

Plaza de toros La Petatera: el trazo topográfico tradicional y la era satelital

Plaza de toros La Petatera: the traditional topographic trace and the satellite era

Hydyn Santiago Jiménez¹, Juan José Ramírez Ruiz², Mauricio Breton González³ & Rogelio de Jesús García Flores⁴

Para citar este artículo: Santiago, H., Ramírez, J.J., Breton, M., y García, R. (2018). Plaza de toros La Petatera: el trazo topográfico tradicional y la era satelital Revista de Topografía Azimut, (9), 26-36.

Fecha de Recepción: 19 de septiembre de 2017

Fecha de Aceptación: 01 de febrero de 2018

Resumen

Los avances tecnológicos permean todos los ámbitos de la sociedad. La instrumentación más precisa y rápida de los procesos tiene como consecuencia un costo-beneficio favorable en muchos sectores, como en el caso empresarial, los organismos educacionales y de investigación. El salto que el hombre ha dado con la tecnología abre un sin número de caminos que ha ilimitado el futuro de la topografía. En unas cuantas décadas esta ha revolucionado la capacidad de pasar de la metodología convencional a la metodología electrónica. La rapidez y precisión con la que se ejecutan los trabajos hoy en día ha mejorado la habilidad del ingeniero para resolver problemas dentro del proyecto *in situ*, situación que hace algunos años solo en gabinete se visualizaban los errores típicos de los trabajos topográficos. En contraposición a todos los avances antes mencionados, existe una tradición

documentada desde el siglo XIX la cual sigue haciendo uso la topografía de antaño: el empleo de un tirante y una vara son suficientes para el trazo de la obra de ingeniería llamada plaza de toros La Petatera, una estructura desarmable que forma parte del patrimonio cultural del estado de Colima, México.

Combinando el método de medición por medio de cuerdas y los sistemas GNSS, este trabajo se enfoca en el análisis topográfico del trazo de esta estructura y sus bondades respecto a la tecnología GNSS.

Palabras clave: cuerdas, GNSS, RTK, medida, distancia.

Abstract

Technological advances have reached all levels of society, instrumentation more accurate and quick process has led to a cost-benefit in many sectors, such is the case

¹Maestría en Ciencias de la Tierra, Universidad de Colima, Bernal Díaz del Castillo 340, Colonia Villas de San Sebastián, Colima, Colima, México. Email: hydyn@ucol.mx

² Doctor en Geofísica, Universidad de Colima, Bernal Díaz del Castillo 340, Colonia Villas de San Sebastián, Colima, Colima, México. Email: ramirez@ucol.mx.

³Doctor en Sismología Histórica, Universidad de Colima, Bernal Díaz del Castillo 340, Colonia Villas de San Sebastián, Colima, Colima, México. Email: mauri@ucol.mx.

⁴Ingeniero Topógrafo Geomatico, Universidad de Colima, Bernal Díaz del Castillo 340, Colonia Villas de San Sebastián, Colima, Colima, México. Email: rgflores@ucol.mx.

of the enterprise, educational organizations and research, the jump that the man has given technology opens a number of roads that has unlimited future of topography.

The topography in a few decades has revolutionized the ability of moving from the conventional methodology to electronic methodology, the speed and precision with which the works are executed today has improved the ability to engineer to resolve problems within the project on-site, situation that a few years ago only in cabinet are displayed showed typical errors of topographic works.

In contrast to all the advances mentioned above, there is a tradition documented since

the 19th century and today still use the topography of yesteryear. The use of a strap and a stick are sufficient for the outline of the work of engineering called the plaza de toros La Petatera, a collapsible structure that is part of the cultural heritage of the Colima State.

Combining the method of measurement by means of ropes and the GNSS systems, this work focuses on the topographic analysis of the trace of this structure and its benefits with respect to the GNSS technology.

Keywords: Strings, GNSS, RTK measurement, distance.

Introducción

La plaza de toros La Petatera hace parte de las fiestas charrotaurinas en honor a san Felipe de Jesús, quien desde septiembre de 1668 fue elegido por la población como santo patrono contra los temblores y los incendios. Esta vieja tradición se conserva todavía en Colima, siendo celebradas el día 5 de febrero las fiestas del municipio de Villa de Álvarez, lugar antes conocido como Villa de Almoloyan (Guerra, 2017).

La celebración pone de manifiesto la necesidad de proteger a la ciudad de catástrofes tan habituales como son los sismos, los cuales han sido devastadores para la sociedad colimense en distintas épocas. En dichas festividades se construye cada año la estructura de La Petatera, una plaza de toros sismorresistente hecha con horcones, mecate y clavos. Después de las fiestas se desarma completamente y sus piezas son resguardadas por cada dueño de los tablados. En años anteriores existieron plazas similares alrededor del mundo, pero han dejado de ser construidas. En la actualidad esta es la única plaza en su género (Calduch *et al.*, 2011).

No existe documentación sobre el origen de su trazo y el método utilizado para replantar los vértices donde se desplanta La Petatera se remonta a las mediciones realizada por los egipcios, donde al personal que se encargaba de realizar las medidas se le conocía como cadeneros o estira cables (Gurrola *et al.*, 2014), los cuales tenían cuerdas con marcas que correspondían a una medida de longitud determinada.

La estructura circular de La Petatera, de aproximadamente 60 metros, está dividida en 70 secciones. Cada una con una dimensión de 2.5 m en su radio interior y 3.5 m en su radio exterior, con una longitud de 9 m de profundidad (Excélsior, 2014).

En comunicación personal con el señor Desiderio Contreras, conocido como El Pajarito, el cual se desempeña como mayordomo de la construcción de la plaza desde 1998, indicó que nunca ha medido este tirante, que es un trenzado de alambre recocido (figura 1) y calcula que su longitud es de aproximadamente 29 m hasta la primera marca y que se trata de un embobinado de unos 5 cm de largo forrado con cinta (figura 1). Continuando con el tirante a los

2.0 m, existe otra marca con las mismas características y de la misma forma en 2.5 m y 4.5 metros, esto da un total de 38 metros del tirante hasta la última marca. Después, continúa con un tramo más de alambre, terminando en una barra de madera que sirve como base para ejercer fuerza y atirantar el alambre.



Figura 1: Tirante y marca de límite de radios.

Para el trazo de la plaza se utiliza el tirante de alambre recocido trenzado en dos hilos. El extremo inicial de este tirante tiene una argolla o aro de 9.0 cm de diámetro, el cual es insertado sobre una barra de acero de 1 1/2", ubicada en el centro del ruedo. Esta barra es enterrada suplantando a un pedazo de manguera previamente soterrada (el año anterior) con el fin de marcar su ubicación constante y es utilizada como punto de partida para el trazado, misma que servirá de base para el trazado de los años siguientes. Esta pieza de manguera se replantea utilizando la medida del alambre entre la argolla y la primera marca (de 29 m), radiando desde cuatro luminarias en forma de cruz que forman parte del ruedo y están orientadas a un punto conocido, en este caso el volcán de Fuego de Colima. Una vez encontrada la intersección se procede a excavar hasta encontrar la marca (la manguera) y sustituirla por la varilla guía.

Instalado el centro del ruedo se inserta la argolla del tirante y se extiende a lo largo de la planicie con rumbo a la luminaria ubicada al sur, ejerciéndose una fuerza sobre el tirante y procediendo a marcar el terreno con cal las posiciones de las marcas del alambre, obteniendo de esta forma el trazo de las cuatro marcas.

Para determinar el arco y ubicar la segunda división de la circunferencia, se utiliza una vara de otate (guadua), la cual tiene varias marcas a distintos intervalos. Estos tienen una función específica (tabla 1); en el caso de la vara del constructor de los corrales este utiliza una que mide 2.5 m de largo y sus divisiones tienen como propósito instalar ciertas secciones de la obra (tabla 2).

Tabla 1: Especificaciones de las medidas de la guía de otate.

Altura (m)	Función
1	Pozos
1.5	Platea inferior
2	Platea superior
2.1	Gradas
2.5	Ancho de tablado

Tabla 2: Especificaciones de las medidas de la guía de otate.

Altura (m)	Función	Altura(m)	Función
1	Medida estándar	2	Trabes
1.1	Pozos	2.1	Soga
1.2	Puertas	2.15	Postes
1.3	Altura embarcadero	2.5	Medida
1.5	Medida estándar		

Una vez localizado el primer punto, se coloca la vara de otate sobre el suelo, el tirante se gira en el sentido de las manecillas del reloj hasta hacer coincidir la marca del tirante con la referencia de 2.5 m de la guía de otate (figura 2). Una vez que ambos puntos coinciden se procede a trazar los radios internos y externos del alineamiento. Este procedimiento se repite hasta completar toda la circunferencia de la

plaza, con 70 puntos por cada circunferencia y un total de 280 vértices trazados por los 4 radios que conforman esta estructura.

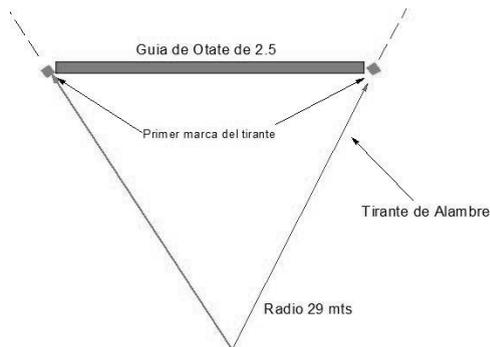


Figura 2: Tirante y marca de límite de radios.

Método

La técnica utilizada para el trazo de La Petatera es conocida como trazo de curvas por medio de cuerdas, en la cual esta tiene una longitud de 2.5 m y el tirante un radio de 29 m. La técnica nos indica el uso de deflexiones pero en este caso al ser un trazo “rustico” continúa teniendo como principio de curva el vértice anterior, técnicamente denominado *principio de tangente*. Con las dimensiones proporcionadas se pueden realizar los cálculos correspondientes para determinar la exactitud del replanteo. Al conocer los elementos del triángulo que forma el trazo se obtiene que $a = 2,5$ m, $b = 29$ m y $c = 29$ m. Es importante aclarar que un análisis estadístico permitió visualizar una discrepancia en las longitudes de las cuerdas, que al ser verificados con los responsables de la construcción confirmaron que las dimensiones de dos tablados son distintas a la mayoría, siendo las entradas principal y la de los toros cuyas dimensiones son de 3.5 m.

Por el teorema del coseno se tiene que:

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

Donde:

$$a_1 = 2,5m, b = 29m \text{ y } c = 29m$$

Entonces tenemos que $\theta_1 = 4^\circ 56' 26,959''$

Y para $a_2 = 3,5$ tenemos que $\theta_2 = 6^\circ 55' 9,16''$

Se calcula la longitud de arco:

$$\lambda_{arc} = (2 * R * \pi) \frac{\theta}{360}$$

Donde:

λ_{arc} = longitud de arco, R = radio y θ = grado de curvatura.

Se calcula la longitud de arco para los datos de $R = 29m$, con θ_1 y θ_2 obteniendo entonces que $\lambda_{arc1} = 2,501m$ y $\lambda_{arc2} = 3,502m$.

Como pueden apreciarse, los resultados de λ_{arc1} y λ_{arc2} , al ser redondeados a un dígito son prácticamente iguales a la longitud de la vara de otate para delimitar el ancho de los tablados de 2.5 m y 3.5 m.

Sabemos que son 68 arcos o tablados con un $\theta_1 = 4^\circ 56' 26,959''$ cada uno y 2 arcos o tablados de $\theta_2 = 6^\circ 55' 9,16''$ cada uno, por lo tanto podemos cerrar la circunferencia haciendo cumplir que $360^\circ = (68 * \theta_1) + (2 * \theta_2)$ y calcular el perímetro $2 * r * \pi = (68 * C_1) + (2 * C_2)$.

De lo anterior se determina que para el cierre angular de la circunferencia:

$$360 = 335^\circ 58' 33,2'' + 13^\circ 50' 18,32'' \rightarrow 360 \neq 349^\circ 48' 51,5''$$

Y perimetralmente:

$$2 * 29 * \pi = (68 * 2,497) + (2 * 3,497) \rightarrow 182,21m \neq 177,07m$$

Los resultados nos indican que las longitudes de la cuerda y arco cumplen con las dimensiones para el trazo. Al comparar los

resultados de las ecuaciones de perímetro y cierre angular se tiene un error $E_{\theta} = 10^{\circ} 11' 08,48''$ y $E_L = 5,14m$. Ante esta situación se realizó una comunicación personal con el responsable del trazo en la cual este indicó que durante el trazo si hacía falta o sobraba se ajustaba poniendo o quitando dimensiones a los tablados y que los errores de cierre son del orden de unos cuantos centímetros. Aun así, el error que arrojan las ecuaciones es considerable y no se asemejan a lo expresado por el capataz de la construcción. Si realizáramos los trazos con equipo de precisión con los datos que fueron proporcionados no cerraría el círculo.

Con las ecuaciones presentadas anteriormente se puede deducir que se realizó un cálculo para determinar las dimensiones del trazado en el terreno, es decir, que el trazo de la plaza no es arbitrario, ya que tiene un cálculo definido para un arco de curva, aunque no existe un documento que lo pueda probar. Se puede deducir entonces que los datos longitud de la cuerda de 2.5 m y del radio de 29 m se ajustan al número de 72 tablados como lo menciona Calduch *et al.* (2011).

Esta estructura no siempre ha contado con el mismo número de secciones, como lo evidencia la poca documentación que existe. Anteriormente, se utilizaban 103 arcos (Calduch *et al.*, 2011) y se han venido reduciendo el número de tablados hasta llegar a 72. Con este último dato y con los valores de grado de curva y cuerda para el radio de 29 m, la circunferencia cierra con un margen de error pequeño. Sin embargo, en la actualidad solo son 70 divisiones. Finalmente, el objetivo es dimensionar las virtudes y bondades del trazo tradicional respecto a la tecnología satelital, utilizando el método GPS Real Time Kinematic, mejor conocido como RTK.

Resultados

Si bien las ecuaciones dan la pauta para determinar la precisión del trazado teórico mediante cuerdas, la técnica utilizada en campo (la cual es considerada como la parte medular de esta investigación) no requiere de instrumentos precisos para llevar a cabo su ejecución y cierre “casi perfecto”. Si se recurriera al uso de equipos electrónicos con la información calculada no se podría cerrar el trazo, mientras que con el replanteo rudimentario que se realiza utilizando el tirante de alambre recocado sí es posible, ya que los errores son compensados bien sea agregando o eliminando dimensiones a los tablados.

El tipo de error que se genera en este trazo es humano. Un ejemplo de esto es el que muestra el alambre recocado, ya que por la naturaleza de su rigidez presenta dificultades en la tensión requerida incluso utilizando un solo hilo, aún más con dos, como en el caso de esta medición. A este se suman los errores por catenaria, los cuales tratan de ser mermados colocando el tirante sobre el piso. Para evitar la dilatación por temperatura el “rayado”, término con el cual el señor Desiderio hace referencia al replanteo, es realizado en horas de la mañana con el fin de que la temperatura no afecte la dilatación del alambre.

Una vez “rayado” el terreno, se instaló una estación de referencia a 2548 metros con un azimut de $31^{\circ} 49' 47''$ respecto al centro de la plaza. La estación fue colocada sobre una casa de 2 plantas, centrada en un clavo de concreto sobre una columna desplantada desde los cimientos, con un cielo abierto a los 10° ; se utilizó un receptor de doble frecuencia *Leica* GRX 1230 con la antena *Leica* AX1202. La tasa de registro fue de 1 Hz, las coordenadas se fijaron en la posición actual en el momento de medición, teniendo dos registros de 5h

⁵Véase <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>

27m y 4h 49m (figura 2). Los cálculos de la estación de control se realizaron mediante los servicios *online* Auspos⁵ (Taylan *et al.*, 2013) que ajusta los datos mediante el método DGPS, CSRS PPP Canadian⁶ (Taylan *et al.*, 2013) y Trimble RTX⁷, servicios que ajustan con el método *Point Precise Positioning* (PPP) (Zumberge *et al.*, 1997), en el que se tiene una $\sigma_x = 7,6\text{ mm}$, $\sigma_y = 1,6\text{ mm}$ y $\sigma_z = 8,9\text{ mm}$. Posteriormente, se ajustaron todos los datos de campo a las coordenadas calculadas (tabla 3) de la estación de control “Conchi”.

Tabla 3: Coordenadas ajustadas de la estación de control “Conchi” ITRF08 época 2016.9999

UTM Z13	Cartesianas	Geodésicas
X = 631999.8454	X = -1430906.1942	$\varphi = 19^\circ 17' 20,09733''$ N
Y = 2133273.9397	Y = -5850400.1898	$\lambda = 103^\circ 44' 37,4584''$ W
Z = 579.1192	Z = 2093753.2061	Ae = 579.1191

El método de medición utilizado fue el *Real Time Kinematic* (Su Lee y Ge, 2006). Se eligió este método por la rapidez y precisión (Schloderer *et al.*, 2011) con que se obtienen las coordenadas en intervalos de tiempo cortos.

Sobre el terreno se trazaron un total de 280 vértices, por lo que optar por otra técnica no se consideró factible ya que una vez trazado el terreno empiezan los trabajos de excavación y colocación de postes al día siguiente. El “rayado” se realizó en un tiempo de 3.5 horas aproximadamente (dato obtenido en comunicación personal con el señor Desiderio). La medición realizada con RTK tomó un total de 2.58 horas. Con un promedio de 13 segundos de medición una vez obtenida la solución RTK, donde los errores promedio dados por la técnica son de $E_{posicin} = 0,09\text{ cm}$ y $E_{altitud} = 1,2\text{ cm}$. En el replanteo se utilizó un receptor GNSS móvil Leica GS15 de doble frecuencia, configurado con épocas a 1Hz y una máscara de elevación de 10° .

Una vez georreferenciados los puntos que forman la base de la plaza, se calcula el radio para cada vértice y el espaciado entre tablados mediante diferencia de coordenadas.

Por la ecuación de la distancia entre dos puntos de coordenadas conocidas (Lehmann, 1992):

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Se obtiene el radio de cada vértice y la distancia entre tablados.

En el primer radio podemos ver que existe una variación de 0.256 m entre el radio máximo y el mínimo con una $\sigma = 0,06\text{ m}$, y la diferencia entre el radio promedio de 28.27 m con respecto al radio teórico = 29 m es de -0.726 m. (figura 3(a)). Respecto al espaciado del tablado se tiene una diferencia entre el máximo espaciado con el mínimo de 0.350 m y una $\sigma = 0.057\text{ m}$. Eliminando los dos tablados principales de 3.5 m se puede apreciar en la (figura 3(b)) que el espaciado promedio es de 2.51 m.

Para el radio 2 (figura 4(a)), del cual no se tiene medida oficial de espaciado, el promedio es de 2.728 m entre divisiones (figura 4(b)), de acuerdo con los datos obtenidos en campo, teniendo que la dimensión promedio del radio es de 30.40 m con una $\sigma = 0.072\text{ m}$, se obtuvo una diferencia de -0.60 m con respecto al radio teórico 31 m.

El radio 3, al igual que el anterior en lo concerniente al espaciado entre tablados, presenta un valor que oscila con un promedio de 2.93 m y una $\sigma = 0.092\text{ m}$ (figura 5(b)). En lo referente al radio se tiene un promedio de 32.74 m con una diferencia de 0.76 m respecto al radio teórico cuyo valor es de 33.5 m (figura 5(a))

⁶Véase <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>

⁷ Véase <http://www.trimblertx.com/UploadForm.aspx>

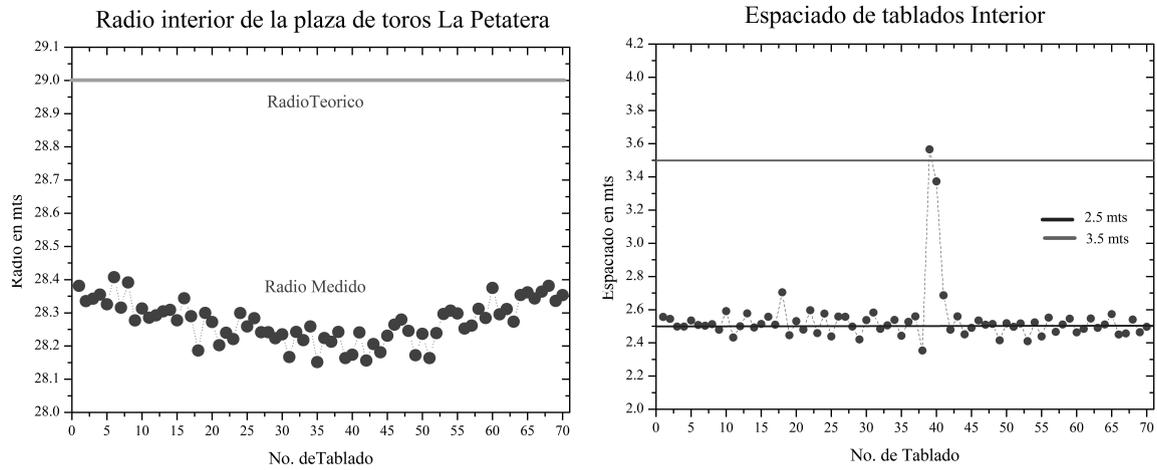


Figura 3: Radios y espaciados interiores de la plaza de toros La Petatera.

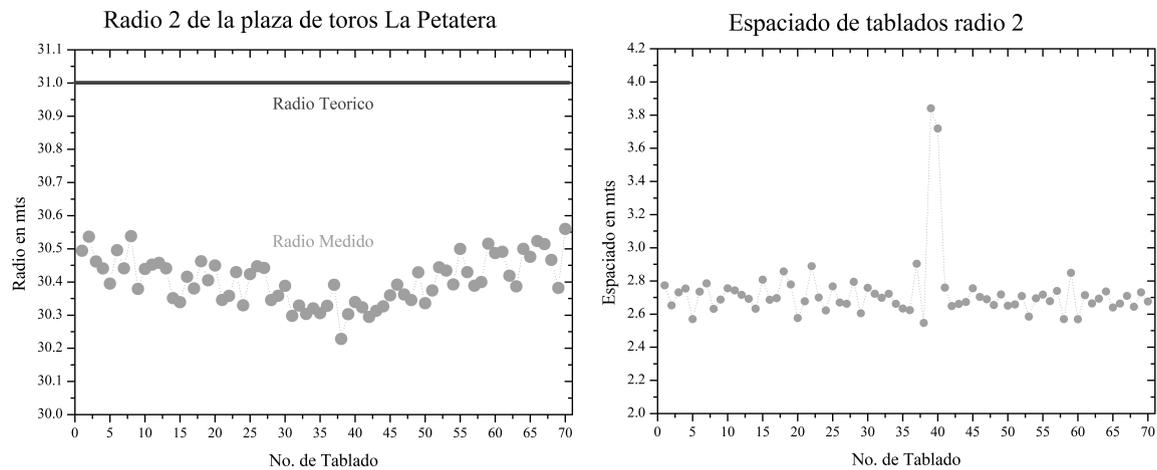


Figura 4: Radios y espaciados de R2 de la plaza de toros La Petatera.

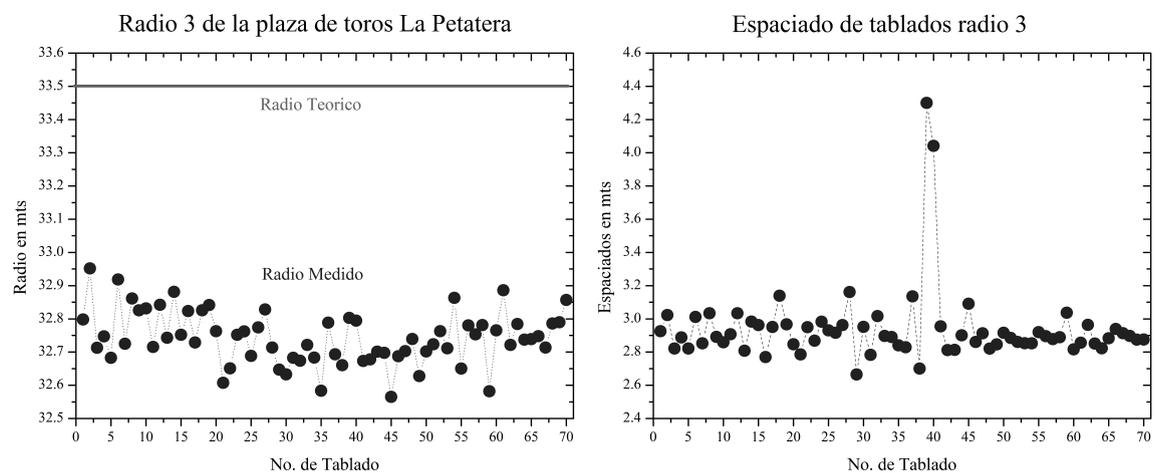


Figura 5: Radios y espaciados de R3 de la plaza de toros La Petatera.

En el último trazo para el radio exterior (R4) el promedio de toda la serie de datos tiene un valor de 37.5 m con una $\sigma = 0.064$ m, mientras que el teórico es de 38.0 m (figura 6(a)), presentando una diferencia de 0.50 m.

El valor teórico del espacio entre puntos es de 3.5 y el valor promedio medido es de 3.32 m con una $\sigma = 0.119$ m, arrojando una diferencia de -0.18 m (figura 6(b)).

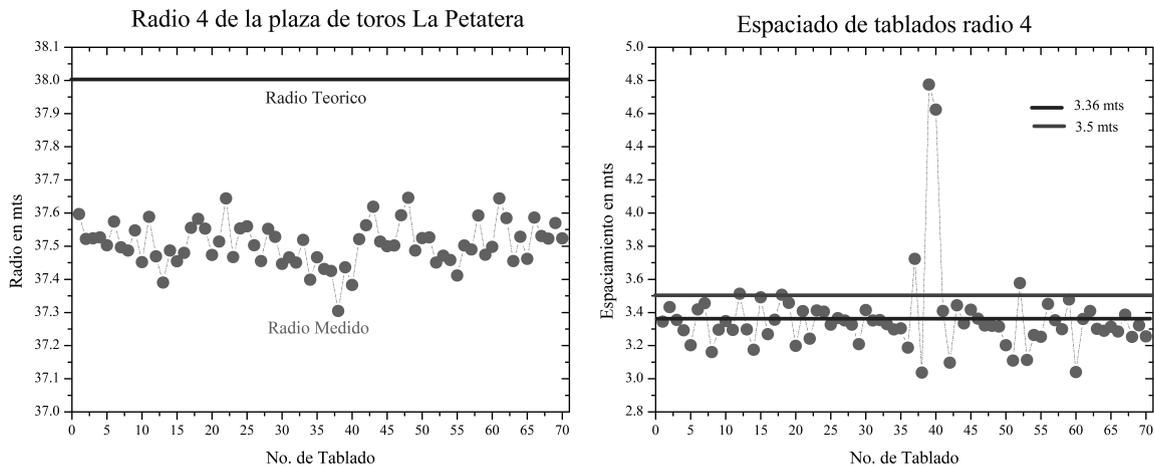


Figura 6: Radios y espaciados de R4 de la plaza de toros La Petatera.

Con los datos obtenidos mediante el análisis estadístico es posible replantear el cálculo de los parámetros de la circunferencia para verificar su cierre. Luego, los datos promedios del radio interno y espaciado de tablados que se obtuvieron son:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 28,275 \text{ m} & \sigma_{R_1} &= 6,29 \text{ cm} \\
 R_2 &= 30,405 \text{ m} & \sigma_{R_2} &= 7,08 \text{ cm} \\
 R_3 &= 32,743 \text{ m} & \sigma_{R_3} &= 7,92 \text{ cm} \\
 R_4 &= 37,507 \text{ m} & \sigma_{R_4} &= 6,45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$R_1 = 28,27, a_1 = 2,51 \text{ y } a_2 = 3,468$$

Y las longitudes promedio de cuerda

$$\begin{aligned}
 C_{interior} &= 2,510 \text{ m} & \sigma_{C_1} &= 5,76 \text{ cm} \\
 C_{exterior} &= 3,327 \text{ m} & \sigma_{C_2} &= 11,91 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Calculando el perímetro se tienen que $P = 2 * R_1 * \pi = 177,62$, el grado de curvatura o longitud de arco $\theta_1 = 5^\circ 5' 19,59''$ y $\theta_2 = 7^\circ 1' 59,27''$, obteniendo la suma de las longitudes de arcos y la suma de productos de los arcos se obtiene entonces que $\sum_{(\theta_1 * 68) + (\theta_2 * 2)} = 360^\circ 06' 10,66''$ y $\sum_{(C_1 * 68) + (C_2 * 2)} = 177,616$ m, lo que arroja una diferencia lineal de 0.004 m y angular de $0^\circ 6' 10,66''$.

Y para los dos arcos principales (entrada de toros y puerta principal) el valor promedio es 3.468 m en el radio interior.

Al hacer la comparación con el radio teórico los valores son más exactos, por lo que es posible determinar que el promedio de los radios del trazo de la plaza de toros La Petatera son para:

Linealmente cierra el trazo pero angularmente no sucede lo mismo; la diferencia de cierre por arcos en metros es de 0.05 m. Dadas las dimensiones de los postes calculados en un promedio 0.25 m, el error es despreciable, de acuerdo a la técnica e instrumentos de trazado.

Los resultados están dados por formulas ya que la información aplicada a los cálculos son los promedios y las variaciones entre los valores máximos y mininos son altos (tabla 4).

Sin embargo, en el terreno la situación es un poco diferente.

cuerda y radio se calculó su grado de curvatura por cada sección, como se muestra en las figuras 7(a) y 7(b).

Para hacer un análisis más detallado de cada

Tabla 4: Valores máximos y mínimos de radios y cuerdas.

	Radios			Cuerda		
	R_{Maximo}	R_{Minimo}	$R_{Max} - R_{Min}$	C_{Maximo}	C_{Minimo}	$C_{Max} - C_{Min}$
R1	28.4074546	28.1513077	0.25614698	2.70385646	2.35333167	0.35052479
R2	30.5596735	30.2284266	0.33124684			
R3	32.951645	32.5650055	0.38663945			
R4	37.6461008	37.3043197	0.34178103	3.72321339	3.03766961	0.68554378

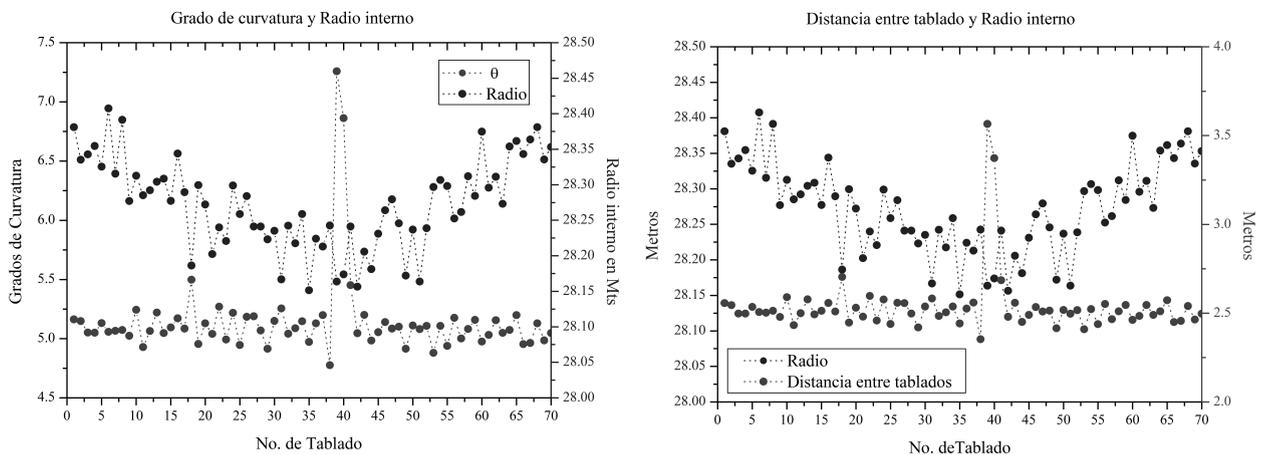


Figura 7: Grado de curvatura por tablado y su respectivo radio.

Aun con una medida fija (vara de otate) durante el trazo existen variaciones, tanto como el radio y la distancia entre tablados, como puede observarse en las figuras anteriores. Estas variaciones forman parte de los errores considerados en la teoría de los errores de la topografía (Montes de Oca, 1996), realizando la \sum_{θ} de cada uno de los radios se tiene que $\theta = 360^{\circ} 00' 00,46''$ y la \sum_C de cada cuerda dando un perímetro de 177.623 m, nuevamente el cierre lineal es exacto y el error de cierre angular es de 0.46". Estas variaciones son menores a los errores de cierre tomando los promedios de los radios y cuerdas. Topográficamente hablando, estos errores son de gran calidad tratándose

de un trazo realizado con un alambre y una vara de otate de 2.5 m como patrón. Aunque el trazo circular no es perfecto la figura es más similar a una elipse pero con un factor de achatamiento muy pequeño, casi imperceptible, y debido a las dimensiones de la plaza no hay forma de distinguir esta figura.

Conclusiones

La plaza de toros La Petatera (figura 8) es una obra de ingeniería construida a partir de un trazo topográfico que hace uso de un método rustico y tradicional; el cual, por su misma naturaleza, presenta errores y variaciones, datos que la ingeniería considera fuera del

orden constructivo y que van cambiando año tras año en cada replanteo utilizado para edificar esta obra.

Los datos obtenidos con el sistema GNSS muestran la calidad y pericia del proyectista que con solo un tirante de alambre y una vara de otate traza con finura los vértices sobre los cuales se edificará esta estructura.

Al replantar nuevamente esta obra con los sistemas satelitales habrá diferencias, ya que se tiene un punto de partida que siempre está en distinta posición obteniendo variaciones del orden de centímetros. Sobre el terreno algunas nuevas marcas coinciden con los vestigios de los pozos del año anterior y otras están desfasadas por varios centímetros.

No es intención reemplazar la técnica milenaria con tecnología del siglo XXI, la importancia de la tradición y el rayado del terreno para la construcción de La Petatera representan una obra de arte para los que nos dedicamos a la ingeniería. Es una tradición que debe perdurar como vestigio de la fe de un pueblo ante los desastres y como una estampa emblemática de las fiestas típicas de la región. Hablar de La Petatera evoca recuerdos, admiración y respeto.



Figura 8: La Petatera. Fuente: Herrera (2014).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calduch Cervera, J., Elizondo Mata, M. F.,

Mendoza Pérez, L. A., González de Loza, J. R. y Huerta San Miguel, R. (2011). Arquitectura sin planos, plaza de toros La Petatera. *Expresión Gráfica Arquitectónica*, 17, 128-137.

Excelsior (5 febrero de 2014). La plaza taurina desmontable que es patrimonio cultural de México. Recuperado de: <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/02/05/942135>

Guerra, N. (11 de febrero de 2017). Culturalia: la monumental plaza de toros. *Ecos de la Costa*. Recuperado de: <http://www.ecosdelacosta.mx/2017/02/11/culturalia-la-monumental-plaza-toros/>

Gurrola Breceda, L. R., Ortega Martínez, R. A., Rivera Delgado, A. S. y Rodríguez Cortez, J. A. (2014). *Transcripción de topografía egipcia*. Recuperado de: https://prezi.com/ehj4w_swd2iz/topografia-egipcia/

Herrera, R. (2014). *La Petatera*. Recuperado de: <http://www.archdaily.mx/mx/02-334456/la-petatera-en-mexico-una-plaza-de-toros-temporal-de-madera-cuerdas-y-petates>

Lehmann, C. H. (1992). Geometría analítica, Ed. Limusa, Noriega Editores. Reimpresión 1992 en Chalco, estado de México. México

Montes de Oca, M. (1996). *Topografía*. México: Alfaomega.

Schloderer, G., Bingham, M. Awange, J. L. y Fleming, K. M., (2011). Application of GNSS-RTK derived topographical maps for rapid environmental monitoring: a case study of Jack Finnelly Lake (Perth Australia). *Environmental Monitoring and Assessment*, 180(1-4), 147-61. DOI: 10.1007/s10661-010-1778-8.

- Su Lee, I. y Ge, L., (2006). The performance of RTK-GPS for surveying under challenging environmental conditions, *Earth, Planets and Space*, 58, 515-522. DOI: 10.1186/BF03351948.
- Taylan, O., Bahattin, E. y Nursu, T. (2013). Analysis of web-based online services for GPS relative and precise point positioning techniques. *Bol. Ciênc. Geod.*, 19(2),191-207.
- Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M. y Webb, F. H. (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *Journal of Geophysical Research*, 102, Issue B3, 5005-5017.