmona, 2014).

Debido a que la vegetación nativa y especies animales dependen en mayor proporción de las condiciones hidrológicas subterráneas que de las superficiales, el monitoreo de dichas variables es de gran importancia y fundamental en la obtención de información para la designación de los sitios de restauración.

METODOLOGÍA

Como se comentó antes, la zona de estudio comprende una longitud de 91 km del cauce del RC desde la Presa Derivadora Morelos hasta el vado Carranza. En este estudio se consideró como banco de nivel de referencia al ubicado en la Presa Derivadora Morelos, el cual consiste en una placa de bronce empotrada en una estructura de concreto. A partir de este banco se inició la línea base de referencia que sirve como apoyo para establecer puntos de control vertical dentro de la zona de estudio. Esta línea fue posteriormente utilizada la nivelación de las estructuras de aforos, nivelación de la red piezométrica, levantamiento batimétrico, entre otros siendo la base de estudios hidrológicos fundamentales como elementos de los esfuerzos de restauración de la zona riparia del Delta del RC.

La línea base de referencia se niveló utilizando el método de nivelación doble con el nivel digital marca Leica modelo DNA03 (Figura 5a) el cual tiene una desviación estándar de 0.3 mm por kilómetro en nivelación doble en vertical (Ver Anexo I), apoyado en un trípode de madera marca Leica GST20 y estadales metálicos de 2 m de altura modelo GPS L3 (Figura 5b, mira *invar*), en el siguiente capítulo se explica la metodología utilizada para la nivelación de la línea base de nivel de referencia.



a)



b)

Figura 5. Equipo utilizado: a) Nivel digital Leica DNA03 en tripie de madera, b) Mira invar (estadal).

3.1. Nivelación doble con mediciones digitales.

La nivelación fue llevada a cabo sobre una línea paralela a la margen derecha del RC iniciando en la Presa Morelos y finalizando en el Vado Carranza. El procedimiento consistió en colocar puntos de liga de Norte a Sur, mediante varillas de $\frac{1}{2}$ pulgada, que fueron denominados PL (punto de línea) (de PL1 a PL114). Los primeros 43 puntos fueron instalándose a cada 500 m y posteriormente a cada 1,000 m.

El primer paso consistió en una nivelación doble (Figura 6) en la cual el nivel digital fue colocado sobre el soporte de tres patas, después se calibró el nivel digital por el método Kukkamäki ([Helsinki, 2005](#)) o también llamado “AxBx”, que consiste en colocar el nivel digital, en el punto x, a la misma distancia entre las miras invar A y B respectivamente, se visa el estadal A y se registra la lectura. Posteriormente se realiza este mismo paso para el sitio B, el nivel digital se cambia de posición debiendo quedar a 2.5 m de distancia mínima de x, se visa de nuevo B y se registra la lectura, se repite este paso para A, y así finalizar el proceso de calibración del equipo.

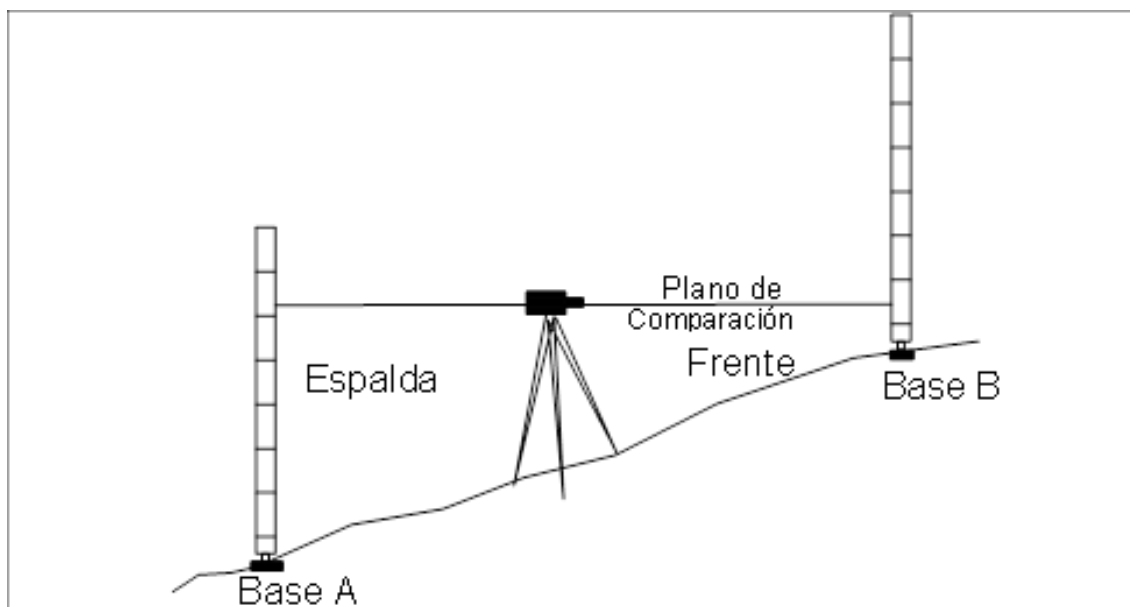


Figura 6. Método EFFE-EFFE.

Una vez calibrado el equipo se colocó un estadal sobre el banco de nivel, ubicado dentro de las instalaciones de la Presa Derivadora Morelos, dicho banco fue referenciado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (*United States Geological Survey, USGS*) en método estático con el equipo de sistema de posicionamiento global (GPS) de doble

frecuencia. Los datos de posición latitud, longitud y altura del banco de nivel se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Datos del banco de nivel ubicado en Presa Morelos, coordenadas X y Y en sistema UTM WGS84 zona 11 Norte y coordenada vertical (Z) en NAD88.

X (m)	Y (m)	Z (msnm)
712,792.748	3,620,935.481	42.056

Posteriormente, se colocó el estadal sobre el banco de nivel y se procede a colocar un segundo estadal sobre un disco metálico, cuidando que la distancia entre el nivel digital y los estadales A y B no sobrepasaran 50 m (Figura 7). Es importante mencionar que el estadal B se estaquea para que la distancia entre el estadal B y el nivel digital sea la misma que existe entre el estadal A y el nivel digital; una vez colocados los estadales a la misma distancia se procede a realizar las mediciones por el método EFFE-EFFE (Espalda, Frente, Espalda), en el cual se realiza una doble nivelación, ya que se miden dos veces las distancias y diferencia de nivel.



a)



b)

Figura 7. Adquisición de mediciones digitales en banco de nivel de Presa Morelos: a) Posición de base y b) Posición de estadal (Adquirida por Héctor).

El postproceso de los datos se realizó con el software *Leica Survey Office*, del cual se obtuvieron los siguientes datos: desnivel es la diferencia de altura entre dos o más puntos o superficies; distancia horizontal es la distancia verdadera del terreno que separa dos

puntos; dispersión es la tendencia de los datos de una serie estadística a separarse respecto de un valor central; y distancia acumulada (total) es la distancia que se generó al final del trabajo realizado. De las mediciones realizadas las cuales se descargan del equipo como un conjunto de línea de trabajo el cual contiene esta información para cada medición puntual.

El levantamiento inicio en la Presa Morelos y siguió su curso hasta el Vado Carranza, nivelándose en total 114 puntos de liga a lo largo de la línea base de referencia con alrededor de 101 km de longitud en aproximadamente 26 días. Con la participación de alrededor de 30 personas (ingenieros y estudiantes de la facultad de Ingeniería de la UABC), todos los datos generados se descargaron del equipo a la computadora en un archivo en Excel.

3.2. Elevación de puntos de liga y mojoneas.

La elevación o cota se debe de obtener por la diferencia de las lecturas, calculándolo con la siguiente formulación:

$$h = L_A - L_B$$

h =Lectura atrás-Lectura adelante

L_A =Lectura del estadal en el punto A.

L_B =Lectura del estadal en el punto B.

h = Elevación entre A y B.

Para calcular la elevación se deben de obtener los datos registrados por el nivel digital, posteriormente con esta información, se enlistan los desniveles que pueden ser negativos (-) o positivos (+), se suma o se resta a la cota de referencia dependiendo el signo del desnivel, esto es para obtener la pendiente entre un punto de liga y otro.

Durante el levantamiento de los puntos de liga, se realizaron rutas de nivelación para que los puntos de liga quedaran cercanos a secciones transversales de piezómetros que son utilizados para el monitoreo de agua subterránea, así como cercanos a puntos de monitoreo de agua superficial para medición de caudales y niveles de agua en el río.

De acuerdo a los datos obtenidos se pudo realizar un perfil de la línea base de nivelación (Figura 11), para estudiar el terreno y así como hacia donde iría la dirección del agua, en donde se pudiera estancar y hasta que nivel subió el agua.

3.3. Desviación estándar de nivelación.

La desviación estándar es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución (Triola, 2014). Así, la desviación estándar mide el grado de dispersión o variabilidad; en primer lugar, se midió la diferencia entre cada valor y la media del conjunto de datos, nos dice cuanto tienden a alejarse los valores que están dentro de la media o el promedio en una distribución de datos (Triola, 2014).

La fórmula utilizada para obtener la desviación estándar es la siguiente:

$$S \text{ ó } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dónde:

S ó σ =desviación estándar o típica

Σ =Sumatoria

X =Valor de un dato

$\bar{X}$ =Valor de la media

n =Número de datos

El cálculo de la media se obtiene mediante:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_1}{n}$$

Dónde:

$\bar{X}$ =Valor de la media

Σ =Sumatoria

X_1 =Valor de un dato

n =Número de datos

La desviación estándar de la nivelación es importante debido a que podemos calcular la estadística del error de cada medición lo cual nos da un criterio de fiabilidad en los datos adquiridos. Dicho error es utilizado en el análisis de calidad de datos así como en toda aquella información que se derive de la utilización de dichos valores (Triola, 2014).

Asimismo se utiliza otra fórmula para calcular la pendiente, que se genera al realizar las gráficas que se muestran más adelante, la fórmula es la siguiente:

$$\frac{Y2 - Y1}{X2 - X1} = m$$

Dónde:

m = pendiente.

$X1$ = primer número de la coordenada X.

$X2$ = último número de la coordenada X.

$Y1$ = primer número de la coordenada Y.

$Y2$ = último número de la coordenada Y.

La obtención de la pendiente permite saber cuáles son las inclinaciones que se están generando por el terreno que es muy irregular, por lo que se realizara una gráfica en donde se demuestre cómo va la desviación estándar (Figura 10), así como saber en qué partes el agua se estancara hasta tener una cierta altura para seguir su curso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Niveles asociados a banco de nivel Presa Derivadora Morelos.

La referencia inicial, banco de nivel ubicado en la Presa Derivadora Morelos se posicionó en coordenadas X, Y y Z por el USGS, como se mencionó anteriormente. La elevación que obtuvo el USGS fue la referencia vertical utilizada para el trabajo aquí presentado. Se realizaron 114 puntos de referencia ligados al banco de nivel de la Presa Derivadora Morelos (Figura 9), durante un periodo de 26 días, a lo largo de 101 km, a una distancia entre cada punto de 500 m y luego de 1,000 m entre sí. Las elevaciones obtenidas van del rango de 42.683 a 13.997msnm referidas al datum NAVD88.

La gráfica de perfil de la línea base de nivelación (figura 11) muestra cómo está el terreno y la dirección del agua en su recorrido por la Presa Morelos al Vado Carranza, aguas hacia abajo. También se puede apreciar que en algunos momentos del recorrido se producirán estancamientos o zonas en donde se tiene una mayor profundidad, pero dado que la línea de referencia no está sobre el lecho del RC no se puede indicar si afectará o no el desplazamiento del agua.

Los resultados obtenidos en el levantamiento presentaron una desviación estándar de entre $1.580\text{E-}10$ a $3.036\text{E-}08\text{m}$, lo que nos indica que el error de la nivelación es aceptable dentro de los rangos -0.001 y 0.001 m dados por la literatura (Navarro, 2008). Los desniveles obtenidos en la línea de referencia fueron de -3.471 a 2.400 m, con pendientes de entre $3.15\text{E-}12$ y $4.93\text{E-}10$ m/m. El error de distancia fue de 0.01 m a 0.20 m entre las mediciones obtenidas mediante el método EFFE-EFFE. Los resultados obtenidos durante la nivelación de la línea de referencia se en listan en la tabla 4, presentándose la línea que refiere a lo que abarca el límite de dos PL, distancia entre puntos de referencia (PL), el nombre del punto de referencia y la cota vertical de dicho punto.

Además de realizar la nivelación de los puntos de referencia, se colocaron mojoneras de concreto a cada 10 km (Figura 8), en la tabla 2 se presentan los datos obtenidos referentes a la cota de cada mojonera, además de ser niveladas por este método el USGS realizó un levantamiento con GPS de doble frecuencia en modo estático dando una diferencia de cotas (Tabla 2) de entre -0.005 y 0.088 m entre ambos métodos.

Tabla 2. Coordenadas UTM WGS84 de las mojoneras.

UABC				DIFERENCIA	USGS			
MOJO	X	Y	Z	UABC-USGS	MOJO	X	Y	Z
MOJO 1	708820	3613992	33.963	-0.005	MOJO1	708829.9	3613974	33.967
MOJO 2	703425	3603029	29.734	-0.029	MOJO2	703432.2	3603008	29.763
MOJO 3	702631	3598618	30.032	-0.051	MOJO3	702633.3	3598615	30.083
MOJO 4	694247	3596198	26.203	0.052	MOJO4	694250.2	3596198	26.504
MOJO 5	688915	3588050	24.301	0.088	MOJO5	688916.1	3588051	24.565
MOJO 6	690683	3580269	21.085	0.015	MOJO6	690686.8	3580268	21.423
MOJO 7	683877	3572027	20.131	0.008	MOJO7	683877.1	3572029	20.477

Dado que los datos obtenidos en esta nivelación se utilizaron en el monitoreo hidrológico de todo el corredor ripario, para conocer la respuesta hidrológica del río a las descargas de flujos ambientales tanto pasados como futuros, es preciso mencionar la importancia de la precisión en la nivelación.

Por ejemplo:

Si consideramos las precisiones de diferentes equipos para nivelación (tabla 3), en una nivelación de piezómetros de monitoreo de agua subterránea en un polígono de 1x1 km, tendríamos que la variación de nivel de agua de 0.3 mm equivalen a 300 m³, una de 2 mm a 2,000 m³ y una de 15 mm a 15,000 m³ de agua, en caso que la porosidad sea del 40%, en este caso hipotético.

Tabla 3. Equipo topográfico y su precisión vertical reportada por el fabricante.

EQUIPOS	MODELO	PRECISIÓN
NIVEL DIGITAL	LEICA, DNA 03	0.3 MM
ESTACIÓN TOTAL	TOPCON, GTS-230W	+/-2 MM
GPS	TOPCON, GR-5	15 MM

La gran importancia de la fiabilidad de los datos de nivelación es cuantificable en el estudio hidrológico, el cual es base en las negociaciones de futuras descargas de flujos ambientales entre naciones, de la respuesta a estos flujos del ecosistema, base en

estudios relacionados a la vegetación, aves, entre otros, así como para estudios de balance de agua en la región. El monitoreo hidrológico del flujo pulso no fue la excepción, como se reporta en Rodríguez-Burgueño y Ramírez-Hernández (2014) el resultado del presente trabajo se utilizó extensamente antes, durante y después de las descargas ambientales al RC. (Ramírez-Hernández, 2014)

En la tabla 4 se enlistan los puntos de liga (Línea), el desnivel entre un punto de liga y otro, la distancia entre los puntos de liga, el punto de referencia anterior y la cota (elevación final) referida al banco de nivel de la Presa Derivadora Morelos.

Tabla 4. Nivelación Topográfica de la Presa Morelos hasta el Vado Carranza.

NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)				
LÍNEA	DESNIVEL	DISTANCIA	REFERENCIA	COTA
BNMorelos				42.683
BNMorelos-PL1	-2.424		PL1	40.229
PL1-PL2	0.015	526.515	PL2	40.244
PL2-PL3	-0.553	678.360	PL3	39.691
PL3-PL4	-0.193	701.250	PL4	39.498
PL4-PL5	-0.300	571.680	PL5	39.199
PL5-PLACA	-1.172	713.430	PLACA	38.027
PLACA-PL6	0.615	617.415	PL6	38.641
PL6-PL7	-0.164	221.060	PL7	38.477
PL7-PL8	-0.010	248.500	PL8	38.467
PL8-PL9	-0.215	689.170	PL9	38.252
PL9-PL10	-0.277	705.320	PL10	37.975
PL10-PL11	0.573	722.380	PL11	38.548
PL11-PL12	-0.302	10.503	PL12	38.246
PL12-PL13	0.068	560.845	PL13	38.314
PL13-PL14	-1.647	490.770	PL14	36.667
PL14-PL15	0.287	366.690	PL15	36.953
PL15-PL6	0.482	642.450	PL16	37.435
PL16-PL17	-0.562	680.290	PL17	36.873
PL17-PL18	-1.948	567.590	PL18	34.925
PL18-PL19	1.496	620.990	PL19	36.421
PL19-PL20	-0.061	522.360	PL20	36.360
PL20-PL21	-0.216	581.670	PL21	36.144
PL21-PL22	-0.288	557.890	PL22	35.856
PL22-PL23	-0.394	591.370	PL23	35.462

NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)				
LÍNEA	DESNIVEL	DISTANCIA	REFERENCIA	COTA
PL23-PL24	0.156	672.995	PL24	35.617
PL24-PL25	-1.147	189.635	PL25	-1.147
PL25-PL26	0.374	690.120	PL26	0.374
PL26-PL27	-0.142	735.010	PL27	-0.142
PL27-PL28	-0.206	735.770	PL28	-0.206
PL28-PL29	-0.579	860.490	PL29	-0.579
PL29-PL30	-0.130	230.870	PL30	-0.130
PL30-PL31	-0.218	912.620	PL31	-0.218
PL31-PL32	-0.088	632.915	PL32	-0.088
PL32-PL33	-0.254	707.960	PL33	-0.254
PL33-PL34	-0.110	682.120	PL34	-0.110
PL34-PL35	-0.207	599.920	PL35	-0.207
PL35-PL36	-0.227	567.320	PL36	-0.227
PL36-PL37	0.078	392.660	PL37	0.078
PL37-PL38	-0.762	849.560	PL38	-0.762
PL38-PL39	-0.086	617.890	PL39	-0.086
PL39-PL40	-0.110	698.515	PL40	-0.110
PL40-PL41	-0.254	952.865	PL41	-0.254
PL41-PL42	-1.337	906.635	PL42	-1.337
PL41-PL43	-0.524	1035.583	PL43	-0.524
PL43-PL44	-1.154	1644.785	PL44	-1.154
PL44-PL45	0.875	1203.133	PL45	0.875
PL45-PL46	-0.942	1337.640	PL46	-0.942
PL46-PL47	-0.731	1058.198	PL47	-0.731
PL47-PL48	-0.538	1156.570	PL48	-0.538
PL48-PL49	-0.325	1176.870	PL49	-0.325
PL49-PL50	-0.335	1178.430	PL50	-0.335
PL50-PL51	-0.275	983.410	PL51	-0.275
PL51-PL52	-0.232	983.580	PL52	-0.232
PL52-PL53	0.232	1048.520	PL53	0.232
PL53-PL54	-0.040	1.074.0300	PL54	-0.040
PL54-PL55	-1.210	1119.520	PL55	-1.210
PL55-PL56	-0.536	1177.300	PL56	-0.536
PL56-PL57	-0.227	1082.590	PL57	-0.227
PL57-PL58	-0.074	1082.220	PL58	-0.074
PL58-PL59	-1.001	1052.190	PL59	-1.001

NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)				
LÍNEA	DESNIVEL	DISTANCIA	REFERENCIA	COTA
PL59-PL60	0.468	1020.070	PL60	0.468
PL60-PL61	-0.330	930.750	PL61	24.651
PL61-PL62	-0.331	987.240	PL62	24.321
PL62-PL63	-1.266	1100.240	PL63	23.055
PL63-PL64	-2.371	1355.770	PL64	20.683
PL64-PL65	2.400	680.630	PL65	23.083
PL65-PL66	-0.434	1142.685	PL66	22.650
PL66-PL67	0.124	1036.423	PL67	22.774
PL67-PL68	-0.668	1058.755	PL68	22.106
PL68-PL69	-0.817	1071.983	PL69	21.289
PL69-PL70	0.804	1082.813	PL70	22.092
PL70-PL71	-1.008	930.435	PL71-MOJO6	21.085
PL71-MOJO6	0.614	970.953	PL72	21.699
PL72-PL73	0.407	1057.105	PL73	22.106
PL74-PL75	-0.328	1074.203	PL75	21.577
PL75-PL76	-0.124	992.803	PL76	21.453
PL76-PL77	-0.200	992.630	PL77	21.253
PL77-PL78	-0.186	996.098	PL78	21.067
PL78-PL79	-0.409	996.620	PL79	20.658
PL79-PL80	-0.021	1084.125	PL80	20.638
PL80-PL81	-0.964	1081.073	PL81	19.674
PL81-PL82	0.325	1074.438	PL82	19.999
PL82-PL83	-0.419	993.915	PL83	19.581
PL83-PL84	-0.683	993.458	PL84	18.898
PL84-PL85	-0.087	1108.693	PL85	18.812
PL85-BN01	0.235	324.188	BN01	19.047
BN01-PL86	-3.471	1138.445	PL86	15.576
PL86-PL87	-0.111	1063.910	PL87	15.465
PL87-PL88	0.001	1073.163	PL88	15.466
PL88-PL89	-0.129	1065.668	PL89	15.337
PL89-PL90	0.002	1069.573	PL90	15.339
PL90-PL91	0.003	1072.023	PL91	15.341
PL91-PL92	0.000	1205.355	PL92	15.341
PL92-PL93	-0.001	987.718	PL93	15.340
PL93-PL94	0.001	993.138	PL94	15.341
PL94-PL95	0.003	992.718	PL95	15.344

NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)				
LÍNEA	DESNIVEL	DISTANCIA	REFERENCIA	COTA
PL95-PL96	0.005	992.805	PL96	15.349
PL96-PL97	0.000	1145.648	PL97	15.349
PL97-PL98	0.000	979.818	PL98	15.349
PL98-PL99	-0.001	656.528	PL99	15.348
PL99-PL100	0.000	558.155	PL100	15.349
PL100-PL101	-0.001	302.950	PL101	15.348
PL101-PL102	0.000	1079.878	PL102	15.348
PL102-PL103	0.000	994.345	PL103	15.348
PL103-PL104	-0.001	1058.248	PL104	15.348
PL104-PL105	-1.346	1265.228	PL105	14.002
PL105-PL106	0.001	1167.410	PL106	14.002
PL106-PL107	-0.001	646.918	PL107	14.002
PL107-PL108	0.001	1162.713	PL108	14.003
PL108-PL109	-0.002	1074.070	PL109	14.001
PL109-PL110	-0.001	1165.048	PL110	14.000
PL110-PL111	-0.003	1076.985	PL111	13.997
PL111-PL112	0.001	1070.655	PL112	13.998
PL112-PL113	0.001	1163.240	PL113	13.999
PL113-PL114	0.004	1140.380	PL114	14.003

4.2. Mapa de ubicación de línea base y mojoneras.

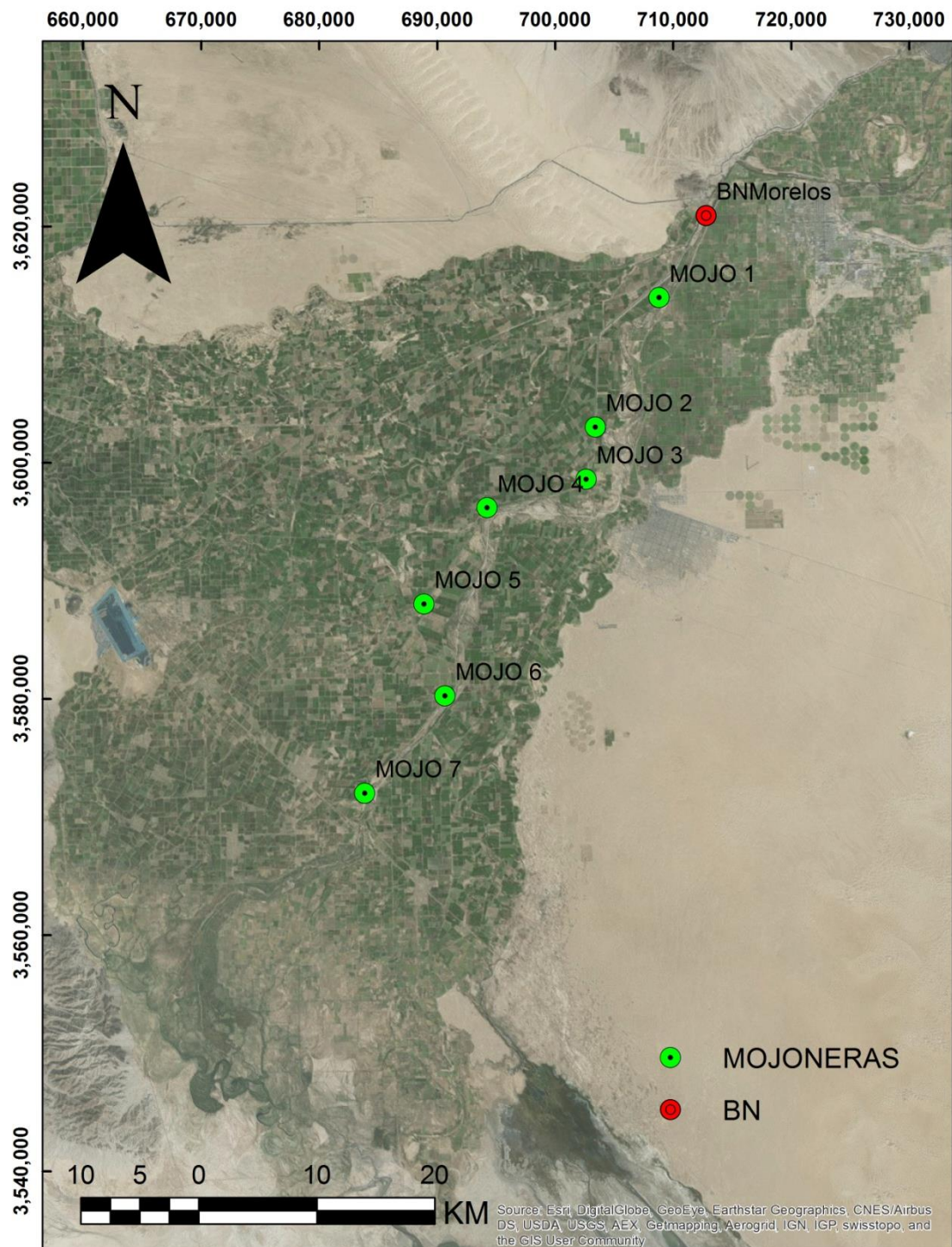


Figura 8. Ubicación de mojoneras y banco de nivel inicial.

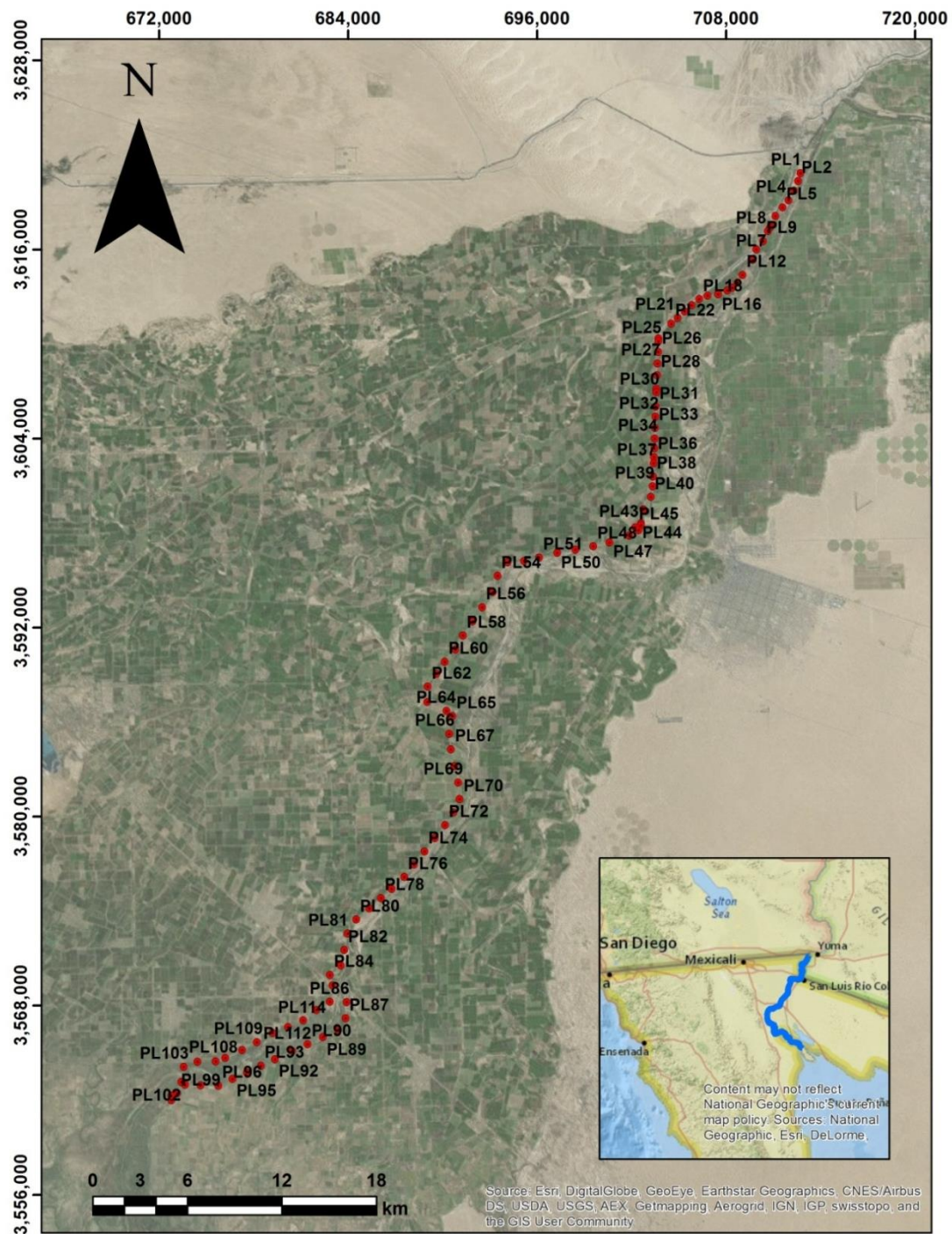


Figura 9. Ubicación Geográfica de Puntos de Referencia en la línea base de nivelación en el área de estudio.

4.3. Desviación estándar

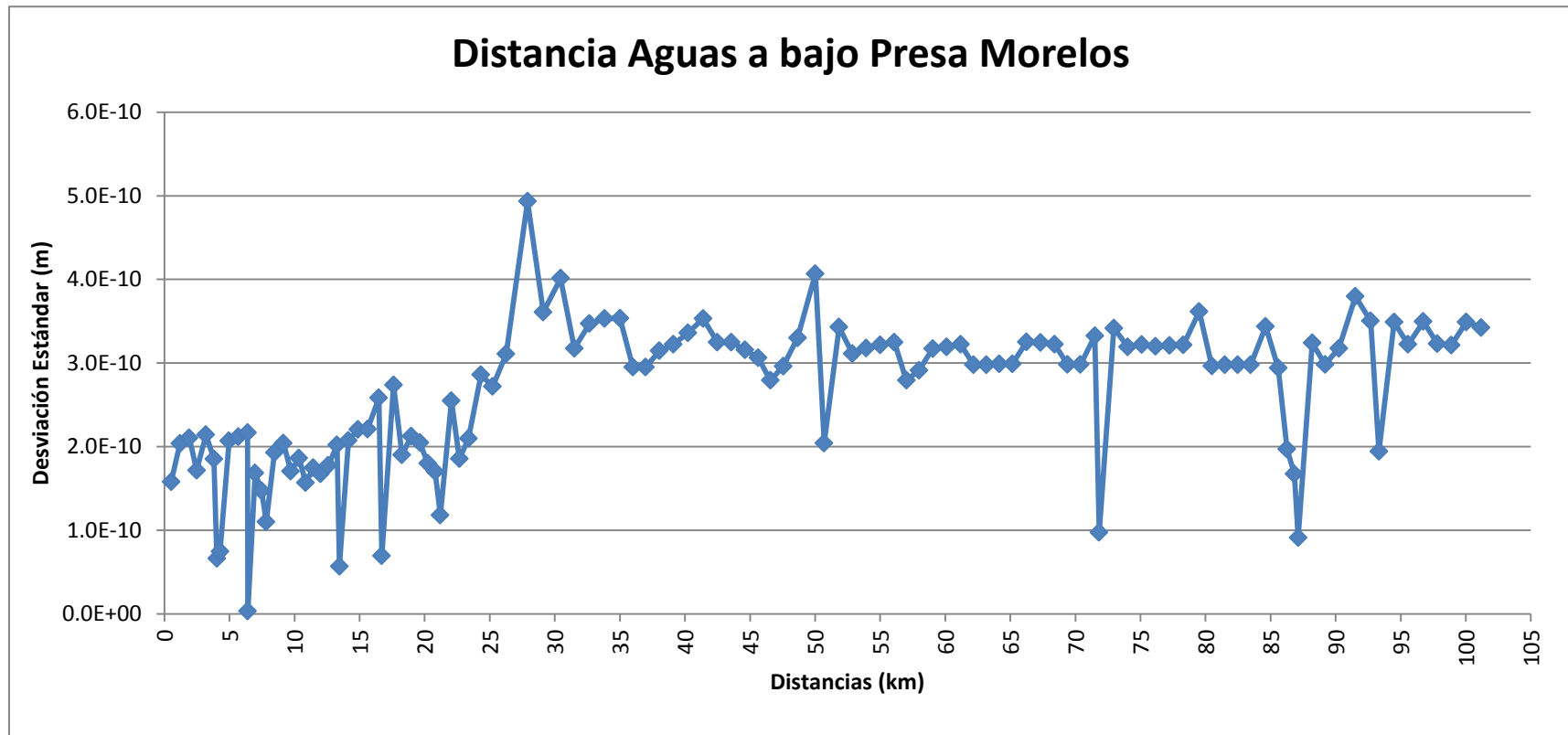


Figura 10. Gráfica de Desviación Estándar (m/km)(ANEXO II).

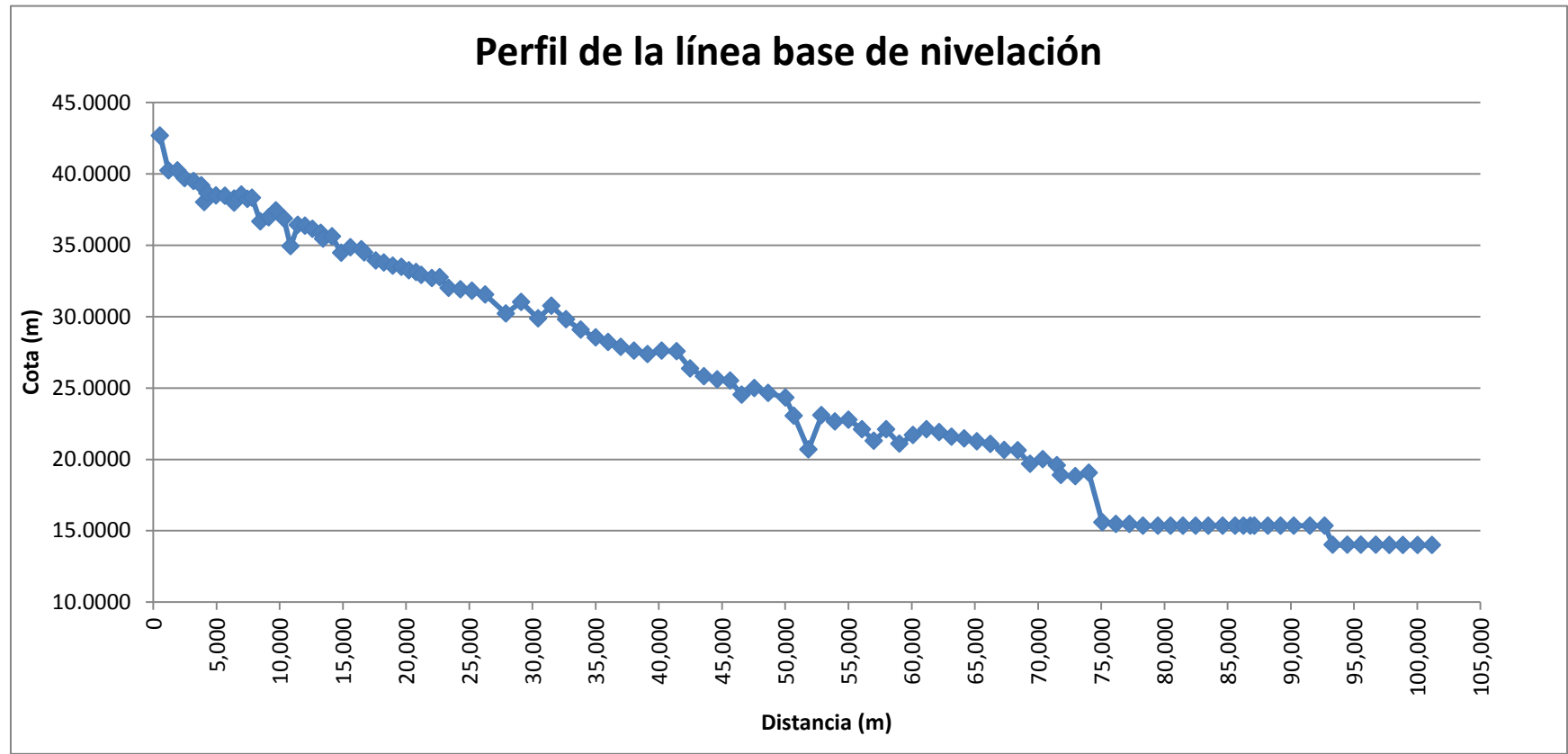


Figura 11. Gráfica de Perfil de la línea base de nivelación (m/m)(ANEXO II).

CONCLUSIONES

De la nivelación de la línea base de niveles de referencia se presentan las siguientes conclusiones:

- La reducción y análisis de las mediciones digitales del levantamiento de nivelación diferencial doble permitió aplicar estas alturas al monitoreo de los niveles de las aguas subterráneas y superficiales refiriéndolas a un banco de nivel único permitiendo aplicar dichas elevaciones al estudio de las variaciones de sus niveles.
- Para alcanzar el nivel de precisión requerido se ubicaron a lo largo de una línea base con 114 puntos de liga separados entre 500 y 100 m, abarcando una distancia total de 101.183 km, con un intervalo de alturas que va de 13.997 a 42.683 m con un rango de pendientes entre puntos de liga de entre $3.151\text{E-}12$ a $4.934\text{E-}10$.
- El intervalo del error obtenido en la nivelación es de $1.580\text{E-}10$ a $3.036\text{E-}08$ en comparación con los niveles obtenidos por el USGS en la nivelación de las mojoneras que fue de -0.051 a 0.088. Considerando los errores de nivelación con GPS se muestra que la técnica de nivelación diferencial aplicada es mucho más precisa que la del GPS aun cuando se trate de distancias tan grandes como las de este estudio.
- El proceso de reducción y análisis de los datos de nivelación con la aplicación de este equipo y metodología permitieron brindar a los profesionales de las aguas superficiales la elevación de las estructuras hidrológicas referidas a un mismo nivel de referencia.
- El aprendizaje obtenido durante el desarrollo de este trabajo me permitió analizar datos de campo reales e identificar los puntos más importantes del proceso de reducción de datos así como aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- Cortez, A., 1999.** *Dinamicas y conflicto por las aguas transfronterizas del Rio Colorado: el proyecto All-American Canal y la sociedad hidraulica del Valle de Mexicali.*, Frontera Norte, Baja California, Mexico: Enero-Junio.
- Cota, M. S., 2009.** *Programa de Conservación de Agua y Humedales.* [En línea]
Available at: <http://www.whsrn.org/es/perfil-de-sitio/estero-río-colorado>
[Último acceso: Marzo 2016].
- Garcia, A., 2004.** *El Rio Colorado*, s.l.: s.n.
- GobBC, 2015.** *GobBC.* [En línea]
Available at:
http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/nuestro_estado.jsp
[Último acceso: 2016].
- Helsinki, 2005.** *Biografiakeskus.* [En línea]
Available at: <http://www.kansallisbiografia.fi/kb/artikkeli/8426/>
[Último acceso: 8 Abril 2016].
- Hinojosa-Huerta, C., 2005.** *Las cuencas hidrologicas de Mexico: la cuanca binacional del Rio Colorado*, s.l.: s.n.
- Luecke, D., 1999.** *A Delta once more: restoring riparian and wetland habitat in the Colorado, River Delta*, Washington DC, USA: Environmental Defense Fund Report.
- Navarro, S., 2008.** *Manual Topografia-Altimetria*, s.l.: s.n.
- Ramírez-Hernández, R.-B., 2014.** *Modelación geohidrológica transitoria de la relación acuífero-río de la zona FFC-vado Carranza del río Colorado con proposito de manejo de zona riparia.*, Mexicali: s.n.
- Triola, M. F., 2014.** *Ditutor.* [En línea]
Available at:
http://www.cca.org.mx/cca/cursos/estadistica_2/html/m11/desviacion_estandar.htm
[Último acceso: 4 Marzo 2016].
- Zamora-Arroyo, F., 2005.** *Conservation Priorities in the Colorado River Delta, Mexico and United States.*, Prepared by the Sonoran Institute, Environmental Defense, University of Arizona, Pronatura Noroeste Direccion de Conservacion Sonora, Centro de Investigacion en Alimentacion y Desarrollo, and World Wildlife Fund-Gulf of California Program.: s.n.

ANEXO I

DATOS TÉCNICOS	LEICA DNA03
CAMPO DE APLICACIÓN	MEDICIÓN SENCILLA DE ALTURAS, DIFERENTES DE NIVEL Y REPLANTEO DE COTAS
	NIVELACIÓN DE 1RO, Y 2DA, ORDEN
	MEDICIONES DE GRAN PRECISIÓN
PRECISIÓN	DESVIACIÓN TÍPICA DE 1 KM DE NIVELACIÓN DOBLE (ISO 17123-2)
MEDICIÓN ELECTRÓNICA:	
CON MIRA INVAR	0.3MM
CON MIRA ESTÁNDAR	1.0MM
MEDICIÓN ÓPTICA	2.0MM
DESVIACIÓN TÍPICA DE MEDICIÓN DE DISTANCIA	(ELECTR.) 1 cm/20cm (500ppm)
ALCANCÉ	
MEDICIÓN ELECTRÓNICA	1.8-110M
MEDICIÓN ÓPTICA	A PARTIR DE 0.6M
MEDICIÓN ELECTRÓNICA	
RESOLUCIÓN EN MEDICIÓN DE ALTURA	0.01MM, 0.001FT, 0.0005 INCH
DURACIÓN DE UNA MEDIDA SUELTA	TIP. 3 SEGUNDOS
MODOS DE MEDICIÓN	MEDICIÓN SUELTA, MEDIA, MEDIANA, MEDICIONES REPETIDAS
PROGRAMAS DE MEDICIÓN	IP53
CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN, CÓDIGO LIBRE, CÓDIGO RÁPIDO
REGISTRO DE DATOS	
MEMORIA INTERNA	6000 MEDICIONES O 1650 ESTACIONES (EF)
ASEGURAMIENTO DE LOS DATOS	TARJETA PCMCIA (ATA-FLASH/SRAM/CF)
FUNCIONAMIENTO EN LÍNEA	FORMATO GSI VÍA RS232
INTERCAMBIO DE DATOS CON MEMORIA INTERNA	GSI8/GSI16/XML/FORMATOS FLEXIBLES
AUMENTO DEL ANTEOJO	24X
COMPENSADOR	
TIPO	DE PÉNDULO CON AMORTIGUACIÓN MAGNÉTICA
MARGEN DE INCLINACIÓN	(+-)10°
PRECISIÓN DE ESTABILIZACIÓN (DESVIACIÓN TÍPICA)	0.3"
PANTALLA	LCD, DE 8 LÍNEAS DE 24 CARACTERES
FUNCIONAMIENTO CON BATERIAS	
GEB111	12 H DE DURACIÓN EN FUNCIONAMIENTO

GEB121	24 H DE DURACIÓN DE FUNCIONAMIENTO
ADAPTADOR GAD39 PARA PILAS	PILAS ALCALINAS, 6X LR6/AA/AM3,1.5V
PESO	2.8KG(IND. BATERIA GEB111)
CONDICIONES AMBIENTALES	
TEMPERATURA EN SERVICIO	(-)20° C à + 50° (C)
TEMPERATURA EN ALMACÉN	(-)40° C à +70° (C)
POLVO/AGUA (IEC60529)	IP53
HUMEDAD	95% SIN CONDENSACIÓN

ANEXO II

Tabla de ubicación de mojoneras y puntos de referencia nivelados durante la nivelación de línea base, así como datos de la nivelación topográfica y desviación estándar.

Coordenadas UTM WGS84 de PL's.			NIVELACION TOPOGRAFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)									
			LINEA	DESNIVEL	DISTANCIAS DE PL A PL		PUNTO	COTA	DISTANCIA		PL-PL	desvest
Identificación	X	Y	BNMorelos		m	km		42.683	m	km		0.000000003m*km
BNMorelos	712,793	3,620,935	BNMorelos-PL1	-2.454			PL1	40.229				
PL1	712,723	3,620,857	PL1-PL2	0.015	526.515	0.527	PL2	40.244	526.515	0.527	-2.469	1.58E-10
PL2	712,569	3,620,363	PL2-PL3	-0.553	678.360	0.678	PL3	39.691	1204.875	1.205	0.568	3.61E-10
PL3	712,303	3,619,736	PL3-PL4	-0.193	701.250	0.701	PL4	39.498	1906.125	1.906	-0.361	5.72E-10
PL4	711,964	3,619,126	PL4-PL5	-0.300	571.680	0.572	PL5	39.199	2477.805	2.478	0.107	7.43E-10
PL5	711,602	3,618,683	PL5-PLACA	-1.172	713.430	0.713	PLACA	38.027	3191.235	3.191	0.872	9.57E-10
PLACA	711,146	3,618,135	PLACA-PL6	0.615	617.415	0.617	PL6	38.641	3808.650	3.809	-1.787	1.14E-09
PL6	710,879	3,617,573	PL6-PL7	-0.164	221.060	0.221	PL7	38.477	4029.710	4.030	0.779	1.21E-09
PL7	710,777	3,617,384	PL7-PL8	-0.010	248.500	0.249	PL8	38.467	4278.210	4.278	-0.154	1.28E-09
PL8	710,662	3,617,163	PL8-PL9	-0.215	689.170	0.689	PL9	38.252	4967.380	4.967	0.205	1.49E-09
PL9	710,343	3,616,552	PL9-PL10	-0.277	705.320	0.705	PL10	37.975	5672.700	5.673	0.062	1.70E-09
PL10	709,914	3,616,011	PL10-PL11	0.573	722.380	0.722	PL11	38.548	6395.080	6.395	-0.850	1.92E-09
PL11	709,694	3,615,347	PL11-PL12	-0.302	10.503	0.011	PL12	38.246	6405.583	6.406	0.875	1.92E-09
PL12	709,055	3,614,376	PL12-PL13	0.068	560.845	0.561	PL13	38.314	6966.428	6.966	-0.370	2.09E-09
PL13	708,748	3,613,905	PL13-PL14	-1.647	490.770	0.491	PL14	36.667	7457.198	7.457	1.714	2.24E-09
PL14	708,401	3,613,588	PL14-PL15	0.287	366.690	0.367	PL15	36.953	7823.888	7.824	-1.934	2.35E-09
PL15	708,081	3,613,404	PL15-PL6	0.482	642.450	0.642	PL16	37.435	8466.338	8.466	-0.195	2.54E-09
PL16	707,492	3,613,173	PL16-PL17	-0.562	680.290	0.680	PL17	36.873	9146.628	9.147	1.044	2.74E-09

“NIVELACIÓN DIFERENCIAL DOBLE CON MEDICIONES DIGITALES APLICADA EN LA RESTAURACIÓN RIPARIA DEL RÍO COLORADO: PRESA
MORELOS - VADO CARRANZA”

Coordenadas UTM WGS84 de PL's.			NIVELACION TOPOGRAFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)									
			LINEA	DESNIVEL	DISTANCIAS DE PL A PL		PUNTO	COTA	DISTANCIA		PL-PL	desvest
			BNMorelos		m	km		42.683	m	km		0.000000003m*km
PL17	706,821	3,613,071	PL17-PL18	-1.948	567.590	0.568	PL18	34.925	9714.218	9.714	1.386	2.91E-09
PL18	706,301	3,612,858	PL18-PL19	1.496	620.990	0.621	PL19	36.421	10335.208	10.335	-3.444	3.10E-09
PL19	705,816	3,612,476	PL19-PL20	-0.061	522.360	0.522	PL20	36.360	10857.568	10.858	1.556	3.26E-09
PL20	705,367	3,612,068	PL20-PL21	-0.216	581.670	0.582	PL21	36.144	11439.238	11.439	0.155	3.43E-09
PL21	704,935	3,611,670	PL21-PL22	-0.288	557.890	0.558	PL22	35.856	11997.128	11.997	0.072	3.60E-09
PL22	704,526	3,611,290	PL22-PL23	-0.394	591.370	0.591	PL23	35.462	12588.498	12.589	0.106	3.78E-09
PL24	703,707	3,610,368	PL23-PL24	0.156	672.995	0.673	PL24	35.617	13261.493	13.262	-0.550	3.98E-09
PL25	703,719	3,610,184	PL24-PL25	-1.147	189.635	0.190	PL25	34.470	13451.128	13.451	1.303	4.04E-09
PL26	703,679	3,609,498	PL25-PL26	0.374	690.120	0.690	PL26	34.844	14141.248	14.141	-1.521	4.24E-09
PL27	703,649	3,608,763	PL26-PL27	-0.142	735.010	0.735	PL27	34.701	14876.258	14.876	0.516	4.46E-09
PL28	703,620	3,608,032	PL27-PL28	-0.206	735.770	0.736	PL28	34.496	15612.028	15.612	0.063	4.68E-09
PL29	703,584	3,607,164	PL28-PL29	-0.579	860.490	0.860	PL29	33.917	16472.518	16.473	0.373	4.94E-09
PL30	703,577	3,606,933	PL29-PL30	-0.130	230.870	0.231	PL30	33.787	16703.388	16.703	-0.449	5.01E-09
PL31	703,541	3,606,017	PL30-PL31	-0.218	912.620	0.913	PL31	33.570	17616.008	17.616	0.088	5.28E-09
PL32	703,514	3,605,390	PL31-PL32	-0.088	632.915	0.633	PL32	33.482	18248.923	18.249	-0.130	5.47E-09
PL33	703,486	3,604,681	PL32-PL33	-0.254	707.960	0.708	PL33	33.228	18956.883	18.957	0.166	5.69E-09
PL34	703,462	3,603,997	PL33-PL34	-0.110	682.120	0.682	PL34	33.118	19639.003	19.639	-0.144	5.89E-09
PL35	703,439	3,603,398	PL34-PL35	-0.207	599.920	0.600	PL35	32.911	20238.923	20.239	0.096	6.07E-09
PL36	703,421	3,602,829	PL35-PL36	-0.227	567.320	0.567	PL36	32.684	20806.243	20.806	0.021	6.24E-09
PL37	703,401	3,602,438	PL36-PL37	0.078	392.660	0.393	PL37	32.762	21198.903	21.199	-0.306	6.36E-09
PL38	703,368	3,601,589	PL37-PL38	-0.762	849.560	0.850	PL38	32.000	22048.463	22.049	0.841	6.61E-09
PL39	703,345	3,600,971	PL38-PL39	-0.086	617.890	0.618	PL39	31.914	22666.353	22.666	-0.677	6.80E-09

“NIVELACIÓN DIFERENCIAL DOBLE CON MEDICIONES DIGITALES APLICADA EN LA RESTAURACIÓN RIPARIA DEL RÍO COLORADO: PRESA
MORELOS - VADO CARRANZA”

Coordenadas UTM WGS84 de PL's.			NIVELACION TOPOGRAFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)									
			LINEA	DESNIVEL	DISTANCIAS DE PL A PL		PUNTO	COTA	DISTANCIA		PL-PL	desvest
			BNMorelos		m	km		42.683	m	km		0.0000000003m*km
PL40	703,222	3,600,296	PL39-PL40	-0.110	698.515	0.699	PL40	31.804	23364.868	23.365	0.024	7.01E-09
PL41	702,760	3,599,519	PL40-PL41	-0.254	952.865	0.953	PL41	31.550	24317.733	24.318	0.144	7.30E-09
PL42	702,603	3,598,631	PL41-PL42	-1.337	906.635	0.907	PL42	30.214	25224.368	25.224	1.082	7.57E-09
PL43	702,608	3,598,522	PL41-PL43	-0.524	1035.583	1.036	PL43	31.026	26259.951	26.260	-0.001	7.88E-09
PL44	702,438	3,598,194	PL43-PL44	-1.154	1644.785	1.645	PL44	29.873	27904.736	27.905	0.000	8.37E-09
PL45	702,222	3,598,355	PL44-PL45	0.875	1203.133	1.203	PL45	30.748	29107.868	29.108	0.000	8.73E-09
PL46	701,854	3,597,829	PL45-PL46	-0.942	1337.640	1.338	PL46	29.806	30445.508	30.446	-0.002	9.13E-09
PL47	700,593	3,597,412	PL46-PL47	-0.731	1058.198	1.058	PL47	29.075	31503.706	31.504	0.001	9.45E-09
PL48	699,580	3,597,152	PL47-PL48	-0.538	1156.570	1.157	PL48	28.537	32660.276	32.660	0.001	9.80E-09
PL49	698,438	3,596,953	PL48-PL49	-0.325	1176.870	1.177	PL49	28.211	33837.146	33.837	-0.002	1.02E-08
PL50	697,281	3,596,740	PL49-PL50	-0.335	1178.430	1.178	PL50	27.876	35015.576	35.016	0.002	1.05E-08
PL51	696,138	3,596,452	PL50-PL51	-0.275	983.410	0.983	PL51	27.602	35998.986	35.999	-0.001	1.08E-08
PL52	695,178	3,596,231	PL51-PL52	-0.232	983.580	0.984	PL52	27.370	36982.566	36.983	0.007	1.11E-08
PL53	694,137	3,596,132	PL52-PL53	0.232	1048.520	1.049	PL53	27.602	38031.086	38.031	-0.001	1.14E-08
PL54	693,490	3,595,284	PL53-PL54	-0.040	1074.030	1.074	PL54	27.562	39105.116	39.105	0.004	1.17E-08
PL55	693,189	3,594,254	PL54-PL55	-1.210	1119.520	1.120	PL55	26.351	40224.636	40.225	0.001	1.21E-08
PL56	692,518	3,593,280	PL55-PL56	-0.536	1177.300	1.177	PL56	25.815	41401.936	41.402	-0.001	1.24E-08
PL57	691,899	3,592,391	PL56-PL57	-0.227	1082.590	1.083	PL57	25.588	42484.526	42.485	0.002	1.27E-08
PL58	691,293	3,591,497	PL57-PL58	-0.074	1082.220	1.082	PL58	25.515	43566.746	43.567	0.000	1.31E-08
PL59	690,815	3,590,603	PL58-PL59	-1.001	1052.190	1.052	PL59	24.513	44618.936	44.619	-0.002	1.34E-08
PL60	690,148	3,589,834	PL59-PL60	0.468	1020.070	1.020	PL60	24.981	45639.006	45.639	0.000	1.37E-08
PL61	689,620	3,589,068	PL60-PL61	-0.330	930.750	0.931	PL61	24.651	46569.756	46.570	0.000	1.40E-08

“NIVELACIÓN DIFERENCIAL DOBLE CON MEDICIONES DIGITALES APLICADA EN LA RESTAURACIÓN RIPARIA DEL RÍO COLORADO: PRESA
MORELOS - VADO CARRANZA”

Coordenadas UTM WGS84 de PL's.			NIVELACION TOPOGRAFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)									
			LINEA	DESNIVEL	DISTANCIAS DE PL A PL		PUNTO	COTA	DISTANCIA		PL-PL	desvest
			BNMorelos		m	km		42.683	m	km		0.000000003m*km
PL62	689,062	3,588,252	PL61-PL62	-0.331	987.240	0.987	PL62	24.321	47556.996	47.557	0.002	1.43E-08
PL63	689,028	3,587,280	PL62-PL63	-1.266	1100.240	1.100	PL63	23.055	48657.236	48.657	-0.003	1.46E-08
PL64	690,254	3,586,717	PL63-PL64	-2.371	1355.770	1.356	PL64	20.683	50013.006	50.013	0.001	1.50E-08
PL65	690,633	3,586,375	PL64-PL65	2.400	680.630	0.681	PL65	23.083	50693.636	50.694	-0.002	1.52E-08
PL66	690,420	3,585,260	PL65-PL66	-0.434	1142.685	1.143	PL66	22.650	51836.321	51.836	-0.001	1.56E-08
PL67	690,536	3,584,278	PL66-PL67	0.124	1036.423	1.036	PL67	22.774	52872.743	52.873	0.000	1.59E-08
PL68	690,763	3,583,208	PL67-PL68	-0.668	1058.755	1.059	PL68	22.106	53931.498	53.932	0.000	1.62E-08
PL69	690,987	3,582,153	PL68-PL69	-0.817	1071.983	1.072	PL69	21.289	55003.481	55.004	-0.002	1.65E-08
PL70	691,092	3,581,104	PL69-PL70	0.804	1082.813	1.083	PL70	22.092	56086.293	56.086	-0.001	1.68E-08
PL71-MOJO6	690,687	3,580,267	PL70-PL71	-1.008	930.435	0.930	PL71-MOJO6	21.085	57016.728	57.017	-0.001	1.71E-08
PL72	690,165	3,579,456	PL71-MOJO6	0.614	970.953	0.971	PL72	21.699	57987.681	57.988	-0.001	1.74E-08
PL73	689,509	3,578,625	PL72-PL73	0.407	1057.105	1.057	PL73	22.106	59044.786	59.045	-0.003	1.77E-08
PL74	688,851	3,577,789	PL73-PL74	-0.202	1063.535	1.064	PL74	21.905	60108.321	60.108	-0.001	1.80E-08
PL75	688,183	3,576,946	PL74-PL75	-0.328	1074.203	1.074	PL75	21.577	61182.523	61.183	0.083	1.84E-08
PL76	687,569	3,576,162	PL75-PL76	-0.124	992.803	0.993	PL76	21.453	62175.326	62.175	-0.002	1.87E-08
PL77	686,772	3,575,420	PL76-PL77	-0.200	992.630	0.993	PL77	21.253	63167.956	63.168	-0.001	1.90E-08
PL78	686,089	3,574,832	PL77-PL78	-0.186	996.098	0.996	PL78	21.067	64164.053	64.164	0.002	1.92E-08
PL79	685,346	3,574,169	PL78-PL79	-0.409	996.620	0.997	PL79	20.658	65160.673	65.161	0.000	1.95E-08
PL80	684,523	3,573,461	PL79-PL80	-0.021	1084.125	1.084	PL80	20.638	66244.798	66.245	0.003	1.99E-08
PL81	683,991	3,572,575	PL80-PL81	-0.964	1081.073	1.081	PL81	19.674	67325.871	67.326	-0.003	2.02E-08
PL82	683,761	3,571,526	PL81-PL82	0.325	1074.438	1.074	PL82	19.999	68400.308	68.400	-0.003	2.05E-08
PL83	683,541	3,570,554	PL82-PL83	-0.419	993.915	0.994	PL83	19.581	69394.223	69.394	0.001	2.08E-08

“NIVELACIÓN DIFERENCIAL DOBLE CON MEDICIONES DIGITALES APLICADA EN LA RESTAURACIÓN RIPARIA DEL RÍO COLORADO: PRESA
MORELOS - VADO CARRANZA”

Coordenadas UTM WGS84 de PL's.			NIVELACION TOPOGRAFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)									
			LINEA	DESNIVEL	DISTANCIAS DE PL A PL		PUNTO	COTA	DISTANCIA		PL-PL	desvest
			BNMorelos		m	km		42.683	m	km		0.0000000003m*km
PL84	682,852	3,569,945	PL83-PL84	-0.683	993.458	0.993	PL84	18.898	70387.681	70.388	-0.002	2.11E-08
PL85	683,026	3,569,284	PL84-PL85	-0.087	1108.693	1.109	PL85	18.812	71496.373	71.496	-0.001	2.14E-08
BN01	683,336	3,569,201	PL85-BN01	0.235	324.188	0.324	BN01	19.047	71820.561	71.821	0.000	2.15E-08
PL86	683,915	3,568,229	BN01-PL86	-3.471	1138.445	1.138	PL86	15.576	72959.006	72.959	-0.111	2.19E-08
PL87	683,845	3,567,197	PL86-PL87	-0.111	1063.910	1.064	PL87	15.465	74022.916	74.023	0.001	2.22E-08
PL88	683,376	3,566,445	PL87-PL88	0.001	1073.163	1.073	PL88	15.466	75096.078	75.096	-0.129	2.25E-08
PL89	682,410	3,565,997	PL88-PL89	-0.129	1065.668	1.066	PL89	15.337	76161.746	76.162	0.002	2.28E-08
PL90	681,435	3,565,551	PL89-PL90	0.002	1069.573	1.070	PL90	15.339	77231.318	77.231	0.003	2.32E-08
PL91	680,461	3,565,101	PL90-PL91	0.003	1072.023	1.072	PL91	15.341	78303.341	78.303	0.000	2.35E-08
PL92	679,370	3,564,588	PL91-PL92	0.000	1205.355	1.205	PL92	15.341	79508.696	79.509	-0.001	2.39E-08
PL93	678,475	3,564,175	PL92-PL93	-0.001	987.718	0.988	PL93	15.340	80496.413	80.496	0.001	2.41E-08
PL94	677,578	3,563,750	PL93-PL94	0.001	993.138	0.993	PL94	15.341	81489.551	81.490	0.003	2.44E-08
PL95	676,676	3,563,336	PL94-PL95	0.003	992.718	0.993	PL95	15.344	82482.268	82.482	0.005	2.47E-08
PL96	675,778	3,562,919	PL95-PL96	0.005	992.805	0.993	PL96	15.349	83475.073	83.475	0.000	2.50E-08
PL97	674,632	3,562,936	PL96-PL97	0.000	1145.648	1.146	PL97	15.349	84620.721	84.621	0.000	2.54E-08
PL98	673,656	3,562,968	PL97-PL98	0.000	979.818	0.980	PL98	15.349	85600.538	85.601	-0.001	2.57E-08
PL99	673,155	3,562,429	PL98-PL99	-0.001	656.528	0.657	PL99	15.348	86257.066	86.257	0.000	2.59E-08
PL100	672,788	3,562,001	PL99-PL100	0.000	558.155	0.558	PL100	15.349	86815.221	86.815	-0.001	2.60E-08
PL101	672,788	3,562,274	PL100-PL101	-0.001	302.950	0.303	PL101	15.348	87118.171	87.118	0.000	2.61E-08
PL102	673,419	3,563,150	PL101-PL102	0	1079.878	1.080	PL102	15.348	88198.048	88.198	0.000	2.65E-08
PL103	673,564	3,564,109	PL102-PL103	0.000	994.345	0.994	PL103	15.348	89192.393	89.192	-0.001	2.68E-08
PL104	-----	-----	PL103-PL104	-0.001	1058.248	1.058	PL104	15.348	90250.641	90.251	0.000	2.71E-08

Coordenadas UTM WGS84 de PL's.			NIVELACION TOPOGRAFICA RC (PRESA MORELOS-VADO CARRANZA)									
			LINEA	DESNIVEL	DISTANCIAS DE PL A PL		PUNTO	COTA	DISTANCIA		PL-PL	desvest
Identificación	X	Y	BNMorelos		m	km		42.683	m	km		0.000000003m*km
PL105	674,439	3,564,440	PL104-PL105	-1.346	1265.228	1.265	PL105	14.002	91515.868	91.516	0.001	2.75E-08
PL106	675,602	3,564,467	PL105-PL106	0.001	1167.410	1.167	PL106	14.002	92683.278	92.683	-0.001	2.78E-08
PL107	676,213	3,564,677	PL106-PL107	-0.001	646.918	0.647	PL107	14.002	93330.196	93.330	0.001	2.80E-08
PL108	677,268	3,565,167	PL107-PL108	0.001	1162.713	1.163	PL108	14.003	94492.909	94.493	-0.002	2.83E-08
PL109	678,210	3,565,676	PL108-PL109	-0.002	1074.070	1.074	PL109	14.001	95566.979	95.567	-0.001	2.87E-08
PL110	679,218	3,566,264	PL109-PL110	-0.001	1165.048	1.165	PL110	14.000	96732.027	96.732	-0.003	2.90E-08
PL111	680,196	3,566,643	PL110-PL111	-0.003	1076.985	1.077	PL111	13.997	97809.012	97.809	0.001	2.93E-08
PL112	681,162	3,567,077	PL111-PL112	0.001	1070.655	1.071	PL112	13.998	98879.667	98.880	0.001	2.97E-08
PL113	682,009	3,567,717	PL112-PL113	0.001	1163.240	1.163	PL113	13.999	100042.907	100.043	0.004	3.00E-08
PL114	682,847	3,568,250	PL113-PL114	0.004	1140.380	1.140	PL114	14.003	101183.287	101.183	0.001	3.04E-08