

INFORME FINAL DEL PROYECTO INTERNO HC1514.1

“Desarrollo de instrumentación y procedimientos de medición, aplicados a la observación en campo que ayuden a controlar o supervisar la situación de seguridad estructural de obras hidráulicas”

Jefe de Proyecto

M.I. Ricardo Andrés Álvarez Bretón

Participantes:

Ing. José David Maldonado Santiago

Ing. María del Carmen Cruz Carbajal

M.C.S. Omar Fonseca Moreno

M.I. Cecilia Millán Barrera

M.I. Gilberto Salgado Maldonado

Diciembre, 2015.

ANTECEDENTES

En México, en la mayoría de los casos la instrumentación se lleva a cabo con equipos especializados existentes en el mercado. A estos equipos normalmente costosos, se les suman las desventajas que implica la importación de tecnología, como son; a) La tecnología desarrollada en un país no siempre es la más adecuada para otro, debido a que las condiciones culturales y sociales así como de la infraestructura no son las mismas, b) Cuando los equipos adquiridos dejan de funcionar, no se cuenta con un soporte dentro del país en donde puedan ser reparados ó se les de mantenimiento, c) Se genera dependencia tecnológica, fomentando un atraso del desarrollo nacional.

El IMTA ha trabajado en proyectos relativos a la seguridad de presas por encargo de la Comisión Nacional del Agua. Las experiencias que se han tenido a lo largo del tiempo en dichos trabajos especialmente en campo llevan a considerar valioso el desarrollo de equipos de medición con tecnología propia.

Por otro lado, es bien sabido que los estudios y datos de campo son básicos para la construcción de una estructura hidráulica y que los procedimientos constructivos tienen mucho que ver con el comportamiento seguro de toda obra hidráulica, ya sea una presa o un bordo y que no es menos importante el mantenimiento de las dichas obras durante su vida útil, por lo que una inspección metódica se hace más que necesaria. Por lo anterior, contar con instrumentos de medición de fácil operación y que se cuente con soporte técnico nacional y a la mano, permitirá obtener la información requerida de forma rápida y segura para tomar decisiones oportunas que eviten riesgos innecesarios en las obras hidráulicas.

Algo importante a considerar es que desarrollar instrumentación que atienda a problemas locales, alienta la investigación y desarrollo de tecnologías que deriven en patentes registradas y comercializables en el país, con las ventajas ya señaladas.

Los desarrollos instrumentales y sus mejoras continuas, así como los nuevos procedimientos de medición generados podrán ser aprovechados por las entidades encargadas de la supervisión de la seguridad estructural de presas y bordos, de estaciones hidrométricas y climatológicas.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Contar con instrumentos de tecnología propia, aplicados al monitoreo de estructuras que conforman diferentes obras hidráulicas, así como procedimientos de medición que faciliten la adquisición de datos de campo.

Desarrollo de instrumentación en materia de seguridad de presas, teniendo los siguientes entregables:

1. Mejora funcional del dispositivo para medición de longitudes de cable de suspensión.
2. Nivel electrónico para conjunto prisma – baliza.
3. Sistema o metodología de calibración de la verticalidad de prismas topográficos.
4. Inclínometro triaxial sin guías y su posible solicitud de patente.
5. Documento “Manual de procedimiento de medición para testigos superficiales”.
6. Seguimiento y validación del Dispositivo Integrador Digital de Datos Climatológicos.
7. Registro de derechos de autor del software para análisis y manejo de datos de aforo.
8. Modificaciones y mejoras a los dispositivos diseñados.

1. Mejora funcional del dispositivo para medición de longitudes de cable de suspensión.

Se han concluido los planos para la fabricación del dispositivo de medición de longitudes del cable de suspensión, incluye el sistema anti-derrapamiento del cable con los elementos mecánicos con lo que están en contacto, evitando así errores de medición de longitud del cable, ver Figura 1.1.

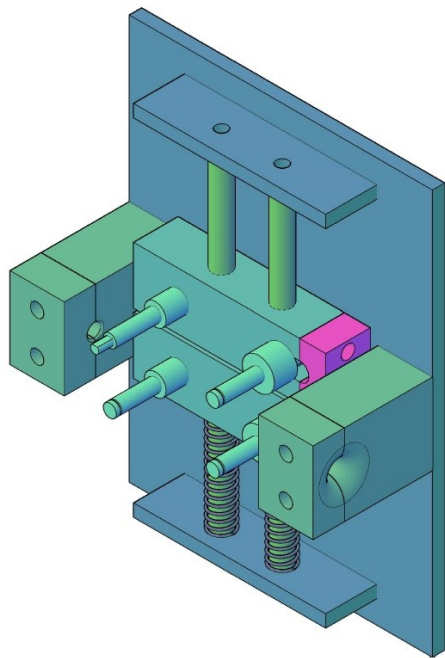


Figura 1.1 Diseño del dispositivo para medición de longitudes de cable de suspensión de sondas.

Ya se cuenta con los planos por lo que el siguiente paso es enviarlo a un taller de metal mecánica para su fabricación.

2. Nivel electrónico para conjunto prisma-baliza.

Este dispositivo replica el plano de inclinación que le ha sido asignado previamente. De esta forma, al montarlo sobre la baliza del prisma topográfico en un plano perpendicular al eje del conjunto prisma-baliza, el display del dispositivo indicará "centrado" si previamente se le programó sobre un plano horizontal y el eje del prisma-baliza está vertical. En principio, funciona igual que una burbuja en su "ojo de buey" las cuales normalmente se encuentran instaladas en las balizas que soportan el prisma de los equipos topográficos. Al permanecer vertical la baliza, la burbuja queda dentro de los límites de un círculo establecido.

El problema que pretende resolver este dispositivo, es el de las balizas que se enchuecan por efecto de un mal transporte y se flexionan. Al intentar tener en posición vertical el prisma para reproducir el punto que toca la baliza sobre el piso, se tiene el inconveniente que o la burbuja no queda centrada o el prisma está fuera del plano o línea del punto que se desea levantar con el tránsito o la estación total.

El nivel electrónico se programa para pre-calibrar la verticalidad del conjunto prisma-baliza aunque el plano del nivel electrónico no se encuentre en el plano

horizontal. El plano del dispositivo es perpendicular al eje de la baliza, pero solo en el punto donde está colocada, y si a lo largo de la baliza hay una flexión, el plano vertical del punto topográfico a levantar, no corresponderá con la posición del prisma.

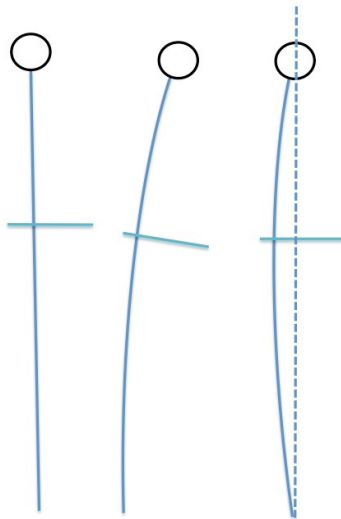


Fig. 2.1 Problemas para la calibración en la vertical de una baliza flexionada.

Se detectó la factibilidad de realizar e incorporar al nivel electrónico para el conjunto prisma-baliza de uso topográfico, una pantalla gráfica que permita visualizar la orientación y posición del nivel en un plano perpendicular a la baliza.

Se realizó el diseño del circuito electrónico para incorporar la pantalla al nivel electrónico prisma-baliza, así como el diseño de la tarjeta electrónica de la pantalla grafica nivel electrónico prisma-baliza.

También se elaboró un firmware para visualizar en la pantalla gráfica la orientación en el plano horizontal del prisma topográfico.



Figura 2.2 Pantalla de inicio del nivel electrónico para conjunto prisma-baliza

Se llevaron a cabo pruebas del nivel electrónico en el laboratorio.

Se hicieron las correspondientes pruebas de repetibilidad del nivel electrónico en el laboratorio.

Se diseñó el circuito electrónico para realización de la tarjeta de circuito impreso del nivel electrónico.

Se elaboró la lista de componentes electrónicos para realización de la tarjeta del circuito impreso del nivel electrónico.

3. Sistema o metodología de calibración de la verticalidad de prismas topográficos.

- Se hizo una base para calibrar el nivel electrónico prisma-baliza en un plano perpendicular a la propia baliza.
- Se realizaron pruebas del circuito electrónico para el nivel electrónico prisma-baliza.
- Se calibró la placa electrónica del nivel electrónico prisma-baliza, una vez montado en el estadal.
- Se realizaron pruebas de repetibilidad nivel electrónico prisma-baliza ya montado en el estadal.
- Se programó un firmware para calibrar en sitio los prismas topográficos.
- Se programó un firmware para mostrar gráficamente la orientación en el plano una vez calibrado el prisma topográfico.



Figura 3.1 Pantalla de calibración del nivel electrónico para conjunto prisma-baliza

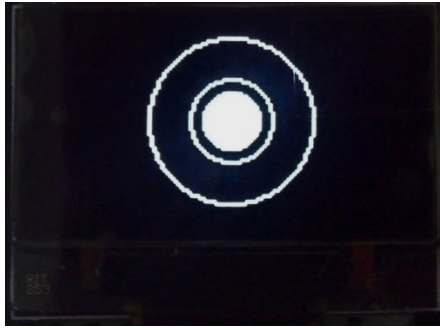


Figura 3.2 Pantalla del nivel electrónico para conjunto prisma-baliza.

- Se realizaron pruebas en laboratorio del sistema de calibración en sitio para los prismas topográficos.
- Se diseñó el circuito electrónico para carga de bootloader, que es un gestor de arranque, es un programa sencillo diseñado exclusivamente para preparar todo lo que necesita el sistema operativo para funcionar en el ATmega328 y poder reprogramar el nivel electrónico cuándo se requiera.

4. Se realizó un inclinómetro triaxial sin guías para su posible solicitud de patente.

Objetivo general

Diseñar y fabricar un prototipo funcional que permita realizar mediciones de desplazamientos laterales presentes en estructuras hidráulicas; con el propósito de monitorear el comportamiento de las mismas e identificar posibles riesgos estructurales. Se pretende disminuir los tiempos de medición facilitando el manejo del equipo, así como la de los datos medidos, mejorando las características de los dispositivos existentes en el mercado.

Objetivos específicos

- Disminuir los tiempos de medición y facilitar la operación de la sonda.
- Desarrollar una alternativa tecnológica, económica para la medición de desplazamientos laterales en estructuras hidráulicas.
- Obtener una sonda de material ligero, capaz de proteger y aislar los sistemas electrónicos de elementos externos (agua, basura, tierra, etc.).

- Obtener un sistema guía de centrado para la sonda que permita mantenerla concéntrica a la tubería inclinométrica.
- Obtener una sonda que no se atasque en las desacoplamientos de la tubería inclinométrica.
- Obtener un sistema de medición que permita conocer la orientación de la sonda referida a la posición vertical, en diferentes puntos durante el recorrido por el interior de la tubería inclinométrica.
- Obtener un sistema de medición de profundidad de la sonda.

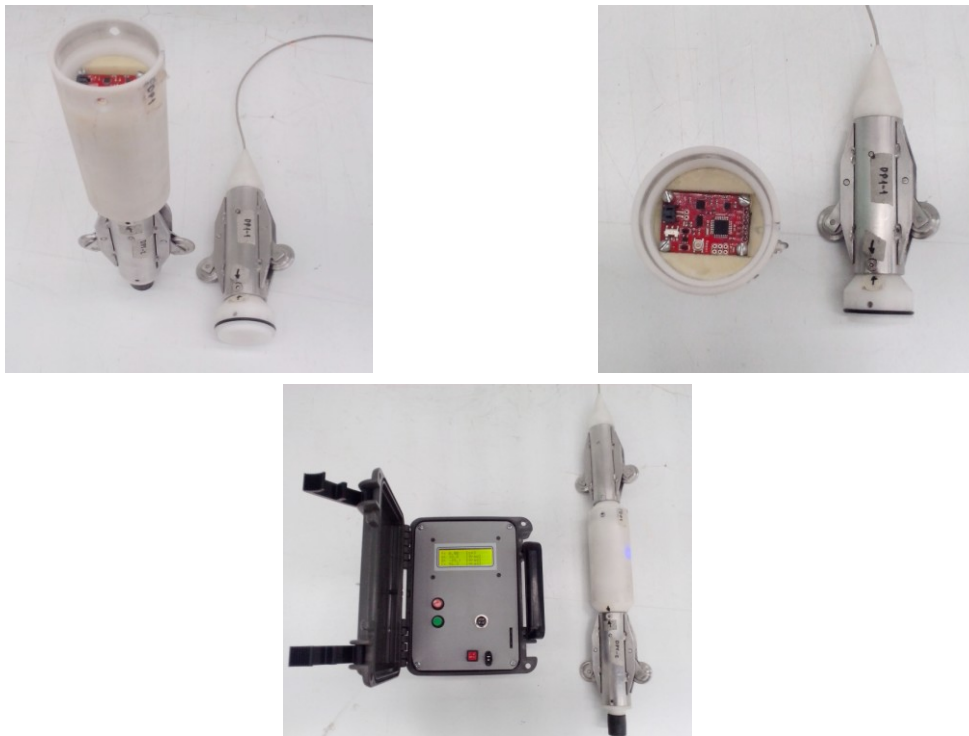


Fig. 4.1 Prototipo funcional del inclinómetro en su primera versión.

Componentes principales

Sonda

Este componente resguarda los elementos electrónicos del inclinómetro del medio ambiente; para evitar descargas eléctricas, daño por caídas, entrada de agua y materiales extraños. Las dimensiones de la sonda están regidas por el tamaño del

sistema de medición inercial, el tamaño de la batería y el tamaño del sistema guía de centrado. Los componentes electrónicos deben permanecer concéntricos al tubo guía inclinométrico y fijos dentro de la sonda .

La sonda debe diseñarse de acuerdo a sus funciones:

- Debe ser hermética.
- Mantener una presión de 5 kg/cm^2 .
- Debe ser de materiales ligeros.
- Debe tener capacidad para alojar la batería redonda de 5 cm de diámetro por 5 cm de largo y no hacer corto circuito con los elementos electrónicos.
- Los elementos electrónicos deben manipularse fácilmente (que se puedan reemplazar sus elementos o extraer).
- Deberá tener la capacidad de acoplarse al sistema guía de centrado.
- El diámetro de la sonda deberá ser menor al diámetro de la tubería inclinométrica.
- Debe ser capaz de mantener alineadas la sonda y el sistema guía de centrado.

Sistema guía de centrado

Es el componente que, unido a la sonda, la mantendrá concéntrica a la tubería en todo momento, siguiendo la forma de la tubería inclinométrica para la obtención de lecturas correctas.

Atascamiento de la sonda en una tubería inclinométrica.

Las ruedas o el cuerpo de la sonda pueden quedar atascadas en los desacoplamientos de la tubería inclinométrica, provocando en algunos casos la pérdida de la sonda y la inutilización de la tubería mencionada.

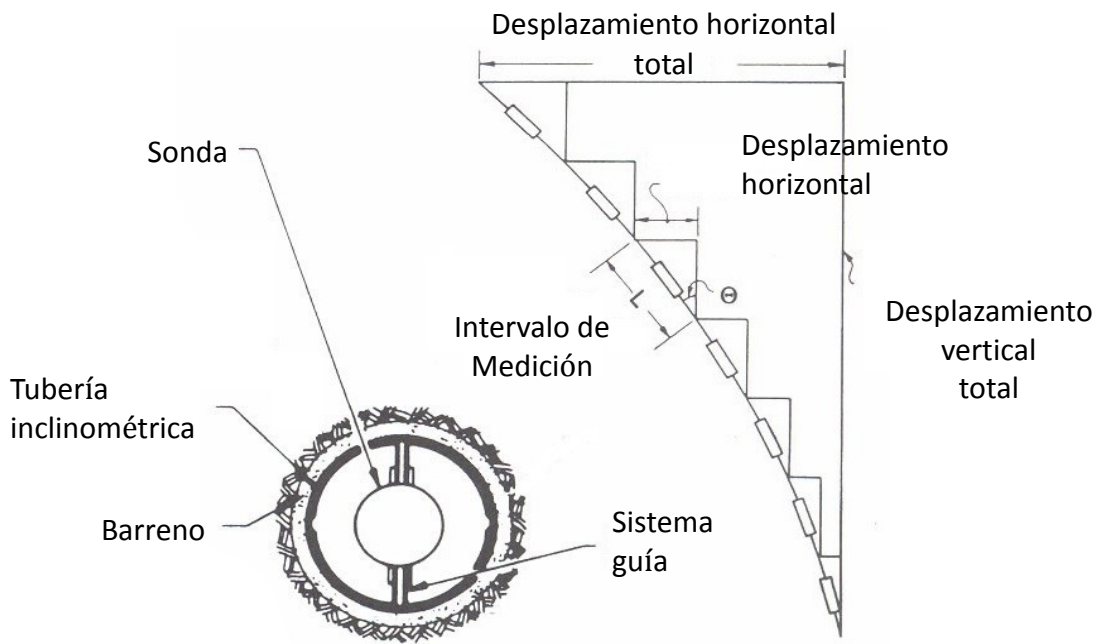


Fig. 4.2 Diagrama convencional

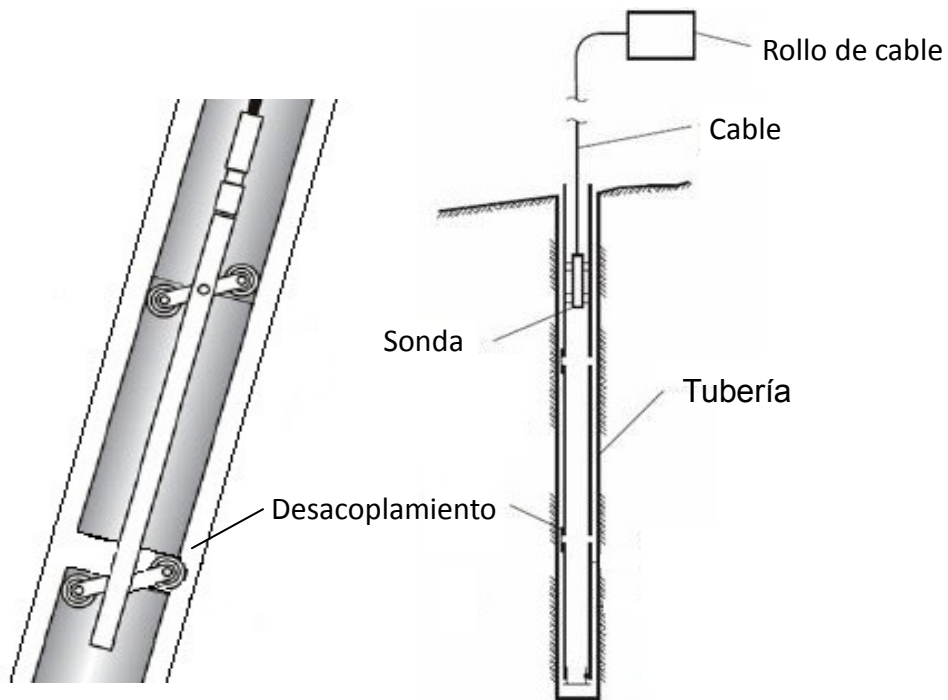


Fig. 4.3 Posibilidad de atascamiento de sonda en tubería inclinométrica con el formato convencional.

El sistema guía de centrado se diseñó para que no se atasque en los desacoplamientos de la tubería inclinométrica considerado las siguientes especificaciones:

- La sonda debe mantenerse concéntrica a la tubería en todo momento y seguir la línea de la trayectoria de la tubería.
- La sonda debe deslizarse fácilmente dentro de la tubería.
- La sonda debe ser ligera.
- La longitud de la sonda no debe ser mayor a 50 cm.
- El sistema de centrado no deber ser muy complejo de construcción o armado para un fácil mantenimiento.
- El sistema de centrado no debe utilizar ninguna fuente de energía externa.
- El costo de construcción no debe ser muy alto.
- El material utilizado debe ser inoxidable.
- Debe adaptarse para diferentes diámetros de tubería.

Diseños conceptuales del sistema guía de centrado

Diseño conceptual de la alternativa 1

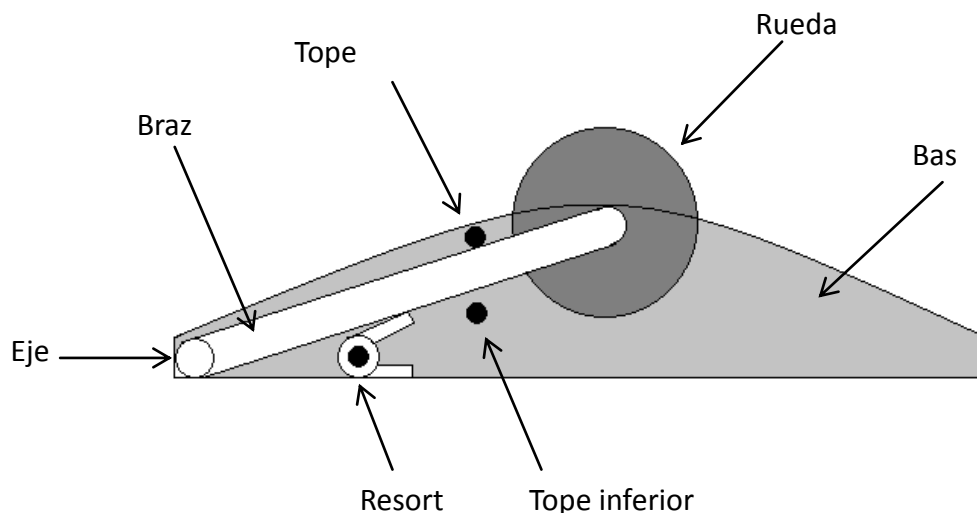


Fig. 4.4 Sistema guía de centrado: diseño conceptual de la alternativa 1

La alternativa 1 consta de sistemas de ruedas independientes que se pueden ensamblar y desensamblar fácilmente en el cuerpo de la sonda, deslizando los sistemas en ranuras fabricadas en el cuerpo de la sonda. La sonda podría ser armada con 4 a 8 sistemas guía según convenga y cambiar los sistema guía según el diámetro de la tubería.

Diseño conceptual de la alternativa 2

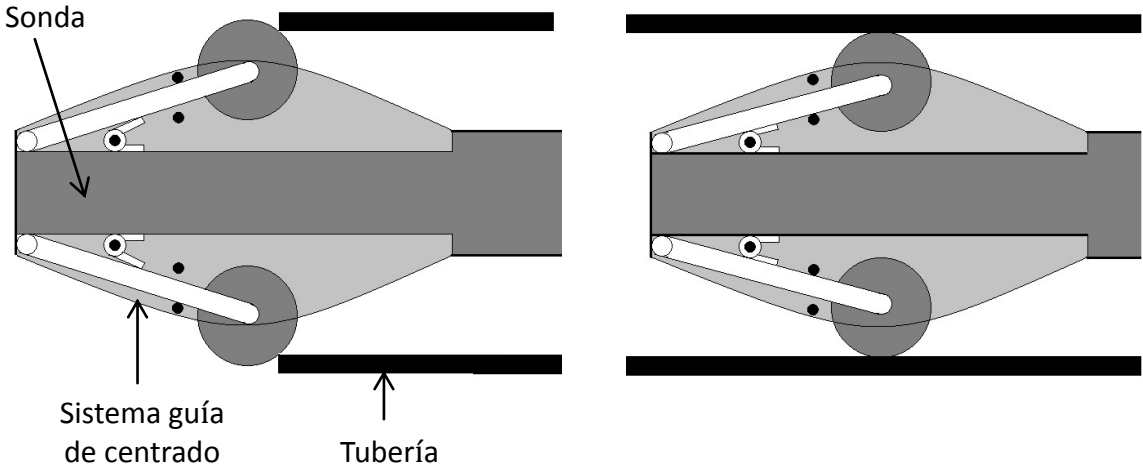


Fig. 4.5 Diseño conceptual alternativa 2

El sistema guía propuesto esta diseñado para que al entrar a la tubería las ruedas se compriman únicamente hasta el diámetro interior de la tubería, apoyado el brazo de la rueda en el tope inferior. Los resortes empujan las ruedas contra las paredes para hacer presión. Los topes inferiores se ubican según la tolerancia de fabricación inferior del diámetro interno de la tubería.

Diseño conceptual de la alternativa 3

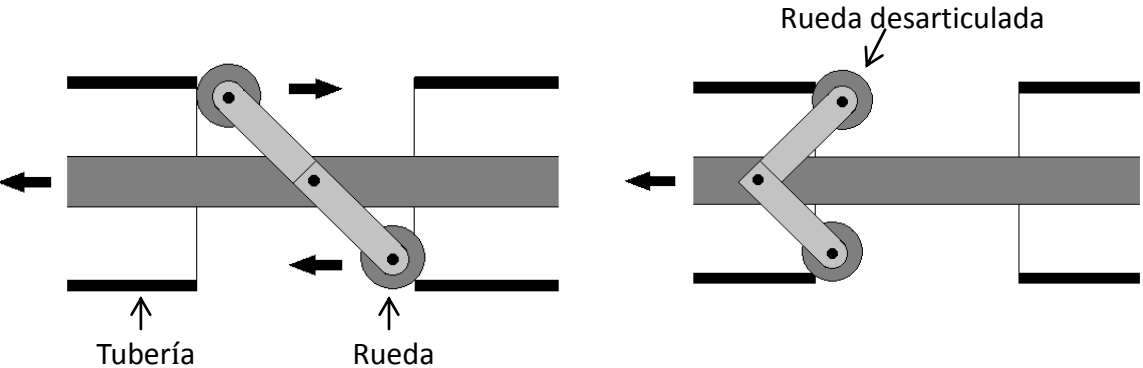


Fig. 4.6 Diseño conceptual alternativa 3

El sistema guía propuesto consiste en una modificación del diseño del sistema guía tradicional. Cuando se sube la sonda y la rueda superior se encuentra con alguna obstrucción en el camino (un desacoplamiento por ejemplo), se produce un momento de torsión en la barra que sostiene las ruedas, aumentando el ángulo de la barra con respecto al eje vertical de la sonda. Esta situación provoca el atascamiento de la sonda al intentar subirla nuevamente. La propuesta de solución consiste en la modificación de la barra para provocar una desarticulación cuando la sonda sea empujada fuertemente hacia arriba, la articulación solo actúa en un sentido.

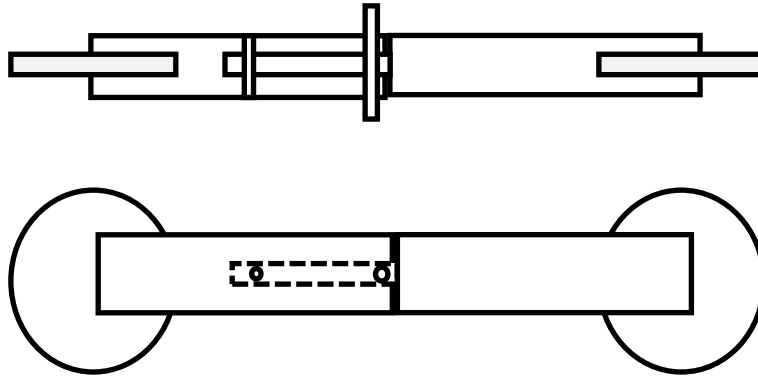


Fig. 4.7 Planta y perfil del diseño conceptual de la alternativa 3.

Diseño conceptual de la alternativa 4

El sistema guía propuesto consta de dos mecanismos opuestos biela-manivela-corredera, unidos por una misma corredera, de tal manera que se mueven de manera conjunta. Las ruedas del sistema guía se encuentran en las uniones de los eslabones biela-manivela, un resorte empuja la corredera para que las ruedas hagan presión sobre las paredes de la tubería como se muestra a continuación:

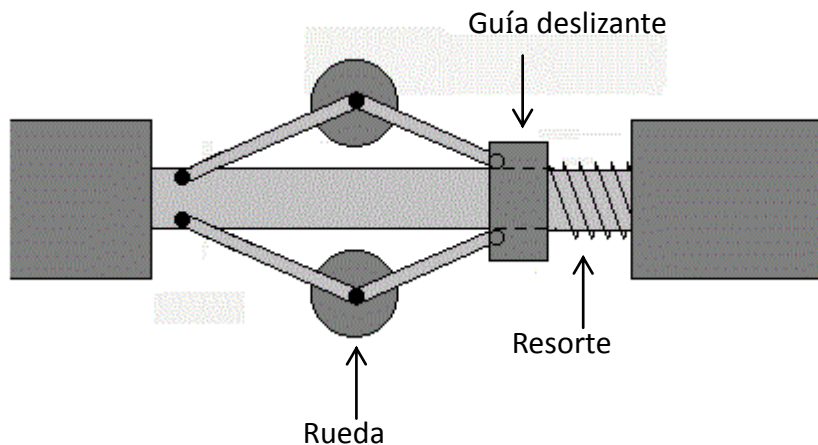


Fig. 4.8 Diseño conceptual de la alternativa 4

Diseño conceptual de la alternativa 5

Cada rueda tiene por flecha el émbolo de un selenoide. El selenoide y la rueda van montados sobre un soporte, que encaja en la base principal y se sujeta por medio de prisioneros y cuando no está activado tiene el émbolo expandido, provocando que las ruedas queden expandidas contra la pared de la tubería proporcionando así la concentricidad buscada.

Cada base principal está formada por el mecanismo de ruedas y cuenta con su activador electrónico. Esta se pone en operación después de un determinado tiempo.

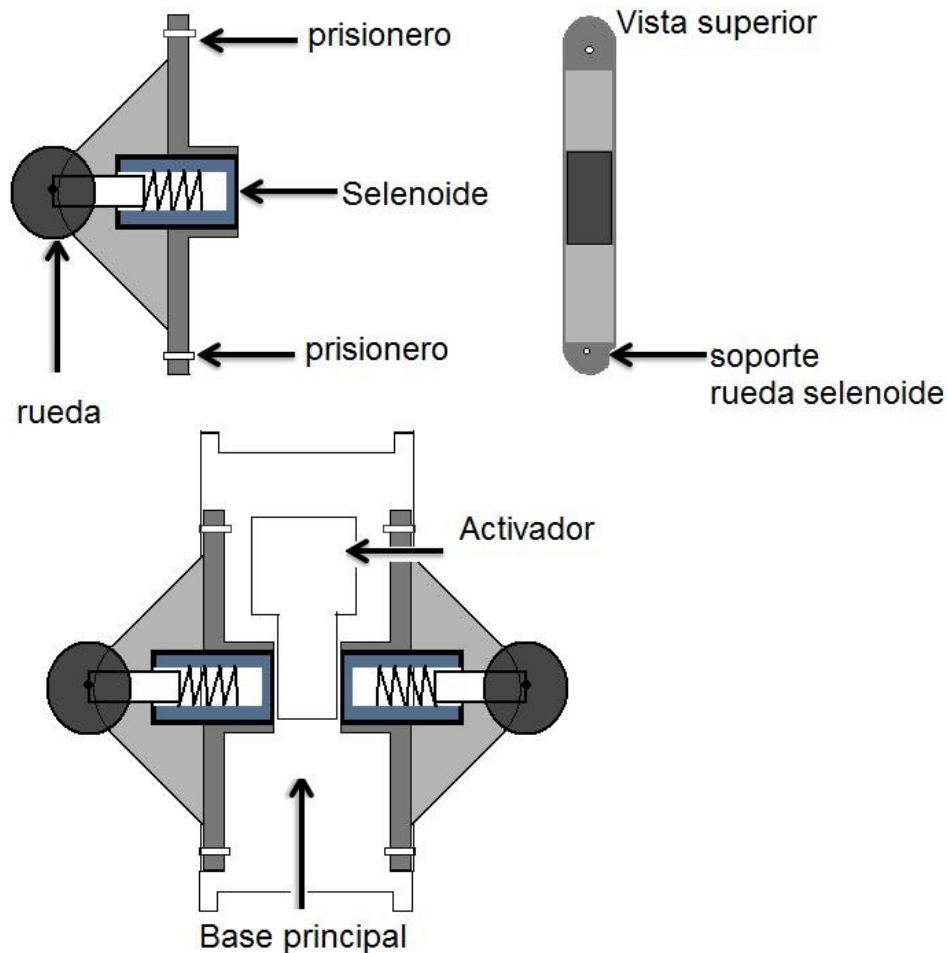


Fig. 4.9 Diseño conceptual alternativa 5

En caso de atascamiento, el activador hace que las ruedas se contraigan de forma simultánea. El activador funciona después de un determinado tiempo y cada conjunto de ruedas tiene su batería y electrónica propia. Cada base principal se acopla entre sí o bien en la base que contiene la electrónica del inclinómetro. Se pueden acoplar más de un par de ruedas.

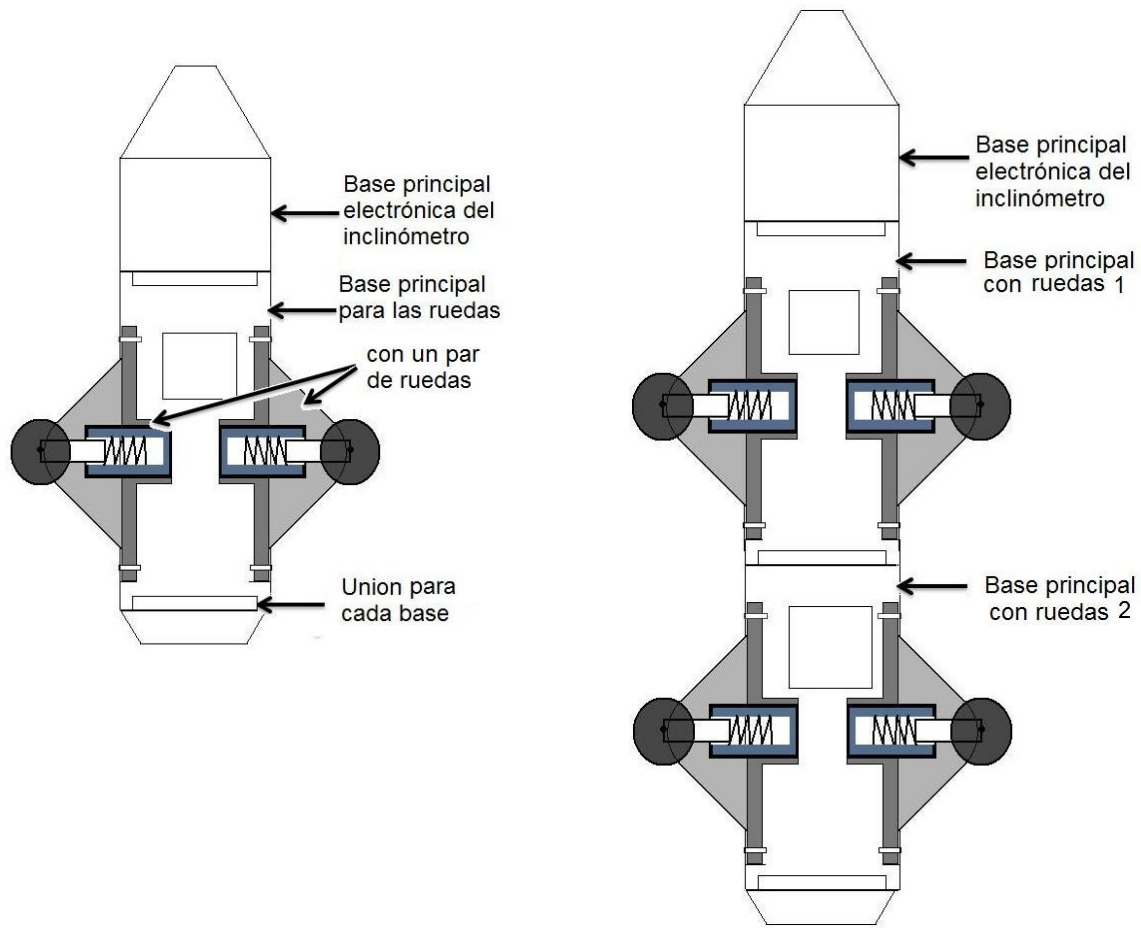


Fig. 4.10 Diseño conceptual alternativa 5, detalles.

Diseño conceptual de la alternativa 6

Cada rueda tiene un eje con un resorte. Al centro del dispositivo hay un eje colocado de forma específica para mantener comprimidos los cuatro resortes de las ruedas provocando con esto que las ruedas se mantengan expandidas.

En la parte superior el eje tiene un tope el cual mantiene la posición inicial mostrada en la figura, cuando el dispositivo se atasca en la tubería el tope puede ser vencido por el peso mostrado en la parte superior.

Cuando se hace actuar el contrapeso, el eje baja hasta tocar el fin de carrera, los resortes se recorren y las ruedas se contraen. Para llegar a este diseño se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Se realizó una evaluación y detección del método de orientación de los ángulos de la unidad de movimiento inercial para el inclinómetro.
- Búsqueda del tipo de la convención de Tait-Bryan para roll, pitch y yaw, utilizada en la unidad de movimiento inercial.

- Desarrollo de las matrices de rotación de los ejes yaw, pitch y roll de rotación en cada eje considerando la convención Z, Y, X de Tait-Bryan.
- Análisis matemático de los movimientos combinados de los ejes yaw, pitch y roll con las matrices de rotación.
- Calibración de la unidad de movimiento inercial.
- Programación en MatLab de las matrices de rotación de acuerdo a la convención Z, Y, X de Tait-Bryan.
- Programación en MatLab del software para representación gráfica de los movimientos combinados de los ejes en la convención Z, Y, X; considerando la orientación de rotación en cada uno de los ejes.
- Programación del software para la extracción de las mediciones del archivo en Excel que genera el inclinómetro.
- Programación del software para la obtención de la trayectoria del movimiento además del desplazamiento del inclinómetro dentro de una tubería inclinométrica.
- Programación de los cálculos y algoritmos correspondientes al desarrollo del sistema inclinómetro se anexan al final de este documento.
- Se realizó la selección de la propuesta del diseño mecánico para el dispositivo inclinómetro considerando las especificaciones detectadas en función de la electrónica para el correcto funcionamiento del dispositivo mediante una tabla de objetivos ponderados.
- Se introdujeron dos nuevas propuestas a la tabla de objetivos ponderados (anexo presentación en Power Point).
- Se reevaluó las posibles soluciones de la tabla de objetivos ponderados considerando las dos nuevas alternativas.
- De acuerdo al mecanismo seleccionado se encuentran en proceso de elaboración los planos correspondientes.
- Se inició la búsqueda del estado del arte del inclinómetro triaxial sin guías para su posible solicitud de patente.
- Las pruebas de campo para el funcionamiento del inclinómetro se realizaron en la presa “El Yathé”.
- Se obtuvieron las medidas de la instalación inclinométrica, utilizando el medidor de cable del inclinómetro desarrollado en el IMTA y se comparó con la lectura proporcionada por la metrosonda.
- Profundidad de la instalación inclinométrica: 82.9cm
- Se realizaron mediciones en los piezómetros de cuerda vibrante 4,5,6
- Se están rediseñando los circuitos electrónicos para disminuir el tamaño del inclinómetro.
- Se agregó a la tabla de objetivos ponderados nuevas dimensiones que tiene que cumplir el dispositivo inclinómetro triaxial.

- Diseño del inclinómetro de acuerdo a la solución obtenida de la tabla de objetivos ponderados con los requerimientos establecidos en la tabla para el dispositivo inclinómetro triaxial de menor tamaño.
- Elaboración de los planos de fabricación del mecanismo del inclinómetro.
- Elaboración del circuito electrónico para realización de la tarjeta de circuito impreso del inclinómetro triaxial con las nuevas dimensiones.
- Elaboración de la lista de componentes electrónicos para realización de la tarjeta de circuito impreso del inclinómetro triaxial con las nuevas dimensiones.
- Continúa la elaboración de los planos de fabricación del mecanismo del inclinómetro.

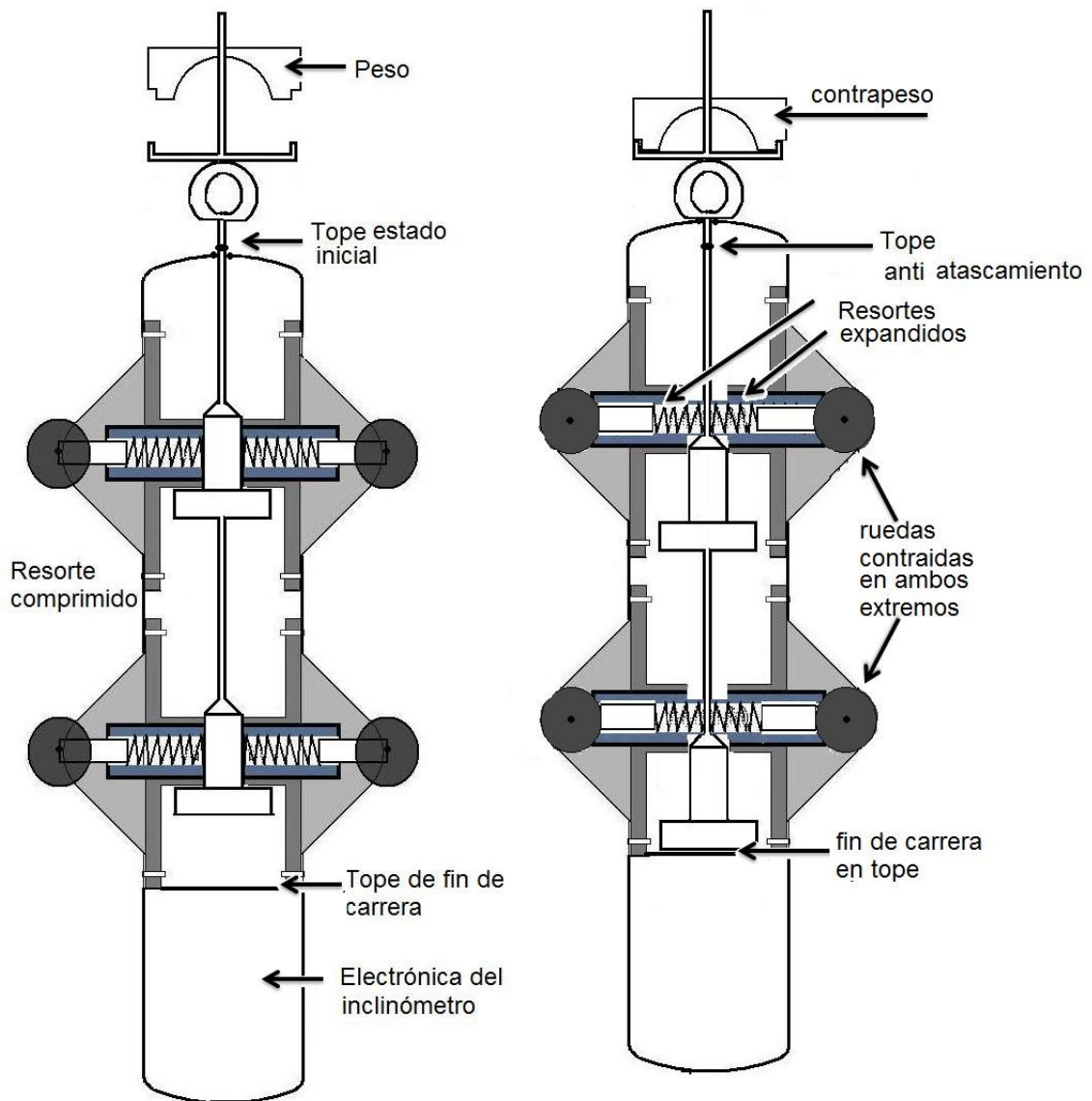
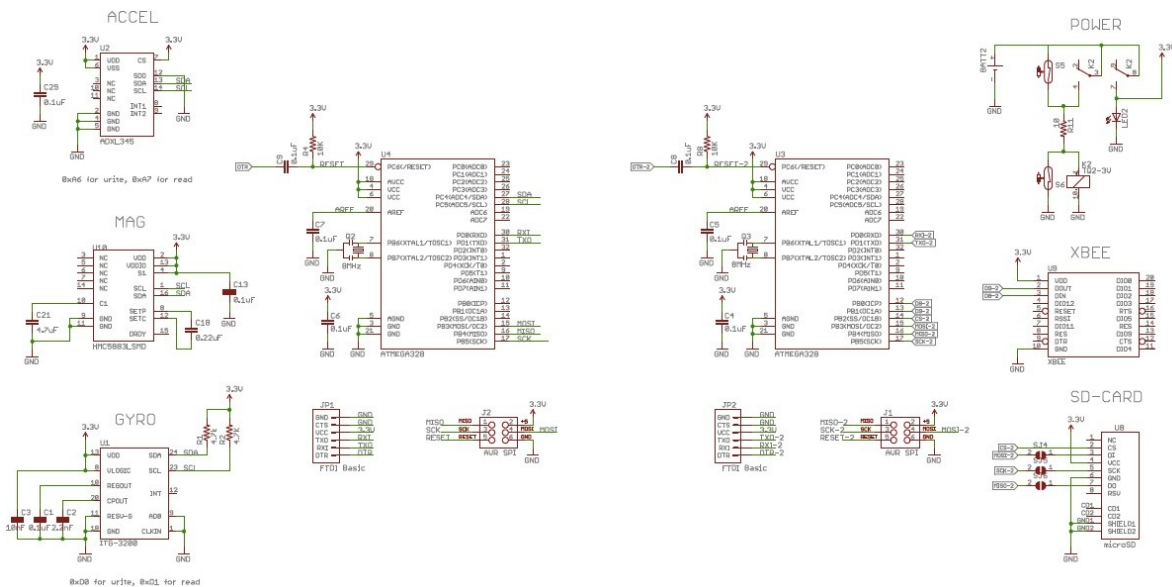


Fig. 4.11 Diseño conceptual alternativa 6



4.12 Diagrama esquemático de circuitos electrónicos del inclinómetro triaxial.

5. Documento manual de procedimiento de medición para testigos superficiales.

El monitoreo estructural de las presas es indispensable para poder observar cambios en la posición de las estructuras con el paso del tiempo, estas variaciones comprenden la medición de ángulos θ , distancias (X, Y) y elevación Z. Se debe aplicar una metodología de monitoreo para la medición para testigos superficiales que cumpla con determinadas características que permitan medir de forma precisa y con exactitud las variaciones antes mencionadas.

OBJETIVO

Definir una metodología que permita establecer el uso y manejo adecuado de equipos de topografía para realizar las mediciones en las presas con el fin de observar cualquier tipo de desplazamiento debido a deformaciones estructurales. Se requiere medir entre testigos superficiales y una referencia fija, en el caso de las presas de tierra y enrocamiento se instalan referencias que permiten el monitoreo frecuente del comportamiento de la integridad de su estructura bajo diferentes solicitaciones, tanto estáticas como dinámicas, ésta metodología está orientada a dichas presas.

LOCALIZACIÓN DE BANCOS

Localización de bancos de nivel in situ o bien, el establecimiento de un BN local referido a un sistema de coordenadas arbitrario, a partir del cual se mide cuidadosamente para geoposicionar los instrumentos instalados en los cuerpos de las presas.

Se realizaron las prácticas necesarias de laboratorio estableciendo bancos de nivel arbitrarios en las instalaciones del laboratorio de hidráulica Enzo Levi. Se fijaron 8 testigos superficiales además se localizó un banco de nivel del INEGI (ver especificaciones del vértice de geoposicionamiento en el anexo 6) en las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, con el fin de poder trasladar la elevación al banco de pruebas donde se montaron los equipos topográficos para realizar las mediciones correspondientes.



Fotografía 1. Pruebas de laboratorio para la validación de la metodología de monitoreo estructural.



Fotografía 2. BN INEGI 17011012, localizado en las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Mediante el uso de nivel electrónico Sokkia sdl 30 (ver especificaciones técnicas en el anexo 2) se trasladó el banco de nivel a un testigo superficial localizado en las afueras del laboratorio de hidráulica Enzo Levi.



Fotografía 3. Establecimiento del banco de nivel en testigo superficial frente a las instalaciones del laboratorio de hidráulica Enzo Levi.

El banco de nivel se trasladó con dos equipos similares en características y especificaciones, las brigadas encargadas movieron el banco de nivel al mismo testigo superficial por diferentes rutas obteniendo la misma elevación y tomando como referencia el formato para nivelación diferencial (anexo 6). Durante la práctica se hizo uso del nivel electrónico y se observó su funcionamiento, se hicieron los cálculos respectivos para poder realizar arrastre de bancos de nivel.

Esta práctica puso de manifiesto que los errores en la nivelación dependen directamente de los siguientes factores:

- El operador del equipo (nivel electrónico) no hace los giros adecuados en los tornillos para lograr que el equipo este bien nivelado.
- Al cambiar de punto de liga se debe asegurar que el estadal solo se gire para poder observarlo nuevamente y estar en el mismo punto.

- Cuando se trabaja con estadales de código de barras es necesario tener en cuenta que los telescopios deben sacarse uno a la vez y en orden ascendente.
- Por último, pero no menos importante es que el topógrafo encargado haga las anotaciones claras y ordenadamente en la libreta de tránsito para al término de la nivelación poder realizar los cálculos correctamente.

TESTIGOS SUPERFICIALES

Esta práctica consiste en ubicar los testigos superficiales en los que están instalados pernos de centraje forzoso (PCF) y a los que hay que medir su condición final midiendo entre el centro del pcf y la línea de colimación (dx).

Para realizar este trabajo se realizaron pruebas en el laboratorio con estaciones totales (ver especificaciones técnicas de los equipos utilizados en el anexo 3), las cuales consistieron en observar el correcto funcionamiento del equipo que va desde la puesta del equipo en el sitio de medición hasta la descarga de datos en la computadora (coordenadas X, Y, Z). Para realizar correctamente estas pruebas con equipo topográfico es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Que la altura del prisma sea constante,
- Nivelar el prisma con ayuda de bipode,
- Establecer un norte de referencia fijo, y
- La estación total debe estar calibrada.



Fotografía 4. Pruebas en laboratorio para el establecimiento de la metodología adecuada de uso de estación total para medición de testigos superficiales

Se realizaron mediciones con el fin de encontrar las variaciones en distancia (x,y,z) entre la línea de colimación visando los pernos de centraje forzoso y los testigos superficiales.



Fotografía 5. Pruebas en laboratorio para el establecimiento de la metodología adecuada de uso de estación total para medición de testigos superficiales

Pernos existentes

En campo se revisaron los pernos existentes con la metodología antes descrita, tomando en cuenta que para obtener las distancias exactas y precisas la estación total debe cumplir con los requisitos de centrado, nivelado y calibrado en campo.

Pernos Instalados

Utilizando la misma metodología para revisar los pernos existentes se revisaron los pernos instalados tomando como referencia un sistema de coordenadas obtenidas del banco de nivel propuesto, en este caso tanto para la práctica del laboratorio como para la práctica en la presa Madin se utilizó un banco de nivel puesto por el INEGI.

Monitoreo de Testigos

Para el monitoreo de testigos se realizó una práctica de campo en la Presa Madin, los resultados obtenidos se muestran en el plano localizado en el anexo 8, en el cual se observan los monumentos de centraje forzoso y se comparan con un levantamiento de campo realizado con el fin de observar las variaciones en las distancias (x,y,z).

CONCLUSIONES

Con el propósito de llevar a cabo de manera satisfactoria la metodología de monitoreo estructural para seguridad de presas empleando equipos topográficos es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

La altura del prisma o de las balizas empleadas para la medición debe ser constante y en este caso no exceder de los 1.70 mts de altura, es decir, evitar utilizar los telescopios de la baliza, ya que el error en la horizontal del equipo se incrementa a mayor altura del prisma, aun estando nivelado.

El nivelado del prisma (baliza) debe hacerse con ayuda de un bípode, ya que de forma manual y empleando solamente las manos, los errores por paralaje son casi inevitables.

Se recomienda también establecer un norte fijo en las cercanías de los bancos de nivel, para que de esta forma el personal encargado de hacer los levantamientos se oriente hacia un mismo punto y no existan variaciones en el azimuth (ángulo con respecto al norte)

Es necesario contar con un certificado de calibración vigente del equipo topográfico, además de que es necesario realizar una calibración del equipo por el personal que lo va a utilizar previo al levantamiento en campo, para esto tiene que revisar que los centros del equipo coincidan con el centro del banco de nivel y las retículas coincidan con la vertical alineando hacia el hilo de una plomada.

6. Seguimiento y validación del dispositivo integrador digital de datos climatológicos.

Las actividades que se desarrollaron alrededor del prototipo del dispositivo integrador digital de datos son:

- Se mandaron a corregir 5 tarjetas electrónicas (PCB).
- Se realizaron cables conectores.
- Se inició el montaje para soldar los componentes en las 5 tarjetas.

- Se instaló el programa en la tarjeta controladora de los 5 respaldos.
- Se capturaron datos en los IDDC y se enviaron a la página web.
- Se comprobó que los IDDC's realizan las funciones correspondientes del menú de inicio que consisten en: captura, envío y descarga de los datos.
- Se comprobó que la página web realizará las funciones de: recepción, organización, y generación de reportes de cada sitio donde se instalaron los equipos.
- Se dispusieron trece equipos en las estaciones climatológicas convencionales de Morelos y de acuerdo a la lista de la tabla :

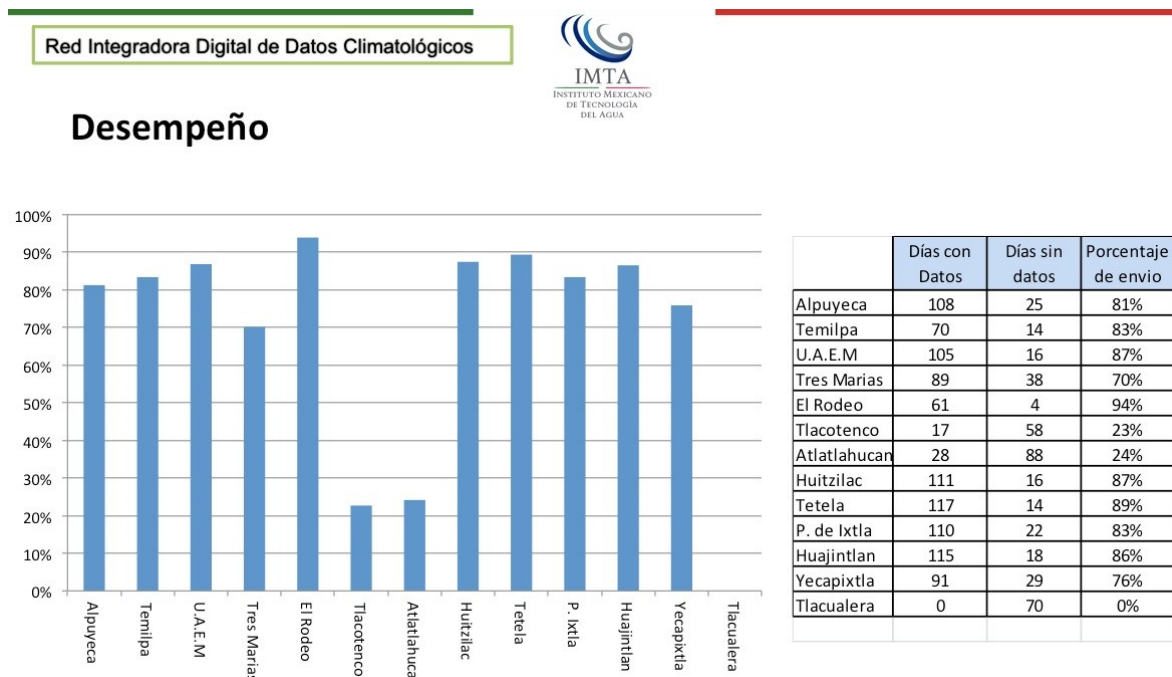


Fig. 6.1 Evaluación del sistema de captura, transmisión y resguardo de datos climatológicos

La capacitación que se otorgó en los trece sitios consistió en:

- Explicar el funcionamiento del equipo a cada uno de los operadores,
- Se llevó a cabo una dinámica simulando la captura y envío de datos por el mismo operador para que se familiarizara con el equipo.
- Resolver dudas del funcionamiento del equipo.
- Evaluación al operador con ejercicios de captura y envío de datos. Muchas veces consecutivas para determinar que había entendido el funcionamiento del IDDC.

- Se recopilaron los datos personales como: nombre y número de teléfono para mantener contacto relativo a las dudas que se pudiesen presentar en la captura y envío de los datos.
- Debido a que en la Tlacualera F. Neri se detectó baja señal. Se hicieron modificaciones en un equipo, sustituyendo la antena inalámbrica y remplazándola por otra, la cual tiene la capacidad de amplificar la señal obteniendo un alto rango de alcance, ya que se detectó que en este sitio la señal de la red de telefonía celular es débil. Una vez que el equipo se remplazó en el sitio se probó la conectividad la cual aumento significativamente, sin embargo se encontró otro problema la señal de la red de telefonía no solo es débil si además es intermitente, por lo que no basta con amplificar la señal, también se debe asegurar la conexión con la red de telefonía celular de forma continua.

La persona responsable del sitio sigue capturando los datos del diario por lo que pueden ser enviados desde cualquier otro lugar que si cuente con una señal de telefonía celular buena.

- En el sitio “El Rodeo” la red de telefonía celular es baja por lo que se reemplazó por otro equipo con antena externa.

Se cambió la antena inalámbrica por una con mayor alcance.

- Se está llevando una revisión diaria del envío y recepción de los datos
- Se agilizo el modo de recepción de datos.

En el sitio de San Juan Tlacotenco se detectó que la instalación doméstica de electricidad está defectuosa, debido a que el cargador de la pila del equipo, se ha quemado dos veces..

- Se adquirió el material faltante para el armado de los 5 respaldos
- Se concluyó con el armado de los 5 respaldos de los IDDC's.
- Se verificó el correcto funcionamiento de los elementos electrónicos

Programación de 5 respaldos de los IDDC's.

- Se instaló el programa en la tarjeta controladora de los 5 respaldos.
- Se comprobó que el programa funcionara bien.
- Pruebas del funcionamiento de 5 respaldos de los IDDC's
- Se realizaron pruebas dentro del IMTA del funcionamiento de los 5 respaldos mediante la captura y envío de datos.
- Se lleva una revisión diaria de los trece dispositivos a través de la página: <http://instrutronica.com/octavio/proyectoSisHidro/> .

- Se le llamó a las personas encargadas de las estaciones climatológicas para detectar posibles dudas o problemas que se hubiesen presentado en la utilización del dispositivo.
- En la estación climatológica “Tlacualera F. Neri” la señal de celular es débil, para solucionar el problema se instaló una antena externa al dispositivo integrador de datos, sin embargo se detectó que la señal además de ser débil no es constante, por lo que se realizó el diseño de un sistema de transmisión vía radio, el cual permite que los datos se envíen a un lugar donde posteriormente puedan ser enviados vía celular.
- Se detectó que en la estación climatológica “El rodeo” la señal de celular es baja por lo que se modificó el dispositivo integrador de datos climatológicos sustituyendo la antena por una de mayor ganancia.
- En la estación climatológica “San Juan Tlacotenco” se sustituyó el equipo por un fallo en la batería y se capacitó nuevamente al operador debido a que no entendió el funcionamiento del dispositivo.
- Se sustituyó el dispositivo integrador digital de datos climatológicos en “Atitlahucan”, se comprobó el funcionamiento del dispositivo en sitio. Se ha estado llevando un registro de datos exitoso.
- Se adicionó a un dispositivo integrador de datos un auricular con micrófono para llamada de emergencia, con la finalidad de que el operador pueda llamar a la CONAGUA y reportar un evento de emergencia, o bien puede facilitar el envío de la información al operador.
- Se le llamó a las personas encargadas de las estaciones climatológicas para detectar posibles dudas o problemas que pudiesen presentarse en la utilización del dispositivo.
- Se entregó el dispositivo integrador de datos climatológicos ya mejorado en “El rodeo”, se comprobó el funcionamiento del dispositivo en sitio. Se ha estado llevando un registro de datos exitoso.
- Se realizó una tabla de la frecuencia de operación de los trece dispositivos para evaluar el desempeño de cada dispositivo.
- Se realizó la presentación en Conagua de los resultados del seguimiento y validación del dispositivo integrador digital de datos climatológicos de las trece estaciones climatológicas no convencionales.
- Se realizó la presentación en Conagua del dispositivo integrador de datos al cual se le incorporó: un auricular con micrófono para llamada de emergencia (a un destinatario específico) con la finalidad de que el operador pueda llamar a la Conagua y reportar un evento de emergencia, o bien puede facilitar el envío de la información al operador.
- Se lleva una revisión diaria de los trece dispositivos a través de la página: <http://instrutronica.com/octavio/proyectoSisHidro/> .

Otros desarrollos derivados del equipo IDDC; “pluviómetro itinerante”, “estación climatológica con envío automático de datos”.

- Se modificó un dispositivo integrador de datos para eventos de lluvia prolongados, al que se le puede conectar un pluviómetro y de forma automática realiza envío de los datos.
- Se construyó la tarjeta electrónica de acuerdo al diseño para un dispositivo integrador de datos para eventos de lluvia prolongados, al que se le puede conectar un pluviómetro y de forma automática realiza envío de los datos.
- Se construyó la tarjeta electrónica de acuerdo al diseño para un dispositivo integrador de datos climatológicos (IDDC) para eventos de lluvia prolongados, al que se le puede conectar un pluviómetro y de forma automática realiza envío de los datos a través de la red de telefonía celular a una página web.
- Se programó la tarjeta electrónica del dispositivo integrador digital de datos climatológicos (IDDC) para eventos de lluvia prolongados, el cual, además de reconocer de forma automática un pluviómetro, también tiene capacidad de obtener datos de sensores de temperatura, humedad, radiación solar, dirección y velocidad del viento para posteriormente realizar el envío de datos a través de la red de telefonía celular a una página web.
- Se instaló el IDDC para eventos de lluvia prolongados, en la torre del meteorológico, que se encuentra dentro de las instalaciones del IMTA y se conectó a una batería sin panel solar.



Fig. 6.2 IDDC integrada a una estación climatológica convencional

- Se hizo el monitoreo del dispositivo durante ocho días, para verificar la factibilidad del prototipo, a través de la página:
<https://data.sparkfun.com/streams/o84azrOvRzux4roOl6vq>
- Se realizó un gráfico de los resultados obtenidos por el IDDC para eventos de lluvia prolongados. (ver figura 1).
- Se comprobó el correcto funcionamiento del dispositivo.
- Revisión del funcionamiento de los trece dispositivos a través de la página:
<http://instrutronica.com/octavio/proyectoSisHidro/>.
- Se realizó un circuito electrónico adicional para verificar el nivel de carga de batería del dispositivo integrador digital de datos climatológicos (IDDC).
- Se realizó un firmware adicional para indicar al usuario que el nivel de carga de batería del IDDC es bajo, por lo que se requiere poner a cargar la de batería del dispositivo integrador digital de datos.
- Se realizó rediseño del circuito electrónico dispositivo integrador digital de datos climatológicos (IDDC) contemplando los componentes electrónicos adicionales que permiten la función “llamada de emergencia”.
- Elaboración de planos electrónicos para el IDDC con “llamada de emergencia” para diseño de la tarjeta de circuito impreso.
- Se realizó el rediseño del circuito electrónico dispositivo integrador digital de datos climatológicos (IDDC) contemplando los componentes electrónicos adicionales para “eventos de lluvia prolongados”.
- Elaboración de planos electrónicos para el IDDC para “eventos de lluvia prolongados”, para fabricación de la tarjeta de circuito impreso.
- Se envió la presentación solicitada a Conagua de los resultados del seguimiento y validación del dispositivo integrador digital de datos climatológicos de las trece estaciones climatológicas convencionales. Se anexo una cotización de los IDDC’s solicitada por Conagua. Previo al envío, se realizó una visita a Mextronics para solicitar la cotización de los IDDC’s.
- Se realizó y envió el resumen “Integrador Digital de Datos Hidroclimatológicos de Estaciones Convencionales” para Congreso de Instrumentación SOMI XXX.

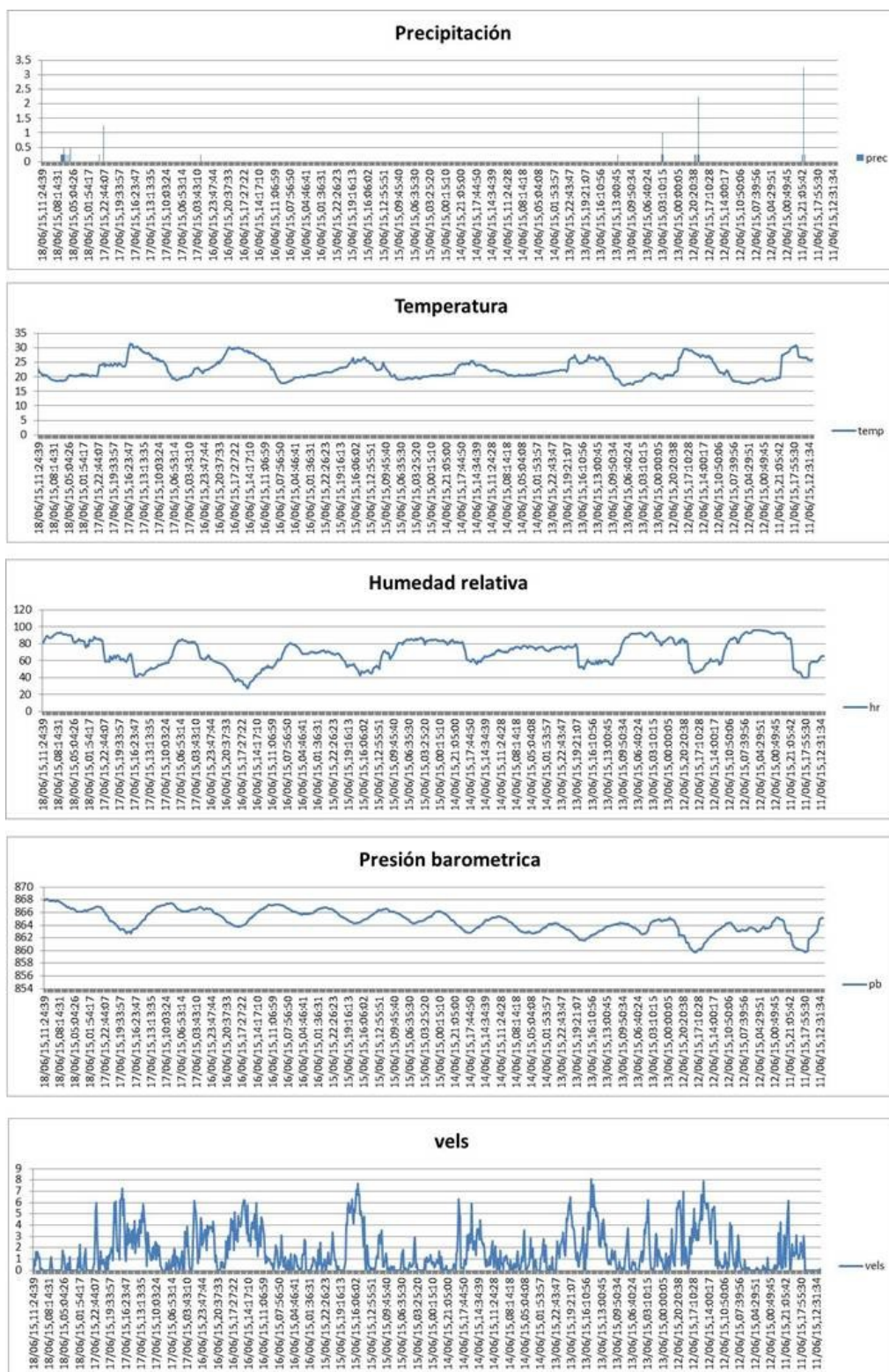


Fig. 6.3 Datos capturados por el IDDC de la estación climatológica instalada en el IMTA

Actividad 7. Registro de derechos de autor del software para aforo y manejo de datos de aforo.

- Búsqueda y llenado del formato para solicitud de derechos de autor del software para aforo y manejo de datos de aforo.

MEDICIONES RESULTADOS

INFORMACIÓN GENERAL

FECHA: 08/03/2013

OBSERVADOR: _____

ESTACIÓN: _____

CORRIENTE: _____

CUENCA: _____

HORA DE INICIO: 14:50:40 LECT. ESC: _____

HORA DE TÉRMINO: 14:51:31 LECT. ESC: _____

MÓLINETE

m: _____ ECUACIÓN $v = m * N + b$

b: _____

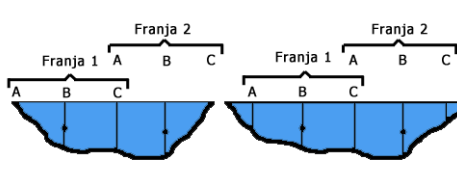
MOLINETE: _____

AFORO NÚMERO: _____

MÉTODO

RÍOS

CANALES



DOVELA TIRANTE[cm] ANGULO VEL [m/s] PROF. DE OBSV. ANGULO VEL [m/s] PROF. DE OBSV. ANGULO VEL [m/s] PRC

DOVELA	TIRANTE[cm]	ANGULO	VEL [m/s]	PROF. DE OBSV.	ANGULO	VEL [m/s]	PROF. DE OBSV.	ANGULO	VEL [m/s]	PRC

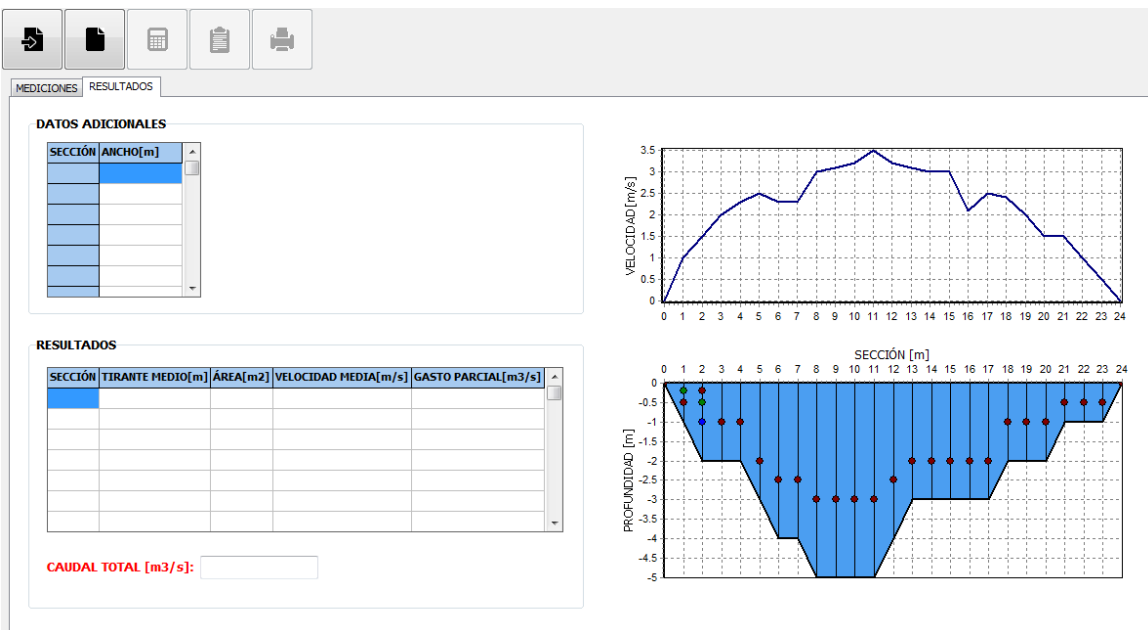


Fig. 7.1 Pantallas elaboradas para presentar los resultados del aforo en una sección.

8. Modificaciones y mejoras a los dispositivos diseñados

A partir de los desarrollos anteriores, se modifican el funcionamiento del limnómetro electrónico para obtener un robot con un grado de libertad, con posibilidad de respuesta automática. Para ello se fabricó la cuña para el piñón del limnómetro electrónico para evitar el deslizamiento en el eje de medición, así como el soporte mecánico para un motoreductor que desplaza la barra de medición de forma sensible a la variación del espejo del agua. Hubo necesidad de fabricar un acoplamiento de chaveta entre el reductor y el eje del piñón del limnómetro electrónico, y se montó los electrodos en la barra de medición, que funcionará con un potenciómetro lineal de membrana en el limnómetro electrónico y un palpador en el potenciómetro lineal de membrana para la medición electrónica de desplazamientos. Se está desarrollando el sistema de control de movimiento autónomo para el limnómetro electrónico con objeto de seguir la variación de niveles de espejo de agua.

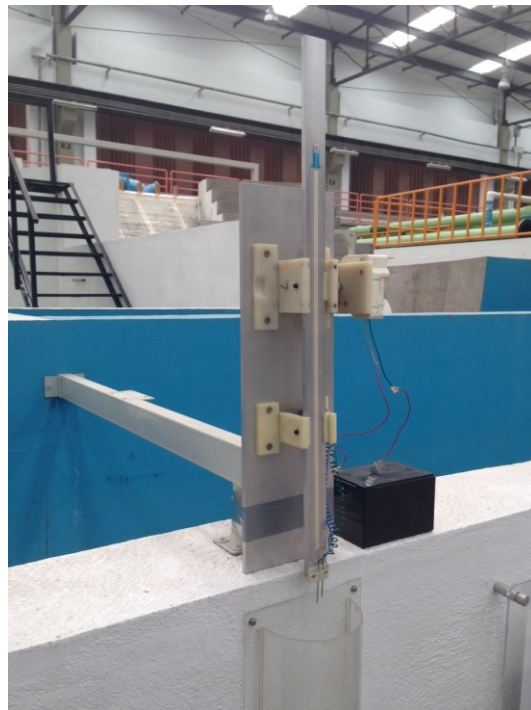


Fig. 8.1 Mejoras en el funcionamiento del limnómetro electrónico.

Estado financiero del proyecto

Partida	ASIGNADO	PRE-COMPROMETIDO	COMPROMETIDO	EJERCIDO	DISPONIBLE
21401	\$1,224.00	\$0.00	\$0.00	\$724.00	\$500.00
21501	\$198.99	\$0.00	\$0.00	\$98.99	\$100.00
22104	\$200.00	\$0.00	\$0.00	\$148.90	\$51.10
23701	\$500.00	\$0.00	\$0.00	\$382.10	\$117.90
24601	\$35,270.53	\$0.00	\$5,500.00	\$26,146.04	\$3,624.49
24701	\$16,564.97	\$0.00	\$0.00	\$14,092.69	\$2,472.28
24801	\$5,100.00	\$0.00	\$0.00	\$3,689.39	\$1,410.61
24901	\$5,000.00	\$0.00	\$0.00	\$75.00	\$4,925.00
25501	\$1,500.00	\$0.00	\$0.00	\$114.19	\$1,385.81
25901	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$27.00	\$73.00
29101	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00
29401	\$4,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$4,000.00
29801	\$5,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$5,000.00
31501	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00
31902	\$1,200.00	\$0.00	\$0.00	\$207.00	\$993.00
32501	\$6,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$6,000.00
32701	\$5,200.00	\$0.00	\$0.00	\$5,144.94	\$55.06
33901	\$39,800.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$39,800.00
33903	\$121,124.12	\$0.00	\$0.00	\$14,055.54	\$107,068.58
37104	\$15,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$15,000.00
37504	\$42,000.00	\$0.00	\$625.00	\$10,604.81	\$30,770.19
39202	\$500.00	\$0.00	\$0.00	\$438.00	\$62.00
	\$311,482.61	\$0.00	\$6,125.00	\$75,948.59	\$229,409.02
		pendientes de pago		\$39,131.90	\$195,659.50
				diferencia	\$28,249.52

El presupuesto del proyecto es de \$500,000.00

Asignado a la fecha por la cantidad de \$311,482.61, menos lo gastado y lo comprometido, restan \$28,249.52, cantidad que será empleada en las manufacturas faltantes.