ISSN 2523-2428

Volumen I, Número I – Julio – Septiembre - 2017

Revista de Ingeniería Civil

ECORFAN®

ECORFAN-Republic of Peru

Indización

-RESEARCH GATE

-GOOGLE SCHOLAR

-HISPANA

-MENDELEY

ECORFAN-Perú

Directorio Principal
RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional
SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD.

Director de la Revista
PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica
IGLESIAS SUAREZ- Fernando, BsC

Edición de Logística
SERRUDO GONZALES- Javier, BsC

Revista de Ingeniería Civil, Volumen 1, Número 1, de Julio a Septiembre 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN 2523-2428. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Consejo Editorial

MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario, PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM-México

ROMAN-KALISCH, Manuel Arturo, PhD
Universidad Autónoma de Yucatán-México

SOUSA-GONZÁLEZ, Eduardo, PhD
Universidad Autónoma de Nuevo León-México

ARANCIBIA-VALVERDE, María Elena, PhD
Universidad Pedagógica Enrique José Varona de la Habana-Cuba

SALINAS-AVILES, Oscar Hilario, PhD
Centro de Investigación en Energía-UNAM-México

DE AZEVEDO-JUNIOR, Wladimir Colman, PhD
Federal University of Mato Grosso-Brazil

PÉREZ-ROBLES, Juan Francisco, PhD
CINVESTAV-IPN-México

PARTIDA-RUVALCABA, Leopoldo, PhD.
Universidad Tecnológica de Culiacán-México

MARTÍNEZ-RIVERA, María de los Ángeles, PhD
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IP- México

GONZALEZ-TORRIVILLA, Cesar Castor PhD
Universidad Central de Venezuela-Venezuela

DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita, PhD
Universidad Autónoma de Coahuila-México

Consejo Arbitral

MPC, PhD
Universidad de Valladolid- Spain

GGO, PhD
Universidad Autónoma Metropolitana- México

DGS, PhD
Universidad de Guadalajara- México

RLR, PhD
Universidad Autónoma de Sonora-México

CBMT, PhD
Universidad Autónoma de Baja California-México

HGV, BsC
Instituto Nacional de Higiene y Epidemiologia-México

GOH, PhD
Facultad de Química, UNAM-México

EZNG, PhD
Instituto Nacional de Cardiología-México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que pública artículos en el área de: Revista de Ingeniería Civil.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está Uso múltiple del agua en las cuencas del Valle de México y Río Tula por HERNÁNDEZ, Isabel, KAMPFNER, Oscar, RODRÍGUEZ, Filemón y MENESES, José, como siguiente articulo esta Cálculo de elementos mecánicos utilizando la norma de carga viva vehicular IMT-20.5 por GARCIA, José, LUGO, Arturo, BALTAZAR, Jorge y PULIDO, Jorge, como siguiente articulo Alternativas de solución contra riesgos por erosión en el Barrio la Alcantarilla en Pachuca, Hidalgo por ZÚÑIGA, José, KAMPFNER, Oscar, ACOSTA, Javier y VÁZQUEZ, Mónica, como siguiente articulo Obtención de la catenaria y tensión de un cable de acero mediante un análisis lineal por BALTAZAR-MALDONADO, Jorge y BALTAZAR-SALAZAR, Jorge.

Contenido

Artículo	Página
Uso múltiple del agua en las cuencas del Valle de México y Río Tula HERNÁNDEZ, Isabel, KAMPFNER, Oscar, RODRÍGUEZ, Filemón y MENESES, José	1-11
Cálculo de elementos mecánicos utilizando la norma de carga viva vehicular IMT-20.5 GARCIA, José, LUGO, Arturo, BALTAZAR, Jorge y PULIDO, Jorge	12-18
Alternativas de solución contra riesgos por erosión en el Barrio la Alcantarilla en Pachuca, Hidalgo ZÚÑIGA, José, KAMPFNER, Oscar, ACOSTA, Javier y VÁZQUEZ, Mónica	19-28
Obtención de la catenaria y tensión de un cable de acero mediante un análisis lineal BALTAZAR-MALDONADO, Jorge y BALTAZAR-SALAZAR, Jorge	29-34
Instrucciones para Autores	
Formato de Originalidad	
Formato de Autorización	

Artículo **Revista de Ingeniería Civil**
Septiembre 2017 Vol.1 No.1 1-11

Uso múltiple del agua en las cuencas del Valle de México y Río Tula

HERNÁNDEZ, Isabel†*, KAMPFNER, Oscar, RODRÍGUEZ, Filemón y MENESES, José

Recibido 2 de Enero, 2017; Aceptado 8 de Abril, 2017

Resumen

Comisión Nacional del Agua es la encargada de administrar las aguas nacionales; para su gestión ha regionalizado la República Mexicana en 13 cuencas Hidrológico – Administrativas, para lograr un uso eficiente y sustentable del agua. La región XIII Aguas del Valle de México tiene la mayor presión por el uso del agua, por lo que Comisión Nacional del Agua en coordinación con gobiernos locales y usuarios de aguas nacionales, formuló un programa regional alineado a las estrategias de la Agenda del Agua 2030, tendiente a resolver el problema del agua en esta región. Para administrar las aguas, la región XIII se dividió en 2 cuencas: Valle de México y Río Tula. La primera no produce el agua necesaria para satisfacer la demanda en los diferentes usos y el agua residual que genera es descargada al estado de Hidalgo, donde se da un segundo uso en el riego de aproximadamente 100,000 hectáreas. El tercer uso se tiene con la producción de energía eléctrica en la hidroeléctrica Zimapán, la que produce 292 megawatts. Un cuarto uso del agua es posible con la instalación de pequeñas centrales eléctricas sobre la infraestructura de los Distritos de Riego. Los diversos usos del agua incrementan su productividad.

Usos del agua, productividad del agua, distritos de riego, producción de energía eléctrica

Abstract

Comisión Nacional del Agua is in charge of administering the national waters; for its management has regionalized the Mexican Republic in 13 hydrological - administrative basins, to achieve an efficient and sustainable use of water. Region XIII Aguas del Valle de Mexico has the greatest pressure for the use of water, reason why Comisión Nacional del Agua in coordination with local governments and users of national waters, formulated a regional program aligned to the Strategies of the Water Agenda 2030, aimed at solving the water problem in this region. To manage the waters, region XIII was divided into 2 basins: Valle de México and Río Tula. The first does not produce the necessary water to satisfy the demand in the different uses and the wastewater that generates is discharged to the state of Hidalgo, where a second use is given in the irrigation of approximately 100,000 hectares. The third use is with the production of electric energy at the Zimapan hydroelectric plant, which produces 292 megawatts. A fourth use of water is possible with the installation of small power plants on the infrastructure of the Irrigation Districts. The diversity of water uses increase it productivity.

Water uses, water productivity, irrigation Districts, electric power production

Citación: HERNÁNDEZ, Isabel, KAMPFNER, Oscar, RODRÍGUEZ, Filemón y MENESES, José. Uso múltiple del agua en las cuencas del Valle de México y Río Tula. Revista de Ingeniería Civil 2017. 1-1:1-11

† Investigador contribuyendo como primer autor.
*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: Armando.hernandez@conagua.gob.mx

© ECORFAN-Perú

Introducción

La Comisión Nacional del Agua (Conagua), en su carácter de órgano rector en la administración de las aguas nacionales, ha establecido 13 regiones hidrológicas - administrativas en la República Mexicana, en busca de un uso racional del agua por parte del sector productivo y lograr el equilibrio en cuencas y acuíferos. El criterio que se utilizó en la definición de estas regiones administrativas fue seleccionar a estados y municipios involucrados en una cuenca hidrológica y tomar la delimitación municipal como frontera para la región administrativa; se procuró para este fin que la delimitación fuera lo más próxima a la delimitación natural de la cuenca. Se considera que la región XIII Aguas del Valle de México es la que presenta mayores retos en la administración de los recursos hídricos, debido a que en ella se tiene una densidad poblacional importante, además de uno de los corredores industriales que demandan mayores volúmenes de agua. También es destacar que en esta región se vierten grandes cantidades de aguas residuales a los ríos, generando una fuerte contaminación.

Figura 1 Región hidrológico – Administrativa XIII

Para efecto de la gestión del agua en esta región hidrológica – administrativa, se dividió en dos principales cuencas: Valle de México y río Tula.

La cuenca de Valle de México, por si sola no tiene la capacidad de producir la cantidad de agua necesaria para mantener tanto la demanda para consumo humano, como la demanda para la productividad industrial. Por esta razón, en décadas pasadas se han construido grandes obras de infraestructura hidráulica, que permiten importar agua de otras cuencas (río Balsas) para satisfacer la demanda de agua, como es el caso del sistema Cutzamala. Ante la creciente demanda del vital líquido y la imposibilidad de incrementar el volumen de agua que se importa de otras cuencas, la Conagua en coordinación con los gobiernos de la Ciudad de México y el Estado de México, han llevado acciones para optimizar su uso, a través de programas para detección y control de fugas, mejoramiento de la facturación, tratamiento de las aguas residuales, reutilización del agua para la producción agrícola, entre otras acciones.

La cuenca del río Tula se encuentra contaminada como consecuencia de que por más de 100 años ha recibido las aguas residuales que se generan en la cuenca del Valle de México y que no reciben prácticamente ningún tratamiento. Esta agua en su mayoría es usada en la producción agrícola.

Las cuencas del Valle de México y río Tula

Estas cuencas anteriormente fueron amplias zonas lacustres de origen volcánico, producto de la intensa actividad tectónica del Terciario y del Pleistoceno. Forma parte de la cadena de grandes volcanes conocida como Eje Neovolcánico, entre los que destacan el Popocatépetl y el Iztaccíhuatl, que se entremezclan con pequeños conos cineríticos (chimeneas de antiguos volcanes en forma de conos).

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Que conforman los complejos paisajes de la Mesa Central de México. La cuenca del Valle de México no cuenta con una salida natural para descargar las aguas pluviales hacia algún río o cuenca vecina (es endorreica), por lo que a través de los años se han construido obras de desagüe como es el Gran Canal y el drenaje profundo de la ciudad de México, que permiten descargar dichas aguas a la cuenca del río Tula, evitando de esta manera inundaciones.

Una de las culturas que poblaron estas cuencas endorreicas, la mexica, fundó Tenochtitlán en lo que hoy es la cuenca del Valle de México, que en aquel entonces lo conformaban cinco lagos con profundidades someras y fondos relativamente planos: el lago de Texcoco, Chalco, Xaltocan, Zumpango y Xochimilco.

Descripción Fisiográfica

Estas cuencas se ubican en el centro del país, comprenden el territorio donde tiene su sede la capital de la República Mexicana; abarca parcialmente los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y la ciudad de México. El área que comprende la cuenca del valle de México es de 9.738 km2, en tanto que la del río Tula tiene 8.490 km2, para dar un total de 18,228 km2.

El río Tula, corre por el estado de Hidalgo y toma su nombre de la ciudad de Tula de Allende, localidad que atraviesa en su recorrido; originalmente el río Tula nace en el Valle de Tula, sin embargo, con la construcción de los sistemas de desagüe de la Ciudad de México y su zona metropolitana, recibe aportaciones de los ríos del Valle de México que originalmente alimentaban a los lagos de Texcoco, Chalco, Xochimilco, Zumpango y Xaltocan.

El río Tula forma parte de la Región Hidrológica del Pánuco, y desemboca en el río Moctezuma. De acuerdo con datos de Comisión Nacional del Agua, el río Tula es uno de los más contaminados en el país y genera un escurrimiento anual de 428.9 hm3. La contaminación del río Tula se debe a que esta corriente recibe tanto las aguas residuales de la Ciudad de México y su zona metropolitana, así como del corredor industrial de la ciudad de Tula de Allende, en el estado de Hidalgo.

Primer uso

Sin duda el principal uso del agua en la región administrativa XIII Aguas del Valle de México, es para brindar el servicio de agua potable a las comunidades ubicadas en esta región, así como para dotar de agua al sector industrial. Para este efecto, se estima que la capacidad de la infraestructura hidráulica que existe ofrece 3,300 hm3, en tanto que la demanda de agua es del orden de 4,700 hm3, por lo que completar el volumen de agua que se usa, ha sido necesario explotar agua del subsuelo, lo que ha provocado la sobreexplotación de acuíferos.

En la gestión del agua en la cuenca del Valle de México, se ha determinado la existencia de dos problemas graves, el primero se debe al crecimiento poblacional, que origina una mayor presión por el suministro de agua potable. El segundo, la baja eficiencia en la administración y manejo de los recursos hídricos. La consecuencia de estas problemáticas es que la disponibilidad del agua en la cuenca ha sido sobrepasada.

En la Ciudad de México corresponde al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) el suministro de agua y el saneamiento de las aguas residuales.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

La zona metropolitana del Valle de México, con más de 22 millones de habitantes, incluida la Ciudad de México (con más de 9 millones de habitantes), se enfrenta a enormes retos en relación con el agua:

- Sobreexplotación de acuíferos
- Baja eficiencia en el uso del agua
- Limitado tratamiento de aguas residuales
- Problemas de salud por el aprovechamiento de las aguas residuales en la producción agrícola
- Inundaciones de la zona urbana
- Baja recaudación por el uso del agua

El gobierno federal, a través de Conagua, está a cargo de la regulación de los recursos hídricos en la cuenca del Valle de México y ha buscado alternativas para solucionar estos problemas, a través de financiamientos que han permitido la construcción, conservación y operación de sistemas de agua potable (sistema Cutzamala y pozos profundos) que de manera limitada satisfacen demanda de agua potable; para lograr lo anterior ha sido importante la coordinación con los gobiernos locales.

Para enfrentar los retos anteriormente descritos, Conagua y los gobiernos de la Ciudad de México y el Estado de México han conjuntado esfuerzos para desarrollar un programa de sostenibilidad hídrica del Valle de México. El resultado fue el Programa Hídrico de la Región Hidrológico Administrativa XIII Aguas del Valle de México, el cual consideró los alcances de la denominada Agenda del Agua 2030 (AA 2030), la cual considera estrategias para alcanzar la sustentabilidad en el aprovechamiento del agua, mediante cuatro ejes de política hídrica.

Cuencas y acuíferos en equilibrio, Ríos limpios, Cobertura universal y Asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas.

La AA 2030 aborda entre otros, los diferentes problemas que se presentan en la cuenca Aguas del Valle de México y plantea estrategias y acciones para cerrar la brecha que existe entre la oferta y demanda del agua en la cuenca y establece que para este propósito se requieren del orden de 68,200 millones de pesos (costos en 2011). Adicional a esta cantidad, se requiere invertir 123 mil millones de pesos para mantener en operación las fuentes de abastecimiento existentes.

Por otra parte, en el Estado de México, la Comisión Aguas del Estado de México (CAEM) recibe agua en grandes cantidades de Conagua, la transmite mediante su propia infraestructura para abastecer a 57 municipios, con 4.1 millones de habitantes. La CAEM verifica la calidad del agua y proporciona asistencia técnica a los municipios para la desinfección del agua y la limpieza de alcantarillas; opera estaciones de bombeo de aguas residuales y cinco plantas de tratamiento de aguas residuales; vacías fosas sépticas y abastece agua en camiones cisterna en situaciones de emergencia.

Se estima que en la Ciudad de México y en el Estado de México existen 1,100 pozos registrados con una profundidad de entre 70 a 200 metros. En estos, no se incluyen los pozos puestos en marcha por la Comisión Nacional del Agua, que son más profundos. También se estima que existen pozos no registrados, muchos de los cuales se encuentran en el Estado de México.

Adicional a los pozos, la infraestructura de abastecimiento de agua de la Ciudad de México está formada por dos sistemas: Lerma y Cutzamala.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

El sistema Lerma, construido en los años 40, trasvasa 4,8 m3/s de agua (6% del abastecimiento de agua total para la Zona Metropolitana del Valle de México) provenientes de pozos localizados en la cuenca superior del río Lerma. El sistema Cutzamala se construyó por etapas desde finales de los años 70 hasta finales de los años 90 para trasvasar 14,9 m3/s (19% del abastecimiento total) de agua del río Cutzamala en la cuenca de Balsas, para lo cual la eleva más de 1,000 metros. Utiliza 7 estanques, un acueducto de 127 km de largo con 21 km de túneles, 7,5 km de canales abiertos y una planta de tratamiento de agua. Ambos sistemas son puestos en marcha por Comisión Nacional de Aguas.

Segundo uso

El segundo uso que se da al agua es en la producción agrícola, mediante el aprovechamiento de las aguas residuales que provienen de la cuenca del Valle de México.

La Zona Metropolitana del Valle de México recolecta las aguas residuales municipales, residuales industriales y pluviales mediante un sistema unificado de alcantarillado combinado. Éste incluye 11.8 km de conductos, 68 estaciones de bombeo, numerosas presas, lagunas y vasos reguladores del control de flujo, 111 kilómetros de canales abiertos, 42 kilómetros de ríos utilizados principalmente para el drenaje y 118 kilómetros de túneles y colectores subterráneos (interceptores y emisores), esto sin contar el Túnel Emisor Oriente, que actualmente se encuentra en construcción.

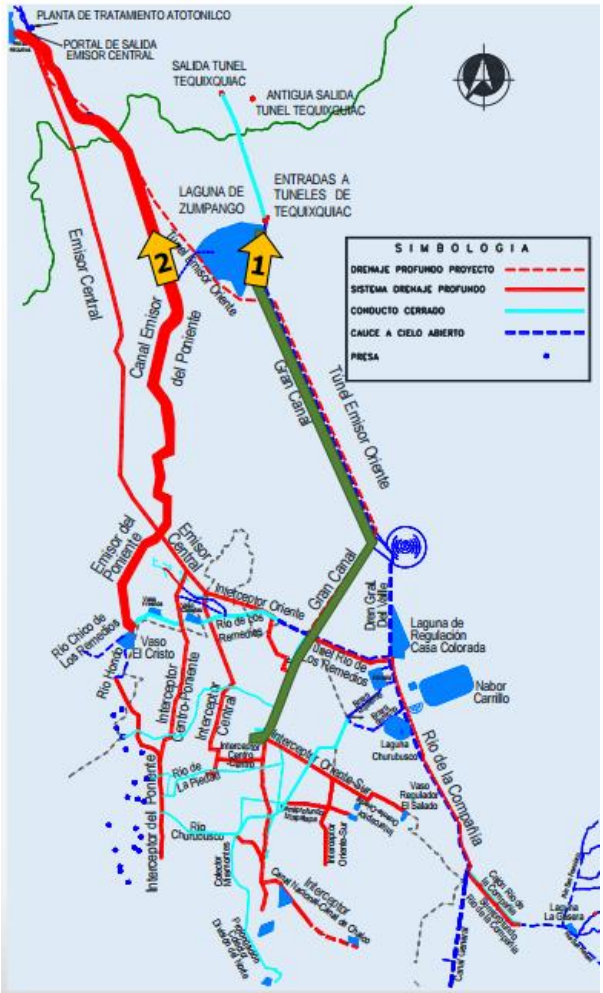

Figura 2 Sistema de drenaje del Valle de México (Ref. 3)

Los tres interceptores son los siguientes:

- Interceptor Poniente que desemboca en el tajo de Nochistongo.
- Interceptor Central que desemboca en el Emisor Central y después en el río Salto del Estado de Hidalgo, próximo a la presa Requena, desde donde fluye hasta el Valle del Mezquital.
- Interceptor Oriente que desemboca en el Gran Canal, después pasa por los túneles de Tequixquiac y, por último, desemboca en el río Salado.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

A principios del siglo XX, con la puesta en operación del Gran Canal de Desagüe de la Ciudad de México, se inició la agricultura de riego en el estado de Hidalgo, al aprovechar las aguas residuales vertidas. Esto también dio origen a la construcción de la infraestructura de riego en el Estado de Hidalgo; en los años 70´s se intensificó la construcción de los canales principales de los Distritos de Riego 003 Tula y 100 Alfajayucan y continuó con la creación del Distrito de Riego 112 Ajacuba a mediados de los 80´s. Con esta infraestructura se logra distribuir aguas pluviales y residuales de la Ciudad de México para el riego de alfalfa como cultivo principal, así como cebada, trigo y maíz. Cabe señalar, que, por emplear las aguas residuales sin tratamiento alguno, los cultivos que se deberían permitir sembrar son aquellos en donde el fruto no tiene contacto con el agua residual y se requiere de su cocción para su consumo.

La mayor parte de la infraestructura que se usa en los Distritos de Riego (DR) antes señalados, la construyó la Conagua y dependencias que le antecedieron. La infraestructura primaria es operada, administrada y conservada por los DR y la infraestructura secundaria por las Asociaciones Civiles de Usuarios (ACU), a través de los Módulos de Riego que se han creado para la autogestión del agua para riego y otra por Conagua todavía.

Por otra parte, gracias a los nutrientes de las aguas residuales, la producción de alfalfa por hectárea supera las 100 toneladas, en comparación con el promedio nacional de 68 a 74 toneladas. La alfalfa se cosecha todo el año, proporciona de 9 a 10 cortes por plantación y se vende para actividades agropecuarias locales y en otros estados.

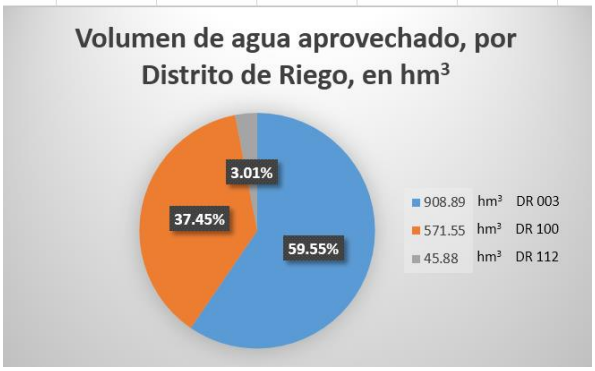

Figura 3 Distribución del agua usada en el riego

En estos DR se aprovecha un volumen anual de agua residual estimada en 1,530.3 hm3, de los cuales el 59.55% es utilizado en el 003 Tula, el 37.44% en el 100 Alfajayucan y el 3.01% en el 112 Ajacuba. Se producen 4,586.4 miles de toneladas de productos agrícolas, de los cuales el 61.48% se produce en el 003 Tula, el 32.80% en el 100 Alfajayucan y el 5.72% en el 112 Ajacuba.

Un dato interesante es el valor de la producción que se logra en estos DR, la cual asciende a 3,513.1 millones de pesos, correspondiendo al 003 Tula 1,888.11, 1,424.73 al 100 Alfajayucan y 200.26 al 112 Ajacuba.

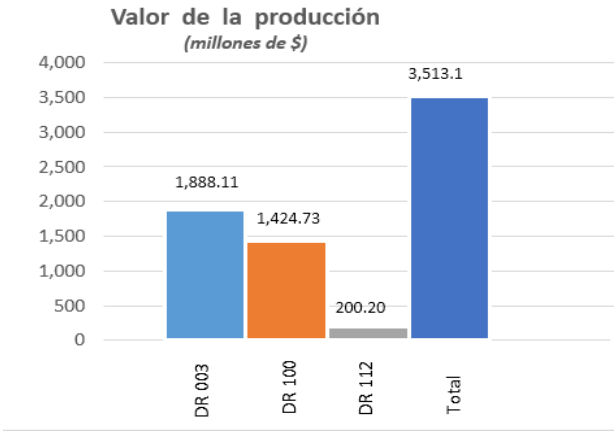

Figura 4 Ingresos anuales en los Distritos de Riego.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Las cifras anteriores reflejan la importancia del segundo uso del agua, ya que los habitantes de los municipios que se localizan dentro de los DR, su principal ingreso lo obtienen del campo.

Distrito de Riego	Superficie	Producción	Valor de la producción
	ha	*ton*	*millones $*
003 Tula	54,691.00	2,819,531.00	1,888.11
100 Alfajayucan	38,940.00	1,504,461.00	1,424.73
112 Ajacuba	6,519.00	262,451.00	200.26
Total	**100,150.00**	**4,586,443.00**	**3,513.10**

Tabla 1 Producción agrícola en los Distritos de Riego

Las experiencias han demostrado que el uso de aguas con alto contenido de materia orgánica ayuda a mejorar el rendimiento de los cultivos. La región utiliza las aguas residuales del Valle de México para la irrigación de los cultivos de aproximadamente 100,000 ha. Estas aguas residuales están compuestas en un 43% de aguas industriales y de un 57% doméstica. De acuerdo con las estadísticas de los Distritos de Riego, en el Valle del Mezquital, se recibe un caudal promedio de 42 m3/s en época de sequías, pudiendo disminuir hasta 12 m3/s; así también, en época de lluvias se tiene caudales del orden de 190 m3/s. Los Distritos de Riego en el Valle del Mezquital están en 3er lugar de producción agrícola en el ámbito nacional, lo anterior se debe a los grandes aportes de materia orgánica que reciben.

Las aguas residuales se han utilizado de esta forma desde inicios del siglo pasado. Los agricultores valoran enormemente las aguas residuales, ya sean sin tratar, tratadas parcialmente o mezcladas con aguas pluviales, debido a su capacidad para mejorar la calidad del suelo y por su carga de nutrientes, que permite aumentar la productividad.

No obstante, las aguas residuales están contaminadas con organismos patógenos y productos químicos tóxicos que constituyen un riesgo para la salud tanto de los agricultores como de los consumidores de productos agrícolas. Para atender este tema, Conagua está a punto de poner en operación la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco (PTAR) y se tiene en proyecto otras plantas para sanear las descargas de agua del Valle de México.

Tercer uso

El agua residual y pluvial que descarga la cuenca del Valle de México, estimada en 1,700 hm3 anuales aproximadamente, es utilizada en su mayoría para la agricultura y los excedentes, así como las aguas de retorno del riego que llegan a los ríos Tula y Chicavasco, confluyen con las aguas procedentes del estado de Querétaro a través del Río San Juan, en la presa Zimapán y son utilizadas para la generación de energía eléctrica. Por otra parte, el DR 003 Tula tiene registrado como usuarios a la Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos, a quien le suministra agua que es utilizada en sus procesos de generación de energía eléctrica. En este rubro se debe señalar que la generación de valor por metro cúbico de agua corresponde a $393.67.

Posible cuarto uso

En este mismo contexto, considerando las características hidráulicas de los canales principales de los DR 003 Tula y 100 Alfajayucan, existe la posibilidad de instalar plantas para generar energía eléctrica a pequeña escala. Esta situación ha sido planteada a Conagua por empresas interesadas en su construcción, sin embargo, a la fecha no se cuenta con proyectos para la construcción de estas plantas.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Cabe señalar que las empresas interesadas en la construcción de las centrales hidroeléctricas, han realizado recorridos por los canales principales de los DR del Valle del Mezquital y han ubicado puntos donde es posible la generación de energía eléctrica, como es la liga El Biestro, km 1+800 del canal principal Salto Tlamaco, la Cantera Lateral 12+900 del canal principal Salto Tlamaco, en la obra de toma de la Presa Endho, la Barranca km 37+500 del canal principal Requena, sin embargo, al existir veda para el uso o aprovechamiento de aguas nacionales dentro de estos DR para usos distintos al agrícola, se había impedido el desarrollo de estos proyectos.

Figura 5 La cantera lateral 12+900 del canal principal. Salto Tlamaco, en el DR 003 Tula

En años recientemente, considerando el interés que existe para la construcción de plantas para generar energía eléctrica, el gobierno federal ha realizado la adecuación del marco normativo en el uso y aprovechamiento del agua para este fin y en la actualidad es posible el desarrollo de estos proyectos dentro de los DR´s, ya que la generación de energía eléctrica no representa un uso consuntivo y no degrada la calidad del agua.

Resulta conveniente el desarrollo de las plantas generadoras de energía eléctrica en los DR del Valle del Mezquital, debido a que se podría proporcionar el servicio eléctrico a una parte de la infraestructura de los DR.

Así como a comunidades rurales y a desarrollos industriales y comerciales.

En caso de prosperar este tipo de proyectos, se observaría el cuarto uso del agua.

Conclusiones

El programa hídrico de la región administrativa XIII Valle de México, así como la Agenda del Agua 2030, consideran que sin un equilibrio en la oferta y la demanda del agua, no se puede lograr la sustentabilidad de la cuenca y se limita el desarrollo económico de la región.

Esta región administrativa es la más contaminada en la República Mexicana como consecuencia del crecimiento poblacional que ha experimentado en las últimas décadas, así como por el corredor industrial que se ha desarrollado. En esta región, el 76% de las aguas vertidas no reciben tratamiento, o bien, el tratamiento es deficiente, por esta razón se ha construido la macroplanta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco, la cual tendrá capacidad para tratar 23 m3/s durante el estiaje mediante un proceso convencional; cuenta también con un módulo adicional que mediante un proceso físico-químico podrá tratar 12 m3/s en época de lluvias, con lo que se lograra una capacidad para tratar 35 m3/s y solo de manera extraordinaria podrá alcanzar a tratar hasta 42 m3/s. Actualmente la macroplanta se encuentra en fase de pruebas.

Es claro que en la cuenca de Aguas del Valle de México ha sido superada la oferta de agua para satisfacer sus servicios, por lo que ha sido necesario la explotación no sustentable de los mantos acuíferos para alcanzar a cubrir la demanda de agua, por esta razón resulta impostergable llevar a cabo acciones para lograr la sustentabilidad del sector hídrico. Algunas de las acciones consideradas en la planeación hídrica son:

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

- Manejo integrado y sustentable de cuencas y acuíferos.
- Fortalecer el uso eficiente de los recursos hídricos en el desarrollo económico y social.
- Protección de las zonas boscosas
- Ampliar la capacidad de drenaje del Valle de México
- Tratar las aguas residuales

Con las dos primeras estrategias se busca cerrar la brecha entre la oferta y demanda del agua en la cuenca, la cual se estima que para el año 2030 podría ser de 1,699 hm3; se requieren del orden 68,200 millones de pesos (a costo de 2011) para implementar acciones que permitan recuperar 1,894.2 hm3.

Las acciones contemplan la reducción en el consumo de agua, tanto en el servicio público urbano, como en el industrial, reducir el desperdicio en sus diferentes usos y mejorar las condiciones de la red de conducción para reducir las pérdidas de agua; esta acción incluye mejoras en la facturación y cobro del agua. Estas acciones también permitirán alcanzar un uso eficiente del agua en el desarrollo económico y social de la región.

Con el primer punto se busca la reducción del consumo de agua, del desperdicio y de las pérdidas de agua en todos los usos. También se considera intercambiar volúmenes de aguas subterráneas que se extraen diariamente y que son utilizados tanto en la industria como en la agricultura, por agua tratada con una calidad necesaria para esas actividades.

Un fenómeno que se observa en las ciudades, es que la tarifa que se aplica por el servicio de agua potable, no corresponde con una tarifa real, por lo que se aplica un subsidio a este uso del agua, lo que impide un desarrollo sano de los organismos operadores de agua. Para el caso de la Ciudad de México, tan solo para traer agua de cuencas vecinas para complementar la oferta, se cuenta con 11 presas derivadoras y dos acueductos que permiten conducir 1,072.9 hm3 al año, además de la operación de 50 plantas potabilizadoras incluyendo a planta Los Berros que potabiliza el agua del sistema Cutzamala. En conjunto se potabilizan del orden de 20 m3/s. Esta infraestructura es operada, conservada y administrada por Conagua con cargo a recursos federales. Aún y cuando Conagua cobra al Sistema de Aguas de la Ciudad de México el suministro de agua en bloque, este pago no es suficiente para cubrir las erogaciones federales para sostener la infraestructura antes señalada.

El primer uso que se le da al agua en la cuenca del Valle de México provoca el bienestar social, el cual no tiene precio, además del desarrollo social y económico.

En lo que toca al segundo uso, la agricultura de riego en el Valle del Mezquital es el principal motor económico en la región, ya que se producen alrededor de 4.6 millones de toneladas de productos agrícolas que tienen un valor en el mercado de más de 3,500 millones de pesos, lo que le da una productividad al agua de 2.3 $/m3.

Existen preocupaciones sobre el impacto en la salud y el medio ambiente por el uso para riego de aguas residuales sin tratar de la Ciudad de México. Los cultivos que se deberían sembrar con estas aguas se limitan a los que no se comen crudos, pero estas limitaciones son difíciles de imponer y los agricultores también cultivan verduras utilizando aguas residuales.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Según un estudio del Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI), estos riesgos se deben considerar con detenimiento, pero también debe tenerse en cuenta la importancia de esta práctica para los medios de vida de innumerables productores agrícolas. Los estudios acerca de suelos regados con aguas residuales sin tratar durante 50 años, revelan una acumulación de metales pesados en el suelo, pero también que se acumulan en menor grado en las plantas.

De acuerdo con otro estudio, se ha encontrado contaminación bacteriana en algunos de los acuíferos del Valle del Mezquital y es de observar que el agua que se extrae es usada para el abastecimiento de agua potable en la región, lo que ha dado lugar a una alta incidencia de diarrea e irritaciones de la piel entre la población.

El tercer uso se da en la central hidroeléctrica Zimapán desde el año 1996, con la generación de 292 megawatts que permite reforzar el abasto de energía eléctrica la porción centro de la República Mexicana; esta ha beneficiado a la población por más de 20 años

Con relación al posible cuarto uso, para generación de energía eléctrica, aún no se llevado a cabo la construcción de ninguna planta generadora sobre la infraestructura de los DR, pero sin duda son proyectos que generarán empleo y cierta derrama económica.

Es de señalar que, al permitir este tipo de proyectos, la Conagua podría tener acceso a la energía eléctrica con tarifas preferenciales para operar plantas de bombeo; en la actualidad la Conagua paga cantidades importantes por este rubro, a pesar de que el costo de la energía eléctrica debería ser pagada por los productores agrícolas que las utilizan.

Por otra parte, la Comisión Federal de Electricidad y particulares interesados en la generación de energía eléctrica, han realizado estudios preliminares para estudiar la posibilidad de construir otra central hidroeléctrica, aguas abajo de la presa Zimapán, sobre el río Moctezuma. Se tendrán que llevar a cabo estudios serios y definitivos para establecer la conveniencia y rentabilidad de este nuevo proyecto y de ser el caso, se estaría dando un cuarto uso al agua, aumentando su productividad.

Queda pendiente cuantificar los beneficios económicos y sociales del primer y tercer uso, para dimensionar el valor social que representa el agua que se produce en el sistema Cutzamala o en los acuíferos de la Ciudad de México y Cuautitlán – Pachuca, ya que como se ha observado se utiliza de distintas formas y en distintos procesos sociales y económicos.

También, queda pendiente estudiar y evaluar el aprovechamiento de estas aguas en la cuenca del río Moctezuma hasta el Pánuco, y con ello dimensionar el valor social y económico que genera el uso del agua en todo su recorrido hasta su desembocadura al mar.

Referencias

Comisión Nacional del Agua. (2012). “Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa XIII Aguas del Valle de México”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México.

Comisión Nacional del Agua. (2014). “Estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego Año Agrícola 2012-2013”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Leal, B. G. (2015). Modelo de simulación matemática para el análisis integral del sistema principal de drenaje de la ZMVM. Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C. Ciudad de México.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Artículo **Revista de Ingeniería Civil**
Septiembre 2017 Vol.1 No.1 12-18

Cálculo de elementos mecánicos utilizando la norma de carga viva vehicular IMT-20.5

GARCIA, José†*, LUGO, Arturo, BALTAZAR, Jorge y PULIDO, Jorge

Recibido 2 de Enero, 2017; Aceptado 8 de Abril, 2017

Resumen

El propósito fundamental de este trabajo es aplicar la norma "N-PRY-CAR-6-01-003/01 Proyectos de nuevos puentes y estructuras similares" para determinar cargas y acciones según el modelo IMT-20.5, que permite determinar los elementos mecánicos tales como momentos flexionantes y fuerzas cortantes; se presentan 2 casos de estudio para puentes vehiculares, con claros de 12 m y 20 m. El procedimiento para tal efecto, tomará en cuenta las ecuaciones fundamentales de la estática, resultante de fuerzas paralelas y principios básicos de líneas de influencia. Con base en el análisis estructural realizado y considerando que las cargas vivas presentan un valor constante y el claro del puente es la única variable, se generaron tablas y gráficas que permiten de una manera rápida y confiable, obtener los elementos mecánicos para el diseño de la superestructura de puentes vehiculares. La información que resultó de este análisis, puede ser utilizada por profesores que impartan temas relacionados con cargas vivas en puentes vehiculares dentro de la carrera de ingeniería Civil.

Puente vehicular, análisis de cargas, líneas de influencia, elementos mecánicos

Abstract

The main purpose of this work is to apply the standard "N-PRY-CAR-6-01-003 / 01 Proyectos de nuevos puentes y estructuras similares" to determine loads and actions according to IMT-20.5 model, which allows determining mechanical elements such as bending moments and shear forces; two case studies are presented for vehicular bridges, with length of 12 m and 20 m. The procedure for such an effect will bear in mind fundamental equations of statics, resultant of parallel forces and basic principles of influence lines. Based on structural analysis realized, and considering that live loads present a constant value and the length of the bridge is the only variable, tables and graphs were generated that allow in a quickly and reliable way, to obtain the mechanical elements for the superstructure design of road bridges. The information that resulted from this analysis may be used by teachers who impart issues related to live loads on vehicular bridges within the civil engineering career.

Vehicle bridge, load analysis, influence lines, mechanical elements

Citación: GARCIA, José, LUGO, Arturo, BALTAZAR, Jorge y PULIDO, Jorge. Cálculo de elementos mecánicos utilizando la norma de carga viva vehicular IMT-20.5. Revista de Ingeniería Civil 2017. 1-1:12-18

† Investigador contribuyendo como primer autor.
*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: hgurbina@hotmail.com

© ECORFAN-Perú

Introducción

Este trabajo está enfocado a facilitar el cálculo de los elementos mecánicos (Fuerzas Cortantes y Momentos Flexionantes), conforme a la Normativa para la Infraestructura del Transporte Carretero N-PRY-CAR-6-01-00/01, en su apartado: Modelo de cargas vivas vehiculares IMT 20.5. Es conveniente mencionar que dicha Norma fue desarrollada por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y en ella se consideran dos modelos de cargas vivas o móviles a base de un sistema de cargas concentradas y otro de cargas uniformemente distribuidas. El IMT-66.5 se utiliza para carreterasa principales, tipos ET, A, B y C y el IMT-20.5 para carreteras alimentadoras.

En esta Normativa se menciona que no es aconsejable seguir utlizando el modelo de cargas vivas o móviles del Reglamento de la AASHTO, ya que producen Momentos Flexionantes y Fuerzas Cortantes bastante inferiores a los que ocasionan los vehículos reales tipo T3 – S3 y T3 – S2 – R4 que transitan por las principales carreteras de México, esto dio pauta para que el Instituto Mexicano del Transporte formulara modelos de cargas vivas que producen elementos mecánicos superiores a los que ocasionan los vehículos reales tales como el IMT-66.5 y el IMT-20.5.

Se resolverán dos ejemplos ilustrativos para el cálculo de elementos mecánicos utilizando únicamente el modelo IMT-20.5, uno para longitud de 20 m y otro para 12 m , cumpliendo asi la Normativa para claros iguales o mayores de 15 m y claros menores sde 15m.

Descripción del Modelo IMT-20.5

Es aplicable a estructuras que se proyecten para carreteras alimantadoras (Tipo D) según la clasificación establecida en el Reglamento sobre el Peso.

Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan las Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal, asi como para Caminos Rurales

El modelo de cargas vivas vehiculares IMT-20.5 para el análisis longitudinal de claros iguales o mayores de 15 m, consiste en dos cargas concentradas y una carga uniformemente distribuida, tal como se muestra en la siguiente figura;

$$w = \frac{0.90L}{15}$$

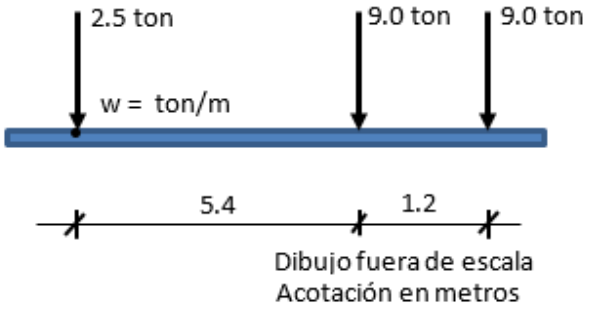

Grafico 1 Modelo IMT-20.5 para claros menores de 15 m

Aplicación de la norma N-PRY-CAR-6-01-00/01, utilizando el modelo IMT-20.5

Para la aplicación de la Norma se consideraron dos ejemplos, uno para longitud de 20 m y otro para longitud de 12 m

Ejemplo1. Puente vehicular simplemente apoyado con claro de 20 m y carga móvil IMT-20.5

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

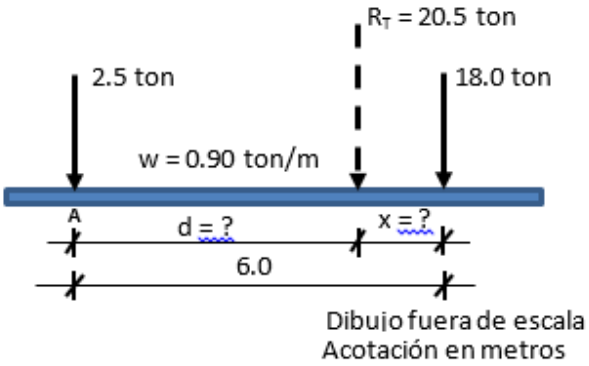

Grafico 2 Ubicación de la Resultante

Teorema de Varignon

La suma de los momentos de fuerzas paralelas con respecto a un punto A, es igual al momento de la resultante con respecto a ese punto.

$$18\ ton\ (6m) = 20.5d$$

$$d = \frac{108\ ton - m}{20.5\ ton} = 5.27\ m$$

La resultante queda ubicada a:

$x = 6.0m - 5.27m = 0.74m$ de la rueda más pesada (18 ton)

Posición más desfavorable de la carga móvil para calcular el Momento máximo y la Fuerza Cortante máxima.

Teorema de Líneas de Influencia

El momento máximo maximorum se encuentra bajo la rueda más pesada y más próxima al paso de la resultante del sistema cuando:

La línea de centro dividido en dos partes iguales y la distancia que hay entre la resultante del sistema y la rueda más pesada o más próxima dividida también en dos coinciden.

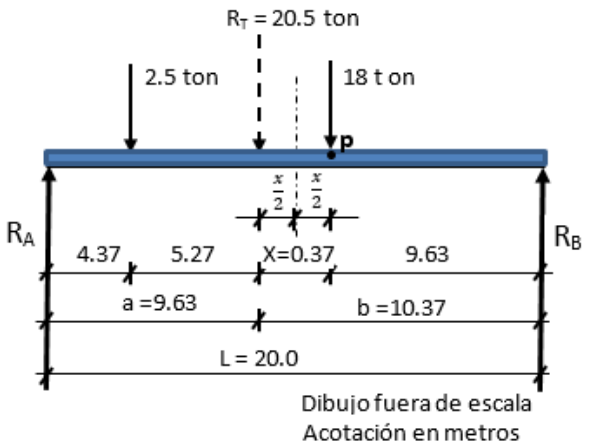

Grafico 3

Cálculo de las reacciones RA y RB

$$R_A = \frac{R_T b}{L}$$

$$R_A = \frac{20.5ton(10.7m)}{20m} = 10.63ton$$

$$R_B = \frac{R_T a}{L}$$

$$R_B = \frac{20.5ton(9.63m)}{20m} = 9.88ton$$

Cálculo del momento máximo y fuerza cortante máxima ocasionada por las cargas concentradas, haciendo sumatoria de momentos en el punto p.

$$M_P = 10.63ton(10.37m) - 2.5ton(6.0m)$$

$$M_P = 95.14\ ton - m$$

La fuerza cortante máxima se genera cuando el vehículo IMT-20.5 es colocado en el extremo del puente

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

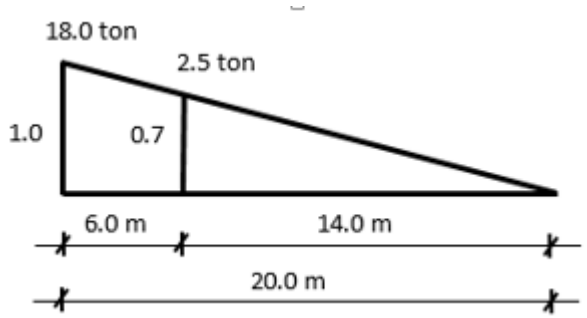

Grafico 4

$$V = 1.0(18ton) + 0.70(2.5ton) = 19.96\ ton$$

Cálculo del momento máximo y fuerza cortante máxima ocasionada por la carga distribuida de:

$$w = 0.90\ ton/m$$

$$M = \frac{wL^2}{8}$$

$$M = \frac{0.90ton/m(20m)^2}{8} = 45.0\ ton - m$$

$$V = \frac{wL}{2}$$

$$V = \frac{0.90ton/m(20m)}{2} = 9.0\ ton$$

Elementos mecánicos totales:

$$M_T = 95.14ton - m + 45ton - m$$
$$M_T = 140.49\ ton - m$$

$$V_T = 19.96ton + 9.0ton = 28.96\ ton$$

Los elementos mecánicos así calculados, deberán incrementarse por el factor de impacto (I) según la norma NPRY-CAR-6.01.003 Cargas y Acciones.

Ejemplo 2. Puente vehicular simplemente apoyado con claro de 12.0 m y carga móvil IMT-20.5

Ubicación de la Resultante

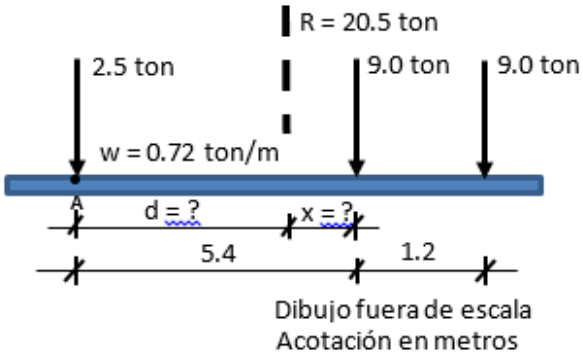

Grafico 5

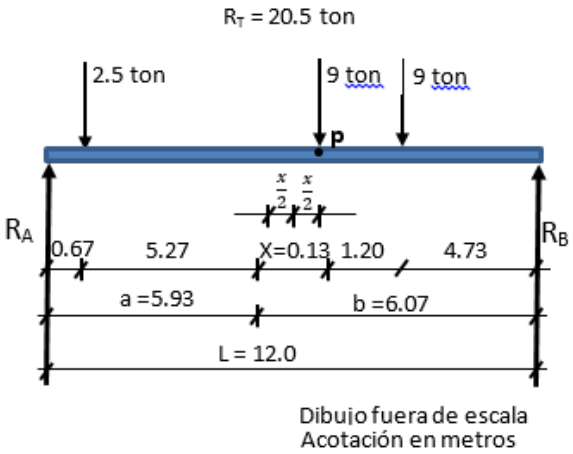

Grafico 6

Cálculo de las reacciones RA y RB

$$R_A = \frac{R_T b}{L}$$

$$R_A = \frac{20.5ton(6.07m)}{20m} = 10.36ton$$

$$R_B = \frac{R_T a}{L}$$

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

$$R_B = \frac{20.5ton(5.93m)}{20m} = 10.14\ ton$$

Cálculo del momento máximo y fuerza cortante máxima ocasionada por las cargas concentradas, haciendo sumatoria de momentos en el punto p.

$$M_P = 10.36ton(6.07m) - 2.5ton(5.4m)$$

$$M_P = 49.36\ ton - m$$

La fuerza cortante máxima se genera cuando el vehículo IMT-20.5 es colocado en el extremo del puente

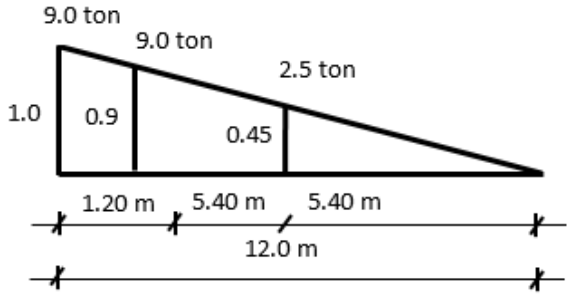

Grafico 7

$$V = 1.0(9\ ton) + 0.90(9ton) + 0.45(2.5ton)$$

$$V = 18.23\ ton)$$

Cálculo del momento máximo y fuerza cortante máxima ocasionada por la carga distribuida de:

$w = 0.72\ ton/m$, resultado de:

$$w = \frac{0.90ton/m(12\ m)}{15}$$

$$M = \frac{wL^2}{8}$$

$$M = \frac{0.72ton/m(12m)^2}{8} = 12.96\ ton - m$$

$$V = \frac{wL}{2}$$

$$V = \frac{0.72ton/m(12m)}{2} = 4.52\ ton$$

Elementos mecánicos totales:

$$M_T = 49.36ton - m + 12.96ton - m$$
$$M_T = 62.32\ ton - m$$

$$V_T = 18.23ton + 4.52ton = 22.75\ ton$$

Los elementos mecánicos así calculados, deberán incrementarse por el factor de impacto (I) según la norma NPRY-CAR-6.01.003 Cargas y Acciones

Resultados

Se presenta a continuación los resultados obtenidos de elementos mecánicos para diferentes claros.

a) Puentes menores de 15 m.

Longitud (m)	w´ (t/m)	M (t – m)	V (t)
6.0	0.36	20.23	17.03
7.0	0.42	26.31	18.07
8.0	0.48	32.70	19.01
9.0	0.54	39.45	19.90
10.0	0.60	46.61	20.77
11.0	0.66	54.22	21.65
12.0	0.72	62.32	22.75
13.0	0.78	70.96	23.47
14.0	0.84	80.19	24.43

Tabla 1

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

b) Puentes iguales o mayores de 15 m.

Longitud (m)	w´ (t/m)	M (t – m)	V (t)
15	0.90	94.87	26.25
16	0.90	103.87	26.76
17	0.90	112.30	27.27
18	0.90	121.35	27.77
19	0.90	130.63	28.26
20	0.90	140.14	28.75
21	0.90	149.87	29.24
22	0.90	159.82	27.72
23	0.90	170.01	30.20
24	0.90	180.41	30.68
25	0.90	191.05	31.15
26	0.90	201.91	31.62
27	0.90	212.99	32.09
28	0.90	224.30	32.56
29	0.90	235.8	33.03
30	0.90	247.59	33.50

Tabla 2

El procedimiento desarrollado para calcular los elementos mecánicos con las cargas vivas a través del modelo IMT-20.5, también fue aplicado para el camión HS-20 (AASHTO) y se presenta a continuación una tabla comparativa de elementos mecánicos en donde se puede apreciar que los momentos son mayores cuando se utiliza el modelo IMT-20.5. Con relación al Cortante, solo para claros menores de 15 m, los valoeres correspondientes son ligeramente mayores.

MODELO VEHICULAR	ELEMENTO MECÁNICO	LONGITUD DEL CLARO	
		12.00 m	20.00 m
IMT - 20.5	M_{CV} (ton-m)	62.35	140.14
HS - 20		60.62	125.38
IMT - 20.5	V_{CV} (ton)	22.55	28.75
HS - 20		24.91	28.01

Tabla 3

Agradecimientos

A la academia de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Pachuca por el interés mostrado y el apoyo incondicional para la elaboración de este trabajo.

A la Subdirección académica y a los Departamentos de Ciencias de la Tierra y Desarrollo Académico por sus asesorías y comentarios constructivos.

Conclusiones

Los modelos IMT- 66.5 e IMT – 20.5 han sido desarrollados por el Instituto Mexicano del Transporte de manera original en México, basados en numerosos estudios que comparan los elementos mecánicos máximos en puentes simplemente apoyados y con diferentes longitudes, que se calcularon con los modelos de la AASHTO así como los vehículos tipo T3-S3 de 6 ejes y T3 – S2 – R4 de 9 ejes, contenidas en muestras de pesos y dimensiones que realizó la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en sitios importantes de aforo en varias carreteras del país.

La metodología planteada se puede utilizar para conocer los elementos mecánicos de sistemas de cargas concentradas y cargas uniformemente distribuidas de diferentes vehículos.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Se considera conveniente dejar de utilizar los modelos de la AASHTO para calcular los elementos mecánicos del puente ya que son inferiores a los calculados con el modelo IMT-20.5, además de que tienen características diferentes a los vehículos que circulan por las carreteras del país.

Referencias

Octavio A Rascón Chávez. (2004). Formulación de la norma SCT de cargas vehiculares para diseño estructural de puentes carreteros. Sanfandila, Qro: Instituto Mexicano del Transporte.

Octavio A Rascón Chávez. (1999). Sistema de cargas vivas vehiculares para diseño de puentes en carreteras alimentadoras. Sanfandila, Qro: Instituto Mexicano del Transporte.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. Diario Oficial de la Federación, primera sección, pagina 19.

Instituto Mexiano del Transporte. (2001). N-PRY-CAR 6.01.001 Ejecución de proyectos de nuevos puentes y estructuras similares. Sanfandila, Qro.: Instituto Mexiano del Transporte.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Artículo **Revista de Ingeniería Civil**
Septiembre 2017 Vol.1 No.1 19-28

Alternativas de solución contra riesgos por erosión en el Barrio la Alcantarilla en Pachuca, Hidalgo

ZÚÑIGA, José†*, KAMPFNER, Oscar, ACOSTA, Javier y VÁZQUEZ, Mónica

Recibido 2 de Enero, 2017; Aceptado 8 de Abril, 2017

Resumen

El riesgo por la inestabilidad de taludes en colonias de la Ciudad de Pachuca, está latente principalmente en la temporada de lluvias; Pachuca, asentada entre cerros, la hace vulnerable a derrumbes por el clima húmedo, el tipo de terreno y el paso del tiempo que provoca la intemperización y el ablandamiento de los mismos. En este estudio se buscan diferentes alternativas para dar solución a los problemas que se presentan en el Barrio de la Alcantarilla por la erosión y caídas de rocas. Se propone estabilizar los taludes que representan un peligro para los habitantes y sus viviendas. El crecimiento de la Ciudad y de su zona conurbada, donde se localizan asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, agrandan el problema de erosión, inestabilidad de taludes y asentamientos por hundimiento de terrenos. Por lo anterior, es importante buscar alternativas de solución que permitan disminuir los riesgos a que están expuestos los habitantes de la ciudad y por consecuencia su patrimonio, que en ocasiones representa todo lo que tienen de valor.

Inestabilidad, Talud, Intemperización, Erosión, Ablandamiento

Abstract

The risk for the slope instability in colonies in the city of Pachuca is latent mainly in the rainy season; Pachuca, nestled between mountains makes it vulnerable to landslides by wet weather, the type of terrain and the passage of time that causes the weather ability and softening them. In this study various alternatives seek to solve the problems that are occurring in the neighborhood of the sewer erosion and fall of rocks. Intends to stabilize the slopes which pose a danger to residents and their homes. The growth of the city and its area suburbs, where human settlements in high-risk areas, are located enlarge the problem of erosion, instability of slopes and settlements by sinking of land. Therefore, it is important to find alternative solutions that allow to decrease the risks to which the inhabitants of the city and consequently their heritage.

Instability, slope, weathering, erosion, softening

Citación: ZÚÑIGA, José, KAMPFNER, Oscar, ACOSTA, Javier y VÁZQUEZ, Mónica. Alternativas de solución contra riesgos por erosión en el Barrio la Alcantarilla en Pachuca, Hidalgo. Revista de Ingeniería Civil 2017. 1-1:19-28

† Investigador contribuyendo como primer autor.
*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: josejesus.zunigarazo@yahoo.com.mx

© ECORFAN-Perú

Introducción

Cada año aumentan las zonas de riesgo en la ciudad de Pachuca, en sus colonias y barrios debido a la erosión y la inestabilidad del suelo, provocadas por el trabajo de la minería que tuvo su auge desde hace algunas décadas, las excavaciones mineras y los problemas de inundación de las mismas han provocado hundimientos, saturación de estratos y movimiento de taludes.

El crecimiento en la zona conurbada por fraccionamientos nuevos y asentamientos no controlados en la Ciudad, así como aquellos que se ubican en zonas de alto riesgo incrementan los problemas de erosión e inestabilidad de taludes así como los hundimientos provocados por la excavaciones mineras en los cerros.

Las autoridades estatales y municipales deben actuar con mayor rigidez y rapidez para evitar estos asentamientos humanos en las zonas de alto riesgo y buscar alternativas de solución para estabilizar los taludes en las colonias que están bajo este peligro.

Por lo anterior, es importante buscar diferentes alternativas de solución que permitan bajar los riesgos por la inestabilidad de taludes a la que la población está expuesta así como su patrimonio, que muchas veces representa lo único que tienen de valor.

Antecedentes

En el año de 2009, el Sistema Geológico Mexicano envió una alerta Técnica de Peligro por caída de rocas en la colonia Nueva Estrella, Primera Sección. Comunicó a su vez, a la Presidencia Municipal de Pachuca de Soto y a la población, que se encontraban en Alto Riesgo por la erosión en Masa de los cerros aledaños y principalmente por la caída de rocas de gran magnitud.

Ubicación

El estado de Hidalgo se ubica en la Región Centro-Oriental de México, colinda al norte con los estados de San Luis Potosí y Veracruz, al este con el estado de Puebla, al sur con los estados de Tlaxcala y México y al oeste con el estado de Querétaro. Está dividido en 84 municipios y su capital es la Ciudad de Pachuca de Soto.

La Capital de Hidalgo, se encuentra localizada en la región centro sur del estado, y forma parte del centro-oriental de México. Se encuentra en la región geográfica denominada Comarca Minera. Tiene como coordenadas Latitud norte 20° 07’ 21”, su longitud oeste 98° 44’ 09” y con una altitud de 2440 metros sobre el nivel del mar.

Por otra parte, “El Barrio La Alcantarilla” se ubica al Noreste del municipio de Pachuca a aproximadamente 7 km del centro, el área de estudio tiene las coordenadas 20° 07´ 59.55” de latitud norte y 98° 43´ 35.08” de longitud oeste.

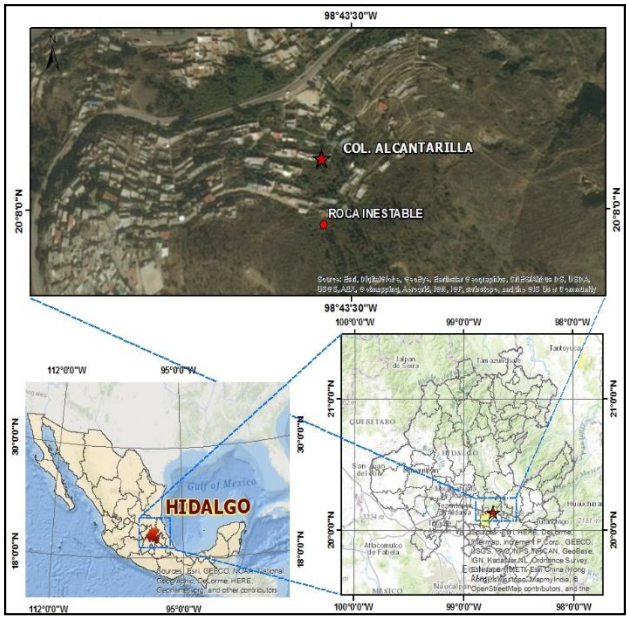

Figura 1 Ubicación del Barrio La Alcantarilla, municipio de Pachuca de Soto (SGM 2017)

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Fisiografía

El municipio de Pachuca, se ubica en la Provincia del Eje Neo volcánico Transmexicano (Rais, 1964), que se caracteriza por una sucesión de eventos volcánicos, por elevaciones suaves al sur de Pachuca y al norte con elevaciones de cerros y lomeríos cuyas elevaciones varían de los 2,240 m.s.n.m. a 2,900 m.s.n.m.

Estructura Geológica

La deformación en la región solo se aprecia en el régimen frágil, donde se presentan varios sistemas muchas veces contemporáneos. El primero y más importante es de rumbo preferencial NW-SE, representado por: las fallas Capula-Arévalo, Zumbimblia, Estanzuela, Atargea, Vizcaína, Pabellón y Corteza la cual se encuentra muy cerca del área de estudio, a este sistema se asocian las principales estructuras mineralizadas, presenta variaciones hacia el E-W y planos alabiados, con movimientos normales y componente lateral, presenta reactivaciones en base a un cambio en el régimen de esfuerzos en el Mioceno tardío. Le sigue el sistema de rumbo preferencial N-S, que solo se aprecia en las inmediaciones de Mineral del Monte, corta al sistema anterior y puede estar originado por el desarrollo de fracturas de tensión, son representativas de este sistema las fallas: Dios te Guíe, Purísima y Santa Inés, las cuales presentan mineralización asociada. El tercer sistema es el de rumbo NE-SW, en él se distinguen las fallas de: Santa Gertrudis, Casualidad, La Fe y Veracruz; estas son generalmente dextrales normales, post-minerales y cortan a los sistemas anteriores

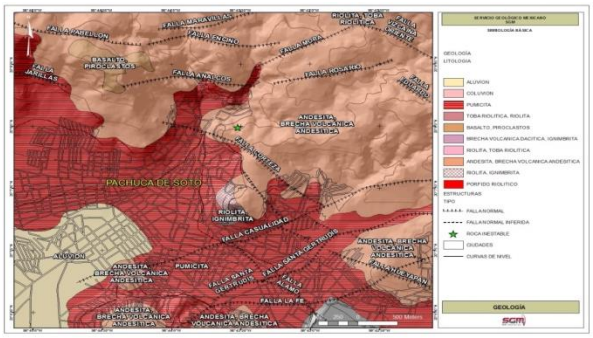

Figura 2 Marco geológico regional con estructuras Geológicas principales (SGM, 2005)

Planteamiento del problema

"El Barrio La Alcantarilla" se localiza en una loma ubicada al Noroeste del cerro mirador Cristo Rey, con pendientes de 35° a 45° grados de inclinación, tiene una altura máxima de 2,637 m.s.n.m y mínima de 2,435 m.s.n.m. La litología del sitio está conformada por rocas volcánicas andesíticas.

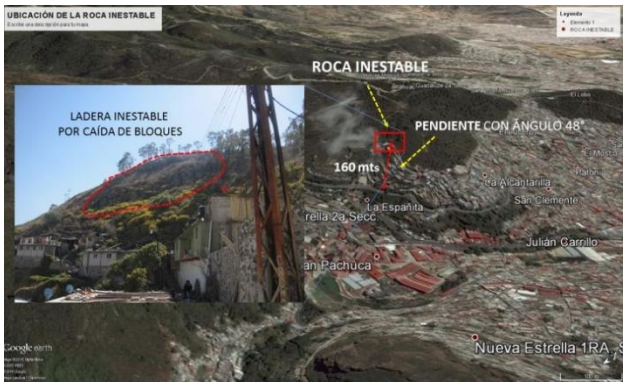

Figura 3 Ubicación del área de estudio, donde se Localizan los bloques del Barrio La Alcantarilla. (SGM 2017)

Las rocas que se encuentran a punto de caer, se ubican en la parte media-alta de la ladera en las coordenadas (UTM WGS84 X: 528711 m E, Y: 2226243 m N, a una altura de 2,550 m.s.n.m), las viviendas se encuentran inmediatamente en la parte inferior de éstas rocas.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Figura 4 Bloque inestable en condición de suelto, indicando sus dimensiones (SGM-2017)

Litología

La roca que aflora es de composición andesítica de color en tonos grises en superficie fresca y en superficie alterada en tonos oscuros y ocasionalmente ocre; con minerales visibles de plagioclasa de hasta 0.5 cm.

Figura 5 Detalle de roca andesita en superficie fresca

Figura 6 Se indica en color rojo, los principales sistemas de fracturas en el macizo rocoso

Marco Conceptual

Entre las amenazas geológicas se encuentran la sismicidad, el vulcanismo y la inestabilidad de los taludes.

Se conoce como talud, cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que adoptan permanentemente las masas de suelo. Los taludes son el resultado de la acción de agentes naturales o de la acción del hombre. Estos pueden ser naturales como las laderas o artificiales como los cortes y terraplenes.

Se conoce como inestabilidad de un talud, los deslizamientos o desprendimiento pendiente abajo, de una masa de suelo, roca o mezcla de ambos en forma lenta o rápida, generalmente de gran magnitud.

Para abordar los aspectos relacionados con las obras de estabilización de taludes, es necesario precisar un marco conceptual de los factores que intervienen en los procesos de inestabilidad.

El material desplazado puede movilizarse de forma lenta (milímetros por año), rápida y extremadamente rápida (metros/día); según la topografía.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

El volumen de la masa de suelo o roca, el mecanismo de rotura y la acción del agua, entre otros factores. Pueden activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión, socavación de los ríos y por la actividad humana.

Los factores que contribuyen a crear una situación de inestabilidad en un talud son múltiples; rara vez actúa uno solo, estos se dividen en factores internos (condicionantes) y factores externos (desencadenantes).

Dentro de los internos se encuentran aquellas características que definen la susceptibilidad de los taludes y dentro de los externos, aquellos elementos relacionados con los agentes detonantes.

Factores internos	Geológicos: Representan un factor de inestabilidad permanente: la litología, la estratigrafía de la roca, discontinuidades estratigráficas y estructurales, y la alteración de las rocas.
	Geomorfológicos: Áreas con altas pendientes, geometría de los taludes, topografía irregular.
	Geotécnicos: También constituyen factores condicionantes, las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra.
	Vegetación: Contribuyen a fomentar una condición de equilibrio en los suelos en cuanto al contenido de agua disminuyendo su energía.
Factores externos	Climatológicos: También constituyen factores condicionantes, debido a las alteraciones que le ocasionan al talud, las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura.
	Sísmicos: Un sismo relativamente pequeño puede ser un factor suficiente para provocar la inestabilidad.
	Antropogénicos: Son los factores ocasionados por el hombre, como la deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, etc.

Tabla 1 Factores de inestabilidad

Entre los factores inherentes están: el grado de actividad, el contenido de agua, la velocidad del movimiento, la profundidad de la superficie de ruptura, el tipo de ruptura, estado de la actividad y el tipo de movimiento.

Por el grado de actividad	Inactivo: No presenta movimientos actualmente
	Poco activo: Presenta poco movimiento
	Activo: Presenta movimientos actualmente, con movimientos primarios y reactivaciones.
Por la velocidad de propagación de materiales	Extremadamente rápido: >5 m/s
	Rápido: > 1.5 m/día a 5 m/s
	Moderado: 1.5 m/mes a 1.5 m/día
	Lento: 1.5 m/año a 1.5 m/mes
	Muy lento: <1.5 m/año
Por la profundidad de la superficie	Superficial: entre 0 y 2 m
	Semi-profundo: entre 2 y 10 m
	Profundo: mayor de 10 m
Por el mecanismo de movilización	Derrumbes
	Caídas de bloques
	Volcamiento
	Reptación
	Deslizamientos
	Flujos o coladas de detritos o tierra
	Complejos

Tablas 2 Factores inherentes a la inestabilidad de taludes

Estabilidad de taludes

Un talud de tierra no puede considerarse estable indefinidamente, porque tarde o temprano la estabilidad que pueda presentar se pierde.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Debido a los agentes naturales tales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo y la erosión.

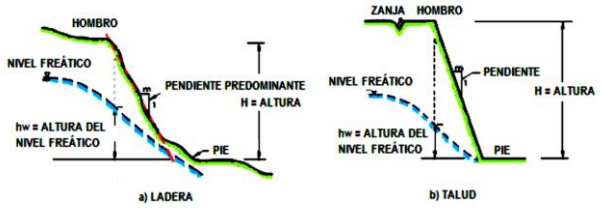

Figura 7 Nomenclatura de un talud

Un aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo, una redistribución desfavorable de esfuerzos, son causas que contribuyen de una u otra manera a que el talud busque su posición más estable. La estabilidad de los paramentos de un corte se confía a la resistencia propia del material que los forma y al valor soportante del suelo subyacente al pie del talud.

Cuando la falla ocurre durante la construcción del corte, se debe, por lo general, a que la altura del talud es mayor que la necesaria para que el peso propio del suelo pueda ser equilibrado por la resistencia interna del mismo.

Cuando la falla del corte se produce algún tiempo después de efectuado aquél, es muy probable que en la inestabilidad del mismo hayan intervenido otras causas, tales como presiones hidrostáticas, intemperismo y erosión.

Alternativas de solución para estabilizar los Taludes

Existen diferentes acciones que se pueden realizar para dar solución a los problemas de inestabilidad de taludes y que deben evaluarse de acuerdo a cada una de las situaciones particulares que se presentan para cada uno de los casos y que depende de la topografía del sitio, del tipo de terreno.

De la ubicación de las viviendas, del clima, de la humedad, de la sismicidad, etc.

Una propuesta general para estabilizar los taludes y de acuerdo a la formación de los estratos que lo forman, se instala primero sobre la superficie del corte una capa de malla anti erosión, formada por tres capas superpuestas y traslapadas de fibras de polipropileno negro que impida el paso de los materiales finos del corte y a la vez, propicien el crecimiento de vegetación con la intención de evitar el graneo y reforestar el corte.

Las mallas de triple torsión cubren la totalidad de la superficie de un talud que pueda presentar desprendimientos, impidiendo la salida de cualquier fragmento rocoso al exterior. La malla se sujeta en la corona del terraplén mediante correas de anclaje o placas, lastrándose en el pie del mismo con barras de acero o gaviones. Además, se recomienda disponer puntos de anclaje cada 2 o 3 m a lo largo del talud para ajustar la malla al terreno, aunque no excesivamente para evitar bolsas de acumulación de fragmentos. El material desprendido se queda atrapado o acumulado en el pie del talud, en un espacio previsto para ello

Figura 8 Vista de anclas de sujeción con dado de concreto y placas. (km 151+860 AL km 152+710, cuerpo B de la autopista Cuernavaca-Acapulco, en el Estado de Guerrero)

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

En las zonas donde se haya colocado la malla anti erosión, se procede a colocar la malla reforzada con cables de acero según la especificación particular correspondiente, el sistema se compone de Malla Hexagonal de alta resistencia a triple torsión con abertura tipo 8 x 10, diámetro del alambre 2.7 mm, galvanizado Clase III (NMX-B-085-CANACERO-2005) y con recubrimiento de PVC color verde, reforzada longitudinalmente, transversalmente y en los bordes con cable de acero galvanizado de 8 mm (5/16") de diámetro, entrelazado mecánicamente a la malla triple torsión, Resistencia Nominal a la Tracción en la Rotura 1770 N/mm2. Con separaciones de 30 cm x 30 cm., con capacidad a la tensión en condiciones ultimas de 160 KN/m en el sentido transversal.

La malla de alta capacidad se coloca con características y dimensiones fijadas en las especificaciones, los rollos de malla de alta capacidad se colocan al hombro del talud con una cuadrilla de trabajadores y son desenrollados sobre la cara del talud desde el hombro hacia el pie del mismo y se sujetan al hombro y al cuerpo del talud con las anclas de fricción de varilla de 1" (25.4 mm) de diámetro y 6.00 m de longitud respectivamente, estas anclas se alojan en un barreno de 3" (76.2 mm) de diámetro, en cada ancla de fricción se coloca una placa, en todo el perímetro de la malla se hará pasar un cable de acero galvanizado de ½" (12.5 mm) de diámetro para reforzar la malla, este cable es tensado y amarrado mediante nudos mecánicos para mantener la fuerza de tensión proporcionada mediante un Tirfor; las uniones entre lienzos de mallas de alta capacidad se hacen por medio de un cable de acero de 3/8" (9.5 mm) galvanizado.

Una propuesta particular para realizar la demolición de las rocas inestables y protección de la ladera en "El Barrio La alcantarilla" se describe a continuación:

Como lo informo en su oportunidad el Servicio Geológico Mexicano, urge el retiro de un bloque inestable en "El Barrio La alcantarilla" y dado que es muy susceptible su colapso, se recomienda colocar una malla de protección a fin de evitar la caída de la roca, durante los trabajos de demolición.

Después de colocar su protección se realizara la demolición, con la aplicación de un mortero expansivo no explosivo con perforaciones previas sobre la roca para su fragmentación controlada, haciendo un efecto de "picahielos", posterior a la demolición será necesario retirar el material producto de los trabajos realizados.

Posterior a la demolición del bloque inestable se propone la protección de la ladera con un sistema de mallas anti erosión y un sistema de paneles, sujetos mediante anclas de tensión de dos torones de 0.6"(1.52 mm) de diámetro, tensadas a 20 toneladas cada una.

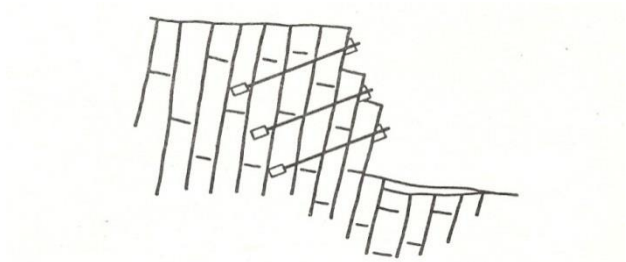

Figura 9 Anclajes en suelo rocoso altamente fracturado

Las anclas de tensión son generalmente barras que se introducen en una perforación hecha previamente y que poseen en su extremo enterrado un expansor, elemento que la hace crecer en sección transversal una vez puesta el ancla en su lugar; para crear una restricción contra la extracción de la barra.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

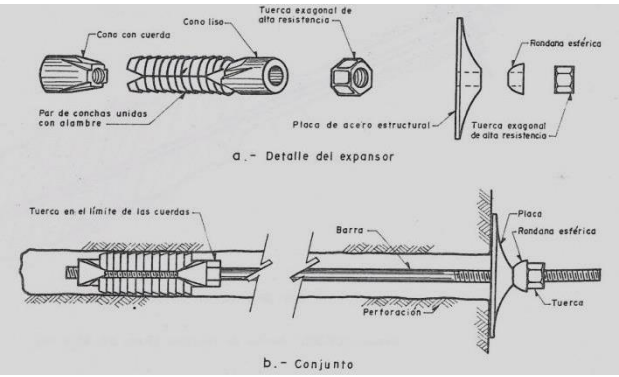

Figura 10 Anclajes en suelo rocoso altamente fracturado

Otro tipo de anclas, denominadas de fricción, se realiza en primer lugar una perforación en el material por anclar, dentro del cual se coloca la varilla de anclaje, adosando a ella un tubo de calibre suficiente para inyectar a través de ella, una lechada de cemento en la perforación, de modo que la varilla queda ahogada en la lechada y el contacto con el suelo. La varilla puede tener un expansor, como el de las anclas de tensión o un sistema de anzuelo que le de adherencia con la lechada.

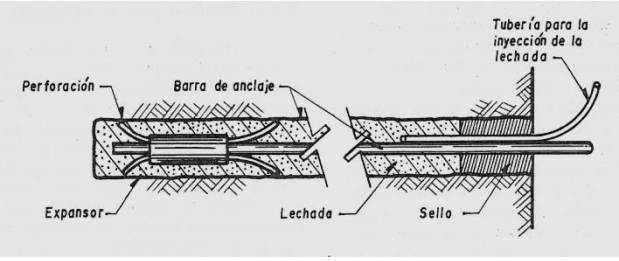

Figura 11 Ancla de fricción con expansor

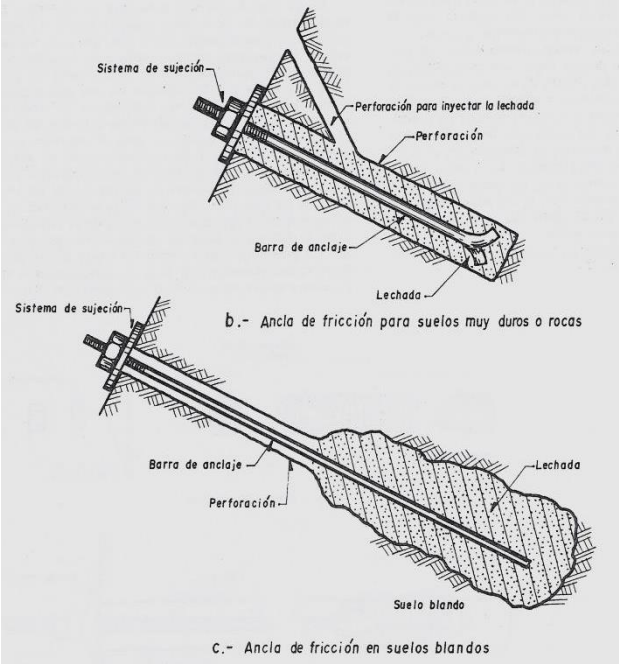

Figura 12 Anclas de fricción

Se recomienda reforzar todas las laderas y taludes similares en las zonas que presentan problemas similares utilizando mallas, paneles y torones tensados.

Figura 13 Colocación de malla antierosión para la protección de taludes. (km 151+860 AL km 152+710, cuerpo B de la autopista Cuernavaca-Acapulco, en el Estado de Guerrero)

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Otra propuesta para realizar la demolición de las rocas inestables y protección de la ladera en “El Barrio La alcantarilla” se describe a continuación:

Se recomienda realizar previamente la sujeción del bloque mediante una malla Rockmes HB 300, anclada con anclas de sujeción de 6 m de longitud y 1” (25.4 mm) de diámetro.

Inmediato a la sujeción del bloque de protección se realiza la demolición con la aplicación de un mortero expansivo no explosivo, donde previamente se realizan perforaciones de 1” (25.4 mm) sobre la roca para su fragmentación controlada haciendo efecto de pica hielo.

El mortero tiene una extraordinaria fuerza expansiva de 18000 psi cuando es mezclado con agua común. No es explosivo por lo que es un producto seguro, no causa ruido, no expulsa roca, ni vibraciones y no contiene gases tóxicos. No necesita licencia, permiso, ni entrenamiento especial para su uso. Reacciona aproximadamente una hora después de haber sido vertida la mezcla dentro de los barrenos

Figura 14 Levantamiento de detalles in situ para colocar la malla y sus anclajes. .(Km. 151+860 AL km. 152+710, cuerpo B de la autopista Cuernavaca-Acapulco, en el Estado de Guerrero)

Figura 15 Barrenación para ancla de sujeción.(km 151+860 AL km 152+710, cuerpo B de la autopista Cuernavaca-Acapulco, en el Estado de Guerrero)

Figura 16 Sujeción del bloque con malla y perforación de la misma (km 151+860 AL km 152+710, cuerpo B de la autopista Cuernavaca-Acapulco, en el Estado de Guerrero)

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Figura 20 Colocación del mortero y material expansivo no explosivo (km 151+860 AL km 152+710, cuerpo B de la autopista Cuernavaca-Acapulco, en el Estado de Guerrero)

Posterior a la demolición del bloque inestable, se plantea la protección de la ladera con un sistema de malla a tensión y el sistema HEAPANEL dicha malla y paneles se sujetaran mediante anclas de tensión de dos torones de 0.6" (1.52 mm) de diámetro tensadas a 20 toneladas cada una.

Conclusiones y Recomendaciones

El bloque inestable, se calcula con un peso de 13 toneladas aproximadamente, el cual tiene que ser retirado lo más pronto posible, teniendo en cuenta que en toda la ladera se tienen más bloques en condición de sueltos.

De acuerdo a la interpretación de los estereogramas, las concentraciones de polos indican tres direcciones preferenciales de las discontinuidades encontradas en el macizo rocoso y en el análisis estereográfico indica que en la estación estructural, la caída de los bloques es por volteo y caída libre

El retiro de todos los bloques que se encuentran en "El Barrio La Alcantarilla", tiene que realizarse antes de que empiece la época de lluvias, ya que ésta produce modificaciones en la humedad y en la presión de poros afectando la resistencia del suelo. Comúnmente, la intensidad y la persistencia alta de precipitación, es el detonante de la inestabilidad de las laderas y de las rocas.

Se hace además la recomendación de actualizar el Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales y de Riesgo del Municipio de Pachuca y zona conurbada.

Referencias

Crespo Villalaz, C. (2005). Mecanica de suelos y cimentaciones. México: Limusa.

Electricidad, C. F. (1980). Manual de Diseño de obras Civiles. Geotecnia B..3.1.Estabilidad de taludes. México: CFE.

Rico Alfonso Del castillo Hermilo. (1975). La Ingeniería de Suelos en las -Vias Terrestres. México: Limusa.

Maganda, Justino (2005). Estabilización de taludes en la autopista Cuernavaca-Acapulco, tramo del km 268+000 al km 238+000. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica de Ingeniería, Ingeniero Constructor.

Suarez, Jaime (2015) Deslizamientos: Técnicas de Remediación www.erosion.com.co

Páginas de Internet: http://www.aimecuador.org/capacitacion/archivos/pdf/Estabilidad_de_taludes.pdf

http://www.geotecnia2000.com/files/publicaciones/Analisis de Estabilidad de Taludes Rocosos.pdf.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Artículo **Revista de Ingeniería Civil**
Septiembre 2017 Vol.1 No.1 29-34

Obtención de la catenaria y tensión de un cable de acero mediante un análisis lineal

BALTAZAR-MALDONADO, Jorge†* y BALTAZAR-SALAZAR, Jorge

Recibido 2 de Enero, 2017; Aceptado 8 de Abril, 2017

Resumen

Los cables fabricados con acero de alta resistencia son completamente flexibles y tienen una resistencia a la tensión cuatro o cinco veces mayor que la del acero estructural, debido a su elevada relación resistencia-peso, los proyectistas utilizan los cables para construir estructuras de grandes claros. El objetivo principal es conducir una línea de agua potable de polietileno de alta densidad (PAD) de 2” de diámetro, con un cable de acero de aproximadamente 764 m de longitud, que pase por la minera Autlán ubicada en Molango, Hidalgo, México, ya que es la única forma de conducción, debido a que las maquinas trabajan en tierra. La metodología que se empleará es realizar un modelo numérico lineal para determinar las fuerzas de tensión, la catenaria y longitud. Los resultados obtenidos del modelo numérico se emplearán para determinar el tipo de cable comercial a utilizar. Finalmente se puede implementar una alternativa de análisis lineal para determinar un problema práctico de cables en ingeniería que comúnmente se resuelve de una manera no lineal.

Catenaria, análisis lineal, cable de acero

Abstract

The cables made of high strength steel are completely flexible and have a tensile strength four to five times higher than that of structural steel, because of their high strength-to-weight ratio, designers use cables to construct large light structures. The main objective is to conduct a 2" diameter PAD drinking water line, with a steel cable of approximately 764 m in length, passing through the Autlán mine located in Molango, Hidalgo, México, as it is the only form of to which the machines work on land. The methodology to be used is to perform a linear numerical model to determine the stresses, the catenary and length. The results obtained from the numerical model will be used to determine the type of commercial cable to be used. Finally, a linear analysis alternative can be implemented to determine a practical cable problem in engineering that is commonly solved in a non-linear analysis.

Catenary, linear analysis, steel cable

Citación: BALTAZAR-MALDONADO, Jorge y BALTAZAR-SALAZAR, Jorge. Obtención de la catenaria y tensión de un cable de acero mediante un análisis lineal. Revista de Ingeniería Civil 2017. 1-1:29-34

† Investigador contribuyendo como primer autor.
*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: gangtsta_xt@hotmail.com

© ECORFAN-Perú

Introducción

Los cables son miembros relativamente delgados y flexibles compuestos por un conjunto de alambres de acero de alta resistencia enlazados mecánicamente entre sí. Mediante el trefilado de barras de acero de aleación por medio de troqueles (un proceso que alinea las moléculas de metal), los fabricantes son capaces de producir cables con resistencia a la tensión de hasta 2000 Kg/cm2, en este caso se empleará un cable de acero de clasificación estándar de 6x36. Como los cables no tienen rigidez con respecto a la flexión, solo pueden transmitir esfuerzos de tensión directos (obviamente se pandearían bajo cualquier carga de compresión pequeña). En vista de su alta resistencia a la tensión y su manera de transmitir la carga (por esfuerzo directo), las estructuras con cables tienen la capacidad de soportar las grandes cargas de estructuras de claros largos en forma más económica que la mayoría de otros elementos estructurales.

Con respecto a las cargas su comportamiento es el siguiente; Bajo su propio peso (es decir, una carga uniforme que actúa a lo largo del arco del cable), el cable adopta la forma de una catenaria. (fig. 1) si el cable recibe una carga distribuida uniformemente sobre la proyección horizontal de su claro, adoptará la forma de una parábola (fig. 2). Cuando la flecha (es decir la distancia vertical entre la cuerda del cable y el cable a la mitad del claro) es pequeña (fig. 3), la forma del cable generada por su carga muerta se aproxima a una parábola.

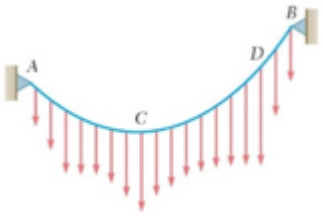

Figura 1 cable que está unido a dos puntos fijos A y B y que soporta una carga distribuida. [1]

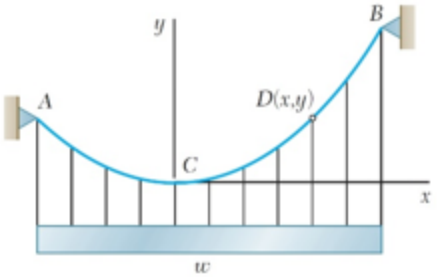

Figura 2 cable AB soporta una carga distribuida de manera uniforme a lo largo de la horizontal. [1]

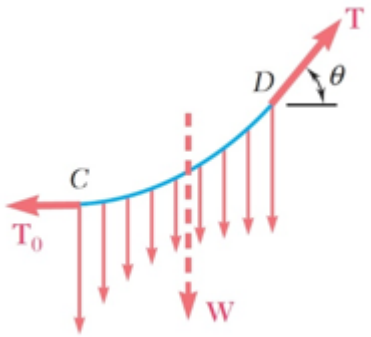

Figura 3 diagrama de cuerpo libre de la porción del cable que se extiende desde el punto más bajo C hasta un punto D del cable. [1]

Para utilizar de en forma eficiente la construcción por medio de cables, el proyectista debe hacer frente a los siguientes problemas:

1 Calcular la tensión máxima del cable, así como la flecha máxima y la longitud del cable.

2 Suministrar un medio eficiente de anclaje para la gran fuerza a tensión transmitida por cables.

Se realizó un análisis lineal de cables, la topografía determinó la posición de los apoyos extremos, la tubería de PAD de 2” de diámetro determinó la magnitud de las cargas aplicadas, basándose en estos parámetros, aplicamos la teoría de cables para calcular las reacciones en los extremos, la fuerza interna en todos los puntos del cable, y la posición de otros puntos a lo largo del eje del cable.

ISSN 2523-2428
ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Hipótesis

Realizar un análisis lineal para determinar la tensión máxima, la flecha máxima y la longitud del cable y así seleccionar un cable de clasificación estándar 6x36 óptimo, que soporte la tubería de PAD de 2”, para una flecha de 15 m.

Planteamiento del problema

Se requiere conducir una línea de agua potable de PAD de 2” con un cable de acero de aproximadamente 764 m de longitud, que pase por la minera Autlán ubicada en Molango, Hidalgo, México, se trata de determinar el diámetro del cable necesario comercial estándar para minería de 6x36, y se desea que la flecha no pase de 15 m. debido a las maniobras que se ejecutan con la maquinaria.

Clasificaciones de cables estándar 6x36

La cantidad de torones y la construcción determinan la clasificación del cable Los alambres son los bloques básicos de un cable. Están colocados alrededor de una “alma” con un patrón especificado, en una o más capas para formar un torón. Los torones se colocan alrededor de un alma para formar un cable. Los torones proporcionan toda la resistencia a la tracción en un cable con alma de fibra y más del 90% de la resistencia en un cable típico de 6 torones con un alma de cable independiente. Las características como resistencia a la fatiga y resistencia a la abrasión se ven directamente afectadas por el diseño de los torones. En la mayoría de los torones con dos o más capas de alambres, las capas interiores sostienen a las exteriores de manera que todos los alambres puedan deslizarse y ajustarse libremente cuando el cable se dobla.

Como regla general, un cable que tiene torones hechos con pocos alambres de diámetro grande será más resistente a la abrasión y menos resistente a la fatiga que un cable del mismo tamaño hecho con torones con muchos alambres de diámetros pequeños (Figura 4). Todos los cables del mismo tamaño, grado y alma de cada clasificación tienen la misma resistencia mínima a la rotura y peso por metro. Las diferentes construcciones dentro de cada clasificación difieren en las características de trabajo. Considere estas características siempre que seleccione un cable para una aplicación similar (Tabla 1).

Figura 4 Esquema básico de un torón formado por cables de diámetros grandes y pequeños.

Diámetro (pulgadas)	Peso (kg/m)	Resistencia a la ruptura (ton)
1/2	0.68	12.1
5/8	1.07	18.7
3/4	1.55	26.7

Tabla 1 Especificaciones de los cables 6x36 alma de acero. (Catálogo grupo de acero, México)

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Metodología a desarrollar

Se empleó un análisis lineal partiendo de las ecuaciones de estática para cables con cargas distribuidas, puesto que todas las secciones transversales de cables cargados axialmente están esforzadas de manera uniforme, el material se debe utilizar con eficiencia óptima. Se analizará a partir de los siguientes datos proporcionados por la empresa CC MARVAL I-A (Tabla 2) y las siguientes ecuaciones.

Altura a desnivel	40.963	m
Carga del Cable	1.55	Kg/m
Carga Tubería PAD 2”	3.85	Kg/m
Carga Total, w	5.4	Kg/m
Longitud Total, L	746.01	m
tan θ	0.05490945	º
Flecha a la mitad del claro, f	15	m

Tabla 2 Datos iniciales para el cálculo

Ecuaciones generales para la determinación de la tensión máxima, flecha y longitud del cable:

1. Cálculo del punto más bajo

$$x_c = \frac{L}{2}\left(1 + \frac{L}{4f} tan \propto\right) \quad (1)$$

Xc= 627.66 m

2. Cálculo de la flecha máxima

$$y' = \frac{4f}{L^2}(Lx - x^2) + xtan \propto) \quad (2)$$

y’= 42.47m

Por lo tanto, la flecha de 15 m es menor a la flecha máxima.

3. Cálculo de la fuerza horizontal

$$H = \frac{wL^2}{8f} \quad (3)$$

H= 25043.8914 Kg

4. Cálculo de la fuerza vertical

$$V = x_c * w \quad (4)$$

V= 3389.373343 Kg

5. Cálculo de la Tensión máxima del cable

$$T_{MAX} = \sqrt{H^2 + V^2} \quad (5)$$

TMAX= 25272.20505 Kg

6. Cálculo de la longitud del cable

$$S = L\left[1 + \frac{8}{3}\left(\frac{h}{L}\right)^2 - \frac{35}{2}\left(\frac{h}{L}\right)^5\right] \quad (6)$$

S= 746.813498374156 m

Resultados

Como resultado de la tensión máxima, de 25.2 ton y la tensión a ruptura de 26.7 del cable de 3/4, bastaría con un diámetro de ¾, que se sujetó en bloques de concreto armado con un peso mayor a 25.2 ton para contra arrestar la tensión y sujetar los cables.

Finalmente, podemos obtener el gráfico del comportamiento del cable para una flecha igual a 15 m empleando la ecuación siguiente.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Cálculo de la flecha para obtención de la gráfica (Tabla 3)

$$y = \frac{4hx}{L^2}(\mathrm{x} - \mathrm{L}) + \mathrm{x} * \tan\theta \ (7)$$

Cable		
y (metros)	Flecha (h)(metros)	Distancia (x)(metros)
0	15	0
-0.46724421	15	20
-0.84823983	15	40
-1.14298688	15	60
-1.35148536	15	80
-1.47373525	15	100
-1.50973657	15	120
-1.45948932	15	140
-1.32299348	15	160
-1.10024907	15	180
-0.79125608	15	200
-0.39601451	15	220
0.08547563	15	240
0.65321435	15	260
1.30720165	15	280
2.04743752	15	300
2.87392198	15	320
3.78665501	15	340
4.78563661	15	360
5.4815	15	373.005
5.8708668	15	380
7.04234556	15	400
8.30007289	15	420
9.64404881	15	440
11.0742733	15	460
12.5907464	15	480
14.193468	15	500
15.8824382	15	520
17.657657	15	540
19.5191244	15	560
21.4668404	15	580
23.5008049	15	600
25.621018	15	620
27.8274797	15	640
30.12019	15	660
32.4991488	15	680
34.9643562	15	700
37.5158122	15	720
40.1535168	15	740
40.963	15	746.01

Tabla 3 Valores de flecha para gráfica

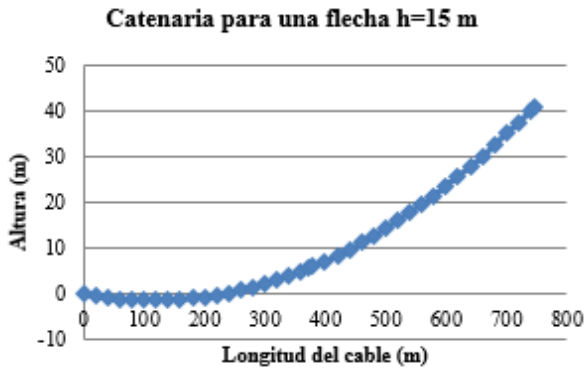

Gráfico 1 Gráfica de la catenaria proyectada para el cable de ¾ de diámetro con una flecha de 15 m.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Empresa CC MARVAL I-A, por las facilidades prestadas para el desarrollo de la presente investigación.

Conclusiones

Finalmente podemos concluir que el cable de ¾ de diámetro soporta la tensión de 25.2 ton, así mismo cumple las necesidades de la empresa (Figura 4), dicho proyecto es inédito ya que, en el estado de Hidalgo, no existe otro que tenga esa longitud. En consecuencia, el análisis lineal que se empleo es suficiente, dado que la tubería es pequeña y no se presentan otro tipo de cargas dinámicas, sin embargo, una característica negativa al diseñar cables, es que los cables son de secciones transversales pequeñas, por lo tanto, son muy flexibles y tienden a vibrar fácilmente bajo cargas en movimiento.

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

Si la carga cambia de sentido repentinamente (una condición producida, digamos, por el viento o por sismo), un cable a tensión esbelto se pandeará antes de que pueda generar alguna resistencia a la carga y se tendría que realizar un análisis no lineal.

Figura 4 Proyecto realizado en la minera Autlán en Molango, Hidalgo, México. (2015)

Referencias

[1] Ferdinand P., Russell E., J. Mazurek D., (2012), Vector Mechanics for Engineers: Statics. New York, NY: McGraw Hill

Kennet M. & Chia-Ming U. (2005), Fundamentals Of Structural Analysis. New York, NY: McGraw Hill

ECORFAN® Todos los derechos reservados.

[Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envio: Mes, Dia, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo. Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

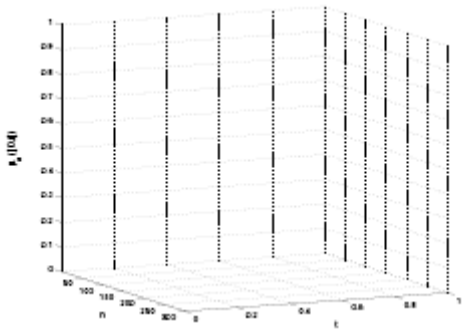

Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

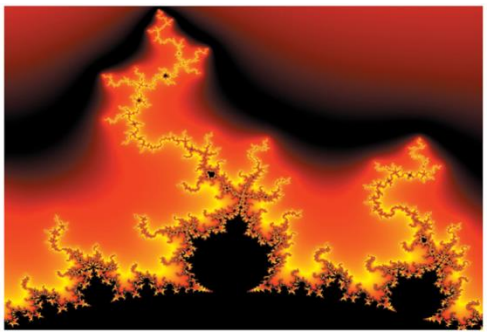

Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

ISSN 2523-2428
ECORFAN® Todos los derechos reservados

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^{r} \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \qquad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posiblidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista
Título del Artículo
Abstract
Keywords
Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)
Correo Electrónico de Correspondencia al Autor
Referencias

ECORFAN® Todos los derechos reservados

Formato de Originalidad

Cusco, Perú a ____ de ____ del 20_____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

_____

Firma (Signature):

_____

Nombre (Name)

Formato de Autorización

Cusco, Perú a ____ de ____ del 20_____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN- Perú a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN- Perú to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

_____
Firma (Signature)

_____
Nombre (Name)

Revista de Ingeniería Civil

"Uso múltiple del agua en las cuencas del Valle de México y Río Tula"
HERNÁNDEZ, Isabel, KAMPFNER, Oscar, RODRÍGUEZ, Filemón y MENESES, José

"Cálculo de elementos mecánicos utilizando la norma de carga viva vehicular IMT-20.5"
GARCIA, José, LUGO, Arturo, BALTAZAR, Jorge y PULIDO, Jorge

"Alternativas de solución contra riesgos por erosión en el Barrio la Alcantarilla en Pachuca, Hidalgo"
ZÚÑIGA, José, KAMPFNER, Oscar, ACOSTA, Javier y VÁZQUEZ, Mónica

"Obtención de la catenaria y tensión de un cable de acero mediante un análisis lineal"
BALTAZAR-MALDONADO, Jorge y BALTAZAR-SALAZAR, Jorge

2523 2428
ISSN 2523-2428
www.ecorfan.org