

N° 15 Septiembre, 2022

REVISTA Ingeniería e Investigación



Fundada el 5 de octubre de 1922



¡SÍMBOLO DE INNOVACIÓN!



VIGUETA **BUNKER**

BUNKER SISMORRESISTENTE

GRADERÍA
PRETENSADA

ESCENARIOS DEPORTIVOS

OTROS
PRODUCTOS



LOSETA DOBLE S

Destinado a la construcción de pavimentos articulados y con la posibilidad de incorporar colores al acabado de las piezas.



VIGUETA PARA PUENTE

Destinados para la construcción de puentes vehiculares, puentes peatonales, naves industriales, talleres, viaductos o cualquier otra estructura que requiera resistir grandes cargas de servicio.



PAVICÉSPED

Destinados a la protección de césped en áreas de estacionamiento, como también, para proyectos de paisajismo en jardines.



BLOQUE DE HORMIGÓN

Destinado a la construcción de pisos articulados con acabados estéticos gracias a su acabado tipo mosaico al momento del armado.



BALDOSA LISBOA

Destinado a la construcción de pisos articulados con acabados estéticos gracias a su acabado tipo mosaico al momento del armado.



PLASTOFORM

Su función es aligerar la losa y soportar el peso del hormigón en el vaciado, conjuntamente con las viguetas pretensadas Tecnopreco.



2240814 - 70513827

La Paz / Oruro / Potosí / Cochabamba / Tarija

Plastiforte®

Tecnología y soluciones para el agua



Iniciemos juntos tu próximo proyecto

www.plastiforte.com

 +591 788 77 000   

BOMBAS PARA DIFERENTES SECTORES DE SU PROYECTO

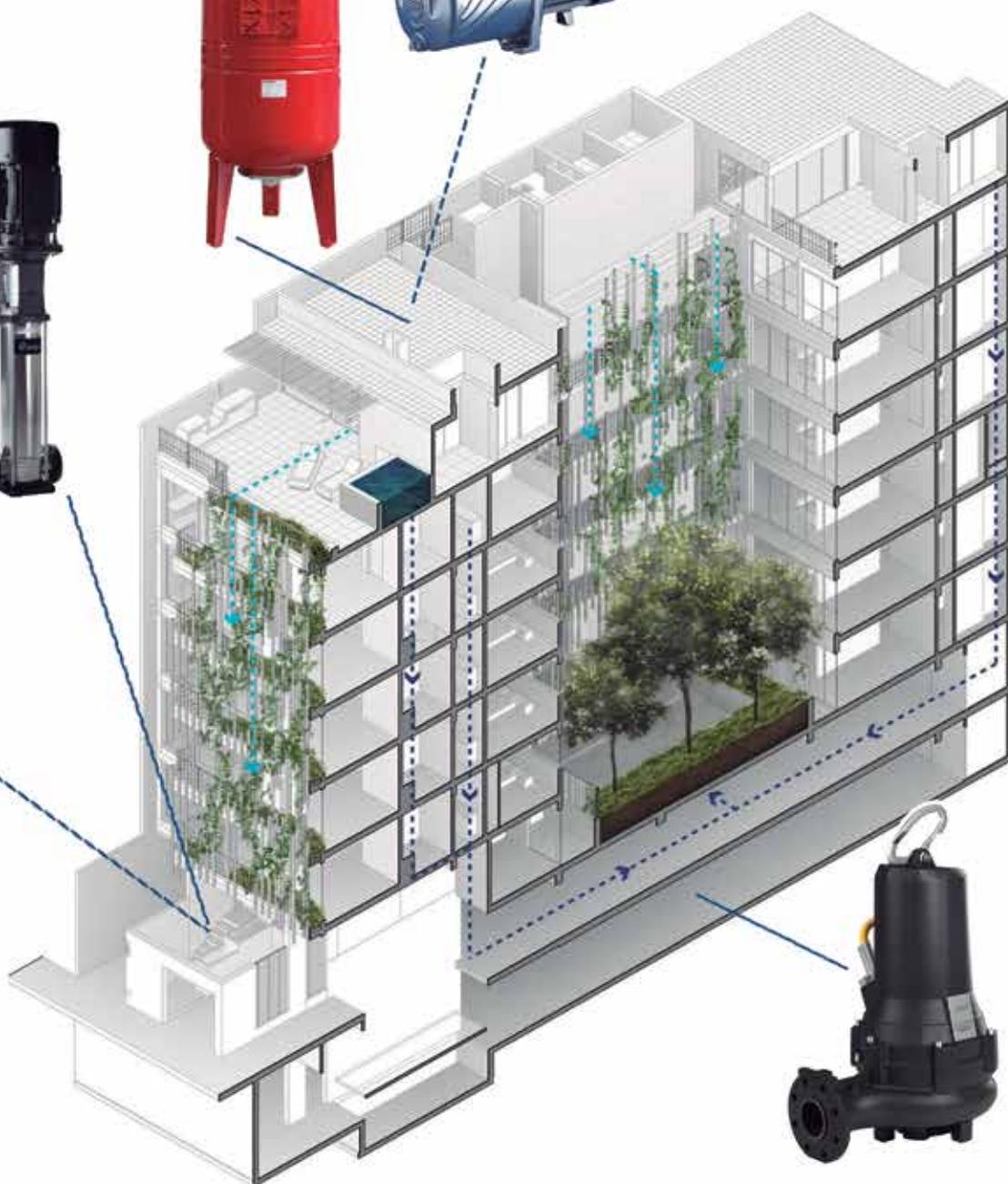


DISTRIBUIDORA
SAN RAFAEL
BOMBAS DE AGUA

VAREM

caprari
pumping power

PEDROLLO
...distribuidor autorizado



📍 Cbba - Av. Blanco Galindo Km 4.5 acera sud
☎ +591-4-4444256
📞 +591-77455941 +591-76920124

📍 Scz - Avenida Cristo Redentor esq. Ricardo Chavez
☎ +591-3-3425688
📞 +591-75900241 - +591-77444329

🌐 @GSRSA1510

🌐 www.sanrafael.com.bo



CONSEJO EDITORIAL

Ing. Gisela Chumacero Tellez
Ing. Eduardo Velasquez Suarez
Lic. Taide Guardia Flores

EDICIÓN GENERAL

Lic. Taide Guardia Flores

ASESOR COMERCIAL

Sr. Rubén J. Casas Condori

DIAGRAMACIÓN

Marka Diseño e Impresión

IMPRESIÓN

UNICAB – Industria Gráfica

El contenido de los artículos publicados en esta revista, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

PROPIEDAD LITERARIA E INTELECTUAL

Sociedad de Ingenieros de Bolivia

Depósito Legal: 4-3-10-14

Oficina Nacional: Av. 16 de julio N° 1440
Edif. Herrmann piso 8 of. 804
Tel.: Fax. (591) (2) 2331833
(2) 2331832 - (2) 2370348
sibnacional@sib.org.bo
La Paz- Bolivia

www.sib.org.bo

PRESENTACIÓN

La Sociedad de Ingenieros de Bolivia, es una institución consolidada como el referente técnico a nivel nacional, con más de 55.000 ingenieros registrados, todos ellos comprometidos con el desarrollo de nuestro país, quienes se adecuan constantemente al avance de la ciencia, lo que ha permitido estar siempre a la vanguardia de las nuevas tecnologías, contribuyendo de esta manera con el progreso de nuestra querida Bolivia.

Este 05 de octubre, conmemoramos 100 años de vida institucional y la revista **INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN**, como parte del conjunto de eventos de celebración, presenta contribuciones de calidad y relevancia, resultado de la investigación de hombres y mujeres especialistas en las distintas áreas de la ingeniería.

La edición N°15 incluye artículos técnicos sobre ingeniería petrolera, como modificación de contratos y tuberías de transporte de hidrocarburos; en ingeniería civil artículos referentes a contraste de modelos hidrológicos y aplicación de modelos hidrodinámicos; en ingeniería de sistemas artículos en cuanto a sistemas de reconocimiento facial; en ingeniería química, artículos con relación a caracterización fisicoquímica de la laguna hedionda; en ingeniería electrónica artículos en torno a sistemas de control óptimo multivariable; en ingeniería en minas artículos acerca de minería y energía nuclear y en ingeniería informática artículos sobre informática forense; un número con temas y aportes propios de la ingeniería.

Ing. Jorge Alberto Vaca Raslan
**Presidente de la Sociedad de
Ingenieros de Bolivia**

Contenido



5. La modificación de los contratos petroleros para el diseño y determinación de la inversión petrolera
Mario Daza Blanco
8. Contraste de modelos hidrológicos semi-distribuidos en cuencas de alta montaña
Carlos Ivan Escalier Romero
12. Sistema de reconocimiento facial con MATLAB
Sergio Vladimir Ureña Mérida
15. IBER, aplicación de modelos hidrodinámicos para la evaluación de zonas inundables en Bolivia
Cristian Federico Fernandez Moscoso
18. Caracterización fisicoquímica y estimación de la reserva de la laguna hedionda sud
José Tacachiri Chocamani
23. El método de BATTELLE – COLUMBUS para realizar evaluación de impacto ambiental en Bolivia
Yonielt Eduard Bitre Mamani
27. Control cinemático de un robot manipulador
Juan Miguel Tintaya Padilla
30. Métodos de determinación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias en edificaciones de oficinas
Néstor Walter Barrera Romero
34. Diseño de sistemas de control óptimo multivariable en el espacio de pseudoestados
Aaron Nestor Mamani Villca
38. Informática forense en dispositivos de almacenamiento (unidades de discos sólidos)
Humberto Aguilar Lobo
42. Evaluación de la convergencia del método HARDY-CROSS en el análisis de redes de agua potable
Mario Carmelo Gamarra Mendoza
48. Influencia de corrientes vagabundas del tren metropolitano Cochabamba sobre las tuberías enterradas de acero de transporte de hidrocarburos con protección catódica
Ing. Paola Andrea Postigo Rojas
52. Minería y energía nuclear en el oriente boliviano
Carlos Alberto Azcui Castellón
54. Validación de la fórmula de diurez para la obtención del contenido óptimo de ligante en mezclas asfálticas elaboradas con material reciclado
Rodolfo Angel Aliaga Choque
57. El rol del ingeniero civil frente a las patologías en estructuras de hormigón armado
Sidney Salvatierra Quiroga

La modificación de los contratos petroleros para el diseño y determinación de la inversión petrolera

Ing. Mario Daza Blanco - R.N.I. 11054

Es Ingeniero en Petróleo, Gas y Procesos de la Universidad Mayor de San Andrés con Maestrías en Ingeniería de Reservorios y Metodología de la Investigación en Ingeniería, Ph.D.(c) en Políticas de Desarrollo y Gestión Pública.

RESUMEN

El petróleo es un recurso fósil agotable, compuesto predominantemente por hidrocarburos, y es la principal fuente de energía, tanto desde el punto de vista de la generación, como de la utilización en los diferentes países. La recaudación de impuestos sobre los hidrocarburos existe en la mayoría de los marcos fiscales de los países productores de petróleo y es un instrumento básico de enfoque monetario, energético y ecológico, por lo que uno de los principales atributos de los activos energéticos es la renta petrolera. El arrendamiento de activos regulares ha sido una de las partes más discutidas de la hipótesis monetaria. Casi ninguna otra relación ha tenido tanto tratamiento en la bibliografía económica como esta, y la gran mayoría de las discusiones están relacionadas con su punto de partida y su discernimiento entre los distintos especialistas.

INTRODUCCIÓN

La renta petrolera parte de un concepto ricardiano que se aplica al desarrollo de un activo como son las fuentes extractivas y se caracteriza como el límite del negocio de la producción de un bien dado, y por la distinción entre los últimos costos de la cadena de producción y su inversión, por otra parte podríamos considerarla como una definición realmente contable en la que rechazamos el gasto de capital (o al menos el beneficio) lo que nos conlleva a una idea de utilidad de trabajo en lugar de arrendamiento, dejando a un

lado brevemente el pensamiento del sistema de aplicación de la explotación útil. No obstante estas presunciones de análisis no dejan de crear complejidad en una industria como la petrolera, en la que los costos de exploración son amplios, por lo que la valoración de la renta conlleva una estimación inexacta. En general, los acuerdos de exploración y de relación con la participación de la renta fomentan sistemas monetarios que se aplican para decidir y obtener una ganancia financiera, sin embargo algunos acuerdos están muy lejos de ser los óptimos e ideales, ya que cada reservorio o reserva de hidrocarburos tiene un tratamiento diferente, lo que determina la capacidad de los volúmenes y reservas cuantificables probadas y los sectores de negocio a los que están ordenados. Existen además casos en los que las empresas tanto locales como transnacionales se han apropiado generalmente de un nivel más elevado del arrendamiento o renta que se relaciona con el país soberano que reclama los hidrocarburos como propiedad inalienable.

Del mismo modo, el precio del petróleo es un aspecto importante para la investigación de los sistemas financieros, ya que una caída o elevación de la cotización del crudo que no se pudo prever con antelación en los contratos petroleros, trae consigo beneficios según la cotización vigente y, además perjuicios tanto para el concesionario como para la nación que lo entrega, influyendo esencialmente en el pago en comparación con ese incremento o disminución de los costos, esto ha provocado la renegociación de los acuerdos existentes entre las naciones dependientes de sus recursos fósiles y la administración de la misma, lo que incluso ha inducido la inconveniencia unilateral de nuevos términos por parte de algunos Estados. Por regla general, los modelos financieros se planifican considerando los indicadores del nivel de producción de los hidrocarburos, como una estimación de la probable productividad monetaria del equivalente del mismo, considerando además el límite normal del yacimiento, que es la razón por la que la aplicación de los contratos petroleros no ha tenido

la opción de responder suficientemente a los cambios no ideales en los estados de la generación de renta petrolera en los mercados del petróleo y del gas.

DESARROLLO

El efecto de la exploración se fija en el predicamento de ampliar la renta aplicando el plan de un modelo útil y el esquema de gastos relacionada, que da la correspondencia de utilidad más elevada disponible.

En términos claros, se trata de la opción entre ampliar la magnitud de la parte que le corresponde al Estado de una determinada distribución, o adquirir la mayor parte, y según la perspectiva de las políticas públicas no es fácil planificar un acuerdo óptimo.

Normalmente existe una extraordinaria compulsión a cambiar los principios cuando la renta del petróleo aumenta y es apropiado por el financiador privado o inversionista.

En cuanto a los sistemas de generación de las rentas, aunque exista una buena proyección geográfica de éxito exploratorio, esta puede condicionar su presencia si se denota una conexión de análisis de ganancias entre el ciclo del emprendimiento (más que el ciclo de adjudicación de las rentas petroleras) y el ciclo de explotación de hidrocarburos.

Esto hará concebir, con un alcance específico una relación en la que conociendo el grado de ingreso de inversión, será factible conocer el grado futuro del reservorio y su producción. Cuanto mejor sea el estado planificado de la concesión, mayor será la rentabilidad y con ella el beneficio, dada una innovación accesible.

Figura 2 Variación del precio de Petróleo WTI Enero 2015-Mayo 2022



Nota. En la figura 2, se puede apreciar la variación de los precios del crudo en los meses de enero 2015 a mayo de 2022, mismo que incidió de gran manera en el precio del gas natural boliviano de exportación.
Tomado de Datosmacro.com

Es por ello que cuando se diseña un régimen fiscal un gobierno busca optimizar el valor de los ingresos que recibe de la explotación de sus recursos naturales, como el petróleo y gas. En este análisis la necesidad de revisar

los sistemas aplicados de regímenes fiscales, muchos de los referidos elementos que funcionaron en la normativa actual están ahora obsoletos y necesitan ser rediseñados.

En el presente marco de precios y costos de producción del petróleo y/o del gas, extremadamente volátil, (ver Figura 2) es necesario modificar la imposición fiscal que rige los contratos petroleros de exploración, desarrollo y producción, si los gobiernos pretenden seguir maximizando el valor de los ingresos que reciben de sus recursos.

En este ámbito la relevancia aplica principalmente a determinar el régimen fiscal, ya que este es uno de los principales aspectos que debe ser analizado y/o modificado, con el fin de generar los incentivos requeridos en el sector, y ser tomados en cuenta cuando se elabore una nueva ley de hidrocarburos que permita atraer las inversiones requeridas para incrementar la exploración y descubrimientos comerciales, e incrementar los volúmenes de producción de hidrocarburos garantizando el abastecimiento de combustibles al mercado interno, así como el cumplimiento de los contratos de exportación de gas suscritos en la actualidad.

CONCLUSIÓN

Este análisis nos permite ahondar en el inicio de un nuevo sistema aplicable y en la idea de los acuerdos que se colocarán en cada ronda de ofertas durante las licitaciones o concesiones para áreas de exploración, para posteriormente tener la opción de enmarcar una metodología hipotética que dé sentido de manera lógica a este nuevo plan paradigmático, y dé los componentes clave a través de los cuales se puedan sustentar nuevas reglas que refuercen los vínculos jurídicos conformados entre el Estado y las empresas inversionistas transnacionales.

Para ello se debe demostrar que la todavía dispendiosa ejecución del Estado en la selección de los acuerdos petroleros, obligan a la necesidad de explicar una reestructuración óptima, y el alcance de los contratos a través de una hipótesis que figure normas fundamentales y explícitos que permitan el avance y perfeccionamiento de una regulación energética en la aplicación de obligaciones fiscales por parte del Estado y las empresas transnacionales, independientemente de las partes de aplicación jurídica relativa al ámbito hidrocarburífero, que se suman a su revisión a través de la investigación de la regulación y aplicación estatal, económica, e internacional.

Un ejemplo de las actividades y características que determinan un Régimen Fiscal se aprecia en la siguiente figura 3:

Figura 3. Aspectos que determinan el Régimen Fiscal



Tomado de Yacimiento Petrolíferos Fiscales Bolivianos-2018

En este entendido, el régimen fiscal va a determinar la inversión que el país sea capaz de atraer. Por lo que un régimen fiscal competitivo facilitará un incentivo mayor en la inversión, mientras que uno inadecuado dará lugar a que el país teniendo un potencial de recursos tanto prospectivos y contingentes, así como con importantes reservas probadas, de petróleo como de gas, quede alejada de ser un mayor exportador neto de hidrocarburos, sin que exista empresas operadoras internacionales que se dediquen a la exploración de los recursos naturales del país, con sus propios medios e inversión.

Asimismo, la elección de un régimen fiscal es fundamental ya que implicará aplicar dos cuestiones financieras esenciales: ¿Cómo se van a recuperar los costos? y ¿cómo se van a repartir las utilidades y participación? En este ámbito se debe analizar el marco económico caracterizado por una mayor volatilidad de precios y costos, lo que da lugar a importantes inestabilidades que obligan a examinar los regímenes fiscales en análisis, así como también rediseñar nuevos tipos de contratos petroleros competentes y solucionar los problemas denotados y que es motivo de cuestionamiento a los actuales contratos, especialmente en lo que se refiere a la distribución de las ganancias.

En consecuencia, se hace énfasis en la conclusión de que la inversión extranjera es fundamental a la hora de desarrollar

los recursos hidrocarburíferos del país, ya que se trata de responder a interrogantes de la predisposición de una compañía operadora decida a invertir en el país y no en otro, según las condiciones tanto técnicas, de participación en las ganancias y de seguridad jurídica que se les otorgue.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancibia, C. (2016). Regla versus discreción en la Política Fiscal: Caso Bolivia. Centro Estratégico Latinoamericano de Geopolítica (CELAG). <https://www.celag.org/wp-content/uploads/2017/05/Resumen-Arancibia-C.-2017.-Regla-versus-discreci%C3%B3n-en-la-pol%C3%ADtica-fiscal.-Caso-Bolivia.pdf>: Centro Estratégico Latinoamericano de Geopolítica (CELAG)
- Cabrera Gómez, J. G., Flechas Salcedo, L. G., & Roncancio Martínez, J. H. (2006). Las obligaciones en el nuevo contrato de exploración y explotación de hidrocarburos. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana] Documento digital. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/56655/TESES15.pdf?sequence=1>.
- Medinaceli, M., & Mokrani, L. (2010). Impacto de los bonos financiados con la renta petrolera. Umbral N°20. Revista del Postgrado Multidisciplinario en Ciencias del Desarrollo, 223-263. https://socialprotection.org/sites/default/files/publications_files/Umbral_20_20%281%29-225-265.pdf.
- Wanderley, F., & Mokrani, L. (2011). La economía del gas y las políticas de inclusión socio-económica en Bolivia, 2006-2010. Serie Avances de Investigación N° 56. CeALCI- Fundación Carolina. https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2014/07/Avance_Investigacion_56.pdf.

El Proyecto ME

Se contruye para ser Ecofriendly



Estamos pre-certificados



NIEMOYER

Contacto 701-10841

Contraste de modelos hidrológicos semi-distribuidos en cuencas de alta montaña

Ing. Carlos Ivan Escalier Romero - R.N.I. 39937

Es Ingeniero Civil de la Universidad Católica Boliviana "San Pablo", MBA master en desarrollo y gestión de proyectos – Business School CumLaude – Universidad de Nebrija.

RESUMEN

Con el concepto de realizar un enfoque de manejo integrado de cuencas hidrográficas, preservar la productividad, integrar una gestión adaptativa y desarrollar el modelo del balance hídrico. El proyecto de investigación buscara esclarecer, mediante comparaciones de cuatro modelos hidrológicos (SWAT, WEAP, TEMEZ y BALANCE HIDRICO), el que más se ajuste a la realidad; analizando la influencia de los datos de entrada sumado a la operatividad del modelo hidrológico así conociendo las ventajas y desventajas de cada uno de ellos seleccionar uno que permita entender el comportamiento hidrológico de las micro-cuencas en estudio utilizando modelos hidrológicos semi-distribuido en cuencas de alta montaña (Cuenca Kaluyo)

Palabras Clave: Ciclo hidrológico, Cuenca Fluvial, Escorrentía, Evapotranspiración.

INTRODUCCIÓN

Un adecuado manejo de los recursos hídricos comprende un proceso de desarrollo coordinado que involucra el manejo de recursos del agua y de la tierra. Su propósito es de organizar y guiar el uso del agua utilizados en una cuenca hidrográfica para proporcionar los bienes y servicios apropiados mientras se mitiga el impacto sobre el suelo y los recursos de la cuenca hidrográfica.

La modelación hidrológica es una herramienta de ayuda que permite entender y evaluar estos procesos para así identificar las ventajas y desventajas de las acciones antrópicas sobre ecosistemas de montaña y su afección

los recursos hídricos. Los modelos hidrológicos tratan de reproducir el fenómeno lluvia-escorrentía en una cuenca, por ello es muy importante la implementación de estos modelos para la toma de decisiones en la aplicación de modelos hidrológicos en micro cuencas de montaña.

Existen un gran número de modelos hidrológicos en nuestro medio, algunos más complejos que otros en cuanto a la recolección de datos iniciales, otros con menos requerimientos de inputs y menos iteraciones.

Pero a pesar del avance exponencial que se dio en la tecnología y detalladamente en el ámbito de la hidrología, no se dio con un modelo hidrológico el cual pueda determinar con exactitud el comportamiento hidrológico; esto se debe a la incertidumbre que se origina por la suma de varios componentes (Datos, Cobertura, Suelo, Medio).

DESARROLLO

El proceso de un modelo hidrológico se realiza usualmente a través de modelos matemáticos, los cuáles pueden ser determinísticos o probabilísticos, agregados o distribuidos, de base física o empíricos, continuos o de eventos. La decisión acerca de qué tipo de modelo adoptar debe basarse tanto en las características de la cuenca que se pretende modelar, el tipo de producto de salida requerido, como de la disponibilidad de datos en relación a las demandas del modelo. (Chow, 1994).

Además, (Estrela, 1993) sostiene que los modelos matemáticos pueden dividirse en dos grandes grupos, los determinísticos y los estocásticos:

- **Determinísticos.-** Las variables vienen determinadas por las leyes físicas consideradas como exactas y que explican toda su variabilidad
- **Estocásticos.-** Las variables son regidas en todo o en parte por las leyes del azar, y por tanto caracterizadas en términos de probabilidad

Donde se puede desglosar los modelos determinísticos en los siguientes ramales:

Modelo empírico.- Mayormente denominados como de “caja negra” o “misteriosos”, donde se obtiene una respuesta sin el conocimiento del funcionamiento interno

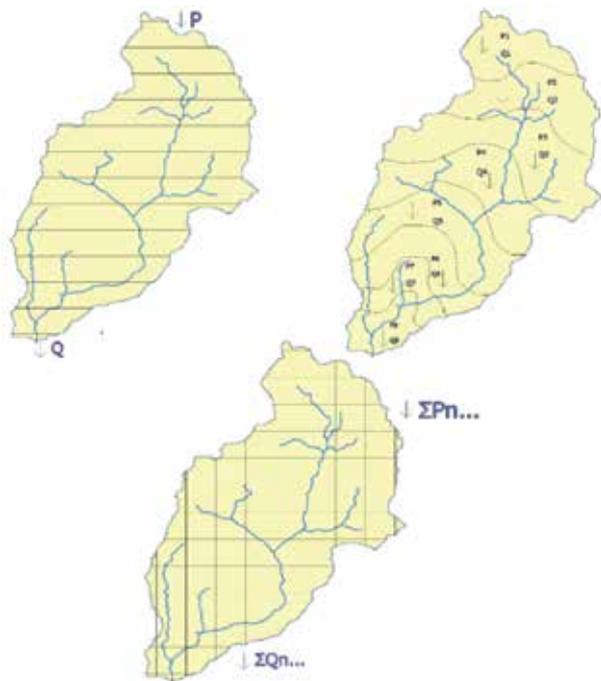
Modelo agregado.- Aquellos que consideran la cuenca en forma global (a nivel macro), y como un solo objeto de utilización.

Modelo distribuido.- A diferencia de su antecesor en este caso se toma a la cuenca en unidades hidrológicas (a nivel micro), discretizados por los parámetros de suelos, coberturas, topografía, etc.

Modelo semi-distribuido.- Modelos intermedios a los dos interiores, que en esencia resultan de combinar un modelo agregado muchas veces, tantas como en subcuencas se divide la zona de estudio.

La Fig. 1. muestra un esquema de la representación espacial de la cuenca con los tres tipos de modelos de interés

Figura. 1: Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo a su representación espacial.



a) Modelo agregado.
b) Modelo Semi-distribuido.
c) Modelo Distribuido
Fuente: Elaboración Propia.

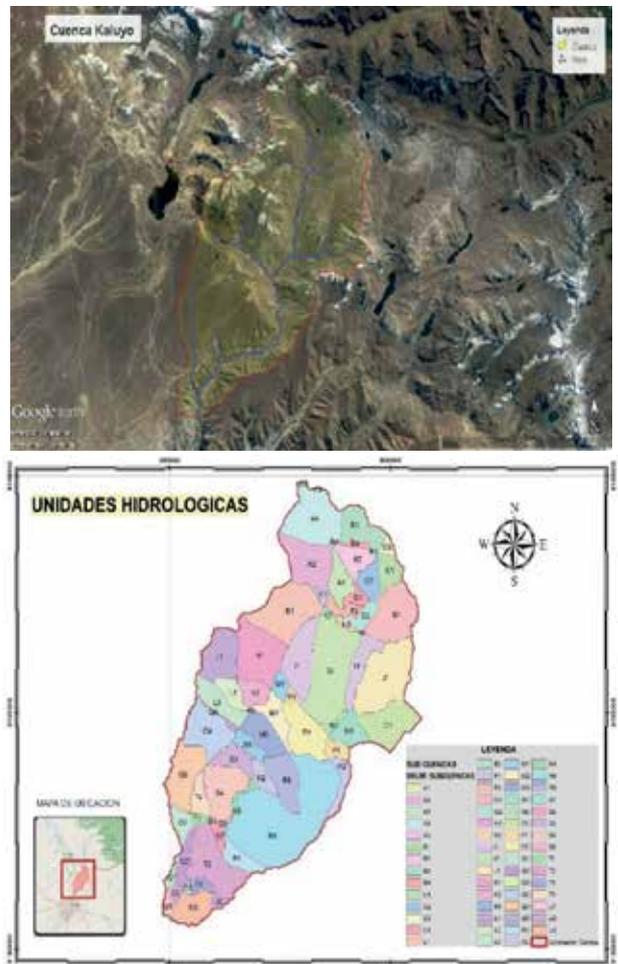
Topográficamente el valle de la cuenca del río La paz presenta una orientación Norte-Sur, separada por cordones montañosos, alcanzando en su parte más elevada los 5000 m.s.n.m., cerca al nevado de Chacaltaya, y en su parte más

baja los 3900 m.s.n.m. El río principal de la misma es el Choqueyapu, que nace en las faldas del nevado Chacaltaya con el nombre de río Kaluyo; este río tiene una longitud aproximada de 25 Km (Molina, Ahenke, & Rejas, 1998).

Hasta el punto de control, dando lugar a la forma de la cuenca la cual será tomada para el proyecto.

En medida de lo necesario para un balance hídrico es pertinente tomar como referencia el lapso de 20 años abarcables de la estación más conveniente (Estación “El Alto”)- (Senamhi, 2017), para conseguir un análisis óptimo; en este caso se empleará la fase de estudio desde el año 1975 al 2015 tomando como una amplitud de 40 años para abarcar una solvencia de resultados.

Figura. 2: Cuenca Kaluyo



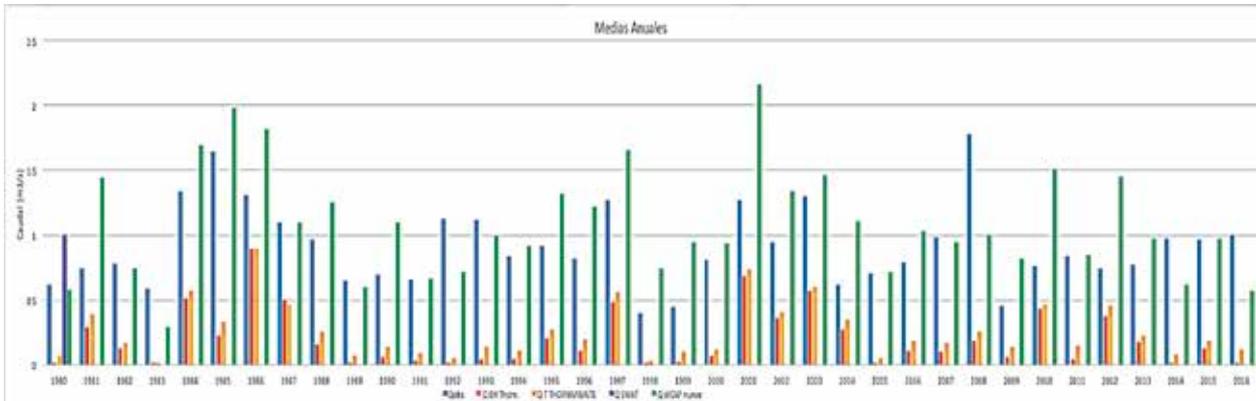
a) Cuenca delimitada en Google Earth.
b) Mapa Unidades Hidrológicas Clasificadas.
Fuente: Elaboración Propia en base mapas (GeoBolivia, 2017)

De esta manera se pudo llegar a clasificar la cuenca Kaluyo en 61 unidades hidrológicas, por lo tanto, se acoplará los modelos hidrológicos de forma semi-distribuida simulando de una manera mas acorde los efectos de la realidad en la cuenca.

RESULTADOS

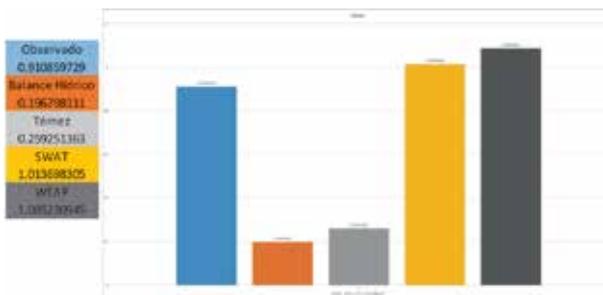
Los caudales obtenidos se encuentran distribuidos de la siguiente manera: (medidos en m³/s).

Gráfico 1: Comparación medias anuales de los 4 modelos Balance Hídrico, Temez, SWAT y WEAP con la serie de medias anuales de los caudales observados (Achachicala).



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Contraste de los promedios totales para cada modelo.



Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 1 es una comparación de las medias anuales. El Gráfico 2 es la comparación de los promedios totales que muestran como valor próximo al observado el promedio total del modelo SWAT.

CONCLUSIÓN

Como se puede ver en el gráfico 1 y 2 la disputa entre los cuatro modelos respecto a la comparación del caudal observado (caudal medido Achachicala), nos indica claramente dos modelos hidrológicos que presentan más concordancia si nos vamos a la media general (Gráfico 2) el modelo SWAT es el que presenta mayor similitud con el real; seguido con el valor del modelo WEAP.

Ambos modelos, tanto WEAP como SWAT son los que reflejan un mayor sentido de representación “cuenca real – cuenca simulada”; esto se debe a una representación más acertada del aporte de aguas subterráneas (Recarga Acuífera). - A través de la percolación se infiltra y almacena agua subterránea. Este proceso hidrológico

está estrechamente relacionado a la recarga de las aguas subterráneas en la cuenca, aspecto que el método del balance hídrico no considera, y el método de Temez lo adopta ligeramente.

Se deduce que el modelo hidrológico SWAT recurre a una ponderación entre valores extremos generalizándolos y distribuyéndolos a lo largo del recorrido mensual, esa es la razón del porque en cuanto al promedio se acerca bastante al caudal medido.

El modelo SWAT a pesar de contar con un robusto sistema de procesamiento y un modelo firmemente estructurado presenta la desventaja de contar con una base de datos local de uso del suelo la cual para el operador norteamericano presenta una ventaja. Pero para el operador extranjero presenta la obligación de editar la base de datos, adaptándola al medio regional y haciendo caso omiso de algunos factores de ponderación propios del modelo. Aun así, para llegar al óptimo procesamiento del modelo SWAT en nuestro medio nacional se requiere un análisis diferenciado y dedicado solo del modelo en estudio y una calibración que recoja información no solo de las variables sensibles, sino también del trasfondo de las ecuaciones que gobiernan al modelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Campos Aranda, D. (1992). Procesos del Ciclo Hidrológico. Ciudad de Mexico: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Chow, V. (1994). Hidrología Aplicada. Illinois: McGraw-Hill.

- Estrela, T. (1993). Estimacion de parametros de recarga y descarga en un modelo de flujo subterráneo en un manantial cársico. Madrid, España: Ministerio de Fomento.
- GeoBolivia. (15 de Agosto de 2017). GeoBolivia. Obtenido de Infraestructura de Datos Espaciales: <http://geo.gob.bo/portal/>
- Molina, J., Ahenke, J., & Rejas, S. (1998). Estudio Hidraulico del tramo Superior del Rio de La Paz. La Paz, Bolivia: Instituto de Hidráulica e Hidrologia (UMSA).
- Senamhi. (15 de Agosto de 2017). Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia. Obtenido de Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>
- Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1955). The Water Balance. New Jersey: Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Technology.

Panel Sandwich termoacústico de 75mm
 Plancha de Acero 0.5mm de espesor interno y externo
 Lana de Vidrio 100mm de espesor
 Papel aluminio anti-humedad

Ventana Termopanel
 Ventana termo acústica con barrotos de aluminio y mosquitero corredizo.

WEWORK
SOLUCIONES PREFABRICADAS

Aplicaciones a requerimiento:
 Oficinas, Depositos, Campamentos
 Comedores, Dormitorios, Baños

www.weworkbo.com info@weworkbo.com 76750719
 Av. Bailivan #498 esq. Calle 11 de Calacoto, La Paz

ACERGAAL
SOMOS INNOVACION EN ACERO

Nuestra línea prepintada calamina Color Plus ofrece más de 20 colores, con pintura holandesa AkzoNobel.

LÍNEA GRATUITA 800-10-1732
www.acergal.com

AkzoNobel ACESCO

25 AÑOS EN EL MERCADO

Sistema de reconocimiento facial con MATLAB

Ing. Sergio Vladimir Ureña Merida - R.N.I. 14366

Es Ingeniero de Sistemas de la Universidad Técnica de Oruro con Maestría en Multimedia para Internet y Educación Superior.

RESUMEN

El reconocimiento facial es uno de los temas de investigación de procesamiento de imágenes. El sistema de reconocimiento facial, basado en componentes principales (ACP) y la red neuronal de avance. Los sistemas convencionales de reconocimiento facial se aplican en rostros con maquillaje donde se cubre un área menor, desarrollando un sistema que consta de dos fases que son la fase de preprocesamiento de ACP y la fase de clasificación de la red neuronal. Aplicar ACP para calcular el vector de proyección de características de un rostro, se utiliza para la identificación de caras por la red neuronal de alimentación directa.

Palabras clave: Análisis discriminante lineal (ADL), Análisis de componente independiente (ACI) y máquina de vector de soporte (MVS)

INTRODUCCIÓN

Quizás el ejemplo más conocido de un sistema de reconocimiento facial se deba a Kohonen, quien demostró que una red neuronal simple podría realizar el reconocimiento facial para imágenes faciales alineadas y normalizadas. El tipo de red que empleó calculó una descripción de la cara aproximando los vectores propios de la matriz de autocorrelación de la imagen de la cara; estos vectores propios ahora se conocen como “caras Eigen”.

El sistema de Kohonen no fue un éxito práctico debido a la necesidad de una alineación y normalización precisas. En los años siguientes, muchos investigadores probaron esquemas de reconocimiento facial basados en bordes, distancias entre características y otros enfoques de redes neuronales. Si bien varios tuvieron éxito en pequeñas bases de datos de imágenes alineadas, ninguno tuvo éxito abordó el problema más realista de las grandes bases de datos donde se desconoce la ubicación y escala del rostro.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología empleada en la presente investigación se basa en un método experimental, de esta manera los sistemas de reconocimiento facial son procedimientos de identificación en el que se verifica a una persona en función de los rasgos humanos. Esta investigación describe un algoritmo de detección de rostros rápido con resultados precisos. Lip Tracking es uno de los sistemas biométricos a partir del cual se puede desarrollar un sistema genuino. Dado que las características de emisión de un individuo son únicas y difíciles de imitar, el seguimiento de los labios tiene la ventaja de hacer que el sistema sea seguro. El uso del autor de la expresión visual pregrabada de los hablantes ha generado y almacenado en la base de datos para futuras verificaciones. Nisha Soni (2013) introdujeron que el reconocimiento facial (RF) es un tema desafiante debido a las variaciones en la pose, la iluminación y la expresión. Los resultados de la búsqueda para la mayoría de los métodos de RF existentes son satisfactorios, pero aún incluyen imágenes irrelevantes para la imagen de destino. Navneet Jindal et al (2013) dan una idea de f, La detección de ace a partir de una larga base de datos de imágenes de rostros con diferentes fondos no es una tarea fácil. En este trabajo, el autor demostró el sistema de detección de rostros de imágenes faciales coloreadas que no varía con el fondo y las condiciones de iluminación aceptables. Cunjian Chen et al (2013) analizaron que el maquillaje facial tiene la capacidad de alterar la apariencia de una persona. Tal alteración puede degradar la precisión de los sistemas automatizados de reconocimiento facial, así como la de los métodos que estiman la edad y la belleza de los rostros.

INGENIERIA DEL PROYECTO O TRABAJO

ALGORITMOS

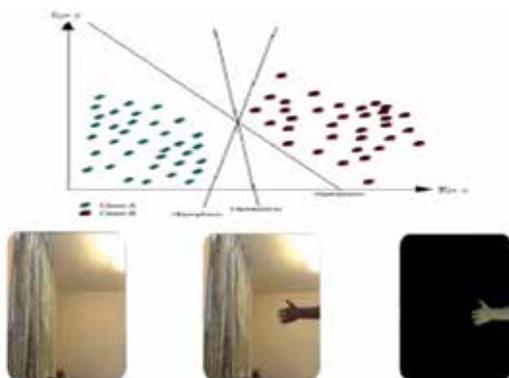
ACP, también conocido como método Karhunen-Loeve, es uno de los métodos populares para la selección de características y la reducción de dimensiones. El reconocimiento de rostros humanos mediante ACP fue realizado por primera vez por Turk y Pentland y la reconstrucción de rostros humanos fue realizada por Kirby y Sirovich. El método de reconocimiento, conocido como

método de cara propia, define un espacio de características que reduce la dimensionalidad del espacio de datos original. Este espacio de datos reducido se utiliza para el reconocimiento. Pero el escaso poder de discriminación dentro de la clase y el gran cálculo son los problemas comunes bien conocidos en el método ACP. Esta limitación se supera mediante el análisis discriminante lineal (ADL). ADL es el algoritmo más dominante para la selección de características en los métodos basados en apariencia. En el método propuesto el filtro de Gabor se utiliza para filtrar las imágenes de la cara frontal y el ACP se utiliza para reducir la dimensión de los vectores de características filtradas y luego ADL se utiliza para la extracción de características.

RESULTADOS

MÁQUINA DE VECTOR DE SOPORTE (MVS)

Las máquinas de vectores de soporte (MVS) son una de las técnicas más útiles en problema. Un claro ejemplo es el reconocimiento facial. Sin embargo, MVS no se puede aplicar cuando faltan entradas en los vectores de características que definen las muestras. Un algoritmo de clasificación que se ha utilizado con éxito en este marco es el conocido vector de soporte Máquinas (MVS), que se pueden aplicar al espacio de apariencia original o un subespacio del mismo obtenido después de aplicar un método de extracción de características. La ventaja del clasificador MVS sobre la red neuronal tradicional es que las MVS pueden lograr un mejor rendimiento de generalización.



Fondo y cálculo de movimiento

DISCUSION

ANÁLISIS DEL COMPONENTE INDEPENDIENTE (ACI)

El análisis de componentes independientes (ACI) es un método para encontrar factores o componentes subyacentes a partir de datos estadísticos multivariados (multidimensionales). Es necesario implementar un

sistema de reconocimiento facial que utilice ACI para imágenes faciales que tengan orientaciones faciales y diferentes condiciones de iluminación, lo que dará mejores resultados en comparación con los sistemas existentes. Lo que distingue a ACI de otros métodos es que busca componentes que sean estadísticamente independientes y no gaussianos. El ACI es similar al problema de separación de fuente ciega que se reduce a encontrar una representación lineal en la que los componentes sean estadísticamente independientes.



ANÁLISIS (ADL)

El análisis discriminante lineal (ADL) es un método muy importante para el reconocimiento facial. Produce una representación eficaz que transforma linealmente el espacio de datos original en un espacio de características de baja dimensión donde los datos están bien separados. Sin embargo, la matriz de dispersión dentro de la clase (SW) se vuelve singular en el reconocimiento facial y la ADL clásica no se puede resolver, que es el problema de muestra insuficiente de ADL (también conocido como problema de tamaño de muestra pequeño).

CONCLUSIÓN

Este tema e investigación ha intentado revisar un número significativo de artículos para cubrir el desarrollo reciente en el campo del reconocimiento facial. El presente estudio revela que, para mejorar el reconocimiento facial, el nuevo algoritmo debe evolucionar utilizando métodos híbridos de herramientas informáticas blandas como ANN, MVS, SOM que pueden producir un mejor rendimiento. Se incluye la lista de referencias para proporcionar una comprensión más detallada de los enfoques descritos. Pedimos disculpas a los investigadores cuyas importantes contribuciones pueden haberse pasado por alto.



Marcadores de valor RGB y de movimiento.

CÓDIGO FUENTE:

Funciones creadas para la implementación del prototipo de reconocedor facial:

- function deteccion_movimiento
- function deteccion_imagen(obj)
- function trama_llamada(vid, event)
- function actualiza_fecha(vid, frame, background)
- function actualiza_local(vid, frame, background)
- function salida=ratio_check(s1,s2);
- function archivo_tecto(etiqueta_carpet)
- function cargar_base();
- function reconocimiento_facial(I, Rectangle)
- function envia_correo(image);
- function salida_base;

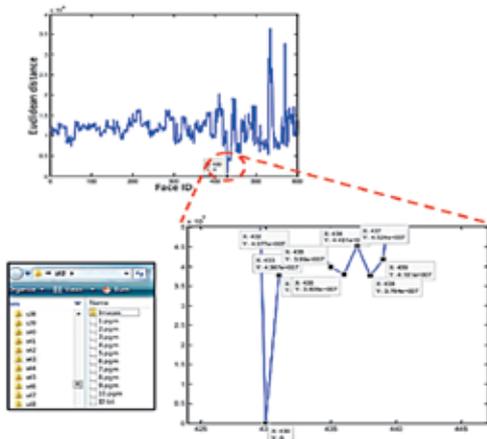


Gráfico de Distancia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Runer, IS y Tagiuri, R., 1954, La percepción de personas. En Handbook of Social Psychology, Ed., Addison-Wesley, Reading, MA, 634–654.
- Bledsoe, WW,1964, El método modelo en tratamientos faciales reconocimiento. Tech. reps. PRI: 15, Panoramic Research Inc., Palo Alto, CA.
- Ekman, P. Ed., Charles Darwin's,1988, The Expresión de las emociones en el hombre y los animales, tercera edición, con introducción, epílogo y comentarios de Paul Ekman.
- Navneet Jindal y Vikas Kumar, 2013, “Algoritmo de reconocimiento facial usando ACP con redes neuronales artificiales” en International Journal de Avanzado Investigación en Ciencias de la Computación e Ingeniería de Software.
- Chellapa, R., Wilson, CL y Sirohey, S.,1995, Reconocimiento humano y mecánico de rostros: una encuesta. Proc. IEEE, 83, 705–740.

ESCUELA DE NEGOCIOS ESAM

26 AÑOS DE
Experiencia

"Por que el éxito no es producto de la casualidad"

OFERTA ACADÉMICA DE POSGRADO
CURSOS DE FORMACION CONTINUA - DIPLOMADOS
ESPECIALIDADES - MAESTRÍAS - PROXIMAMENTE DOCTORADOS

41.638
ESTUDIANTES ANUALES

| | | | |
|----------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 12.966 POSGRADOS | 9.950 CURSOS | 12 EMPRESAS PARTNERS | 15 SEDES |
|----------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|

75143805 - 71861990 | ESAM Escuela de Negocios | esambolivia | **ESAM** ESCUELA DE NEGOCIOS

IBER, aplicación de modelos hidrodinámicos para la evaluación de zonas inundables en Bolivia

Ing. Cristian Federico Fernandez Moscoso - R.N.I. 49086

Es Ingeniero Civil de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, con Mención en Hidráulica/Sanitaria y Vías de comunicación.

RESUMEN

Bolivia es un país que no está exento de eventos extraordinarios como son las inundaciones, muchos departamentos fueron afectados tanto con la pérdida de bienes materiales como la pérdida de vidas humanas. En la ciudad de Tupiza en febrero de 2018 y la de Sucre en enero de 2021 fue la muestra clara de estos eventos, ocasionando daños tanto en las viviendas, pérdida de vidas humanas (Tupiza) y pérdida de insumos de comercio en el Mercado Campesino (Sucre). Debido a esto es necesario conocer la modelación hidrodinámica con el software Iber con el fin de poder delimitar zonas con alto riesgo de peligrosidad para poder alertar a sus habitantes.

PALABRAS CLAVES

Shallow Water Equations: Ecuaciones de aguas poco profundas.

American Standard Code for Information Interchange: Código Estándar Americano para Intercambio de Información.

Soil Conservation Service: Servicio de Conservación de Suelos.

INTRODUCCIÓN

Para alertar, prevenir y dar soluciones a los pobladores de una determinada área de estudio de posibles riesgos de inundación al momento en que se origina una lluvia intensa, el grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de A Coruña), el FLUMEN (Universidad Politécnica de Cataluña, UPC, y

Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE) y el Centro de Estudios Hidrográficos de CEDEX desarrolló un software bidimensional para la simulación del flujo superficial libre, morfodinámica, proceso de transporte y hábitat en ríos y estuarios.

Este software es conocido con el nombre de Iber, puede ser obtenido de manera gratuita desde su sitio web oficial (www.iberaula.es). El software Iber consta actualmente de tres módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos, en este apartado haremos énfasis en el módulo hidrodinámico ya que los anteriores módulos requieren de un trabajo de campo más exhaustivo, tiempo y mucha información que en su momento llega a generar cierta incertidumbre cuando se exhiben los posibles resultados.

Iber es un software que resuelve las ecuaciones de agua someras promediadas en profundidad, también conocidas como “2D Shallow Water Equations”¹ (2D-SWE) o ecuaciones de Saint-Venant bidimensionales, dichas ecuaciones están en función de: la presión hidrostática, pendiente del fondo, tensiones tangenciales viscosas y turbulentas, rozamiento del fondo, rozamiento superficial por viento, la precipitación (lluvias) y la infiltración. El rango de aplicación donde son más utilizados es: la dinámica fluvial, evaluación de zonas inundables, la simulación de rotura de presas y el cálculo de transporte de sedimentos y contaminantes.

DESARROLLO POR PASOS

Iber, al momento de realizar la modelación hidrodinámica para determinar las zonas inundables divide en tres procesos (figura 1), en estos procesos introducimos la geometría y la rugosidad del área de estudio donde ocurren los eventos extraordinarios², a su vez definimos las condiciones de contorno donde iniciará y terminará el evento (en este punto fijamos los caudales máximos

¹ Ecuaciones de aguas poco profundas.

² Lluvias intensas, crecidas, inundaciones, sequías, degradación del suelo, etc.

para diferentes tiempos que son calculados a partir de una evaluación hidrológica). Una vez completado el proceso donde se insertan los datos asignamos los valores que deseamos que se visualicen en el software Iber como ser: los tirantes máximos y velocidades de flujo del río que posee el área de estudio.

A continuación, daremos una descripción más completa de cada proceso.

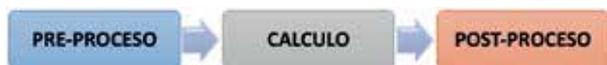


Figura 1: Procesos de una “Modelación Hidrodinámica” aplicando Iber (Elaboración Propia)

PRE-PROCESO

Este proceso se divide en tres partes, está en función de los datos que iremos insertando en el software Iber y son:

a) Creación o importación de una geometría

La geometría se obtiene a partir de un “modelo digital de terreno (MDT o DEM)” que debe transformarse en un formato ASCII³, para trabajar y realizar la transformación del MDT utilizaremos herramientas computacionales SIG (Sistema de Información Geográfica)⁴.

Una vez transformado, importaremos el MDT a Iber y se creará una “red irregular de triángulos (RTIN)” como se ve en la figura 2

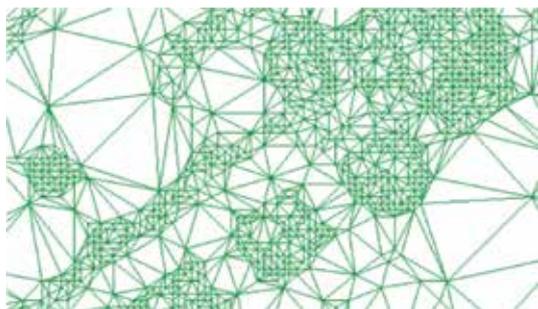


Figura 2: Red Irregular de Triángulos (Fuente: Iber, Manual Básico de Usuario 23.05.2012)

b) Asignar la rugosidad del área de estudio

La rugosidad, también conocido como el “coeficiente de Manning”, se hallan tabulados en diferentes tablas que están en función del tipo de canal y de las características que presenta el suelo, estos valores pueden hallarse en diferentes bibliografías, una de las más conocidas

o usadas en nuestro medio es del libro “HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, Ven Te Chow, Ph. D.” ya que posee una amplia descripción de diferentes tipos de canales o suelos.

Para la selección del valor de la rugosidad debe apoyarse en memorias fotográficas o inspecciones realizadas al área donde se desea modelar la inundación.

Al igual que la geometría, la rugosidad debe exportarse en formato ASCII con la ayuda de herramientas computacionales SIG.

c) Asignar condiciones de contorno

Las condiciones de contorno es aquello donde se estipula por donde iniciara y finalizara el evento extraordinario (crecida de río o inundación), en este punto ya se debe tener listo una evaluación hidrológica completa, lo que involucra un análisis morfológico de la cuenca, llenado o completado de los datos de “Precipitación Máxima de 24 horas”⁵, definir el periodo de retorno o la probabilidad de que un evento extraordinario vuelva a repetirse (se considera un periodo de retorno de 100 años para la evaluación de crecidas ya que tiene un riesgo admisible del 18 %).

Determinar la distribución probabilística de los máximos anuales (utilizar la distribución probabilística de GUMBEL), cálculo de la tormenta de diseño y el tiempo de concentración, obtener los hietogramas de diseño y finalmente estimar los caudales máximos (se recomienda utilizar el método del Soil Conservation Service – SCS, ya que se ajusta a cualquier dimensión de una cuenca).

Las condiciones de contorno deben asignarse en la red irregular de triángulos (RTIN) que crea el software Iber, se aplica con la ayuda de una ortofoto.

CÁLCULO

En este proceso simplemente se definen los parámetros de tiempo que durara la modelación, está en función del tiempo máximo del “Hidrograma de Crecidas” que se adquiere a partir de la evaluación hidrológica, también es importante seleccionar los diferentes elementos resultantes que darán la modelación como ser: caudales máximos, tirantes máximos, velocidades máximas, etc.

Estos resultados serán expresados en áreas coloreadas que simulen la inundación (figura 3).

3 American Standard Code for Information Interchange. Se basa en un sistema de codificación que asigna a cada carácter alfanumérico (A-Z, a-z, 0-9) o de control (paso de línea, etc.) un valor entre 0 y 255. De este modo al almacenar un texto utilizaremos un byte por carácter más algunos bytes de control.

4 ArcGIS y QGIS

5 Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Bolivia (SENAMHI).

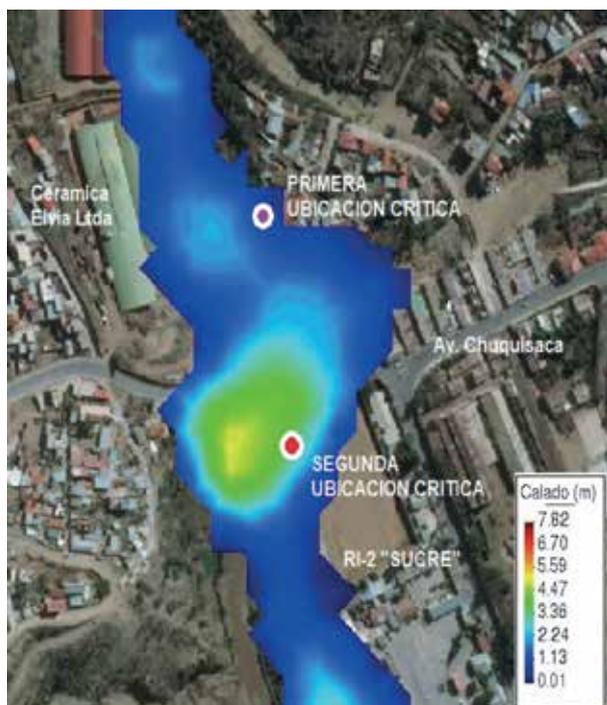


Figura 3: Modelación Hidrodinámica de la ciudad de Sucre-Bolivia, zona del Tejar (Fuente: Elaboración propia)⁶

POST-PROCESO

Es el proceso de finalización de la modelación hidrodinámica donde Iber nos proporciona una serie de herramientas que nos permite visualizar el desarrollo y comportamiento de la inundación.

También podemos crear secciones transversales con información sobre la altura del nivel del agua de áreas o puntos críticos que consideremos peligroso para la humanidad o que ocasione algún daño material de vital importancia.

Podemos exportar estas visualizaciones a las herramientas computacionales SIG, ya que en estas herramientas tendremos una mejor calidad de las imágenes y permitirá delimitar áreas que tengan un alto riesgo de peligrosidad que ocasionan los eventos, creando así “Mapas de Peligrosidad” (figura 4).

A partir de estos mapas podremos considerar las diferentes acciones estructurales, mejorar el planteamiento de políticas y planificación urbana, crear reglas de operación, predicción de crecidas para realizar evacuaciones preventivas que se pueden realizar antes de que inicie un evento extraordinario.

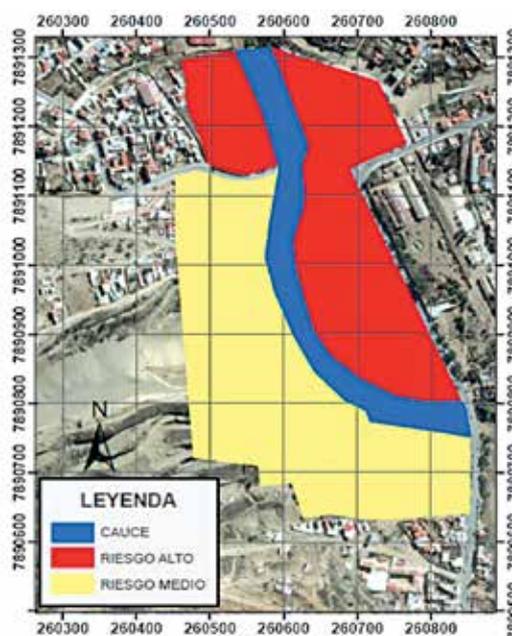


Figura 4: Mapa de Peligrosidad de la ciudad de Sucre-Bolivia, zona del Tejar, resultado de la Modelación Hidrodinámica en Iber (Fuente: Elaboración Propia)

CONCLUSIONES

Iber es una de las herramientas de fácil adquisición y comprensión, pero al momento de realizar un modelo se requiere de amplia información que se debe evaluar tanto en gabinete como in situ, acompañado de otras herramientas computacionales que ayuden a reducir el trabajo de peritaje del área que se desea modelar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, CENTRO DE ESTUDIOS DE EXPERIMENTACION DE OBRAS PUBLICAS (CEDEX), **IBER: MANUAL BASICO DE USUARIO**, Edición 2012, España.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM), (2011), **MANUAL SOBRE PREDICCIÓN Y AVISOS DE CRECIDAS**, Edición 2011.
- Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA), (2011), **MANUAL PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES**, Edición 2011.
- Ven Te Chow, McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. (1994), **HIDROLOGIA APLICADA**, Primera Edición, Santafé de Bogotá, Colombia.

⁶ Como es un Software traducido al español, calado es igual al tirante de un determinado río.

Caracterización fisicoquímica y estimación de la reserva de la laguna hedionda sud

Ing. José Tacachiri Chocamani - R.N.I. 38734

Es Ingeniero Químico de la Universidad Técnica de Oruro con Diplomado en procesamiento de minerales en CAMIPER Perú, Curso especializado en procesos de producción de ácido sulfúrico metalúrgico en HOLTEC Chile

RESUMEN

En busca de insumo de carbonato de sodio para abastecer la demanda interna nacional, se ha realizado la caracterización fisicoquímica y estimación de la reserva de collpa existente en la laguna Hedionda Sud.

Las muestras sólidas del salar están compuestas por Thermonatrita (Na_2CO_3), Trona ($\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y Natrita (Na_2CO_3). Las impurezas que acompañan son: material orgánico y cloruro de sodio; el resto son trazas en cantidades despreciable de sulfato, magnesio, calcio, potasio y litio. En las muestras sólidas ocupa 14.85% de Na_2CO_3 , 15.74% de NaHCO_2 , 1.45% insolubles y 65.13% de humedad.

La reserva estimada es de 1539855 toneladas de carbonato y bicarbonato de sodio.

INTRODUCCIÓN

En la Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa (REA) del Sur Oeste potosino, los sistemas salinos de este sector cubren aproximadamente un total de 8 000 km² de cuencas evaporíticas. Estos sistemas se suelen denominar “salares”, nombre asignado en esta región a un conjunto de sedimentos de naturaleza evaporítico-detritica cuya génesis ha tenido lugar en la zona más deprimida de una cuenca cerrada sometida a un clima árido o semiárido (Chong, 1988).

La búsqueda de carbonato de sodio natural (Collpa) en forma de trona¹ y natrón², ha hecho que se planifique una exploración de los salares que están dentro de la REA, con el propósito de satisfacer la demanda nacional de este producto. Bajo esta premisa se ha ubicado e identificado la Laguna Hedionda Sud del municipio de San Pablo de Lipez de la Provincia Sud Lipez.

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La COMIBOL ha realizado exploraciones muy temporales, con el propósito de utilizar el carbonato de sodio de Collpa Laguna en pequeñas cantidades que eran empleados como fundente en ENAF.

En agosto de 1976 y en septiembre de 1977 se ha realizado campaña de campo con el propósito de reconocimiento y estudio más profundo de lagunas ubicadas en la provincia de Sud Lipez, como ser Collpa Laguna y Hedionda Sud, analizando las perspectivas que pueden ofrecer para una explotación de carbonato de sodio (Francois Risacher, 1977).

En 2015 el Ing. José Tacachiri Chocamani – Jefe de Investigación y Desarrollo de la Sociedad Industrial Tierra S.A. recorre los salares en busca de carbonato de sodio con el fin de producir boraxdeca en la Planta de Apacheta, en la cual se llega a la Laguna Hedionda Sud, que estaba intacto y no había indicios que fue explotado antes.

El objetivo del presente artículo es la caracterización química y cálculo de la reserva de carbonato de sodio natural (collpa) existente en Laguna Hedionda Sud.

UBICACIÓN Y ACCESO

La Laguna Hedionda Sud, se encuentra ubicado en el cantón Quetena Grande del municipio de San Pablo de Lipez de la Provincia Sud Lipez del Departamento de

1 La trona es un mineral de la clase de los minerales carbonatos y nitratos ($\text{Na}_3(\text{HCO}_3)(\text{CO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), y dentro de esta pertenece al llamado “grupo de la termonatrita-natrón”.

2 El natrón es un mineral de la clase 05 (minerales carbonatos y nitratos), según la clasificación de Strunz con formula química $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Potosí, dentro de las coordenadas geográficas UTM, zona 19 K, X= 666115.44 y Y= 7515222.94, sobre una altura de 4550 msnm. Existen varias vías de acceso desde el municipio de Uyuni.

En la REA existen dos radios bases de ENTEL que están instaladas en cerro Pabellón y en canton Quetena Grande, y en Laguna Hedionda no llega la señal de ENTEL.

DESARROLLO

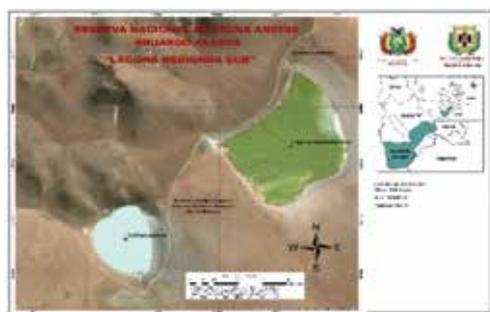
Inspección visual, fotografías y planos georreferenciados

Al llegar a la laguna Hedionda Sud, lo que se siente es el olor característico a pantano como dijera bien venido al salar; en la vista panorámica se observa un manto blanco por la parte del sur y por la parte norte salmuera que cubre unos 40% de la superficie del salar.

Figura 1: Vista panorámica de la Laguna Hedionda Sud.



Figura 2: Plano georreferenciado de la Laguna Hedionda Sud.



Fuente: Elaboración propia. Altura: 4550 msnm, Perímetro: 7051 m, Área: 2900687 m².

Cateo y muestreo

Herramientas y materiales: Picota manual, pala manual, botellas de 500 mL y bolsas de 30cmx50cm.

Figura 3: Vista de los trabajos realizados.



Fuente: Elaboración propia.

Se ha excavado diez pozas con una profundidad de 1 m, partiendo desde la entrada del terraplén; primera, en el punto 19 K X= 665614.15, Y= 7514426.36, las siguientes excavaciones fue en dirección Este separados cada 10 m uno de la otra.

Durante el proceso de excavación se ha observado la filtración de salmuera (lodo) de color café oscuro junto con material orgánico (algas), al mismo tiempo se ha visto capas de cristales transparentes de tamaños variados menores a 1 cm y en otros sectores cristales uniformes de 1 mm de tamaño.

Estos cristales están junto con material orgánico de color café oscuro, en algunos casos lodos de color negro.

Caracterización físico química

La muestra sólida y lodo tienen las siguientes características físicas.

| Parámetros | Muestra sólida | Muestra líquida (lodo) |
|----------------------------|---|---|
| Densidad kg/m ³ | 2140 | 1015 |
| Viscosidad cPa (20 °C) | n.m. | 26.70 |
| pH | 11.44 | 10.47 |
| Color | Blanco en la parte superior y café oscuro al interior | Café oscuro |
| Olor | Olor característico de la collpa | Olor característico de la collpa pantanoso o algún material orgánico en descomposición. |

Fuente: Elaboración propia. - n.m. no medido.

Las características químicas son las siguientes.

| Muestra | g/100g (%p/p) | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------------------|------------------|-----|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | B ₂ O ₃ | H ₂ O | Cl- | SO ₄ = | Alca. Total CO ₃ | Insolubles en HNO ₃ | Mg ⁺⁺ | Ca ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Li ⁺ |
| Sólida | <0,01 | - | 0.1 | < 0,3 | 20.78 | < 0,1 | 0.01 | 0.01 | 15.65 | 0.06 | 0.0001 |
| Lodo | <0,01 | 57.87 | 2.2 | < 0,3 | 11.37 | 7.04 | 0.19 | 0.28 | 9.23 | 0.82 | 0.0001 |

Fuente: Elaboración propia. - n.m. no medido.

Analizando las muestras sólidas separados por escurrimiento del lodo muestran la siguiente composición: 14.85% (p/p) en Na₂CO₃, 15.74% (p/p) en NaHCO₂, 1.45 % (p/p) en material insoluble en agua y 65.13 % (p/p) en agua. Por otro lado, se ha analizado el contenido de Na₂O en el lodo, dando como resultado promedio 5.61 g/L.

Los resultados del análisis por Fluorescencia de Rayos X de la muestra sólida se presentan en la siguiente tabla.

| Mineral | Formula Química |
|---------------|---|
| Thermonatrita | Na ₂ CO ₃ |
| Halita | NaCl |
| Trona | Na ₃ H(CO ₃) ₂ ·2H ₂ O |
| Natrita | Na ₂ CO ₃ |

Fuente: analizado en Carrera de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Técnica de Oruro.

Estimación de la reserva

Toda la parte sur del salar que ocupa un manto blanco de cristales es aproximadamente el 60% del salar, el mismo tiene una capa de 1 m de espesor, ocupando un volumen total de 2 900 687 m³. De los cuales se ha separado por escurrimiento, ocupando 25% de lodo y 75 % sólidos en volumen. Para el lodo se tiene la siguiente concentración 11.37% como CO₃=, equivalente a 15.72% como NaCO₃.

| | NaHCO ₂ | Masa, t | NaCO ₃ | | NaHCO ₂ | |
|--------------|--------------------|------------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | | | % | t | % | T |
| Sólidos | 2 175 515 | 4 655 603 | 14.85 | 691 357 | 15.74 | 732 792 |
| Lodo | 725 172 | 736 049 | 15.72 | 115 707 | 0 | 0 |
| Total | 2 900 687 | 5 391 652 | | 807 064 | | 732 792 |

Fuente: Elaboración propia.

En total existe 1539855 toneladas de carbonato y bicarbonato de sodio.

CONCLUSIONES

Luego de un estudio, se concluye en los siguientes términos.

- El salar está compuesto por Thermonatrita (Na₂CO₃), Trona (Na₃H(CO₃)₂·2H₂O) y Natrita (Na₂CO₃). Las impurezas que acompañan son: material orgánico, cloruro de sodio, y el resto son trazas en cantidades despreciable de sulfato, magnesio, calcio, potasio y litio.
- La reserva estimada es de 1 539 855 toneladas de carbonato y bicarbonato de sodio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso. (1991). Evaporitas neógenas de los Andes Centrales: Modelos andinos e ibéricos. *Univ. Barcelona*, 267-329.
- Chong. (1988). The cenozoic saline deposits of the Chilean Andes between 18° 00' and 27° 00' south latitude. En: H. Bahlburg, C. Breitschneider y P. Giese (eds.), *The Southern Central Andes. Lecture Notes in Earth Sciences*, 137-151.
- Francois Risacher, A. E. (1977). Informe geológico de la laguna Collpa y de la laguna Hedioda Sud. *UMSA-ORSTOM*, 9.

ELECTRICIDAD ✓
OBRAS CIVILES ✓
OIL & GAS ✓

KRAKEN

Servicios Generales S.R.L.

ELECTRICIDAD

Provisión de equipamiento eléctrico para alta, media y baja tensión con representación en Bolivia de importantes marcas de renombre internacional.

Construcción de líneas de media y baja tensión. Realizamos instalaciones eléctricas industriales, sistemas de puesta a tierra, mantenimiento y reparación de equipamiento eléctrico en general (generadores, UPS, transformadores, etc). Especialistas en trabajos eléctricos en áreas clasificadas explosivas.

OIL & GAS

Amplia experiencia en diseño y construcción de plantas de engarrafado respaldados por nuestra representada exclusiva en Bolivia Makeen Energy (Kosan Crisplant).

Especialistas en instalaciones y mantenimiento de plantas y equipos asociados al engarrafado y distribución de GLP. Provisión de equipos y accesorios para GLP: Balanzas de llenado, válvulas, vaporizadores de fuego directo, medidores de nivel porcentual, bombas, compresores, reguladores, flexibles y otros materiales para áreas clasificadas.

OBRAS CIVILES

Diseño, fiscalización, supervisión y ejecución de obras de mediana y gran envergadura.

Diseño arquitectónico, estructural y cálculo de edificaciones. Remodelaciones y reparaciones de edificaciones.

Mantenimientos de infraestructura civil. Gestión, administración y control de obras. Construcción de obras civiles para áreas clasificadas explosivas.

OTROS SERVICIOS Alquiler de generadores, UPS, Grúas y Carro canasta.



La Paz: Calle Macario Pinilla esquina Av. 6 de Agosto Nº 2614 , Edificio Torre Vitruvio, Piso 7, Oficina 704 - Zona Sopocachi.

Telf: (591-2)-2431393, (591-2)-2432905.

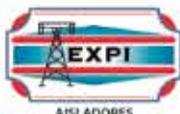
Santa Cruz: Av. Banzer (Av. Cristo Redentor) entre Sexto y Séptimo Anillo, Torre Atlantis, Local 9.

Telf: (591-3)-3421042, (591-3)-3257752.

E-mail: kraken@kraken.com.bo

www.kraken.com.bo

KRK S.R.L.
Especialistas en Energía



KC ProSupply
 The one-stop shop for gas components

MAKEEN ENERGY





AGREGADOS PARA LA
CONSTRUCCION
EN GENERAL

**NUEVA
ESPERANZA**

Pone a la venta agregados
de la MEJOR CALIDAD.

ESTAMOS EN: VILAQUE, CAMINO A COPACABANA.
(a 300 mts. de la nueva Tranca de Corapata)

PEDIDOS A LOS TEL: 2775620 • 2791064

*Edif. Le Bijou No. 1025, piso 02 • Of. 2B
(Zona San Miguel)*

El método de Battelle – Columbus para realizar evaluación de impacto ambiental en Bolivia

Ing. Yonielt Eduard Bitre Mamani - R.N.I. 48066

Es Ingeniero Civil de la Universidad Mayor de San Andrés con un Diplomado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental realizado en la Universidad Nacional Siglo XX.

RESUMEN

El presente trabajo desarrolló una metodología para realizar evaluación de impacto ambiental (EIA) en actividades, obras o proyectos de forma objetiva y acorde a las normativas bolivianas vigentes.

Implica, asimismo, el estudio detallado de los métodos existentes para realizar EIA, análisis de las reglamentaciones ambientales, el método de Battelle – Columbus con las innovaciones para ser utilizado en Bolivia y el desarrollo de un software basado en esta metodología, denominado EABACO.

El método incluye una base de datos para aplicar la metodología eficientemente en cuatro tipos de proyectos de infraestructura: carreteras, presas, rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: Battelle – Columbus, Calidad ambiental, Estudio de evaluación de impacto ambiental, Evaluación de impacto ambiental, Gestión ambiental.

INTRODUCCIÓN

Ante un agravamiento constante de los problemas ambientales en Bolivia, surge la necesidad de incrementar los esfuerzos en prevención de impactos ambientales ocasionados por actividades humanas y de esta forma garantizar tangiblemente el desarrollo sostenible.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es la herramienta de protección ambiental reconocida a nivel

mundial, la cual, es un procedimiento técnico - científico dirigido a prevenir e informar sobre los efectos que un determinado proyecto puede generar sobre el medio ambiente e introduce la variable ambiental en la toma de decisiones, Gómez D. (2002). Su utilización permite la preservación de los recursos naturales, la protección de ecosistemas y la identificación de medidas de mitigación necesarias.

Actualmente en Bolivia no se cuenta con una normativa que describa de forma detallada como deben hacerse estos estudios, por lo cual, los métodos empleados para realizar EIA son métodos clásicos, en su mayoría subjetivos, además, con la modificación reciente de los procedimientos para la categorización de proyectos, se hace más trascendental contar con métodos cuantitativos.

Bolivia por ser un país en vías de desarrollo requiere de nuevas iniciativas y propuestas capaces de generar un nuevo horizonte amigable con el medio ambiente y la sostenibilidad, para cumplir con los principios de Ley de la Madre Tierra.

La presente investigación tiene por objeto desarrollar el método del Instituto Battelle – Columbus para realizar evaluaciones de impacto ambiental incorporando en su desarrollo las normativas ambientales vigentes. El método se aplica a proyectos de infraestructura con un software metodológico.

DESARROLLO

Elección metodológica

La investigación realizó un análisis detallado de los métodos existentes (matriciales, cualitativos, cuantitativos, en base a SIG, combinados y otros), se puede evidenciar de este análisis que la metodología de Battelle - Columbus presentó una mayor puntuación por ser un método objetivo y fácil de comprender, sin embargo, requiere de complementaciones y adaptaciones necesarias.

Desarrollo del método mejorado de Battelle - Columbus

El método del instituto Battelle – Columbus (1972), fue desarrollado para proyectos hídricos en Estados Unidos y para poder emplearlo en nuestro medio se realizaron modificaciones e implementaciones necesarias, el proceso metodológico consiste en los siguientes pasos: describir los factores ambientales, describir las actividades del proyecto, realizar la identificación de impactos ambientales, valorar los impactos cualitativamente, valorar los impactos cuantitativamente, realizar una valoración neta del impacto, realizar la valoración global del proyecto y proponer las medidas de mitigación adecuadas.

Los factores ambientales son aquellas características que definen el medio ambiente y que son medibles, se recopiló

un listado general y se lo ordenó de forma sintética en un diagrama (árbol de factores ambientales) distribuido en tres niveles; sistemas, medios y elementos.

Para cuantificar el impacto total de un proyecto, es preciso agregar unos impactos con otros, para ello se les asigna previamente unos pesos distribuyendo entre todos los factores ambientales unas Unidades de Importancia Ponderadas (UIP), que en suma total resultan 1000 unidades. Para contar con una distribución base se recopiló propuestas de varios autores y se compatibilizó con el árbol de factores ambientales propuesto. Figura 1.

El método requiere que se realice una identificación y descripción de las actividades del proyecto propensas a causar impacto ambiental en cada una de las etapas, como ser: Construcción, ejecución, mantenimiento, cierre y futuro inducido.

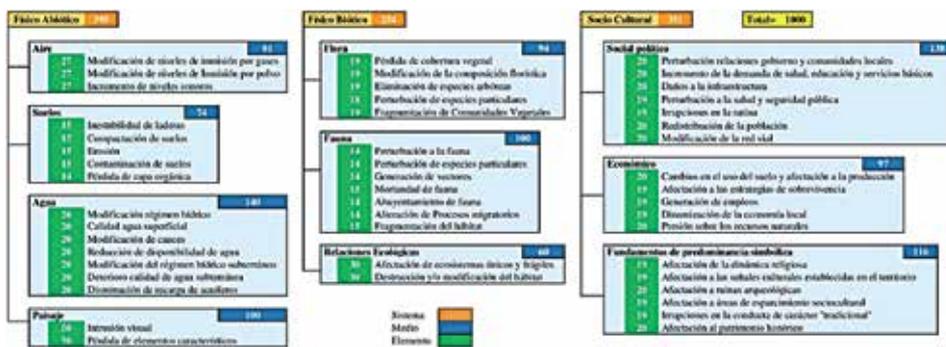


Figura 1. Factores ambientales y distribución de la importancia

Para la identificación de impactos ambientales el método emplea las matrices causa – efecto, por ser esta la mejor herramienta para cumplir con este fin, sin embargo, puede complementarse con otras metodologías de identificación.

Valoración cualitativa de impactos ambientales

Esta forma de valoración sirve para medir la trascendencia de la acción sobre el factor alterado y para el proceso de cribado de impactos, se realiza de forma subjetiva, aunque los resultados obtenidos sean numéricos, mediante la evaluación de una serie de atributos que permiten calcular la importancia del impacto y asignarle un juicio, esta metodología corresponde a Coneza (1993), se eligió este método por ser bastante completo y muy utilizado en la región. Figura 2.

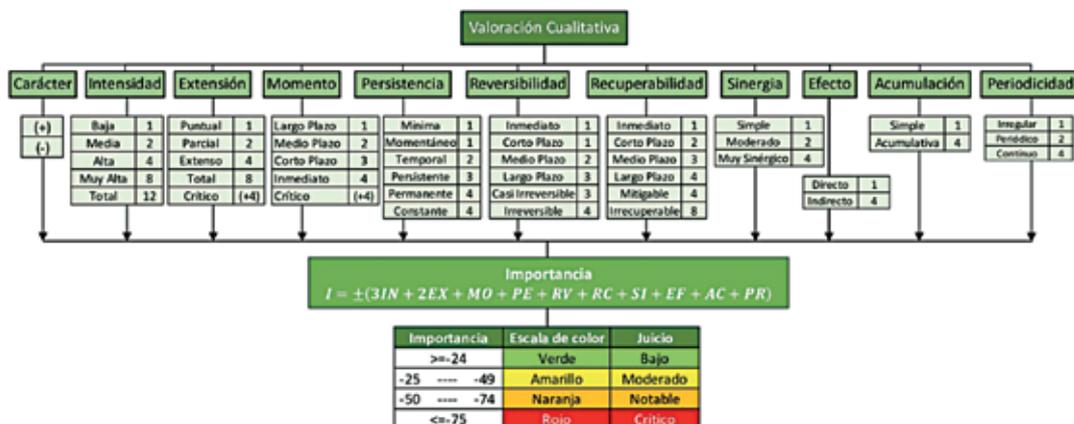


Figura 2. Valoración cualitativa de impactos

Valoración cuantitativa de impactos ambientales

La valoración cuantitativa expresa las características del elemento ambiental de forma medible, con el uso de índices e indicadores se determina la magnitud de cada impacto, cada uno de estos impactos se mide con unidades diferentes (unidades heterogéneas) y con ellas no es posible relacionar unos impactos con otros. La función de transformación hace corresponder, para cada factor ambiental, su magnitud en unidades heterogéneas a su magnitud en unidades homogéneas en una escala entre 0 y 1, más y menos desfavorable, respectivamente, se construyeron las funciones de transformación adaptadas a la normativa boliviana necesarias para medir cada factor ambiental. Figura 3.

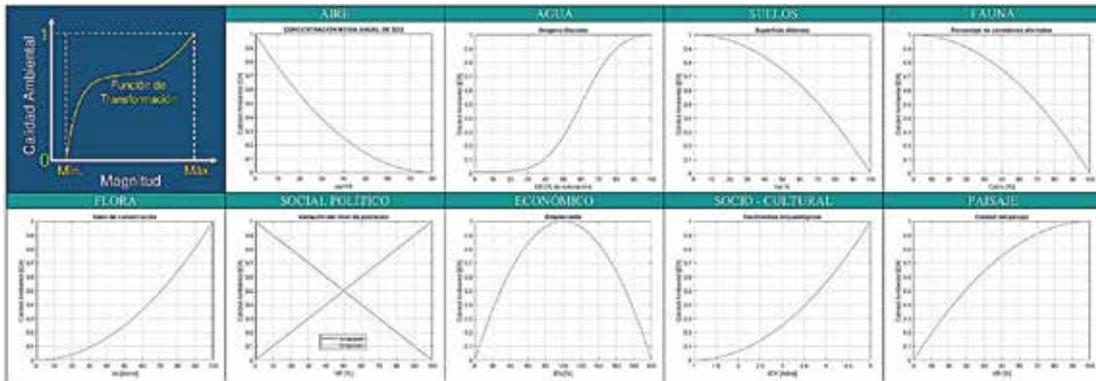


Figura 3. Funciones de transformación, concepto y algunos ejemplos

La valoración cuantitativa consiste en determinar la calidad ambiental del factor afectado por el impacto mediante la función de transformación adecuada, para la obtención de unidades de impacto neto (conmensurables), su contribución a la situación del medio vendrá disminuida en el mismo porcentaje que su calidad (UIA). Se aplica la valoración a la situación CON proyecto y SIN proyecto, de cuya diferencia se tendrá el impacto neto y la sumatoria de este último representa la valoración global del proyecto o de comparación de alternativas. Figura 4.

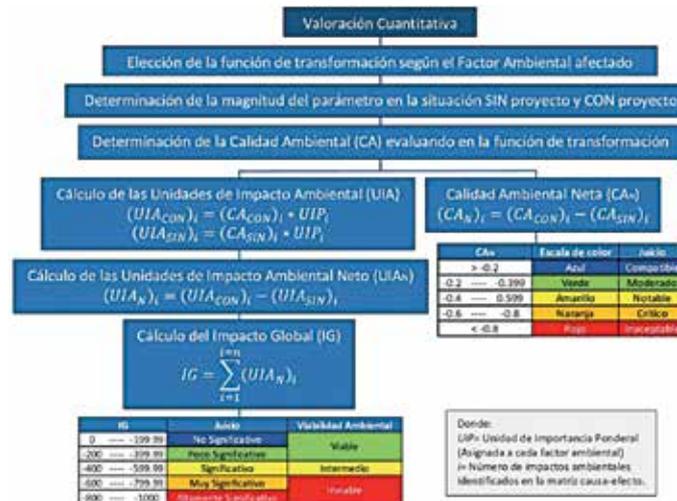


Figura 4. Valoración cuantitativa

En base a la metodología mejorada de Battelle – Columbus, se desarrolló un software en entorno web denominado EABACO (www.eabaco.org), el cual incluye una base de datos para cuatro tipos de proyectos de infraestructura.

CONCLUSIONES

Se analizó los métodos existentes para realizar EIA y tras un análisis, se determinó que el método del instituto Battelle-Columbus es el más recomendable para aplicar en nuestro medio y con este fin, se le realizaron las siguientes adecuaciones y complementaciones:

- Se elaboró un árbol de factores ambientales general ponderado para todo tipo de proyectos.
- Se incorporó una etapa de identificación de impactos mediante una matriz causa – efecto.
- Se incluyó una etapa de valoración cualitativa útil para la selección de impactos (cribado).
- Se construyeron las funciones de transformación acordes a las normativas bolivianas.
- Se establecieron señales de alerta para mejorar la comprensión de los resultados obtenidos.

Además, se elaboró las fichas de evaluación de impacto las cuales son una ayuda conceptual y el software EABACO que permite aplicar eficientemente el método.

Se comprobó la efectividad del método con ejemplos desarrollados en planillas Excel y corroborados con la aplicación web; para cada ejemplo se construyeron las funciones de transformación utilizadas en la evaluación, se determinó su viabilidad ambiental y se propusieron las medidas de mitigación necesarias aplicando el concepto de jerarquía de mitigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amilcar N. (2004) *Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo*, Guatemala. 56-60.
- Arboleda J. (2005) *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades*, Medellín. 58-94.
- Arce R. (2014) *La evaluación ambiental en la ingeniería civil*, Mundi-Prensa, Madrid, 159-224.
- Castro M., Meyén G. y Ospina J. (2019) *Impactos Ambientales, Sociales y Culturales de Hidroeléctricas*, KONRAD ADENAUER STIFTUNG e.V., Plural Editores, La Paz, 15.
- Coneza V. (2009) *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*, 4 Ed, Mundi – Prensa, Madrid, 420-787.
- Decretos supremos N°3549 (2018) y N°3856 (2019).
- Espinoza G. (2001) *Fundamentos de evaluación de impacto ambiental*, Centro de estudios para el desarrollo CED, Santiago, 93-113.
- Franco B. (2000) *Debilidades en las evaluaciones de impacto ambiental*, UMSA, La Paz, 30-95.
- Garmendia A., Salvador A., Crespo C. y Garmendia L. (2005) *Evaluación de impacto ambiental*, PEARSON EDUCACIÓN S.A., Madrid, 226 – 279.
- Gómez D. (2002) *Evaluación de impacto ambiental*, 2ed, Mundi - Prensa, Madrid, 521-652.
- Ley 1333 (1992) *Ley del medio ambiente*.
- Liberman M., Salm H. y Paiva B. (2000) *Manual Ambiental para la Construcción de Carreteras*, SERVICIO NACIONAL DE CAMINOS, La Paz, 56-270.
- Linares J. (2000) *Propuesta de Procedimientos y Contenido para Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental de Carreteras en Bolivia*, UMSA, La Paz, 20-62.
- López C. (1996) *Metodologías Aplicadas para la Evaluación de Impacto Ambiental en Proyectos de Agua Potable en el altiplano*, UMSA, La Paz, 55-64.
- López L. (2012) *Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental en Ingeniería Civil*, Editorial Club Universitario, Alicante, 61-92.
- Sánchez L. (2008) *Evaluación del Impacto Ambiental Conceptos y Métodos*, ECOE EDICIONES, Sao Paulo, 155-195.
- Santos O. (2014) *Metodologías Para la Clasificación de Cuerpos de Agua: Aplicación en el departamento de La Paz*, UMSA, 46-90.
- Salas E., Mendoza S., Sainz H., Teijeiro J. y Galarza Y. (2008) *Manual ambiental para carreteras*, ABC – PCA Ingenieros Consultores S.A., La Paz, 14-43,
- Toledo P. (2009) *Propuesta de Actualización y Sistematización del Programa Computarizado de Evaluación de Impactos Ambientales (PCIA) Para los sectores de Hidrocarburos y Minería*, UMSA, 68-125.

Control cinemático de un robot manipulador

Ing. Juan Miguel Tintaya Padilla – R.N.I. 38894

Es Ingeniero Electrónico de la Universidad Técnica de Oruro con Especialidad en Automatización Industrial y Mecatrónica Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

RESUMEN

Este documento se realizó con la finalidad de realizar el control de un brazo manipulador, que pueda contribuir con el desarrollo de robots que puedan llegar a realizar tareas de precisión, ya sea con fines metalúrgicos, mecánicos, médicos, etc. Al tener un estudio cinemático del manipulador se le puede dar un sinfín de aplicaciones.

El control sobre los ángulos de sus articulaciones y el punto final de movimiento, permite desarrollar tecnologías que van más allá de la robótica tradicional.

INTRODUCCIÓN

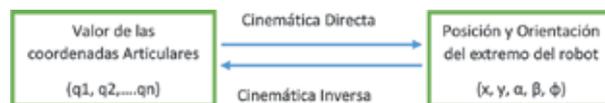
Uno de los propósitos de los sistemas inteligentes es resolver problemas con menor tiempo y con mayor precisión que los seres humanos. Para cumplir este propósito, existen ciertos análisis que necesitan un estudio mayor, como el caso de reconocimiento de patrones, orientación de un robot, entre otros.

En la actualidad la mayoría de grandes y medianas empresas destinadas a la producción utilizan en sus plantas, cada vez con mayor frecuencia y complejidad, robots que permiten aumentar su capacidad y calidad. Por ese motivo la robótica es uno de los campos con mayor velocidad de desarrollo.

DESARROLLO

Cinemática de un Robot

La cinemática estudia el movimiento del manipulador robótico con respecto a un sistema de referencia sin considerar las fuerzas que lo producen. Se distingue entre cinemática directa e inversa.



Cinemática Directa

A partir de un modelo básico de un robot de 4 grados de libertad se realizó la parametrización mediante el algoritmo Denavit Hatenberg, para hallar su cinemática directa.

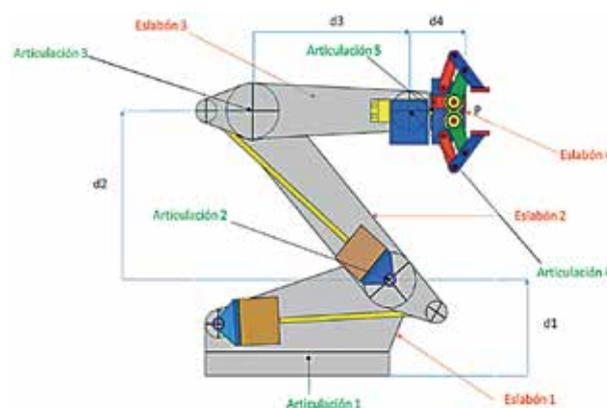


FIGURA 1 Parametrización de un Robot de 4gdl con el algoritmo Denavit Hatenberg

A partir de la figura 1 se obtiene la matriz homogénea que nos muestra la matriz de traslación y rotación de las articulaciones con respecto a una coordenada inicial.

$$T = A_5^0 = A_1^0 A_2^1 A_3^2 A_4^3 A_5^4$$

$$A_5^0 = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix}$$

Con estos datos se puede obtener el vector de traslación del brazo robot, teniendo en cuenta que:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{41} \\ h_{42} \\ h_{43} \end{bmatrix}$$

Reemplazando con los valores obtenidos:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(q_1)(d_3 \cos(q_2 + q_3) + d_2 \cos(q_2) + d_4 \cos(q_2 + q_3 + q_4)) \\ \sin(q_1)(d_3 \cos(q_2 + q_3) + d_2 \cos(q_2) + d_4 \cos(q_2 + q_3 + q_4)) \\ d_1 + d_3 \sin(q_2 + q_3) + d_2 \sin(q_2) + d_4 \sin(q_2 + q_3 + q_4) \end{bmatrix}$$

Cinemática Inversa

La cinemática inversa consiste en la obtención de las posiciones de todos los elementos del manipulador, cuando se conoce posición y orientación final.

Se obtendrán las coordenadas articulares q_1 , q_2 , q_3 y q_4 de acuerdo a la figura 2.

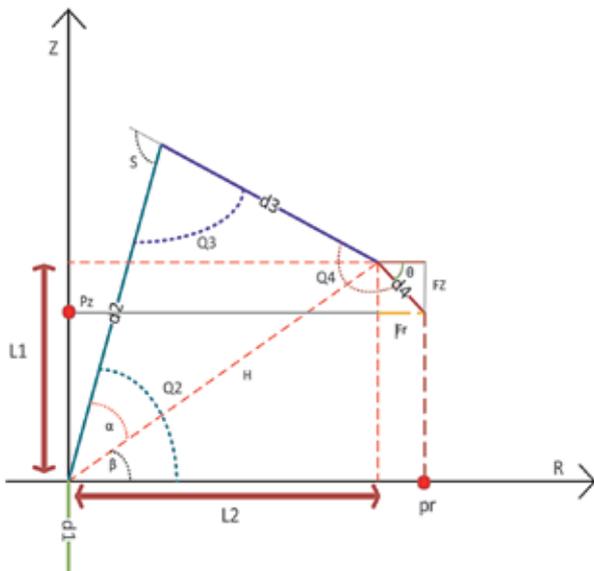


FIGURA 2 Ilustración Geométrica del Manipulador

$$q_1 = \tan^{-1} \left(\frac{p_y}{p_x} \right) \quad (1)$$

$$q_2 = \cos^{-1} \left(\frac{d_2^2 - d_3^2 + L_1^2 + L_2^2}{2 * d_2 * \sqrt{L_1^2 + L_2^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{L_1}{L_2} \right) \quad (2)$$

$$q_3 = \cos^{-1} \left(\frac{d_2^2 + d_3^2 - L_1^2 - L_2^2}{2 d_2 d_3} \right) \quad (3)$$

$$q_4 = \theta - \cos^{-1} \left(\frac{d_2^2 - d_3^2 + L_1^2 + L_2^2}{2 * d_2 * \sqrt{L_1^2 + L_2^2}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{L_1}{L_2} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{d_2^2 + d_3^2 - L_1^2 - L_2^2}{2 * d_2 * d_3} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{d_2^2 + d_3^2 - L_1^2 - L_2^2}{2 * d_2 * d_3} \right) \quad (4)$$

Las ecuaciones 1,2,3,4 reflejan como resultado de un análisis geométrico del manipulador.

CONCLUSIONES

Se pudo realizar un análisis cinemático directo de un robot de 4 grados de libertad en el que a partir de ángulos de movimiento es posible determinar la posición x y z del efector final.

A partir de un análisis geométrico se pudo determinar la cinemática directa del manipulador en el que a partir de coordenadas x y z es posible determinar los ángulos del manipulador robótico.

El presente análisis da como siguiente paso el realizar el análisis dinámico del manipulador en el que se podrán obtener el análisis de fuerza a partir del análisis Euler-Lagrange, para el dimensionamiento a su vez del sistema de control.

El algoritmo Denavit-Hatemberg es muy útil al momento de resolver matrices homogéneas en robots.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Barrientos, Fundamentos de la Robótica, Editorial: S.A. MCGRAW-HILL, 2007
- R. Copa. (2003, Mayo 13). Estructuras Básicas de un brazo robótico. [online]. Disponible en: <http://coparoman.blogspot.com/2013/05/13-estructuras-basicas-de-un-brazo.html>
- J. Hernández. (2012, Agosto 26). Estructura de los robots. [online]. Disponible en: <https://roboticajh.wordpress.com/2013/08/26/estructura-de-los-robots/>
- Robot Antropomórfico disponible en página web: <https://www.emaze.com/@ATTQFRFZ/presentation-name-copy1>



Felicita a
La Sociedad de Ingenieros
de Bolivia



Por su larga trayectoria de **100 AÑOS** en ingeniería e investigación y difundiendo las mejores prácticas para los ingenieros de nuestro país.

AMPER apoyando a los ingenieros con asesoramiento en soluciones de calidad de energía, proyectos en media, baja tensión y servicio técnico especializado.



MEDIA TENSIÓN Y
DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA



PROTECCIÓN Y
ACCIONAMIENTOS



SISTEMAS DE
MISIÓN CRÍTICA



CALIDAD DE ENERGÍA



GRUPOS ELECTROGENOS
Y.F.P.S.



SERVICIO TÉCNICO

www.amperonline.com



LA PAZ:
C. Gasoleros N° 340
Calle 6 de Agosto, PE
2-48 85 84 / 2-48 85 97



SHOWROOM LA PAZ:
Calle México n.º 1700 Edificio
María Reyna PB
2-48 85 84



SANTA CRUZ:
Barrio Gran Calle Los Claveros n.º 105
3-41 94 95 / 410-03 452



KLIMAX

REPRESENTANTES DE:



EXPERTOS EN SISTEMAS DE
CLIMATIZACIÓN

OTRAS INSTALACIONES:

- TRATAMIENTO DE ATMÓSFERAS ESPECIALES Y RECINTOS HOSPITALARIOS
- SISTEMAS DE GAS (GN), (GLP) Y MÉDICOS
- PROTECCIÓN DE INCENDIOS
- SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR

OFICINA LA PAZ:

CALLE ROSENDO GUTIÉRREZ N° 708

CASILLA: 566

E-MAIL: KLIMAXLP@KLIMAXBOLIVIA.COM

TELF.: (591-2) 241-3822 / 241-2745

FAX: (591-2) 241-0038

OFICINA SANTA CRUZ:

AV. LOS BOSQUES N° 4640 (FRENTE COND. PORTOFINO)

CASILLA: 4835

E-MAIL: KLIMAXSC@KLIMAXBOLIVIA.COM

TELF.: (591-3) 353-4998 / 355-7808

FAX: (591-3) 353-4998

VISITANOS EN: WWW.KLIMAXBOLIVIA.COM

Métodos de determinación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias en edificaciones de oficinas

Ing. Néstor Walter Barrera Romero - R.N.I. 32906

Es Ingeniero en Civil de la Universidad Autónoma Tomás Frías con Diplomado en Sistemas Hidrosanitarios en Edificaciones, Supervisión Y Fiscalización de Obras Civiles, Investigación Acción y Educación Superior Formación Basada En Competencia. Máster Internacional en Proyectos Sismorresistentes de Estructuras de Concreto Armado y Precomprimido.

RESUMEN

Una de las dificultades de las normativas es adecuar el método Hunter, propuesto para pequeñas viviendas y edificaciones residenciales en 1940, a las condiciones actuales. Se ha realizado un análisis documental de normativas de distintos países de habla hispana, reglamentos americano y japonés. Se aplicó el análisis comparativo de los valores propuestos por cada una de las normativas, para la instalación hidrosanitaria de abastecimiento de una edificación tipo de oficina. Los resultados indican que la mayoría de las normas emplean métodos empíricos y probabilísticos, con valores ajustados para cada país.

INTRODUCCIÓN

El caudal máximo probable (QMP), permite determinar la demanda con la cual diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable en una edificación. (Soriano & Pancorbo, 2012) indica que los métodos de estimación pueden clasificarse en semi empíricos (coeficiente de simultaneidad) y probabilísticos (Hunter). Uno de los primeros métodos probabilísticos desarrollados en fue el método de Hunter realizado en 1940 (Hobbs et al., 2019; Mangalekar & Gumaste, 2021; Soriano & Pancorbo, 2012), una de las características es que (Hunter, 1940) no menciona las diferencias entre edificios de oficinas y

viviendas pequeñas, aunque resulta lógico suponer que eso se debe a que por aquél entonces se buscaba primero responder las necesidades de la población, y que además no existían una cantidad considerable de infraestructura de oficinas. Sin embargo, aún con dichas consideraciones, el método fue aceptado en la mayor parte del territorio estadounidense.

APLICABILIDAD ACTUAL DEL MÉTODO DE HUNTER

En las últimas décadas se han desarrollado políticas de desarrollo sostenible ante el incremento poblacional y la escasez de recursos, ocasionando que la industria empiece a construir artefactos sanitarios más eficientes. Por lo que en los últimos años a la par de investigaciones donde se estudia métodos alternos se ha ido analizando la pertinencia o no del método de Hunter.

Los investigadores (Garzón & Ortiz, 2017) mencionan “que no necesariamente se ajusta a las condiciones, características y patrones de consumo de la población Colombiana” (p. 1). Mientras que (Zamora, 2013) encontró que para el caso de edificaciones en Costa Rica, el método que se aproxima con menor error al consumo de oficinas es el de la Norma Francesa.

Estas observaciones no solamente se mencionan para los consumos sudamericanos, sino que además, (Mangalekar & Gumaste, 2021) indican que, la mayoría de los códigos nacionales e internacionales utilizan la curva de Hunter (1940) debido al sólido enfoque probabilístico y la facilidad del cálculo del caudal máximo probable, sin embargo, es un hecho ampliamente aceptado que la curva de Hunter sobredimensiona la demanda de agua en el tamaño de las tuberías de plomería (Mangalekar & Gumaste, 2021). Por lo que los países tienden a modificar el valor del caudal máximo probable, ajustándolo a sus características.

Por su parte (Hobbs et al., 2019) menciona que la disparidad entre los actuales artefactos de alta eficiencia y el modelo probabilístico (de Hunter) ha dado lugar al sobredimensionamiento de las redes de tuberías, lo que aumenta la huella de carbono de las edificaciones.

MÉTODOS PROBABILÍSTICOS COMPUTACIONALES PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO PROBABLE

En respuesta al mayor uso de artefactos hidrosanitarios eficientes y un uso sostenible del agua, la Asociación Internacional de Funcionarios de Plomería y Mecánica (IAPMO) y la Sociedad Americana de Ingenieros de Plomería (ASPE) impulsaron la creación de un equipo de especialistas, para proponer un nuevo modelo, alternativo al de Hunter, que permita estimar el caudal máximo probable en una edificación.

Para tal efecto (Buchberger et al., 2017) propusieron modelos que eviten el sobredimensionamiento que conlleva el uso del método de Hunter. Estos modelos son: Exhaustive Enumeration Method (EEM) y el Modified Wistort Method (MWM). En base a una data desde 1996 hasta 2011 en 1058 viviendas multifamiliares a lo largo de Estados Unidos. (Hobbs et al., 2019)

Sin embargo, estos modelos son complicados de aplicar en la práctica profesional, incluso conociendo los parámetros de cálculo necesarios, lo que llevó a que Buchberger a desarrollar una calculadora con un entorno amigable, para cualquier número de artefactos sanitarios denominada como Calculadora de Demanda de Agua o Water Demand Calculator (WDC). La misma ha sido reconocida e incorporada al Uniform Plumbing Code 2021.

NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN INTERNACIONAL

En el ámbito internacional se tienen varias normativas y reglamentos, aquellos que han sido revisados para la presente investigación se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Normas y reglamentos internacionales de instalaciones de sanitarias consultados

| País | Año | Reglamento ó Normativa | Método empleado | Especificaciones para oficinas |
|----------------------|-------------|--|---|---|
| Bolivia | 2011 | RENISDA | Hunter Modificado | Tabla 1.8 |
| Brasil | 1998 & 2020 | NBR 5626 | Coef. Simultaneidad | No menciona |
| Chile | 2004 | Reglamento De Instalaciones Domiciliarias De Agua Potable Y Alcantarillado (RIDAA) | Hunter Modificado | No menciona |
| Colombia | 2004 | Norma Técnica Colombiana NTC 1500 | Hunter Modificado | Figura 3 |
| España | 2022 | CTE DB HS 4 | No menciona | No menciona |
| Unión Europea | 2008 | UNE 149201:2008 - | Coef. Simultaneidad | Ecuaciones específicas |
| Unión Europea | 2007 | UNE EN 806-3 2007 | Hunter Modificado | No menciona |
| Francia | 2013 | NF DTU 60.11 | Coef. Simultaneidad | Art.3.2.2 Para agua potable no se emplea un coeficiente K |
| Ecuador | 2011 | Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC-11 Capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua | Coef. Simultaneidad | Ecuaciones específicas |
| Japón | 2009 | SHASE-S 206 - MLIT | Hunter Modificado | Tablas específicas |
| Perú | 2012 | Norma Técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones | Hunter Modificado | No menciona |
| Reino Unido | 2006 | BS 6700 | Hunter Modificado | No menciona |
| República Dominicana | 2010 | Reglamento Para El Diseño Y La Construcción De Instalaciones Sanitarias En Edificaciones | No menciona | No menciona |
| Singapur | 2018 | Singapore Standard 636: Code Of Practice For Water Services | No menciona | No menciona |
| USA | 2021 | International Plumbing Code | Hunter Original | Presenta valores de Unidades Hunter específicas |
| USA | 2021 | Uniform Plumbing Code 2021 | Hunter Original Water Demand Calculator | Presenta valores de Unidades Hunter específicas |

Fuente: Propia

ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EDIFICACIÓN DE OFICINAS TIPO

Se ha realizado una comparación entre las normativas que describen las características propias de oficinas, mediante el cálculo de las unidades de gasto o el caudal total de artefactos, para una edificación de oficinas de 10 plantas con baños tipo, para el sistema de abastecimiento de la red de agua fría. Los resultados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 2. Caudal máximo probable estimado por métodos del coeficiente de simultaneidad

| Tipo de Artefacto | N° Artefactos | Nec 11 Tabla 16.1 | | UNE 149201 Tabla 2.1 | | NFDTU 60.11 Tabla1 | | RIDAA Anexo N°5 | | NBR 5626 1998 Tabla A.1 | |
|-------------------|---------------|----------------------|------------|-------------------------|------------|-----------------------|------------|--------------------|------------|----------------------------|------------|
| | | Parcial | Total | Parcial | Total | Parcial | Total | Parcial | Total | Parcial | Total |
| Lavamanos | 80 | 0.1 | 8 | 0.1 | 8 | 0.2 | 16 | 10 | 800 | 0.3 | 24 |
| Inodoro (tanque) | 70 | 0.1 | 8 | 0.1 | 8 | 0.12 | 9.6 | 8 | 640 | 0.3 | 24 |
| Urinario | 30 | 0.5 | 40 | 0.15 | 12 | 0.5 | 40 | 6 | 480 | 2.8 | 224 |
| Total | 180 | | 56 | | 28 | | 65.6 | | 1920 | | 272 |
| QMS L/s | | | 7.2 | | 2.9 | | 3.9 | | 5.3 | | 4,9 |

Fuente: Propia

Tabla 3. Caudal máximo probable estimado por métodos de Hunter Modificado

| Tipo de Artefacto | N° Artefactos | RENISDA TABLA 1.8 | | IPC 2021 Tabla E103.3 | | NTC 1500 Tabla 8 | | I.S. 010 Anexo 2 | | BS 6700 Tabla D.1 | | SHASE 206 | |
|-------------------|---------------|----------------------|------------|--------------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|------------|----------------------|------------|-----------|------------|
| | | Parcial | Total | Parcial | Total | Parcial | Total | Parcial | Total | Parcial | Total | Parcial | Total |
| Lavamanos | 80 | 1 | 80 | 3 | 240 | 4 | 320 | 2 | 160 | 2 | 160 | 1.5 | 120 |
| Inodoro (tanque) | 70 | 5.5 | 440 | 5 | 400 | 5 | 400 | 5 | 400 | 3 | 240 | | 320 |
| Urinario | 30 | 4 | 320 | 5 | 400 | 5 | 400 | 5 | 400 | 3 | 240 | 3 | 240 |
| Total | 180 | | 840 | | 1040 | | 1120 | | 960 | | 640 | | 680 |
| QMS L/s | | | 6.3 | | 13.4 | | 10.3 | | 7.5 | | 4.8 | | 5.2 |

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

La mayoría de las normas emplea los métodos del coeficiente de Simultaneidad y el de Hunter modificado, con valores propios de cada país. Dentro de los métodos más actuales tenemos al: Exhaustive Enumeration Method (EEM), Modified Wistort Method (MWM), que forman parte del Water Demand Calculator (WDC) de la IAPMO. Siendo el WDC. la primera innovación en la estimación probabilística en los últimos 80 años, pero que sólo es aplicable debido a su data en Estados Unidos y en vivienda multifamiliares.

En el análisis realizado se observa que el RENISDA presenta un valor muy cercano al promedio los valores de todas las normativas. Sin embargo, su valor está por encima de las normativas europeas y algunas sudamericanas, siendo únicamente menor al de la Norma Peruana I.S. 010 y la Norma Ecuatoriana NEC 11. Finalmente, el valor más bajo para oficinas es el de la UNE 149201, debido a que presenta una ecuación específica para oficinas que permite considerar el efecto de los usuarios de la edificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buchberger, S., Omaghom, T., Wolfe, T., Hewit, J., & Cole, D. (2017). Peak Water Demand Study. *Probability Estimates for Efficient Fixtures in Single and Multi-Family Residential Buildings, January*. [http://www.iapmo.org/WESTand/Documents/Peak Water Demand Study - Executive Summary.pdf](http://www.iapmo.org/WESTand/Documents/Peak%20Water%20Demand%20Study%20-%20Executive%20Summary.pdf)
- Garzón, A., & Ortiz, R. (2017). Maximum Instant Flows Rates for Residential Users of Bogotá City Caudales Máximos Instantáneos de Usuarios Residenciales de Bogotá. *XV Seminario Iberoamericano de Redes de Agua y Drenaje, SEREA*.
- Hobbs, I., Anda, M., & Bahri, P. A. (2019). Estimating peak water demand: Literature review of current standing and research challenges. *Results in Engineering*, 4(May), 100055. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100055>

- Hunter, R. (Department of C. (1940). Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems. *Building Materials and Structures Report BMS65*, 23, 28.
- Mangalekar, R. D., & Gumaste, K. S. (2021). Residential water demand modelling and hydraulic reliability in design of building water supply systems: A review. *Water Science and Technology: Water Supply*, 21(4), 1385–1397. <https://doi.org/10.2166/WS.2021.021>
- Omaghomi, T., & Buchberger, S. G. (2018). Variation in peak water demand with building size: Parameters and methods. *1st International WDSA / CCWI 2018 Joint Conference*.
- Omaghomi, T. O. (2014). *Analysis of Methods for Estimating Water Demand in Buildings*. http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin1406881340
- Soriano, A., & Pancorbo, F. J. (2012). *Suministro, Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria* (1ra Edició). MARCOMBO S.A.
- Zamora, R. (2013). *Evaluación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos en edificaciones*. 61.



DELTA
SERVICE ELECTRIC
SERVICIOS DE INGENIERIA TECNICA EN ELECTRICIDAD Y ELECTROMECHANICA

Of. Calle Socabaya No. 519 Of.5
Teléfono: + 591 - 2 -2407921
Cel.: 76260430 - 72086054
E-mail: dserelec@hotmail.com
Web.: www.delta-service-electric.com.bo
La Paz - Bolivia

Servicios en:

**ELECTRICIDAD
ELECTROMECHANICA
SUPERVISION DE PROYECTOS
CALIDAD DE ENERGIA
TRABAJOS EN GENERAL.**

- PLANOS ELECTRICOS
- DIAGRAMAS UNIFILARES • PERITAJES
- ACOMETIDAS TRIFASICAS
- CASETA DE TRANSFORMACION
- SISTEMAS DE PROTECCION PARA EQUIPOS DE ELECTROMEDICINA

- INSTALACIONES INDUSTRIALES
- MONTAJE DE EQUIPOS INDUSTRIALES
- SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA
- INSTALACION DE PARARRAYO

- DISEÑO Y ARMADO DE TABLEROS ELECTRICOS
- REDES DE DISTRIBUCION EN MEDIA TENSION Y BAJA TENSION
- CERTIFICACION DE SIST. DE TIERRA
- ESTUDIO DE LA CALIDAD DE ENERGIA



Diseño de sistemas de control óptimo multivariable en el espacio de pseudoestados.

Ing. Aaron Nestor Mamani Villca - R.N.I. 49393

Es Ingeniero Electrónico de la Universidad Mayor de San Andrés.

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño de controladores óptimos multivariables desarrollado a partir de un modelo descrito en el espacio de pseudoestados. Se describe con brevedad la representación de sistemas en el espacio de pseudoestados. El algoritmo de control se diseña considerando un sistema MIMO lineal invariante en el tiempo. Posteriormente, se verifica el funcionamiento del controlador mediante simulación. El enfoque del espacio de pseudoestados se extiende fácilmente a sistemas de control no lineales, adaptativos y de modelo predictivo.

PALABRAS CLAVE. Control moderno, control óptimo, espacio de pseudoestados, control digital, sistemas MIMO, control multivariable, controlador LQR.

INTRODUCCIÓN

Existen varios retos en la ingeniería de control, siendo uno de ellos el análisis y diseño de sistemas de control multivariable. Los controladores para sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) suelen requerirse con bastante frecuencia en los sistemas eléctricos, sistemas robóticos, sistemas industriales y demás. Usualmente el problema del control multivariable es considerado difícil debido a la existencia de una interacción intrínseca entre las entradas y las salidas y una gran cantidad de parámetros.

El control óptimo es un recurso muy conveniente al momento de diseñar sistemas de control que presenten una gran cantidad de parámetros. El problema de síntesis se formula como la minimización de un criterio que es una función cuadrática de los pseudoestados y de las señales de control; el método de diseño óptimo supone

escribir esta función cuadrática llamada función costo. Por consiguiente, el procedimiento de diseño óptimo minimiza la función costo.

La ventaja del control óptimo por realimentación de pseudoestados respecto al control clásico reside en que el primero utiliza la evolución de las variables del sistema, en cambio la estructura clásica necesita la construcción de elementos de derivación o integración puros.

En sistemas complejos el control óptimo puede realizar un control más potente que el que realiza el regulador PID, el cual solamente actúa sobre la señal de error de la salida y la referencia.

ESPACIO DE PSEUDOESTADOS

Para el diseño del controlador se utilizará el modelo del espacio de pseudoestados. A continuación, se escribe un sistema MIMO lineal invariante en el tiempo.

$$\mathbf{x}(k) = \mathbf{\Omega}\mathbf{x}(k-1) + \mathbf{\Lambda}\mathbf{u}(k) \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(k) = \mathbf{Y}\mathbf{x}(k) \quad (2)$$

Donde se sigue la siguiente nomenclatura: $\mathbf{u}(k)$ es el vector de entrada de dimensión μ , $\mathbf{y}(k)$ es el vector de salida de dimensión ν , $\mathbf{x}(k)$ es el vector de pseudoestado de dimensión m , $\mathbf{\Omega}$ es la matriz de pseudoestado de dimensión $m \times m$, $\mathbf{\Lambda}$ es la matriz de entrada de dimensión $m \times \mu$, \mathbf{Y} es la matriz de salida de dimensión $\nu \times m$. El valor de m depende de la dimensiones μ y ν , teniendo la equivalencia $m = n(\mu + \nu)$; n es el orden del sistema. El modelo de pseudoestados no es tan restrictivo como el modelo de estados. El vector de pseudoestados tiene la siguiente estructura.

$$\mathbf{x}^T(k) = [(\mathbf{y}^T(k) \mathbf{u}^T(k) \mathbf{y}^T(k-1) \dots \mathbf{y}^T(k-n+1) \mathbf{u}^T(k-n+1))] \quad (3)$$

Los matrices parámetros \mathbf{B}_i y \mathbf{A}_j , donde $i=0, \dots, n$ y $j=1, \dots, n$, son matrices de coeficientes de dimensiones $\nu \times \mu$ y $\nu \times \nu$ respectivamente. Se consideran las siguientes definiciones.

$$\Omega = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_1 & \mathbf{B}_1 & \mathbf{A}_2 & \cdots & \mathbf{A}_n & \mathbf{B}_n \\ & & \mathbf{0}_{\mu \times 2n} & & & \\ \mathbf{I}_{(n-1)(\mu+v)} & \vdots & \mathbf{0} & \mathbf{0} & & \end{bmatrix} \begin{matrix} \uparrow v \\ \uparrow \mu \\ \uparrow (n-1)(\mu+v) \end{matrix} \quad (4)$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_0 \\ \mathbf{I}_\mu \\ \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{matrix} \uparrow v \\ \uparrow \mu \\ \uparrow (n-1)(\mu+v) \end{matrix} \quad (5)$$

$$\mathbf{Y} = [\mathbf{I}_v \quad \mathbf{0} \quad \cdots \quad \mathbf{0}] \begin{matrix} \uparrow v \\ \leftarrow n(\mu+v) - v \end{matrix} \quad (6)$$

Notar que el vector de pseudoestados $\mathbf{x}(k)$ no es de dimensión mínima, por lo que no se refiere a este como un vector de estados convencional, de aquí el nombre de pseudoestados.

DISEÑO DEL CONTROLADOR

En el control óptimo es fundamental la elección de un índice de desempeño que determine el desempeño del sistema y la complejidad del problema del control óptimo.

La elección más popular para dicho índice es una función cuadrática de las variables de pseudoestado y las entradas de control. Consideramos el siguiente índice de desempeño para un horizonte de planificación infinito.

$$J = \frac{1}{2} \sum_{k=i}^{\infty} \mathbf{x}^T(k-1) \mathbf{Q} \mathbf{x}(k-1) + \mathbf{u}^T(k) \mathbf{R} \mathbf{u}(k) \quad (7)$$

Las matrices \mathbf{Q} y \mathbf{R} pueden seleccionarse para penalizar ciertos pseudoestados o entradas más que otros.

La matriz \mathbf{Q} debe ser semidefinida positiva con dimensión $m \times m$, y la matriz \mathbf{R} debe ser definida positiva con dimensión $\mu \times \mu$. La solución referente al índice de desempeño de (7) viene dada por las siguientes expresiones con la condición de que el sistema sea estabilizable.

$$\mathbf{S} = \Omega^T \mathbf{S} \Omega + \mathbf{Q} - \Omega^T \mathbf{S} \Lambda [\mathbf{R} + \Lambda^T \mathbf{S} \Lambda]^{-1} \Lambda^T \mathbf{S} \Omega \quad (8)$$

$$\mathbf{K} = [\mathbf{R} + \Lambda^T \mathbf{S} \Lambda]^{-1} \Lambda^T \mathbf{S} \Omega \quad (9)$$

$$\mathbf{u}^*(k) = -\mathbf{K} \mathbf{x}(k-1) \quad (10)$$

La ecuación (8) se conoce como la ecuación algebraica de Riccati de tiempo discreto. Mediante una selección apropiada de los coeficientes de las matrices de peso se establece el compromiso entre la varianza de la salida y la energía utilizada para el vector de acciones de control.

Si bien la ley de control óptima estabiliza al sistema, esta no contempla el seguimiento a una referencia. Para resolver el problema de seguimiento se realizará el diseño de un controlador óptimo en base al esquema de la figura 1.

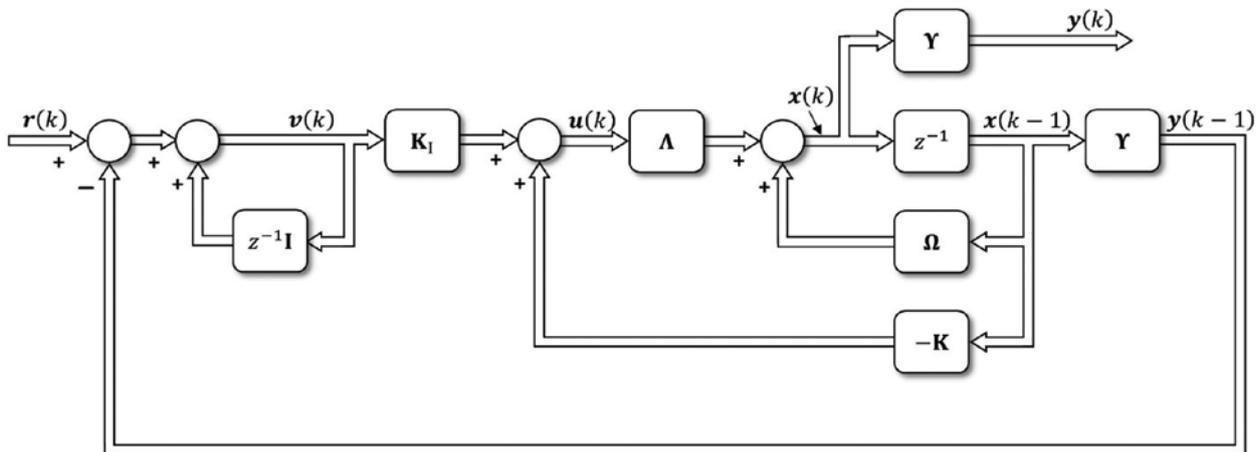


Figura 1. Sistema de control con realimentación de pseudoestados y acción integral.

De acuerdo a la anterior configuración tendremos la realimentación del vector de pseudoestados y la realimentación de la salida para el control integral.

$$\mathbf{u}(k) = -\mathbf{K} \mathbf{x}(k-1) + \mathbf{K}_I \mathbf{v}(k) \quad (11)$$

$$\mathbf{v}(k) = \mathbf{v}(k-1) + \mathbf{r}(k) - \mathbf{y}(k-1) \quad (12)$$

El sistema de seguimiento tiene la siguiente ecuación.

$$\hat{x}(k+1) = [\hat{\Omega} - \hat{\Lambda}\hat{K}]\hat{x}(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ \mathbf{I} \end{bmatrix} r(k+1) \quad (13)$$

$$\hat{\Omega} = \begin{bmatrix} \Omega & \mathbf{0} \\ -\Upsilon\Omega & \mathbf{I} \end{bmatrix}, \quad \hat{\Lambda} = \begin{bmatrix} \Lambda \\ -\Upsilon\Lambda \end{bmatrix}, \quad \hat{K} = [K \quad -K_I], \quad \hat{x}(k) = \begin{bmatrix} x(k-1) \\ v(k) \end{bmatrix} \quad (14)$$

La formulación del control óptimo vista previamente puede ser realizada con las matrices $\hat{\Omega}$ y $\hat{\Lambda}$. La dimensión de la matriz de peso Q incrementa al penalizar también la acción integral.

SIMULACIÓN DEL CONTROLADOR

En esta sección la simulación se llevará a cabo con el sistema TITO de tanques interconectados Feedback 33-230; las señales manipuladas controlan unas bombas y las variables de salida son los niveles de los tanques. El modelo de fase mínima se escribe a continuación (R. Ramírez, 2012).

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{1.448}{66.70s + 1} & \frac{3.390}{70.89s + 1} \\ \frac{2.955}{83.55s + 1} & \frac{1.685}{61.90s + 1} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Se requiere discretizar el anterior modelo, entonces se elige un periodo de muestreo de diez segundos. Empleando el esquema de control de la figura 1, se penaliza con las matrices de peso $R = I_2$ y $Q = \text{diag}\{10,10,0,0,0,0,1,1\}$. Luego de resolver la ecuación algebraica de Riccati se encuentra la matriz de realimentación de pseudoestado y la matriz de ganancia integral.

$$K = \begin{bmatrix} -3.3752 & 7.7279 & 0.7111 & 0.1988 & 2.1683 & -4.7033 & -1.2593 & -0.2760 \\ 6.1727 & -2.5405 & 0.2023 & 0.8298 & -3.6735 & 1.6781 & -0.2299 & -1.3909 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$K_I = \begin{bmatrix} -0.2018 & 0.5786 \\ 0.4967 & -0.1328 \end{bmatrix} \quad (17)$$

La simulación del sistema de control se presenta en la figura 2. El vector referencia es marcado con líneas punteadas en la gráfica izquierda. Inicialmente, la señal de referencia es ajustada como $r^T = [(69 \ 48)]$, a los cinco minutos la referencia es modificada a $r^T = [(58 \ 37)]$.

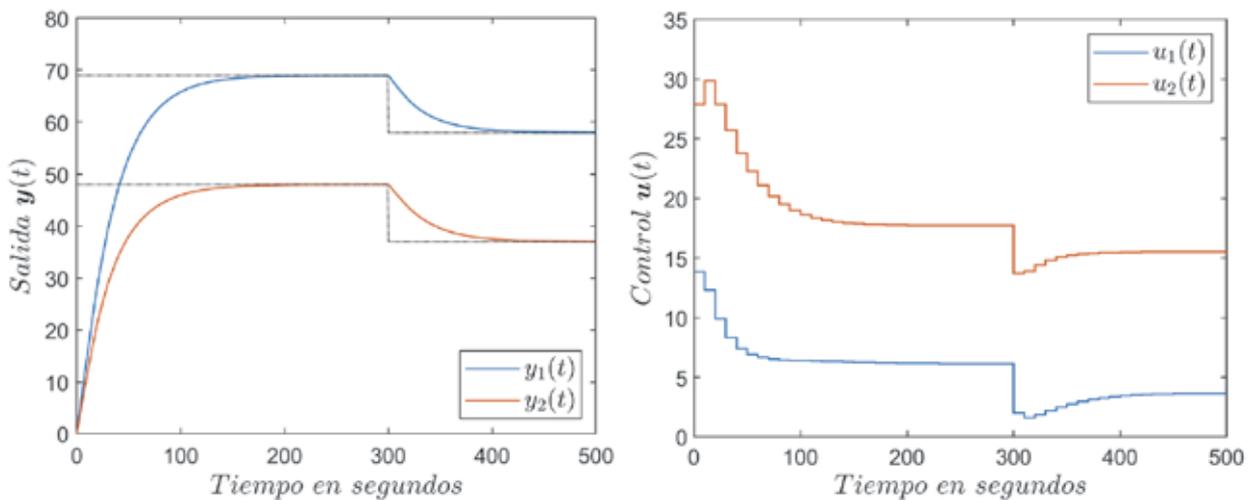


Figura 2. Respuesta del sistema y variable de control del modelo de tanques acoplados.

CONCLUSIÓN

El esquema de control óptimo multivariable planteado y ejemplificado en la simulación de tanques acoplados es una alternativa recomendable para una implementación debido a que el algoritmo de control puede ser programado cómodamente en un computador o microcontrolador.

Con la representación en el espacio de pseudoestados se logra resolver el problema del control multivariable. Asimismo, este enfoque es extensible para diseñar sistemas de control no lineales, adaptativos, robustos y predictivos; por lo tanto, el trabajo es una sugerencia sobre los últimos resultados de investigación en el campo del control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Mamani, *Control en el Espacio de Pseudoestados*, La Paz, 2022.
- A. Aguado y M. Martínez, *Identificación y Control Adaptativo*, Prentice Hall, 2003.
- A. Mamani, “Sistema de Seguimiento con Realimentación del Pseudoestado y Acción Integral,” *ELECTROMUNDO*, no. 95, pp. 76-82, 2022.
- A. Aguado, “Algoritmo de Control Predictivo-Adaptable en el Espacio de Pseudo-Estados,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 3, no. 1, pp. 52-56, 2006.
- M. Fadali y A. Visoli, *Digital Control Engineering*, 2nd ed., Prentice Hall, 2013.
- R. Ramírez, “Análisis Dinámico y Control Multivariable del Sistema de Tanques Interconectados Feedback 33-230,” Universidad de Costa Rica, 2012.
- K. Ogata, *Sistemas de Control en Tiempo Discreto*, 2nd ed., Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.
- V. Exadaktylos, C. Taylor y A. Chotai, “Model Predictive Control Using a Non-Minimal State Space Form with an Integral-Of-Error State Variable,” *UKACC International Conference on Control 06*, Paper-72, 2006.

TECNOLOGÍA

INNOVACIÓN • TRANSFORMACIÓN • SOSTENIBILIDAD

MUY PRONTO



Cámara Nacional de Industrias



Informática forense en dispositivos de almacenamiento (unidades de discos sólidos)

Ing. Humberto Aguilar Lobo - R.N.I. 29057

Es Ingeniero Informático de la Universidad Técnica de Oruro con Maestrías en Seguridad Informática y Educación Superior basada en Competencias, Ph.D.(c) en Ciencia y Tecnología.

RESUMEN

Este artículo tiene por objeto contribuir al estudio de la informática forense en función a herramientas de recuperación de archivos eliminados en unidades de almacenamiento en discos sólidos. Se trata de un estudio de enfoque cuantitativo, del tipo descriptivo, en el que se empleó un diseño no experimental de corte transeccional o transversal. La variable de estudio fue la recuperación de archivos en discos sólidos de 1 [Tb]¹ de capacidad. La población estuvo constituida por herramientas de recuperación de archivos eliminados, de ella se tomó como muestra tres herramientas especializadas. El instrumento empleado fue sistemas de medición por aparatos en base a software especializado en la obtención de datos. Los resultados demostraron que de las herramientas vistas, dos cuentan con mayor rendimiento en tiempo y capacidad en la recuperación de archivos eliminados en unidades de almacenamiento de discos sólidos, siendo muy útiles para llevar a cabo el procedimiento de recuperación de información.

Palabras clave: Informática forense, unidades de almacenamiento, recuperación de archivos.

INTRODUCCIÓN

La informática forense comprende diferentes procedimientos, uno de ellos es la “Recuperación de archivos eliminados” que ciertamente en los sistemas actuales, los archivos no son eliminados físicamente sino en su forma lógica, esto implica que la información

permanece aún después de ser eliminada del sistema. Siendo así, que la informática forense puede intentar reconstruir la estructura de los archivos que la contenía a fin de buscar evidencias en la misma.

Existe una gran variedad de métodos de recuperación de archivos eliminados (y herramientas que los implementan) que trae a consecuencia la presente investigación.

En este propósito, la interrogante general que motiva la presente investigación es: ¿Cuáles serían los resultados de aplicar herramientas de recuperación de archivos eliminados en unidades de almacenamiento en discos sólidos?

Después de las consideraciones anteriores, es importante empezar por una definición pertinente de este tema.

Al respecto los autores (Castañeda Vilchis, Rojas Barrera, & Villanueva Pallares, 2009) afirman: “...la recuperación de información eliminada a partir del sistema de archivos comprende la búsqueda de la información directamente en el espacio de datos omitiendo todo tipo de estructura de sistema de archivos” (p.6)

DESARROLLO MÉTODOS Y MATERIALES

Métodos. La metodología a utilizar tiene su fundamento en la siguiente tabla (1):

Tabla 1. Metodología aplicada en la investigación.

| Metodología | Característica |
|------------------|--|
| Enfoque y diseño | Se sustentó en el enfoque cuantitativo, del tipo de diseño no experimental, transeccional descriptivo. El objetivo es describir los resultados de aplicar herramientas de recuperación de archivos eliminados en unidades de almacenamiento en discos sólidos. |

¹ “Tb” Unidad de medida (abreviado) de almacenamiento en discos sólidos.

| | |
|---|--|
| <p>Población y muestra</p> | <p>Se define como población a un conjunto finito de elementos con características comunes y que concuerdan con determinadas especificaciones (herramientas de recuperación de archivos eliminados).</p> <p>La muestra es del tipo no probabilística —desde la visión cuantitativa— su utilidad requiere no tanto una “representatividad” de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas. Está se integra por tres herramientas especializadas.</p> |
| <p>Instrumentos de recolección de datos</p> | <p>A los efectos de este, se aplicó sistemas de medición por aparatos, a través de instrumentos de software especializado en la obtención de datos, permitiendo la validación y verificación del objetivo de la investigación. Los resultados son tabulados, codificados, procesados y analizados, manejando procedimientos propios de la informática forense.</p> |

Fuente: Elaboración propia.

Materiales.

Tabla 2. Materiales que se utilizó en la investigación.

| Descripción |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Computador: HP Pavilion dm4-3050us, Sistema operativo Windows Educacional, Compilación 10.0, 17134, Procesador Intel Core i5-2450M CPU @ 2.50 GHz, Capacidad memoria RAM 8 “Gb”,² Arquitectura 64 “bits”³ |
| <ul style="list-style-type: none"> • Disco sólido: Del tipo M3 portable, marca Toshiba, Capacidad 1 “Tb”⁴ de almacenamiento. |
| Software especializado |
| <ul style="list-style-type: none"> • Herramienta Forense [1]: FTK IMAGER, versión 4.2.1.4, licencia gratuita. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Herramienta Forense [2]: RECUVA, versión 1.53.1087, licencia gratuita. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Herramienta Forense [3]: AUTOPSY, versión 4.14.0, licencia gratuita. |

Fuente: Elaboración propia.

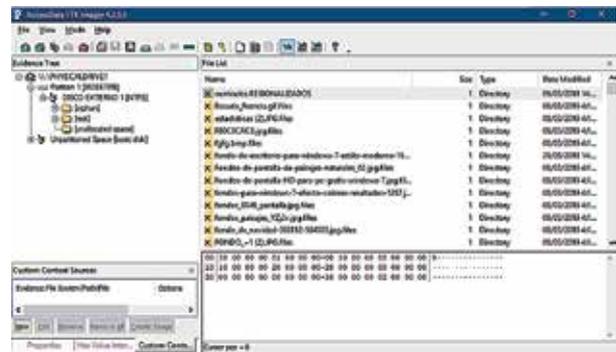
RESULTADOS

HERRAMIENTA FORENSE [FTK IMAGER]

Haciendo uso de esta herramienta se toma de la imagen del disco solido de capacidad de 1 [Tb] en formato “.dd”, (formato de aceptación). La herramienta proporciona archivos con información “MD5”⁵ y “SHA”⁶, para verificar si la imagen ha sido cambiada o no. Teniendo la imagen del disco, se procedió a realizar el análisis, matizando

que FTK crea diferentes detalles de la información que se encuentra en el disco, como posiciones de memoria o un mapa hexadecimal de los mismos.

Figura 1. Resultados con FTK IMAGER.

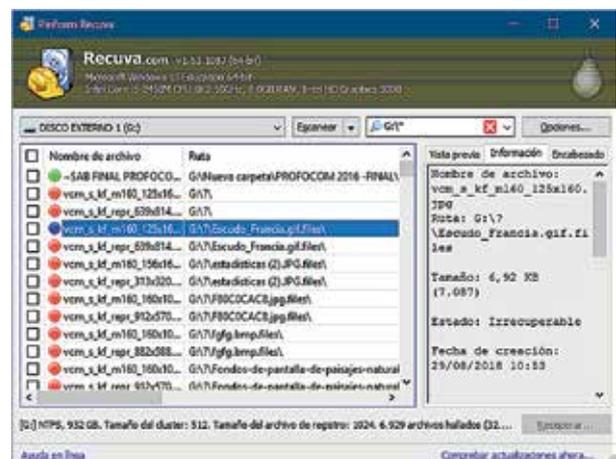


Fuente: Elaboración propia.

HERRAMIENTA FORENSE [RECUVA]

Está herramienta permitió recuperar archivos borrados del tipo: documentos, imágenes, videos, músicas, entre otros, pero teniendo debilidades como la recuperación de archivos cuando se ha dado un formato rápido, este tipo de procedimiento puede ser un factor muy importante de riesgo para la informática forense.

Figura 2. Resultados con Recuva.



Fuente: Elaboración propia.

HERRAMIENTA FORENSE [AUTOPSY]

Está herramienta, al igual que FTK IMAGER, trabaja sobre una imagen del disco, además que permitió organizar por

2 “Gb”, es el símbolo de una unidad de medida informática cuyo nombre es Gigabyte.

3 “Bits”, es una unidad mínima de información, que puede tener solo dos valores (cero o uno).

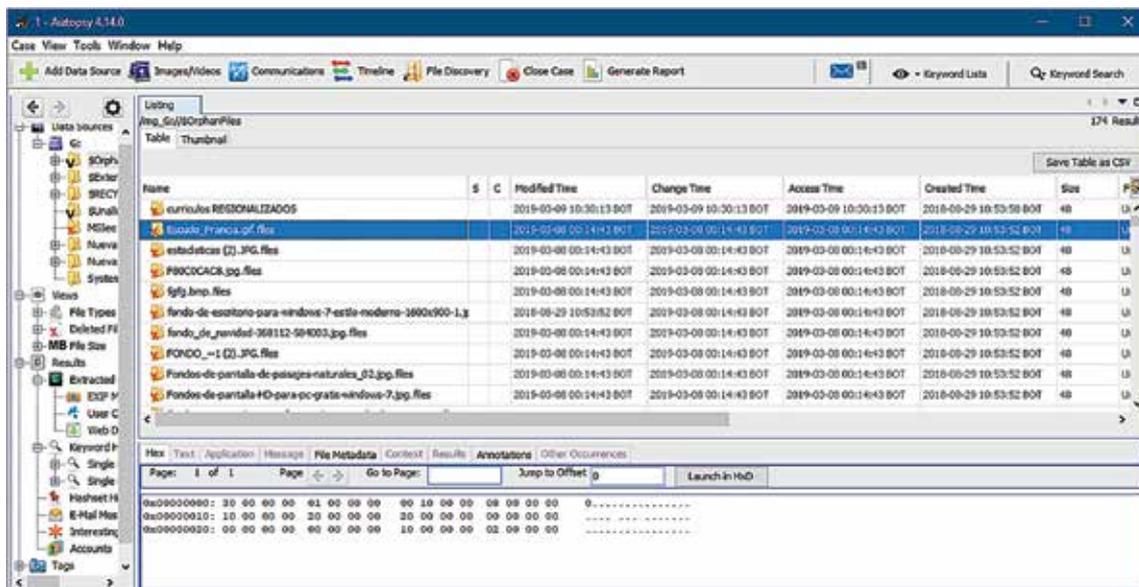
4 “Tb”, es el símbolo de una unidad de medida informática cuyo nombre es Terabyte

5 “MD5”, es un algoritmo de reducción criptográfico de 128 bits ampliamente usado en seguridad informática.

6 “SHA”, es un algoritmo de Hash seguro de una familia de funciones de cifrado.

casos de análisis la información que proporciona, es en valores hexadecimales y a través de banderas de un archivo (tanto de inicio como del final)

Figura 3. Resultados con Autopsy.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en base a las herramientas utilizadas:

Tabla 3. Análisis comparativos de los archivos encontrados y el tiempo estimado.

| Herramienta | Archivos encontrados | Tiempo estimado de recuperación en [minutos] |
|-------------|----------------------|--|
| FTK | 12789 | 10:55 |
| Recuva | 6929 | 5:15 |
| Autopsy | 12970 | 15:30 |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un nuevo análisis de comparación en base al formateo del disco utilizado, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 4. Análisis comparativo de archivos encontrados en diferentes formateos del disco.

| Herramienta | Cantidad de archivos encontrados | | |
|-------------|----------------------------------|--------------|--------------|
| | 1er Formateo | 2do Formateo | 3er Formateo |
| FTK | 11567 | 11430 | 11221 |
| Recuva | 5129 | 4975 | 4890 |
| Autopsy | 11952 | 11628 | 11445 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Análisis comparativo - diferentes formateos en tiempos estimados de recuperación de archivos.

| Herramienta | Tiempo estimado de recuperación en [minutos] | | |
|-------------|--|--------------|--------------|
| | 1er Formateo | 2do Formateo | 3er Formateo |
| FTK | 9:33 | 8:18 | 7:43 |
| Recuva | 4:50 | 4:02 | 3:38 |
| Autopsy | 13:48 | 13:16 | 12:34 |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar que las herramientas utilizadas, cumplen con su objetivo principal, pudiendo recuperar una gran cantidad de archivos, teniendo a FTK IMAGER y AUTOPSY como las óptimas en cuanto a volumen de archivos recuperados, con un tiempo prudente. También cabe mencionar que la herramienta RECUVA utilizó una mayor disposición de tiempo y no logró recuperar la misma cantidad de archivos que las otras herramientas. De la misma manera se puede afirmar que entre más cantidad de veces haya sido formateado el disco de almacenamiento, la recuperación de archivos tiende a disminuir.

DISCUSIÓN

A través de esta investigación se ha intentado describir los resultados en función a herramientas de recuperación de archivos eliminados en unidades de almacenamiento en discos sólidos. De las mismas se puede mencionar que FTK IMAGER y AUTOPSY son herramientas completas,

mientras que RECUVA tiene sus deficiencias, pero siendo cada una de ellas, muy útiles para llevar a cabo el procedimiento de recuperación de información.

Es evidente entonces, que la recuperación de archivos a través de la informática forense puede agregar aspectos de debate, como la recuperación de archivos tiende a disminuir entre más cantidad de veces que haya sido formateado.

Por ello, desde este trabajo se proyecta a la utilización de estas herramientas que pueda brindar una inmersión paulatina para el estudiante, con el fin de que los objetivos didácticos y las clases materialicen situaciones en entornos controlados.

CONCLUSIONES

Dadas las condiciones que anteceden, se concluye que la informática forense representa un punto muy importante en la actualidad, y particularmente la recuperación de información, el procedimiento llevado a cabo en este artículo, puede ser calificado como satisfactorio, y es que se logró evidenciar resultados de investigación, siguiendo la metodología adecuada para cada uno de los procedimientos realizados.

Desde la implementación de diferentes técnicas para la recuperación de información demostrando una comparación de las herramientas seleccionadas, cotejando su alcance de cada una de ellas, y observando el rendimiento obtenido de acuerdo a su implementación y características específicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castañeda Vilchis, F., Rojas Barrera, V., & Villanueva Pallares, N. (2009). Evaluación de herramientas para análisis forense orientado a discos duros. México.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). México Ed. F DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ta. Fideas G. Arias Odón.
- Arias, F. G. (2008). *Perfil del profesor de metodología de la investigación en educación superior*. Universidad Central de Venezuela.
- Posada, J. A. C. (2001). *Metodología de la Investigación* (Vol. 58). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Flores, M. D., Franco, M. E. V. E., Ricalde, D. C., Garduño, A. A. L., & Apáez, M. R. (2013). *Metodología de la investigación*. Editorial Trillas, SA de CV.
- Namakforoosh, M. N. (2000). *Metodología de la investigación*. Editorial Limusa.
- Moguel, E. A. R. (2005). *Metodología de la Investigación*. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Vélez, A. (2011). *Metodología de la investigación*. Medellín: EAFIT.

ArcelorMittal

Sismorresistente

Página web oficial

Evaluación de la convergencia del método HARDY-CROSS en el análisis de redes de agua potable

Ing. Mario Carmelo Gamarra Mendoza - R.N.I. 14908

Es Ingeniero Civil de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, con Maestrías en Sistemas de Drenaje y Riego.

RESUMEN

El método Hardy-Cross es empleado ampliamente en la enseñanza de ingeniería de redes cerradas en Bolivia y su aplicación en el diseño de sistemas de agua potable. La norma boliviana NB-689 Instalaciones de Agua Potable – Diseño para Sistemas de Agua Potable y su Reglamento Técnico de Diseño para Sistemas de Agua Potable, establece que el método Hardy-Cross es uno de los recomendados para realizar el análisis hidráulico de una red de distribución cerrada. Al ser un proceso iterativo, es importante evaluar su convergencia y sus propiedades para establecer las limitaciones metodológicas al momento de resolver un sistema de agua potable.

Palabras clave: Método Hardy-Cross, convergencia, agua potable, norma boliviana NB-689

Keywords: Hardy-Cross method, convergence, drinking water, Bolivian standard NB-689

INTRODUCCIÓN

Hardy Cross simplificó el modelado matemático de problemas complejos en ingeniería estructural e hidráulica mucho antes de la era de las computadoras. Las distribuciones de momentos en estructuras de hormigón indeterminadas descritas con ecuaciones diferenciales eran demasiado complejas para la época anterior a las computadoras. Hardy Cross aplicó estos hallazgos del análisis estructural más tarde al equilibrio del flujo en las redes de tuberías. Revolucionó la forma en que la profesión abordaba problemas complicados. Hoy en día, en la práctica de la ingeniería, se utiliza el método de Hardy Cross modificado propuesto por Epp y Fowler

en lugar de la versión original del método de Hardy. Los métodos propuestos por Hamam y Brameller, Wood y Charles y Wood y Rayes también se utilizan en la práctica común. Además, el método orientado a nodos propuesto por Shamir y Howard también se basa en el método de Hardy Cross. (Brkić & Praks, 2019)

Existen diversos textos que permiten obtener una comprensión del método de Hardy-Cross, con una descripción del método, referencia de su desarrollo histórico, la formulación matemática del método, e inclusive con la presentación del ábaco del Método de Hardy-Cross, y ejemplos de aplicación. (Slight, 1941) (Soaded & Khudair Al-Obaidi, 2019).

Las referencias más ilustrativas del método Hardy-Cross exponen también ventajas y desventajas del método Hardy Cross. Entre las ventajas se puede indicar fácil de aplicar, se puede completar a mano el cálculo, la autocorrección incluso si se producen pequeños errores de cálculo, y entre las desventajas se tiene que en redes grandes, el número de iteraciones requeridas para la convergencia aumenta con el tamaño, en algunos casos, es posible que el método no converja si las conjeturas iniciales están demasiado alejadas, y en su forma original, no funciona bien con condiciones límite, bombas, depósitos múltiples, etc. Puede funcionar con bombas, ciertas válvulas (válvulas de retención, válvulas de control de flujo, válvulas reductoras de presión) y depósitos múltiples (es decir, más de una fuente) con alteraciones y el uso de pseudo bucles creados con enlaces imaginarios. A la mayoría de los estudiantes universitarios de ingeniería se les enseña el método de análisis de Hardy Cross, pero no los métodos actuales que se utilizan en la mayoría de los programas de software. (McAtee, 2022).

Aplicaciones ingeniosas del método en bucles espaciales son expuestos en un artículo que es aplicado en redes de instalación de gas natural, que si bien es de carácter hipotético es interesante su planteamiento de artificios matemáticos. (Brkić, An improvement of Hardy Cross method applied on looped spatial natural gas distribution networks, 2009).

También se han observado considerables aportes técnicos en el desarrollo de software para el estudio del método Hardy-Cross. (Gameiro Lopes, 2004)

Se documentaron problemas significativos de convergencia para los métodos: a) método de ajuste de ruta única (P), b) método de ajuste de nodo único (N) y c) método de ajuste de nodo simultáneo (SN). Estos métodos se usan ampliamente y los resultados de este estudio indican que se debe tener mucho cuidado al emplear estos métodos. Cada uno de los tres métodos que experimentó problemas significativos de convergencia requiere un conjunto de caudales o grados para iniciar la solución y la falla se puede reducir si se emplean valores iniciales que están más cerca de los valores correctos. Sin embargo, no parece haber medios confiables para determinar consistentemente mejores valores iniciales. Tanto el método de ajuste de ruta simultáneo (SP) como el método lineal (L) brindan una excelente convergencia donde las tasas de flujo y los grados se calculan con gran precisión y el logro de una precisión de caudal relativo de 0,005 es adecuada para asegurar esto. Los métodos SP y L lograron soluciones muy precisas en relativamente pocas pruebas con solo una falla conocida por el método SP. (Wood, 1981)

El método Hardy-Cross desencadenó la evolución de numerosas técnicas de simulación de redes de tuberías, es adecuada solo para redes relativamente pequeñas. Con la llegada de la computadora y a medida que se analizaban redes más grandes y complejas, se descubrió que el método Hardy-Cross con frecuencia converge demasiado lentamente, si es que lo hace. El método clásico que se describe en la mayoría de los libros de texto de hidráulica o mecánica de fluidos es una adaptación del método de Newton-Raphson que resuelve una ecuación a la vez antes de pasar a la siguiente ecuación durante cada iteración en lugar de resolver todas las ecuaciones simultáneamente. Los métodos de ruta única y nodo único respectivamente, son básicamente los métodos clásicos de Hardy-Cross. Métodos tradicionales descritos anteriormente no dan una buena idea de la bondad de una solución aproximada, especialmente para problemas de gran escala. (Lee, 1983)

Una investigación realizada sobre veintidós nuevos métodos correctores de bucle, además propone un tercer orden de convergencia. a pesar de los originales métodos correctores de bucle, es decir, el método Hardy Cross, estos nuevos los métodos teóricamente tienen un orden superior de convergencia. Se analizó una red de agua de muestra utilizando cuatro escenarios (92 casos en total) para comparar el rendimiento de estas nuevas versiones de los métodos de corrección de bucle con el original Método Hardy Cross. Los resultados indican que la cercanía de conjeturas iniciales a las soluciones finales se encontró que era un factor importante en el número

de iteraciones requeridas. Sin embargo, considerando diferentes escenarios revela que los esquemas de un paso, dos pasos y tres pasos mejorar la tasa de convergencia del método Hardy Cross por 41%, 69,64% y 62,5%, respectivamente. Adicionalmente, uno de los métodos de dos pasos, el tercer algoritmo de Chun, se encontró para resolver la red de muestra en más número de iteraciones que el método Hardy Cross para uno de cada cuatro escenarios. Además, en base a la comparación del número de iteraciones y tiempo de cálculo de los cuatro escenarios, el algoritmo de Chebyshev y el algoritmo de Halley fueron mejores que otros métodos de un solo paso, mientras que Chun y el cuarto algoritmo de Kim y el algoritmo de Zavalani superaron otros métodos de dos y tres pasos, respectivamente. (Niazkar & Türkkan, 2021)

El método de bucle de nodo es un poderoso procedimiento numérico para el cálculo de caudales o diámetros como problemas inversos en redes de distribución de fluidos en bucle. La ventaja principal del novedoso método de bucle de nodo es que el flujo en cada tubería se puede calcular directamente, lo cual no es posible para el Hardy Cross original ni para los métodos mejorados de Hardy Cross. (Brkić & Praks, An Efficient Iterative Method for Looped Pipe Network Hydraulics, 2019)

Existen diversas investigaciones que comparan los resultados obtenidos aplicando el método Hardy-Cross y el software EPANET, destacando la similitud de los mismos, y también considerando la evolución de las variables en función del tiempo. (Da Silva TeixeiraI, Vilalta-AlonsoII, & Mendes N, 2021) (Rodríguez Molina & Loáisiga, 2017) (Rai & Sanap, 2017) (Selami, Kaan, & Neslihan, 2008)

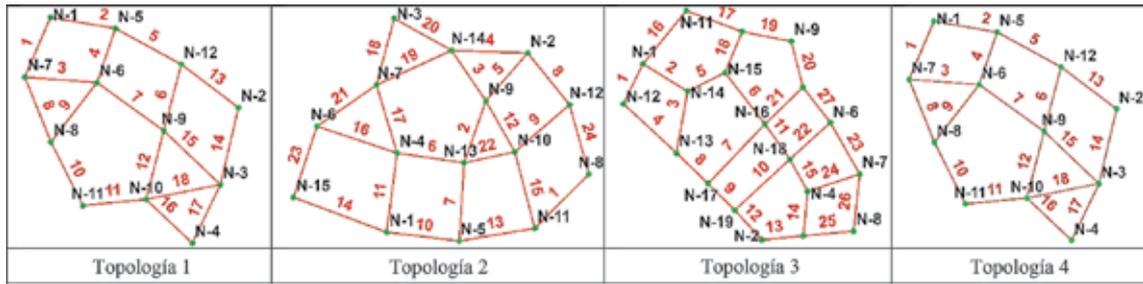
DESARROLLO

La evaluación de la convergencia se ha enfocado en la cantidad de iteraciones para alcanzar el menor error en la estimación del balance del caudal y de la energía en los nudos de la red, considerando diferentes rutas del agua en la red de tuberías del agua. Sin embargo, tal enfoque no considera necesariamente las hipótesis de diseño establecidas inicialmente para la distribución del agua que asegure el abastecimiento de la población, es decir, se prioriza la obtención matemática de los caudales en las tuberías para únicamente satisfacer las condiciones del método Hardy-Cross.

TOPOLOGÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Se evaluaron las siguientes topologías de la red de distribución de agua potable:

Figura 1: Topologías de la red de distribución analizadas.



Fuente: Elaboración propia

Cada una de ellas fue sometida a diversos escenarios de caudales que circulan en su interior, y también a variaciones aleatorias de las longitudes entre las tuberías que integran el sistema en un rango menor a 5 metros en las diferentes ubicaciones entre los nudos. También se ha considerado el ingreso de caudales en 2 diferentes nudos para cada topología. Para la primera topología se emplearon 4 escenarios de análisis, mientras que para las restantes topologías 25 escenarios de análisis, y en total se evaluaron 79 escenarios diferentes en cuanto a su disposición espacial y la capacidad de conducción de agua potable, mediante el método Hardy-Cross aplicando para su resolución iterativa el ajuste de ruta simultáneo (SP).

CONVERGENCIA DEL MÉTODO HARDY-CROSS APLICADO A LA RED DE AGUA POTABLE

La convergencia del método es garantizada mediante el cumplimiento de los siguientes criterios: 1) balance de masa en todos los nudos y cada anillo/malla de verificación, 2) balance de energía/carga de presión en los nudos de cada anillo/malla de verificación, 3) balance de energía/carga de presión en nudos de contorno específicos en los que las rutas de conducción del agua potable confluyen, y 4) el balance de los caudales que ingresan y salen de

cada nudo de la red. Para la presente investigación se prescindieron de las pérdidas de carga local al desarrollar el análisis y se ha empleado únicamente la ecuación de Hazen-Williams para la estimación de las pérdidas por fricción en el sistema, considerando un mismo material de las tuberías. La adopción del diámetro comercial ha considerado su optimización, estableciendo un diámetro mínimo de 2½" y que a su vez la velocidad máxima sea menor o igual a 2 m/s.

RESULTADOS

Los resultados del análisis realizado se presentan en los siguientes gráficos y tablas:

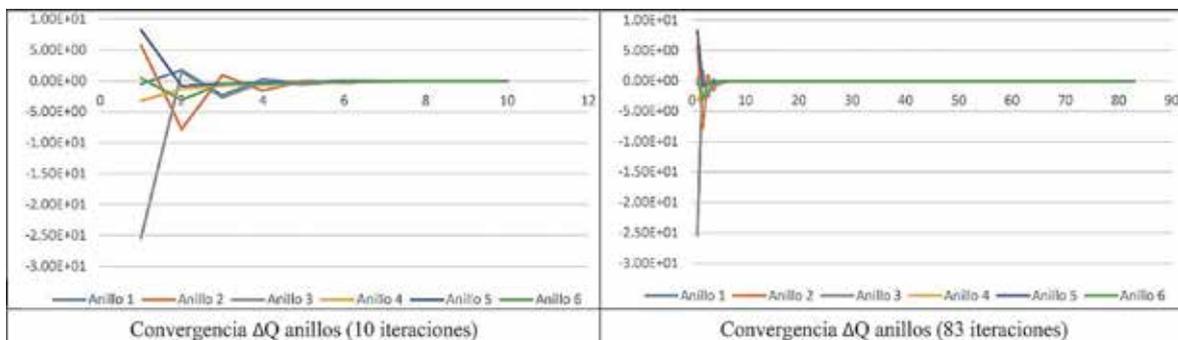
Tabla 1. Cantidad tramos de tubería

| Cantidad de tramos de tubería | | | |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Topología 1 | Topología 2 | Topología 3 | Topología 4 |
| 23 | 24 | 27 | 18 |

Fuente: Elaboración propia

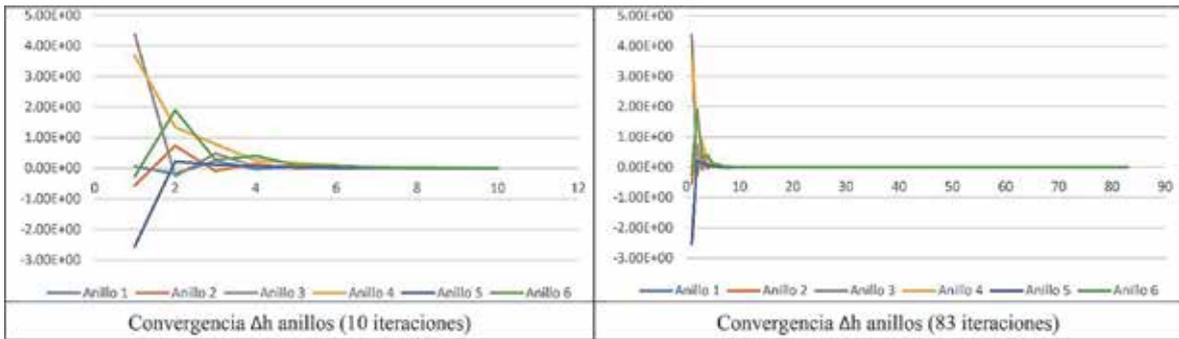
Las redes analizadas consideran una topología diferenciada por la cantidad de tramos de tubería.

Figura 2: Convergencia del ΔQ en cada anillo de la topología 1.



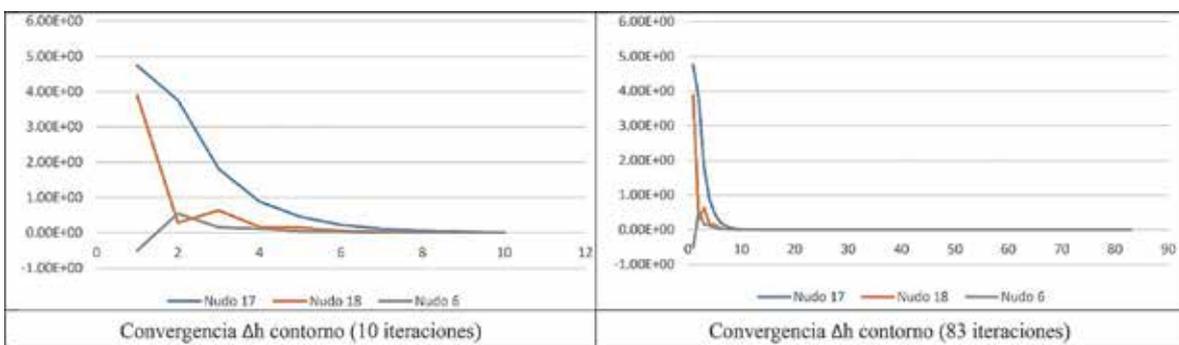
Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Convergencia del Δh en cada anillo de la topología 1.



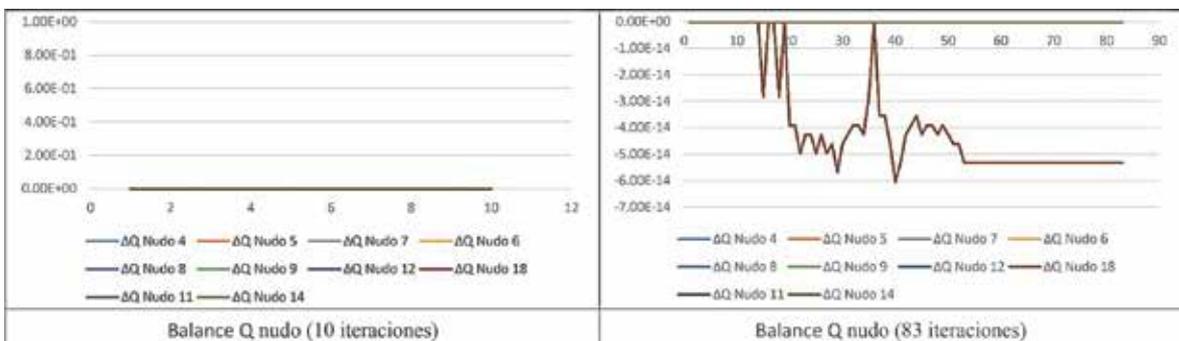
Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Convergencia del Δh en contornos de la topología 1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Convergencia del balance de caudal en nudos de la topología 1.



Fuente: Elaboración propia

Los anteriores gráficos muestran un caso sintetizado en las anteriores representaciones, siendo las demás obtenidas para el cada uno de los 79 casos analizados, representaciones análogas que en todos los casos demuestran que se ha alcanzado la convergencia del método Hardy-Cross.

En el caso de la convergencia de contorno se observa que para algunos nudos esta se alcanza con un número de iteraciones más alto que el que se alcanza para cada anillo.

También se ha observado que el método Hardy-Cross generalmente ha alcanzado la convergencia cuando al menos uno de los tramos de tuberías ha reducido el caudal que transporta respecto del inicialmente considerado para atender la demanda del tramo, como se puede apreciar en las siguientes tablas.

Tabla 2. Rangos de caudales analizados en cada topología

| Rango Caudal (l/s) | | Frecuencia | | | |
|--------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Topología 1 | Topología 2 | Topología 3 | Topología 4 |
| 0 | 250 | 0 | 7 | 4 | 9 |
| 250 | 500 | 1 | 6 | 13 | 8 |
| 500 | 750 | 2 | 4 | 7 | 3 |
| 750 | 1000 | 1 | 4 | 1 | 2 |
| 1000 | 1250 | 0 | 2 | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Déficit de caudal (%) en tuberías deficientes

| Rango Máximo Déficit Caudal (%) Frecuencia | | Frecuencia | | | |
|--|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Topología 1 | Topología 2 | Topología 3 | Topología 4 |
| 0% | 20% | 1 | 6 | 10 | 1 |
| 20% | 40% | 2 | 10 | 10 | 1 |
| 40% | 60% | 1 | 6 | 3 | 6 |
| 60% | 80% | 0 | 3 | 2 | 6 |
| 80% | 100% | 0 | 0 | 0 | 11 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Cantidad escenarios que tienen tramos deficientes

| Cantidad de tramos deficientes | Frecuencia | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Topología 1 | Topología 2 | Topología 3 | Topología 4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 6 | 10 | 0 |
| 2 | 4 | 11 | 9 | 10 |
| 3 | 0 | 5 | 5 | 15 |
| 4 | 0 | 3 | 1 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el máximo déficit de caudal en un tramo de tubería determinado alcanza valores tan altos mayores al 80 % en varios tramos de tubería, independientemente del caudal que alimenta al sistema de agua potable.

CONCLUSIÓN

La convergencia del método Hardy-Cross aplicando para su resolución iterativa el ajuste de ruta simultáneo (SP), es alcanzada tanto para garantizar el balance de masa en cada uno de los nodos, como así también para la conservación de la energía en cada uno de los anillos o ramales analizados, este hecho concuerda también con las diversas referencias consultadas.

Las soluciones del método Hardy-Cross deben analizar la convergencia de la conservación de la energía en diversas rutas que coincidan en su trayecto con el contorno de la red de distribución analizada, debido a que valores adecuados para garantizar una aproximación aceptable, es generalmente posible con un número mayor de iteraciones.

Las soluciones alcanzadas mediante la aplicación del método Hardy-Cross generalmente considera que al menos una tubería del sistema tendrá un caudal menor al requerido para atender la demanda estimada, aspecto que permite concluir que las soluciones tendrán presiones de trabajo al final de las líneas de tuberías mayores a las que realmente podrían presentarse, debido a que la velocidad consecuentemente será menor en las tuberías, e inclusive podría convertir en más crítica la situación si se rebaja el diámetro de la tubería. Una consecuencia de lo anteriormente expuesto es que siempre habrá la posibilidad de un diseño en condición deficitaria de atención de la demanda.

El método de Hardy-Cross continúa siendo brindado en los diferentes centros de enseñanza de ingeniería en Bolivia, e inclusive la norma NB-689 establece que puede ser uno de los métodos del cual adoptamos la solución del diseño del sistema de distribución de agua potable, y en base al análisis realizado es menester actualizar los contenidos en los centros de educación superior, para adoptar métodos matriciales más modernos que contribuyan a sensibilizar con la lógica de funcionamiento del software que actualmente se emplear para resolver redes de distribución de agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brkić, D. (2009). An improvement of Hardy Cross method applied on looped spatial natural gas distribution networks. *Applied Energy*, 1290-1300. Obtenido de An improvement of Hardy Cross method applied on looped spatial natural gas distribution networks
- Brkić, D., & Praks, P. (2019). An Efficient Iterative Method for Looped Pipe Network Hydraulics. *PrePrints*, 20.
- Brkić, D., & Praks, P. (28 de Enero de 2019). *PrePrints*. Obtenido de The Multidisciplinary Preprint Platform: <https://www.preprints.org/manuscript/201812.0300/v2>
- Da Silva TeixeiraI, G., Vilalta-AlonsoII, G., & Mendes N, L. J. (2021). Evaluation of nonlinear Iterative methods on pipe network. *Revista Científica de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae*, 11.

- Gameiro Lopes, A. M. (2004). Implementation of the Hardy-Cross Method for the Solution of Piping Networks. *Wiley Periodicals, Computer Science Interdisciplinary Applications*, 117-125. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/144012924.pdf>
- Lee, M.-F. (1983). *Publication No. 77 - Pipe Network Analysis*. Gainesville: Water Resource Research Center - University of Florida. Obtenido de https://www.essie.ufl.edu/wrrc/wp-content/uploads/sites/4/2020/06/77_pipe_network_analysis.pdf
- McAtee, K. (09 de Febrero de 2022). *SunCam*. Obtenido de SunCam is a continuing education provider for engineers worldwide of all disciplines. The Florida Board of Professional Engineers licensed Bill Dunn, the founder of the company: <https://www.suncam.com/miva/downloads/docs/408.pdf>
- Niazkar, M., & Türkkán, G. E. (2021). Application of Third-Order Schemes to Improve the Convergence of the Hardy Cross Method in Pipe Network Analysis. *Hindawi, Advances in Mathematical Physics*, 12.
- Rai, R. K., & Sanap, N. G. (2017). Analysis of Hydraulic Network Using Hardy-Cross Method and Epanet. *3rd International Conference on Recent Development in Engineering Science, Humanities and Management*, 221-227.
- Rodríguez Molina, Y. A., & Loáisiga, H. E. (2017). Comparación método Hardy Cross y Software Epanet en diseño de redes de agua potable. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo*, 2-10.
- Selami, D., Kaan, Y., & Neslihan, M. (2008). Development of a modified Hardy-Cross algorithm for time-dependent simulations of water distribution networks. *Fresenius Environmental Bulletin*, 1045-1053.
- Slight, J. M. (1941). Método de Hardy Cross para el análisis de las pérdidas de carga en las redes de distribución de agua potable. *Anales Del Instituto De Ingenieros De Chile*, 302-317. Obtenido de Anales Del Instituto De Ingenieros De Chile: <https://revistas.uchile.cl/index.php/AICH/article/view/50109/52531>
- Soaded, A., & Khudair Al-Obaidi, B. H. (2019). *Sanitary and Environmental Engineering*. Obtenido de <https://coeng.uobaghdad.edu.iq/wp-content/uploads/sites/3/2019/09/sanitary-engineering.pdf>
- Wood, D. J. (1981). *Algorithms for Pipe Network Analysis and Their Reliability*. Lexington, Kentucky: Algorithms for Pipe Network Analysis and their Reliability, Research Report No. 127.



Influencia de corrientes vagabundas del tren metropolitano Cochabamba sobre las tuberías enterradas de acero de transporte de hidrocarburos con protección catódica

Ing. Paola Andrea Postigo Rojas - R.N.I. 30700

Es Ingeniera Petrolera de la Escuela Militar de Ingeniería con Especialidad Internacional en Protección Catódica con certificación NACE y certificación ASTM, Diplomado en Educación Superior.

RESUMEN

La lucha contra la corrosión implica el uso de varias técnicas para mantener la vida útil de nuestros activos; entre esas técnicas se utiliza la protección catódica para proteger los ductos de transporte de hidrocarburos, entre otras estructuras de acero. En Bolivia, los ductos están protegidos por medio de esta técnica, sin embargo, la presencia de corrientes vagabundas puede generar interferencias DC a las estructuras enterradas protegidas, esto puede generar en el caso más crítico, una corrosión del ducto. Una de las fuentes de corrientes vagabundas dinámicas son los trainsways, como es el caso del tren metropolitano de Cochabamba.

Palabras claves: Corrientes vagabundas, interferencia de corriente continua DC, protección catódica, ductos, acero.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad es la capacidad de resistir. El propósito principal de cualquier sistema de control de corrosión/protección catódica es mitigar la corrosión. Al preservar una tubería u otra estructura metálica y no dejar que se

corroa hasta el óxido, permite que esta perdure. Por lo tanto, mitigar la corrosión conduce a la sostenibilidad.

En Bolivia, es necesario que durante la construcción de las redes de transporte de gas enterradas sea instalado un sistema de protección catódica para protegerlas. El más empleado para longitudes más grandes es la técnica por corriente impresa. En Cochabamba existen más de 7 redes de gas primarias protegidas por esta técnica. Sin embargo, para que las tuberías se mantengan dentro del criterio de protección es necesario estudiar las interferencias DC o corrientes vagabundas DC que pueden llegar a producir una corrosión severa en los ductos.

A partir del año 2020 se comenzó con el proyecto del tren Metropolitano en la ciudad de Cochabamba con un trayecto de alrededor de 42.1 km, el cual dará servicio a la población del Cercado, Quillacollo, Sipe Sipe, Colcapirhua, Muyurina, 6 de Agosto y la UMSS Agronomía. Esto es sin duda un gran paso en el mundo del servicio de transporte público de Cochabamba, sin embargo, es importante analizar cada aspecto y su posible interacción con estructuras próximas. Este tren funcionara con corriente continua, lo cual lo convierte en una gran fuente de corrientes vagabundas para los ductos de acero de transporte con protección catódica.

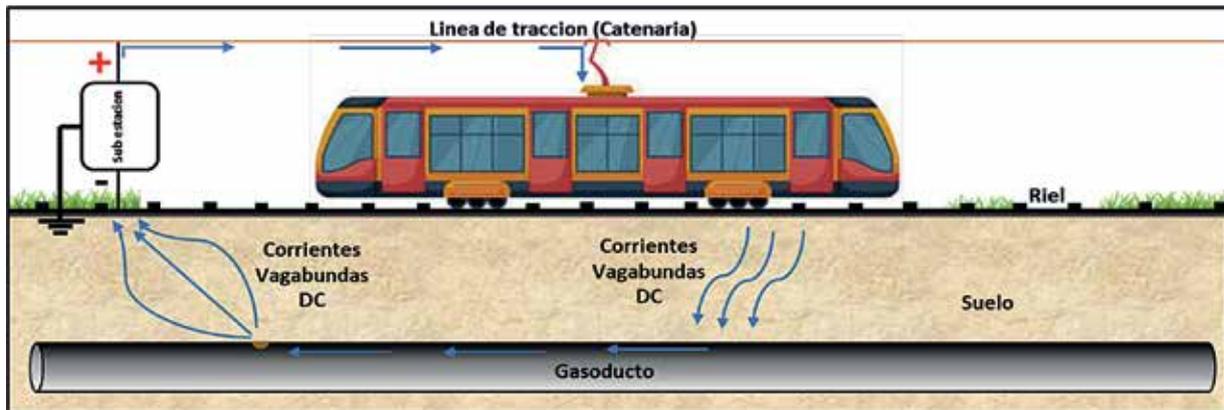
Existen diversos métodos para proteger las tuberías de acero de estas corrientes vagabundas, pero el primer paso y el más importante consiste en localizar el origen del problema y la zona en la que se producen la entrada y salida de corrientes de la tubería.

DESARROLLO

La protección catódica es una técnica que permite reducir la velocidad de corrosión de un material metálico, en un electrolito, al disminuir el potencial de corrosión del metal. Esta tiene dos tipos de sistemas; por ánodos galvánicos y por corriente impresa. El más utilizado para proteger superficies grandes es el de corriente impresa.

Los sistemas de tránsito de corriente continua generan corrientes vagabundas, su corriente es el resultado de una fuga de los rieles a la tierra. La corriente fluye desde los rieles mientras encuentra un camino de regreso a la subestación, la fuente de sus corrientes. El lugar donde la tubería pierde corriente se denomina comúnmente área de ánodo o área de descarga. Esta es el área donde generalmente ocurre la corrosión. (Langelund, 2018)

Imagen 1. Interferencia de corrientes Vagabundas (entrada y salida de corriente)



Fuente: Elaboración propia (2022)

Cabe recalcar que las corrientes vagabundas pueden estar presentes en el suelo, pero no siempre generaran interferencias sobre los ductos.

Es decir que no habrá ingreso de corriente en el ducto y, por ende, no habrá una salida de corriente del ducto hacia el suelo, traduciéndose en cero corrosión.

IDENTIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS VAGABUNDAS DC

Para la identificación de las interferencias es necesario prestar atención a las variaciones de potencial entre el suelo y la estructura y a los gradientes de tensión en el suelo.

Los sistemas de tracción son un clave ejemplo de interferencias DC fluctuantes, para ello se deben realizar mediciones utilizando un registrador de potencial y corriente (data-logger).

Durante un periodo durante el cual se espera un máximo de interferencia, así como un periodo sin ninguna interferencia si es posible, por ello se recomienda 24 horas de registro de datos.

CRITERIO DE INTERFERENCIAS DEBIDO A LAS CORRIENTES VAGABUNDAS

En interferencias DC hay una desviación positiva del potencial sobre la estructura. Por lo tanto, en las estructuras sin protección catódica es aceptable una desviación positiva máxima del potencial de 300 mV comprendida una caída óhmica y sin caída óhmica de 20 mV para una resistividad del suelo $\geq 200 \Omega\text{m}$. En el caso de estructuras con protección catódica es recomendado instalar una sonda de prueba para evaluar la aceptabilidad de las interferencias debido a las corrientes vagabundas. (CENELEC, 2005)

REDUCCIÓN DE LAS INTERFERENCIAS DEBIDO A LAS CORRIENTES VAGABUNDAS

Es importante considerar tres factores que juegan un rol importante para la reducción de las interferencias:

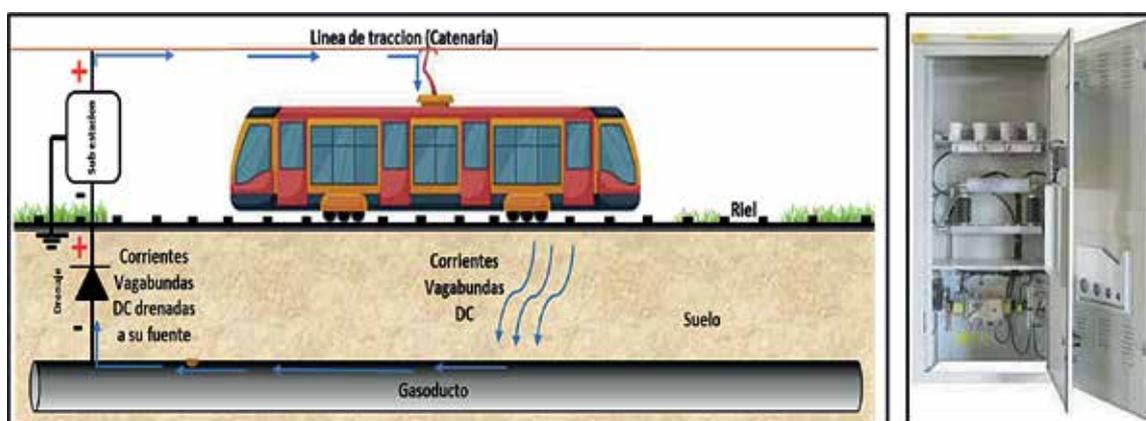
- El buen estado del revestimiento de los ductos.
- El aislamiento de las estructuras cercanas esto quiere decir evitar todo contacto directo del metal con la fuente de corrientes vagabundas u otras estructuras metálicas. De igual forma, los rieles del tren deben estar bien aisladas para evitar la salida de corriente de esta.

c. La distancia entre la fuente de interferencias DC y el ducto debe ser importante, ya que el nivel de interferencia disminuye con la distancia.

Existen varias soluciones utilizadas en varias partes del mundo que pueden ser consideradas en caso de evidencia de una interferencia del sistema de tracción DC sobre la red de transporte de hidrocarburos. Esto consiste en la instalación de dispositivos de atenuación que permiten reducir o eliminar la descarga de corrientes vagabundas del ducto hacia el suelo de manera que se permita alcanzar los criterios de protección a la corrosión deseados. Entre estos son:

- Drenajes unidireccionales: también conocidas como unión eléctrica polarizada, se caracteriza porque permite circular la corriente en una sola dirección, lo cual la hace apta para estructuras donde el potencial no es siempre más positivo que la fuente de corriente continua, que es el caso de los sistemas de tracción en DC.
- Drenajes forzados: se caracteriza porque se fuerza la corriente hacia un solo lado, se lo utiliza cuando los drenajes unidireccionales no drenan suficientemente la corriente generada por la estructura perturbadora, que también es el caso de los sistemas de tracción DC. (CENELEC, 2005)

Imagen 2. Drenaje unidireccional



Fuente: Elaboración propia (2022); (Drainages, 2022)

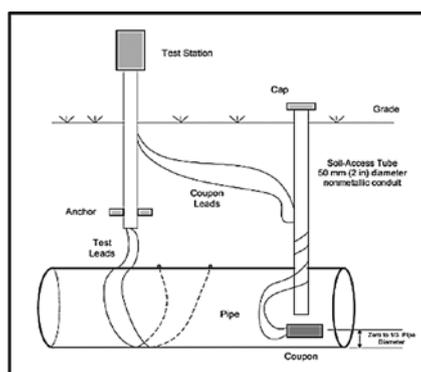
MEDICIONES DE POTENCIALES PARA LA VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA DE LOS DUCTOS

Las mediciones de potenciales se deben realizar con la ayuda de un cupón metálico debido a la presencia de posibles corrientes vagabundas que no necesariamente entran en la estructura pero que pueden generar lecturas de potenciales erróneos.

Por ejemplo; se realiza una lectura de potencial de -860 mV sin un cupón metálico en un zona con presencia de corrientes vagabundas.

En el mismo punto se realiza la medición de potencial esta vez con un cupón metálico teniendo una lectura de -820 mV, esta ultima lectura no esta dentro del criterio de protección catódica citado en el estándar de la NACE ST0169 y la ISO EN 15589-1.

Imagen 3 – Estación de prueba con cupón



Fuente: (NACE, 2014)

TREN METROPOLITANO Y LAS REDES DE GAS EN COCHABAMBA

Cochabamba cuenta con una gran red de gas primaria además de redes de usuarios industriales. Como anteriormente se menciona la distancia entre la estructura influenciadora y la influenciada es importante, considerando esto podemos observar una posible cercanía de algunos ductos con el tren Metropolitano. (Ver imagen 3)

Imagen 4 - Mapa de Redes de gas y ruta del tren Metropolitano



Fuente: (YPFB, 2022) ; (Unidad Técnica de Ferrocarril, 2022)

Se necesitaría realizar un análisis más profundo para evidenciar interferencias DC más allá de ver las posibles interacciones en los cruces o paralelismos del sistema de tracción DC con las redes de transporte de hidrocarburos.

CONCLUSIÓN

Las corrientes vagabundas pueden estar presentes en el suelo y no necesariamente generar interferencias sobre los ductos, por lo tanto es importante realizar las mediciones necesarias para identificarlas y una vez evidenciada una interferencia proceder a la instalación de los dispositivos de atenuación.

Los programas de control de la corrosión para los ductos de Cochabamba que operan en las proximidades del sistema de tracción alimentados por DC deben ser conscientes de esta fuente siempre presente de interferencia DC que puede llegar a ser potencialmente devastadora y contar con disposiciones adecuadas para la detección y resolución rápidas de condiciones inaceptables. El diálogo rutinario y efectivo entre YPFB Redes/YPFB Transporte y la Unidad Técnica de Ferrocarriles es fundamental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CENELEC, N. e. (juillet de 2005). NF EN 50162 - Protection contre la corrosion due aux courants vagabonds des systèmes à courant continue.
- Drainages. (2022). Obtenido de ADCA: <https://www.adca.fr/drainages?lightbox=datatem-jdbgojqj>
- Langelund, E. S. (2018). PIPELINE STRAY DIRECT CURRENT DC INTERFERENCE. *Nace International Paper* 10689, 1-6.
- NACE. (2014). SP0104, The Use of Coupons for Cathodic Protection Monitoring Applications.
- Unidad Técnica de Ferrocarril, B. (2022). *Ministerio de Obras Publicas Servicios y Viviendas*. Obtenido de <https://mitren.oopp.gob.bo/#/paradas>
- YPFB, R. d. (2022). Plano de redes de gas en Cochabamba. Distrito de Cochabamba.

Minería y energía nuclear en el oriente boliviano

Ing. Carlos Alberto Azcui Castellón-R.N.I. 1735

Ingeniero de Minas de la Universidad Técnica de Oruro con especialidad en Minerales Radiactivos.

RESUMEN

Bolivia cuenta con abundantes minerales llamados raros que sirven para ingresar al contexto internacional con planes de expansión minera y centrales de energía nuclear de FUSION en la generación nucleoelectrica con los recursos minerales existentes en el territorio nacional y especialmente en el precámbrico de Santa Cruz de la Sierra.

Estas centrales nucleares son la solución para la “siderurgia del Mutún”, en la industria de rieles del progreso ferrocarrilero para el territorio nacional.

Santa Cruz debe instalar estas “pilas nucleares” a la demanda apremiante en la energía nucleoelectrica en el contexto nacional e internacional.

La crisis hidrocarbúrfica está limitando el desarrollo económico, industrial, social de Bolivia.

INTRODUCCIÓN

La responsabilidad histórica de los profesionales en minería, debemos mostrar un cambio de actitud en la industria extractiva de los minerales llamados “raros” y radiactivos, que tienen muchos puntos en común con la minería de otros minerales tales como el wólfram, zinc, casiterita, plomo plata, etc., pero que en su uso difiere mucho para ser aplicada en la “industria nuclear”.

La minería oriental tiene que acceder a una cultura nuclear en la “revolución tecno-trónica” implementando reactores nucleares de “Fusión” con la aplicación de los minerales “radiactivos” tales como la “tantalita, la columbita, la monacita, en especial el torio conocido como la gasolina nuclear y otros como el lantano, el itrio, el litio y más de 43 minerales raros del precámbrico Oriental.



Tantalita: Imagen propia del autor “Mina Cerro Negro”

DESARROLLO

Dichos antecedentes en la modernidad industrial exigen un cambio para desarrollar una política de sustitución total de mono productor de minerales en concentrados y metálicos como sucede en la minería andina en manos de la COMIBOL, sin lograr su verdadera ubicación histórica que contrariamente a creado una desorientada y desigual batalla elitista entre la explotación minera cooperativizada con la fertilidad del subsuelo mineralógico como riqueza potencial minera sin ninguna asistencia tecnológica, quedando hoy una minería envejecida y en ruinas.

La industria “madre” es la minería que genera divisas para el estado boliviano como ejemplo:

- En el año 2016 el volumen de exportación solamente de concentrados de minerales de plata fue en un 24%, de once mil a trece mil toneladas respecto al periodo del 2015 (ref.: informe del ministerio de economía y finanzas “situación económica de Bolivia del 2016”).
- El Ministerio de Minería y Metalurgia (ref.: anuario estadístico del 2019) indican que la exportación y valor de los minerales alcanzo un total de \$us 4.254 millones de dólares, reflejan con esta astronómica estructura económica que la minería es el puntal de las divisas que capta este sector.

En consecuencia, como resultado de este apretado análisis tenemos que indicar que Bolivia cuenta con abundantes depósitos de minerales tanto en la región andina como en el precámbrico del oriente boliviano.

En la minería oriental su realidad económica debe estar dirigida a la creatividad y cambios tecnológicos con nuevos desafíos en su capacidad empresarial de la libre empresa hacia la implementación de reactores de la energía nuclear de FUSION.

Científicos e ingenieros bolivianos huyen al extranjero buscando acomodo en países super industrializados, fuga de cerebros hace la negación a la ciencia, tecnología e investigación por un favoritismo empírico, secante y retrograda a la ignorancia y sin cultura.

El desarrollo de la energía nuclear en el Oriente Boliviano es imperioso y urgente debido a los siguientes factores.

Riesgo ambiental a nivel mundial por la contaminación del aire han fallecido en el año 2012 siete millones de vidas humanas con materiales a nivel del OZONO en superficie con óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y plomo, debido a las emisiones de la combustión de fósiles como los aceites, gas, biomasas, etc., que afectan directamente al sistema respiratorio.

La energía eléctrica que se genera en el país también tiene una característica muy peculiar por la contaminación elevada de los recursos no renovables y son:

- **Termoeléctricas y ciclos combinados: 68.4%** tienen el uso de gas natural (hidrocarburos en agotamiento).
- **Hidroeléctricas: 20.5%** tienen el uso del agua (agotamiento de los recursos hídricos)
- **Eólicos: el 3.6%** con el uso del viento
- **Solar: el 4.6%** usando paneles solares convencionales
- **Biomasa, Diesel 2.9%**

(ref.: memoria anual 2021 CNDC)

Estas simples definiciones nos llevan a proponer el inicio de la generación nucleoelectrica a partir de la energía limpia como es la ENERGIA NUCLEAR DE FUSION CON EL TORIO EXISTENTE EN EL PRECAMBRICO DE BOLIVIA y de esta manera resolver nuestro FUTURO ENERGETICO.



Libro editado por el autor con base a la experiencia de más de 30 años de trabajo en el precámbrico boliviano.

CONCLUSIÓN

Se concluye que debe existir un programa alternativo con modelos de generación núcleo – eléctrica a partir de los recursos minerales existentes en nuestro país para la energía nuclear de FUSION.

Para esto es necesario la implementación de una central nuclear de energía atómica y una facultad de Ingeniería de Minas y Energía Nuclear en Santa Cruz.

También se concluye la necesidad de una legislación minera para la explotación de todos los minerales raros del precámbrico en el uso industrial de la energía nuclear.

Finalmente movilizar todas las fundiciones del país e implementar la industria siderúrgica del Mutún.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Libro: **Minerales Estratégicos del Precámbrico Boliviano en la Energía Nuclear.** Autor: Carlos Alberto Azcui Castellón
- Informe del ministerio de economía y finanzas “situación económica de Bolivia del 2016”.
- Anuario estadístico del 2019 del Ministerio de Minería y Metalurgia.
- Explotación de Tantalio Mina Cerro Negro, La Horma, El Benton, La Bella, San Pedro de Taconi del Precámbrico de Santa Cruz.
- Caída en producción de gas puede incidir en la provisión de electricidad – El Deber 16 de agosto 2022.
- CNDC Comité Nacional de Despacho de Carga – Memoria anual - 2021

Validación de la fórmula de Diurez para la obtención del contenido óptimo de ligante en mezclas asfálticas elaboradas con material reciclado

Ing. Rodolfo Angel Aliaga Choque– R.N.I. 33740

Es Ingeniero Civil de la Universidad Mayor de San Andrés con Postgrado en Geotecnia, Educación Superior e Ingeniería Vial Mención en Carreteras, Puentes y Túneles.

RESUMEN

En la ciudad de la paz se vienen realizando distintas investigaciones que incorporan material reciclado en mezclas asfálticas en caliente, debido al continuo fresado de las calles para su rehabilitación y las nuevas plantas que forman parte de la alcaldía, con el diseño de mezclas asfálticas se requiere conocer el porcentaje óptimo de cemento, lo cual por distintos factores de laboratorio puede resultar erróneo, y para poder acercarnos a este valor (%Óptimo) se podría usar la fórmula de Diurez originalmente propuesta para mezclas convencionales y en esta ocasión se analiza su aplicación a mezclas asfálticas con material reciclado.

Palabras clave: Contenido óptimo cemento asfáltico, Diurez, reciclado

INTRODUCCIÓN

Muchas investigaciones realizadas con mezclas asfálticas que incorporan material reciclado tienden a variar el porcentaje de cemento asfáltico óptimo a medida que se incrementa el porcentaje reciclado incorporado, y resulta difícil predecir su comportamiento ya que se suele comparar con una muestra convencional. Existe gran variedad de agregados naturales y artificiales, con distintas propiedades físicas y mecánicas que influyen en la determinación del contenido óptimo de cemento asfáltico,

y al hablar de mezclas asfálticas que incorporan material reciclado el comportamiento resulta aún más difícil de predecir.

En el presente artículo se plantea utilizar la fórmula de Diurez para resolver esta problemática y tener la tendencia y selección del contenido óptimo de cemento asfáltico de manera teórica para aplicarlo a investigaciones que involucren hallar el contenido óptimo de cemento asfáltico en mezclas con y sin RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)

$$L = K \cdot (SE \cdot \alpha)^{0.2}$$

OBJETIVO

Validar la fórmula de Diurez para la obtención del contenido óptimo de ligante en mezclas elaboradas con material reciclado RAP, aplicado a investigaciones realizadas en la ciudad de La Paz, para su aplicación en proyectos de mezclas asfálticas con y sin incorporación de reciclado.

DESARROLLO

Cada día es más común en las obras de refuerzo o rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, el empleo del procedimiento de fresado de las capas asfálticas envejecidas para su posterior reposición con nuevas mezclas. Esta técnica da lugar a la generación de materiales con un alto potencial de reutilización, tanto de los áridos, como del ligante contenido en ellos, lastimosamente, estos materiales se llevan muchas veces a vertederos, con los problemas de impacto ambiental que esto supone.

MARCO PRACTICO

Las mezclas asfálticas, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua del ligante. Se fabrican en centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan. (Kraemer, 2004).

Determinación teórica del contenido óptimo de ligante en la mezcla (Diurez) .

Según el Instituto del Asfalto el porcentaje óptimo de ligante selecciona con la densidad máxima estabilidad máxima y un porcentaje de vacíos según el tamaño máximo nominal del agregado, estos varían de acuerdo con las características de la mezcla, el tipo y calidad del agregado, entre otros factores, sin embargo, Diurez nos propone una fórmula empírica para obtener de manera aproximada este contenido.

Diurez nos ayuda con un procedimiento que se viene haciendo desde hace ya bastantes años atrás pero muy poco estudiado.

Parámetros requeridos:

$$L = K \cdot (SE \cdot \alpha)^{0.2}$$

| K | Tipo de mezcla |
|------------------|--|
| 4.5 - 4.8 | Lechadas asfálticas |
| 2.5 - 2.7 | Mezclas abiertas en frío |
| 4.0 - 5.0 | Mezclas densas en frío y en caliente* |
| 3.0 | Grava - emulsión |
| 3.2 | Estabilización de suelos |

L = Porcentaje óptimo teórico del ligante respecto del peso de los agregados

K = Módulo de riqueza

*Se adoptará un módulo de riqueza entre 4 y 5 debido a que se trata de mezclas en caliente

$$\alpha = \frac{2.65}{(\text{Peso específico de los agregados})}$$

SE = Superficie específica de los agregados (m²/Kg)

| SE=0.0017a+0.0037b+0.0175c+0.14d+0.135e | |
|---|---|
| a | porcentaje de partículas mayores a 3/8" |
| b | porcentaje de partículas entre 3/8" y No 4 |
| c | porcentaje de partículas entre No 4 y No 40 |
| d | porcentaje de partículas entre No 40 y No 200 |
| e | porcentaje de partículas menores que No 200 |

RESULTADOS

El presente artículo se basa en los datos obtenidos de una investigación de laboratorio realizada el 2016 por el mismo autor.

RECOLECCION DE DATOS

| MALLA [Pulg.] | MALLA [mm] | RAP 0% 20/60/20 | RAP 10% 20/55/15/10 | RAP 15% 20/53/12/15 | RAP 20% 20/50/10/20 |
|---------------|------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 3/4" | 19 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 3/8" | 9,5 | 84,7 | 84,1 | 83,7 | 83,4 |
| No. 4 | 4,75 | 63,6 | 62,9 | 62,4 | 62,2 |
| No. 40 | 0,42 | 20,8 | 20,6 | 20,4 | 20,4 |
| No. 200 | 0,075 | 5,9 | 6,5 | 6,8 | 7,1 |

Datos obtenidos en el trabajo titulado "Rehabilitación de capas de rodadura de concreto asfáltico utilizando RAP en la ciudad de La Paz", (Aliaga Choque Rodolfo, 2016).

Cada columna mostrada servirá para realizar en total 4 evaluaciones de la fórmula de Diurez. Dado que la fórmula de Diurez nos da resultados empíricos para la obtención del **contenido óptimo de cemento** asfáltico es necesario conocer, cuáles fueron los resultados obtenidos en laboratorio de manera experimental en la investigación mencionada, esto se muestra en la siguiente tabla.

| Descripción | Unidad | Sin Reciclado | Con 10% de RAP | Con 15% de RAP | Con 20% de RAP |
|---------------------|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| *Contenido de C.A.= | % | 5,7 | 5,6 | 5,4 | 5,3 |

Para la evaluación de la fórmula también es necesario la gravedad específica de las mezclas de análisis.

| Gravedad Específica Bulk | RAP 0% 20/60/20 | RAP 10% wv20/55/15/10 | RAP 15% 20/53/12/15 | RAP 20% 20/50/10/20 |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Gsb | 2,695 | 2,6216 | 2,6294 | 2,6361 |

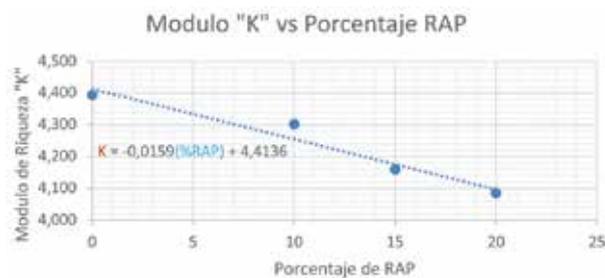
APLICACIÓN DE LA FORMULA DE DIUREZ

Ya definidos los datos de entrada se obtienen los siguientes datos, siendo L, el porcentaje óptimo de cemento asfáltico obtenido en laboratorio (L_{real}) y con la evaluación de la fórmula (L_{teórico})

| Valor | RAP 0% | RAP 10% | RAP 15% | RAP 20% |
|---------------|--------|---------|---------|---------|
| SE= | 3,736 | 3,697 | 3,664 | 3,659 |
| α = | 0,983 | 1,011 | 1,008 | 1,005 |
| L (teórico) = | 5,700 | 5,600 | 5,402 | 5,300 |
| L (real) | 5,7 | 5,6 | 5,4 | 5,3 |
| % Diferencia | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0 % |
| K= | 4,394 | 4,302 | 4,1603 | 4,0846 |

Como se puede notar en la tabla, la variable que nos permite obtener valores próximos a los porcentajes óptimos. Sin embargo, al llegar a utilizar un porcentaje de RAP=20%, el valor del módulo de riqueza (K) está en el límite (4.0). Entonces para tener mayor precisión en cuanto a recomendar un módulo de riqueza se puede considerar la siguiente correlación.

| %RAP | K |
|------|-------|
| 0 | 4,394 |
| 10 | 4,302 |
| 15 | 4,160 |
| 20 | 4,085 |



Con la gráfica mostrada podríamos recomendar que para mezclas asfálticas (con un porcentaje de RAP) se tome valores más precisos del módulo de riqueza "K" de la fórmula de Diurez bajo la siguiente correlación

$$K = -0.0159 (\%RAP) + 4.4136$$

Ahora bien, dado que Diurez recomienda tomar los valores de la fórmula de Diurez con valores entre 4.0 - 5.0, entonces adicionalmente podríamos tener un valor límite del Porcentaje de RAP en el cual es válida la fórmula propuesta.

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Si } K &= 4.0 \\ K &= -0.0159 (\%RAP) + 4.4136 \\ 4 &= -0.0159 (\%RAP) + 4.4136 \\ \%RAP &= 26.012\% \end{aligned}$$

En otras palabras, la fórmula de Diurez, para mezclas asfálticas en caliente, donde se tenga presencia de material reciclado es válida hasta un 26% de RAP.

CONCLUSIONES

Los resultados mostrados para validar la fórmula de Diurez, resultaron mucho mejor de lo esperado, debido a que el módulo de riqueza en la fórmula de Diurez, recomienda entre valores de 4 a 5, para mezclas asfálticas en caliente, nos permitió analizar una correlación entre el módulo de riqueza y el porcentaje de RAP utilizado, y con ello recomendar el uso de la fórmula empírica, para la obtención del contenido óptimo del ligante para mezclas asfálticas en caliente hasta un 26% de RAP. Una vez analizadas la distribución granulométrica del agregado, se pudo evidenciar que estos valores influyen directamente en la superficie específica, según Diurez, y como el estudio se basó en resultados de laboratorio previos. Es importante tener datos de primera mano, obtenidos responsablemente en laboratorio. Se comparó la aplicación de la fórmula de Diurez, en mezclas convencionales y posteriormente en mezclas con material reciclado, dando como resultado valores del contenido óptimo de Ligante muy próximos a los obtenidos experimentalmente.

Se demostró que es factible la aplicación de la fórmula de Diurez, para mezclas asfálticas convencionales y mezclas asfálticas que tienen hasta un 26% de material reciclado, con la recomendación de utilizar un módulo de riqueza acordé al porcentaje de material reciclado según la siguiente ecuación:

$$K = -0.0159(\%RAP) + 4.4136$$

*Correlación válida para mezclas asfálticas hasta un 26% RAP

Por lo tanto, la fórmula de Diurez, puede ser aplicada para muestras no convencionales que incorporen material reciclado utilizando la correlación mostrada para el valor de "K"

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Montejo Fonseca A. Ingeniería de pavimentos. Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnológicas, Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones, Tercera edición, 2006
- Aliaga Choque, R. A., Mamani Ali, I. B., Arteaga Vargas, C. A., & Perez Loayza, O. L. (2016). *Rehabilitación de capas de rodadura de concreto asfáltico utilizando RAP en la ciudad de La Paz*. La Paz: Universidad Mayor de San Andres.
- Cardona Barona, R. A., & Lopez Trejos, K. M. (2016). Caracterización de un agregado reciclado de concreto (ARC) para la construcción de la carpeta asfáltica de pavimentos flexibles. Cali.

El rol del ingeniero civil frente a las patologías en estructuras de hormigón armado

Ing. Sidney Salvatierra Quiroga - R.N.I. 24777

Es Licenciado en Ingeniería Civil de la Universidad Mayor de San Simón, Magister en Ingeniería Estructural de la Escuela Militar de Ingeniería.

RESUMEN

En el ámbito de la construcción, los profesionales involucrados desempeñan diversas funciones, desde la planificación y diseño de los proyectos, pasando por la ejecución, control y supervisión en la etapa constructiva, hasta la entrega, funcionamiento y mantenimiento de los mismos, pero existe una rama que en los últimos años ha tomado fuerza, que es la evaluación de estructuras de hormigón armado que denotan síntomas de patologías; dentro de esta rama el ingeniero especialista puede ejercer como auditor técnico, ingeniero forense o como perito, teniendo cada rol sus propios alcances y características para que el profesional se desenvuelva y presente un producto final.

Palabras Clave: Patología, auditoría, forense, peritaje, estructuras.

INTRODUCCIÓN

La labor del ingeniero en el ámbito de la construcción civil desde siempre ha sido de vital importancia, empezando desde el diseño y cálculo de las infraestructuras asumiendo el rol de ingeniero calculista, pasando por la ejecución y construcción donde desempeña el rol de ingeniero contratista o constructor, a su vez surge la necesidad de realizar la administración, control y supervisión de las construcciones donde aparecen los ingenieros supervisores y fiscales; en este sentido la sociedad y la práctica a través del tiempo a encaminado los diversos roles al ámbito ingenieril, no dando la importancia correspondiente al control posterior de los proyectos específicamente en el área de estructuras, limitando en muchas ocasiones a la simple administración de funcionamiento y mantenimiento rutinario.

Pero surge la incertidumbre de que es lo que sucede cuando una estructura denota sintomatología de que algo no anda bien, cuando se advierten fisuras, agrietamiento, pérdidas de sección, hundimientos, corrosión de las armaduras, entre otros síntomas que conocemos como patologías de las estructuras de hormigón armado, el ingeniero asume un nuevo rol dentro de un campo que en los últimos años está cobrando fuerza e importancia en nuestro medio, este rol varía de acuerdo a quien contrata los servicios del ingeniero, pudiendo ser la finalidad una auditoría técnica, una ingeniería forense o un peritaje.

El informe del auditor técnico, ingeniero forense o perito conlleva el diagnóstico de las causas de las patologías presentadas en la estructura, así como también las posibles soluciones y recomendaciones, finalmente de dicho informe puede surgir algún tipo de responsabilidad con el Estado o un privado, según la fuente de financiamiento del proyecto y el grado de responsabilidad de los profesionales inmiscuidos.

PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

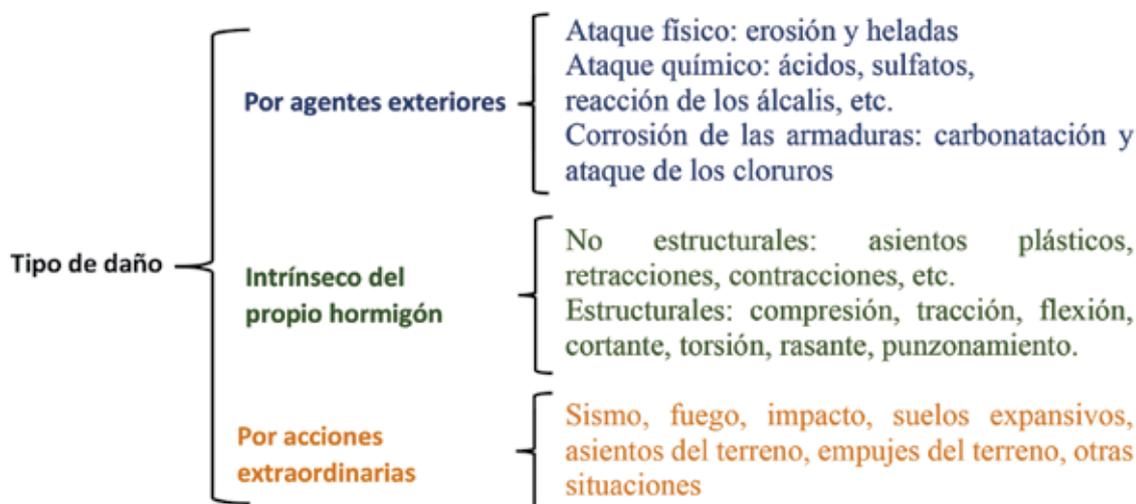
El origen etimológico de la palabra patología proviene de los términos pathos y logos que significan enfermedad y conocimiento, respectivamente, por lo que se puede definir este término como el estudio de las enfermedades.

Llevado al área de la construcción se puede decir, que las patologías de las estructuras de hormigón armado o patologías estructurales se refieren al estudio de las lesiones y/o fallas en una estructura del hormigón armado (H^oA^o) después de su ejecución.

Tadeu y Lenz mencionan: *De acuerdo con Ripper y Souza (1998) se ha designado como Patología Estructural, el campo de la Ingeniería en Edificaciones que estudia los orígenes, formas manifiestas, consecuencias y mecanismos de ocurrencia de fallas y sistemas de daños en las estructuras. También es parte de ella el área de la Ingeniería que trata patologías, incluyendo sistemas,*

mecanismos, causas y orígenes de fallas en obras civiles, es decir estudia las partes que componen el diagnóstico del problema.

Según Porto Quintian (2005) las situaciones capaces de provocar daños o patologías en el hormigón armado quedan recogidas de la siguiente manera:



Una vez se ha establecido cuáles son las probables causas de la patología estructural, se procede a validar la hipótesis o pre-diagnóstico mediante ensayos destructivos, no destructivos, de laboratorio y/o prueba de servicio (carga); con todo esto se puede determinar de forma precisa las causas de la presencia de las patologías, además de recomendar la solución y/o medidas preventivas tomando en cuenta los parámetros de confiabilidad, seguridad y durabilidad de la estructura.

De acuerdo con el rol que desempeña el ingeniero estructuralista y la evaluación de las patologías estructurales, se evacuará el informe de evaluación técnica, diagnóstico o dictamen.

Rol del ingeniero

Como se vino mencionando, cuando entramos al campo de las patologías estructurales, el rol que asume el ingeniero es en calidad de investigador para poder determinar el origen o causas de las mismas, el perfil profesional que debe tener el ingeniero es de un profesional con bastante experiencia en el área de la construcción, además de tener una formación especializada de posgrado en el área de estructuras, debido a la responsabilidad que conllevan los trabajos de reparación, refuerzo, rehabilitación y/o demolición de la estructura que presenta patologías.

En este sentido, diremos que el ingeniero dentro de la evaluación de las patologías estructurales podrá desempeñar el rol de auditor técnico, ingeniero forense o perito, que a continuación detallaremos las diferencias o similitudes de cada labor.

- **Auditoría Técnica:** Empezaremos diciendo que la Auditoría es la acumulación y evaluación objetiva de evidencia para establecer e informar sobre el grado de correspondencia entre la información examinada y los criterios establecidos. Concatenando el concepto establecido con la parte técnica, diremos que la auditoría técnica se encarga de la evaluación de todos los proyectos ejecutados y todos los aspectos que conlleven criterios técnicos.

Las principales técnicas de obtención de evidencia utilizadas en las evaluaciones corresponden:

- Revisión y análisis de la documentación, con la que se precisa la evidencia documental.
- Inspección física de los trabajos efectuados por el contratista con la que se precisa la evidencia física.
- La revisión analítica, que incluye la realización de cálculos, cómputos métricos, comparaciones y deducciones, con la que se obtiene la evidencia analítica.

La evaluación técnica concluye con la presentación del Informe de Evaluación Técnica.

- **Ingeniería Técnica Forense:** La Ingeniería Técnica Forense es una disciplina dentro de la Ingeniería del Mantenimiento, que se basa en diferentes técnicas científicas, pero aún no se encuentra implementada en nuestro medio. Su objetivo fundamental es determinar las causas objetivas de un determinado evento. La Ingeniería Técnica Forense se aplica a tres tipos de

situaciones que implican a todo tipo de equipos e instalaciones:

- Accidentes de todo tipo provocados en un momento puntual, y que han originado daños personales o materiales de diferente gravedad.
- Incidentes que han estado a punto de provocar un accidente, y que han causado daños de tipo leve. Este tipo de hechos no se estudian por la gravedad del daño producido, sino por la gravedad potencial, por las consecuencias que puede llegar a tener la repetición de un hecho similar.
- Hechos de carácter repetitivo, de consecuencias graves o no, pero que suponen un grave trastorno por el simple hecho de ser repetitivos.

Las conclusiones de los informes realizados aplicando técnicas de Ingeniería Forense pueden ser aplicadas en cuanto a reclamaciones de daños, garantías, en determinación de responsabilidad, judiciales y extrajudiciales, en la búsqueda de las causas de averías repetitivas o en el esclarecimiento de un suceso.

- **Peritaje técnico:** Se dice que un Perito es aquella persona con conocimientos amplios sobre alguna materia, mismo que le permiten exponer una opinión fundada respecto de algún aspecto específico proveniente del interior de un proceso, más aún en la parte técnica el profesional requiere experticia en el área, en el caso específico de las estructuras.

El perito técnico es un profesional probo que puede realizar auditorías técnicas, ingeniería forense, ser contraparte en los resultados de informes o dictámenes de otros profesionales, validando o refutando los resultados, o solo realizar una evaluación estructural de rutina.

El término de perito es más utilizado en vías judiciales, cuando el juez o autoridad en turno requiere la opinión de un experto respecto al caso en disputa; concatenando lo anterior con lo que son las patologías estructurales, es que el ingeniero juega un rol trascendental en determinar las causas y soluciones de la infraestructura afectada.

Producto final

Se ha expuesto la diversidad de trabajos en cuanto al rol del ingeniero frente a las patologías estructurales, dentro del campo de las auditorías técnicas, ingeniería técnica forense y peritajes técnicos, es necesario indicar el resultado que el ingeniero presenta en cada uno de los campos.

Cuando hablamos del producto final del trabajo dentro de una auditoría técnica por parte del ingeniero, debemos indicar que este es un Informe de Evaluación Técnica regido por las Normas de Auditoría Gubernamental (NAG), cuyo contenido mínimo es el siguiente:

- Antecedentes
- Objetivos de la evaluación técnica
- Alcance (Sujeto, objeto, limitaciones)
- Metodología aplicada (Recopilación de evidencia)
- Resultados de la evaluación técnica
- Conclusiones y recomendaciones

El informe de evaluación técnica es complementario al trabajo que realiza el equipo de auditores de las Unidades de Auditoría Interna (UAI), de donde podrá establecerse indicios de responsabilidad administrativa, civil y penal según sea el caso.

Por otra parte, cuando hacemos referencia al rol del ingeniero en cuanto a ingeniería técnica forense y peritaje, existen diversos modelos de procedimientos a seguir y contenido de informe de producto final, para el presente artículo se recopiló el procedimiento propuesto por Hidalgo Muñoz.

- Antecedentes (Estudio preliminar/Estudio previo)
- Información disponible (Estudio preliminar/Estudio previo)
- Resultado de la inspección (Estudio preliminar/Estudio previo/Diagnostico)
- Análisis del problema (Estudio preliminar/Estudio previo/Diagnostico)
- Conclusiones (Estudio preliminar/Estudio previo/Diagnostico)

Es necesario aclarar que el producto final según el rol que asuma el ingeniero respecto a las patologías varían, cuando se habla de una auditoría técnica el producto final entregado será un Informe de Evaluación Técnica, cuando se habla de trabajos de ingeniería técnica forense el producto final es el Diagnostico o Informe Final, y cuando se habla de peritajes el producto final entregado será un Dictamen si es requerido por una autoridad legal competente o Diagnostico si es solicitado como criterio de contraparte, o informe de Evaluación Estructural si es de un privado.

CONCLUSIONES

Este artículo expone el rol del ingeniero frente a las patologías en estructuras de hormigón armado, mostrando los distintos campos de acción que conlleva esta labor, tomando en cuenta lo que son las auditorías técnicas, la ingeniería técnica forense y los peritajes técnicos.

Se ha establecido los alcances y características de cada campo de acción dentro de la evaluación de patologías estructurales, indicando también que el profesional a cargo debe tener formación y experticia en el área de estructuras por la responsabilidad que genera la emisión del Informe de Evaluación Técnica, Informe Final, Diagnostico o Dictamen presentado, tanto para el contratante, como para los profesionales y todo personal involucrado en las distintas etapas del proyecto.

Es importante que el profesional ingeniero que realice la evaluación de patologías en estructuras de hormigón armado pueda seguir procedimientos establecidos de forma lógica, coherente y secuencial hasta obtener el producto final, tomando en cuenta la finalidad de los trabajos realizados, como se expuso los trabajos varían de acuerdo con el campo de acción en el que se encuentre el ingeniero evaluador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Porto, J. “Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado”. Universidad de Coruña. España, 2005.
- Muñoz, M. “Manual de patología de la edificación. Detección, diagnosis y soluciones” Manuel Muñoz Hidalgo. España, 2012.
- Helene, P., and Pereira F., “Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto”, Paulo Helene & Fernanda Pereira Editores, CARGRAPHICS, Sao Paulo, 2007.
- Contraloría General del Estado. “Normas de Auditoria Gubernamental”, Estado Plurinacional de Bolivia, 2009.

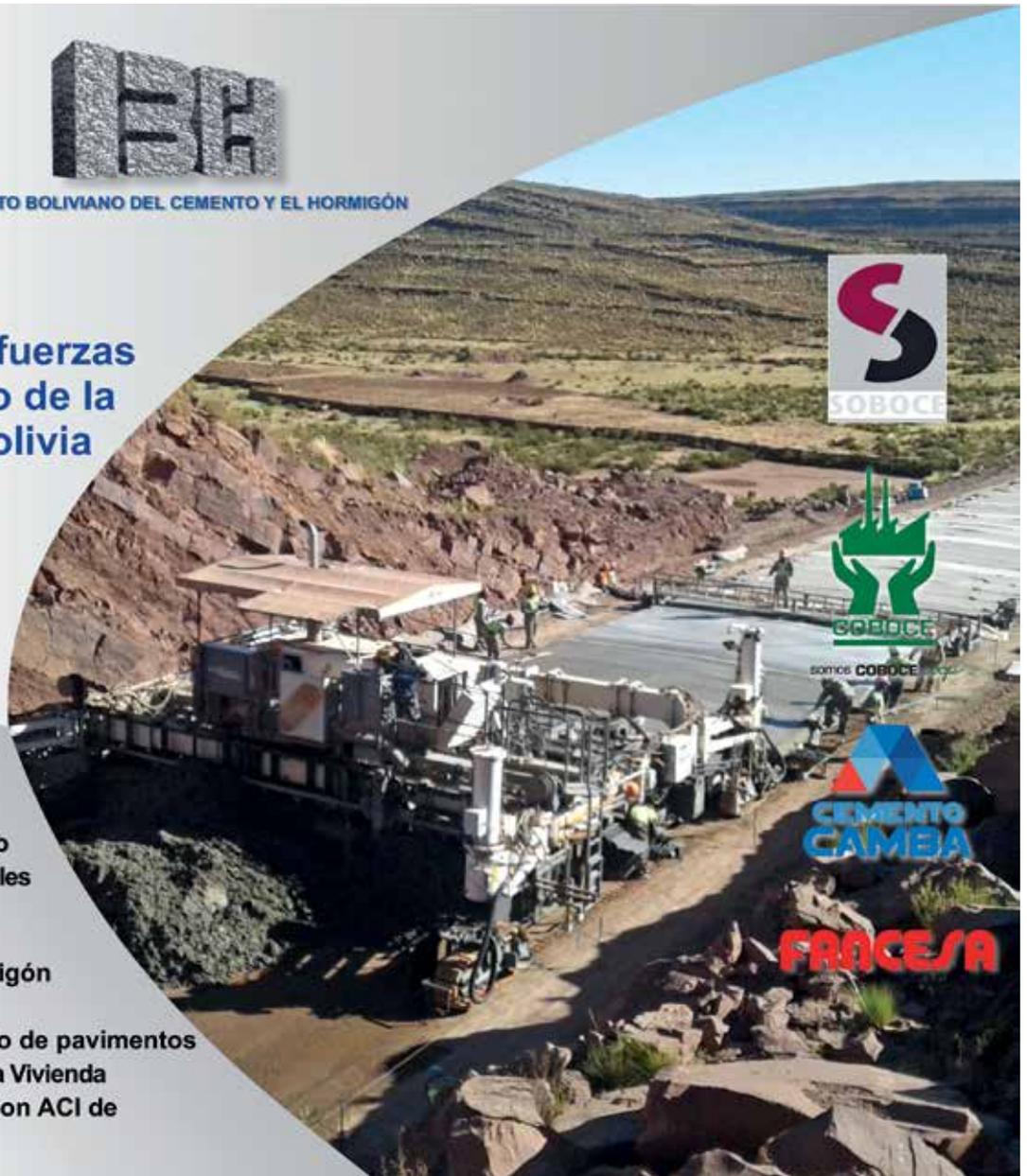


INSTITUTO BOLIVIANO DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN

Unimos nuestras fuerzas para el desarrollo de la ingeniería en Bolivia

Investigación, Desarrollo, Capacitación y Asesoramiento Técnico en:

- Pavimentos Rígidos
- Pavimentos Unicapa
- Recapado con Pavimento Rígido
- Reciclado de Pavimentos Flexibles con Cemento
- Bases de Suelo-Cemento
- Adoquines (losetas) de Hormigón
- Pavimentos Placa Huella
- Software DIPAV para el diseño de pavimentos
- Bloques de Suelo-Cemento para Vivienda
- Certificaciones en conjunto con ACI de Estados Unidos





Putzmeister



Facebook: [sacibolivia](#)
Web: www.saci.com.bo

• SANTA CRUZ
Av. Cristo Redentor km 2 ½.
Telf. +591 3 342 3388

• LA PAZ
Av. Hernando Siles esq.
c/4 de Obrajes N° 5203
Telf. +591 2 278 4067

• COCHABAMBA
Av. Blanco Galindo Km. 6 ½
Telf. +591 4 437 990

Feliz Aniversario

IC Campero

IMPORTADORA

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

46 años

construyendo seguro!



Construye Seguro

COCHABAMBA

CENTRAL
Av. Libertador Bolívar No 1553
Telf. 4409050 Cel. 68582389
SUCURSAL 2
Av. Barrientos S-2149
Telf. 4568987 Cel. 71497163
SUCURSAL 3
Av. Blanco Galindo Km. 3 1/2
Telf. 4249302 Cel. 72223913
SUCURSAL 4
Av. Villazon Km. 1 1/2
Telf. 4491020 Cel. 71497164

SUCURSAL 5
Av. 9 de Abril N-1446
Telf. 4666913 Cel. 72223912
SUCURSAL 6
Av. Capitán Ustarián Km. 4
Telf. 4023180 Cel. 71497161
SUCURSAL 7
Av. 16 de Agosto Lado Rotonda Avion
Telf. 4568957 Cel. 72230077
SUCURSAL 8
Av. Petrolera Km. 2
Telf. 4216833 Cel. 68580764

SUCURSAL 9
Av. Blanco Galindo Km. 11
Telf. 4231786 Cel. 72204583
BELGO PRONTO
Av. Villazon Km. 7
Telf. 4713643 Cel. 72223915
CAMPERO HORMIGÓN
Av. Villazon Km. 7
Telf. 4713643 Cel. 68582635
SHOWROOM FV & FERRUM
Av. Libertador Bolívar N° 1567
Telf. 4240923 Cel. 71733180

LA PAZ

EL ALTO
Av. 6 de Marzo N- 1350
Telf. 2814955 Cel. 72006699
CALACOTO
Av. Gavino Villanueva N°165 entre
calle 24 y 25 de Calacoto
Telf. 2792585 Cel. 72055450

TRINIDAD

Av. Panamericana Lado
E. Servicio Iriarte

SUCRE

CENTRAL
Av. Ostria Gutiérrez
Esq. Calle Haiti
Telf. 6469217 Cel. 72875106
SUCURSAL 2
Villa Margarita
(Lado Ex Aduana)
Telf. 6469590 Cel. 72875108
SUCURSAL 3
Av. Juana Azurduy altura
pasarela Piscina Olímpica
Telf. 6439309 Cel. 71160547

TARIJA

CENTRAL
Carretera al Chaco Km. 7
Telf. 6652052 Cel. 72988301
NORTE
Av. Ballivian pasando
Circunvalación (a 50 mtrs.)
What. 72985197 Cel. 6676835

POTOSÍ

Av. Aclo esq. Av. Angeles
Zona Lechenas
Telf. 6247423 Cel. 67900656

ORURO

Av. Circunvalación a
1 cuadra del Casco Minero
Telf. 5274934 Cel. 68350590

Síguenos en:



/ImportadoraCampero